

57  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO”  
SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES EN CENTROS  
DE POBLACION DE 10,000 A 100,000 HABITANTES.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
**P R E S E N T A**  
**AUSTREBERTO GARCIA RIVERA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# C O N T E N I D O

	PAGINA
<u>I. INTRODUCCION</u>	
I.1. GENERALIDADES .....	1
I.2. DISTRIBUCION DEL AGUA .....	5
I.3. DISTRIBUCION DEL AGUA REPUBLICA MEXICANA .....	6
I.4. FUENTES DE CONTAMINACION .....	10
I.5. CONTAMINACION DE LAS AGUAS EN EL TERRITORIO NACIONAL .....	15
<u>II. ESTADISTICAS DE LOS CENSOS DE POBLACION ENTRE 10,000 y 100,000 HABS.</u>	
II.1. COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO .....	20
II.2. DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	22
II.3. PROGRAMA OPERATIVO ANUAL DE 1985 .....	23
<u>III. LEGISLACION</u>	
III.1. LEGISLACION SOBRE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES .....	25
III.2. CRITERIOS DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	26
III.3. LIMITES MAXIMOS PARA DESCARGAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....	27
III.4. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE .....	28

# C O N T E N I D O

## PAGINA

### IV. ALTERNATIVAS DE DISPOSICION FINAL DE AGUAS RESIDUALES

IV.1.	DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES .....	38
IV.2.	AUTODEPURACION DE LAS AGUAS .....	42
IV.3.	CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ACUACULTURA .....	39

### V. ALTERNATIVAS DE PROCESOS DE TRATAMIENTO.

V.1.	TRATAMIENTO .....	47
V.2.	METODOS DE TRATAMIENTO .....	48
V.3.	TRATAMIENTO PRELIMINAR .....	49
V.4.	TRATAMIENTO PRIMARIO .....	54
V.5.	TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	60
V.6.	COSTOS DE PROCESOS DE TRATAMIENTO .....	92

### VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## I. INTRODUCCION

### I. 1 GENERALIDADES.-

El agua constituye la parte fundamental en la vida de todo ser existente en la tierra y para cualquier tipo de desarrollo tecnológico.

Es cierto que este líquido se presenta en abundancia aparentemente, pero es de considerarse que en realidad no lo es tanto, si se atiende a las cualidades y características requeridas por las comunidades para su aprovechamiento.

Por otro lado, no se puede desconocer que situaciones tales como la explosión demográfica, la industrialización, la deforestación, la erosión y el deterioro de los suelos, el uso inadecuado de fertilizantes y plaguicidas, en sí todas las actividades humanas han deteriorado las características del agua disponible en el planeta.

No hay que olvidar que sólo a través de la adquisición de nuevos conocimientos y la capacitación permanente de los recursos humanos, que directa o indirectamente están involucrados en la solución de los problemas ambientales, será posible evitar el peligro latente en un lapso de 20 años en los que las aguas nacionales se encuentren contaminadas al grado de que no sea posible usar el agua para las necesidades mínimas necesarias.

### IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua es uno de los compuestos más importantes de la tierra.

La abundancia del agua es tan grande que aproximadamente 3/4 partes de la superficie terrestre está cubierta por agua, además es principal componente de los organismos vivos. En el hombre representa casi el 70% del peso total del cuerpo.

El hombre utiliza el agua para sus necesidades diarias como son el lavado de ropa y utensilios para preparar alimentos entre muchas otras actividades indispensables, que realiza con este líquido.

Las antiguas civilizaciones humanas se percataron de la importancia vital que

el agua tenía para su desarrollo, por lo que se establecieron y florecieron a lo largo de grandes ríos tales como el Nilo, Ganges, Tigris, Eufrates, Danubio Volga, etc. Estos primeros conglomerados humanos aprovecharon la cercanía de los ríos para obtener de ellos agua para saciar su sed, peces para su alimentación y como medio de transporte.

A medida que el ser humano fue evolucionando y las ciudades fueron creciendo, el hombre encontró nuevos usos para el agua, entre los que destaca el uso de las corrientes superficiales como vertederos de desecho y basura resultantes de sus actividades diarias. Este aumento de la dependencia del hombre con respecto al recurso del agua le obligó a inventar técnicas que permitieran la captación, transmisión almacenamiento y distribución de este preciado líquido para el consumo diario.

El surgimiento de la revolución industrial originó la creación de grandes complejos los cuales sirvieron de núcleos para la creación de grandes metrópolis.

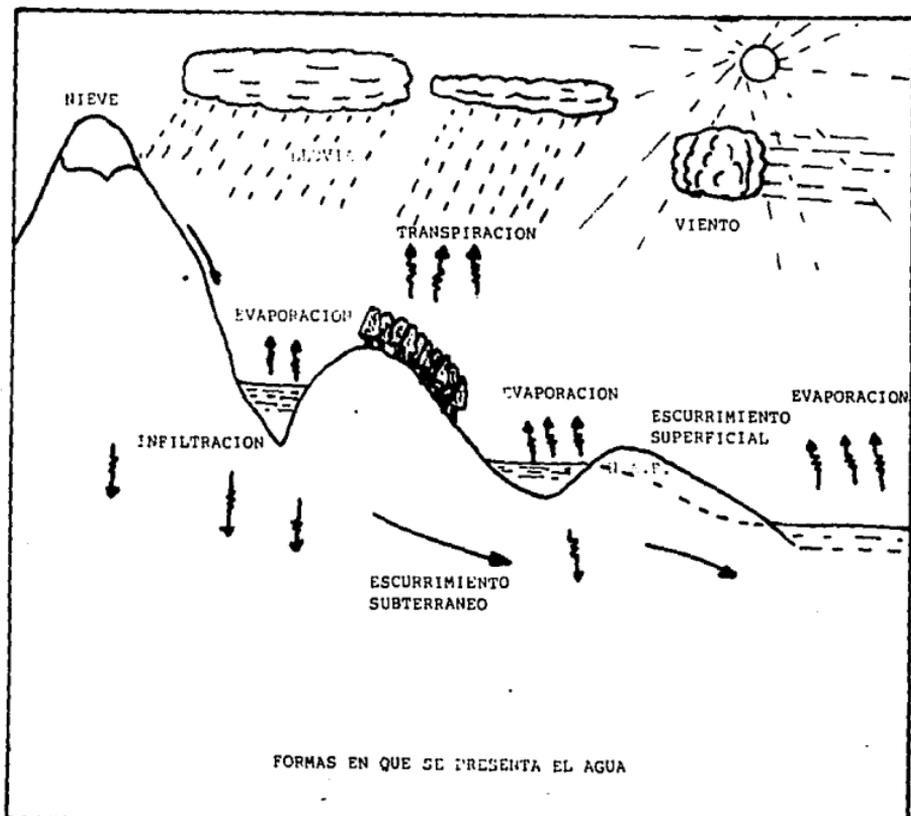
Para estas industrias el agua ha alcanzado una función predominante en las actividades del mundo moderno y su consumo se ha visto multiplicado rápidamente.

El consumo de agua hasta 1967 era de 2'000,000 m<sup>3</sup> anuales y de esta fecha hasta el año 2,000 se ha calculado un consumo anual de 5'450,000 m<sup>3</sup> así también ha aumentado la contaminación y el despilfarro de la misma.

### CICLO DEL AGUA.-

La cantidad de agua en nuestro planeta se mantiene constante gracias al fenómeno de la naturaleza conocido como ciclo del agua o ciclo hidrológico, éste permite que el agua circule continuamente a través del aire y del suelo con una serie de cambios físicos en un proceso que no tiene principio ni fin.

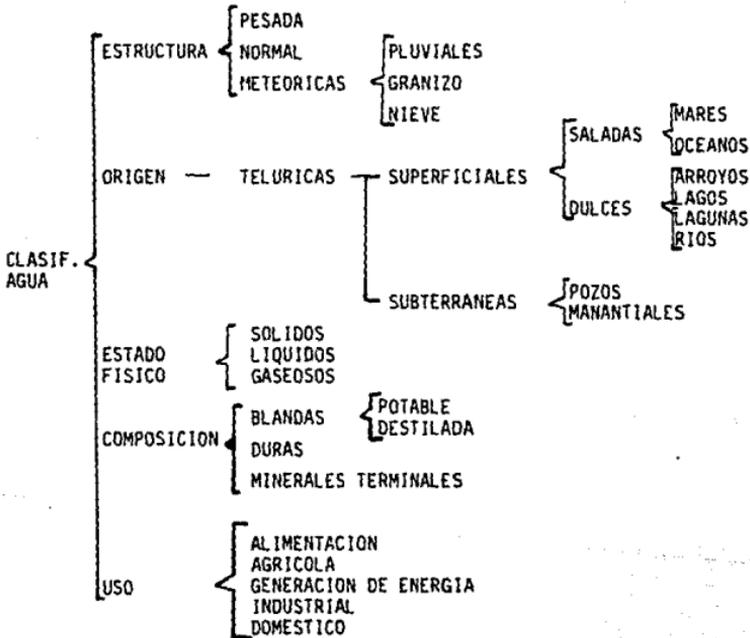
## CICLO HIDROLOGICO



Los escurrimientos que no retornan a la atmósfera, forman corrientes que fluyen hacia los mares y demás depósitos de agua superficiales integrándose a los mismos .

El hombre agrega un eslabón adicional al ciclo hidrológico, extrayendo ciertas cantidades de agua, las cuales usa posteriormente y la regresa a los mismos cuerpos de agua modificando su calidad.

CLASIFICACION DEL AGUA DE ACUERDO A SU VERSATILIDAD, EN CUANTO A SU ORIGEN, ESTRUCTURA Y USOS:



## I. 2 DISTRIBUCION DEL AGUA

### DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL MUNDO

- EN LOS OCEANOS

(Si la tierra fuera una esfera el agua total la cubriría con una capa de un promedio de espesor de 2,000 metros). 97 %

- EL AGUA DULCE REPRESENTA:

	<u>3 %</u>
SUMA	100 %

El agua dulce está distribuida en la siguiente forma:

En los casquetes polares y glaciales	75 %
Aguas Subterráneas con profundidad de 750 a 4,000 metros	14 %
Aguas Subterráneas con profundidades menores de 750 metros	<u>10.5%</u>
SUMA	99.50%

En lagos	0.37 %
Humedad del suelo	0.06 %
En ríos	0.03 %
En la atmósfera	<u>0.04 %</u>
	0 50 %

#### REFERENCIA

Control de la contaminación del agua

1988 SEDUE

### 1.3 DISTRIBUCION DEL AGUA EN LA REPUBLICA MEXICANA.

El territorio nacional cuenta con un volumen suficiente de agua para satisfacer las necesidades de su población, pero tenemos dos problemas principales su distribución y contaminación de las corrientes superficiales. El primero no se puede evitar ya que se debe a condiciones topográficas y climatológicas. El segundo se puede evitar con responsabilidad.

La distribución es desfavorable ya que existen zonas donde el agua es abundante y otras donde es escasa o simplemente no hay, el problema al que nos enfrentamos es llevar el agua a zonas donde sufren estos problemas.

La contaminación del agua en zonas donde se escasea es criminal, se desperdicia sin consideración, además de que corrientes que pueden servir como fuentes de abastecimientos, hoy sirven como medio de transporte de desechos sólidos. Esto provoca un impacto ecológico y alteramos tanto el ecosistema acuático como el terrestre de esa zona, es peligroso porque existen corrientes a cielo abierto y al contacto con el ser humano son la causa de varias enfermedades gastrointestinales aparte de que no tiene un uso adecuado y su manejo cuesta caro y no existe mucha preocupación. En nuestro País existe muy poca gente interesada por este tema y Profesionales especializados en el área son escasos, por lo cual debemos concientizarnos de la magnitud del problema y poner una solución o varias para evitarlo y utilizarlas como medida de prevención para las corrientes aún sanas:

#### DISTRIBUCION GEOGRAFICA.-

El país se encuentra dividido en 320 cuencas hidrológicas con escurrimiento medio anual de de aproximadamente 410,000 millones de metros cúbicos, esto representa el total disponible para su aprovechamiento.

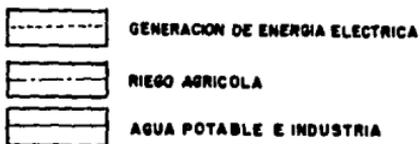
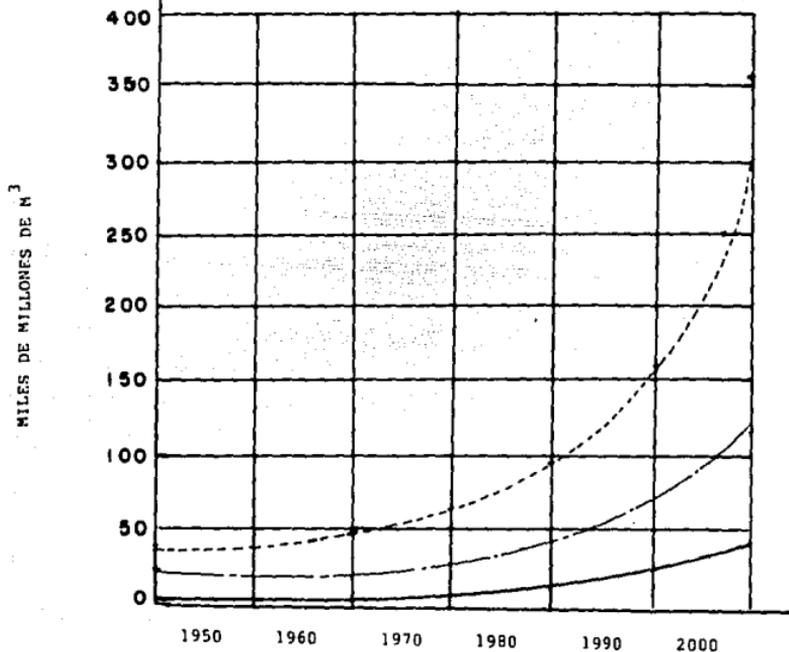
En su distribución en la zona norte del país solo se tiene un escurrimiento de 12,300 millones de metros cúbicos que representa el 3% del total en una

área equivalente de 30 % del país y se tienen 205,000 millones de metros cúbicos en un área no mayor al 20 % del territorio. La disponibilidad de agua como fuente de abastecimiento se encuentra abajo de 1,500 m.s.n.m. mientras que más del 70 % de población y 80 % de lo industrial se localizarón en la zona alta.

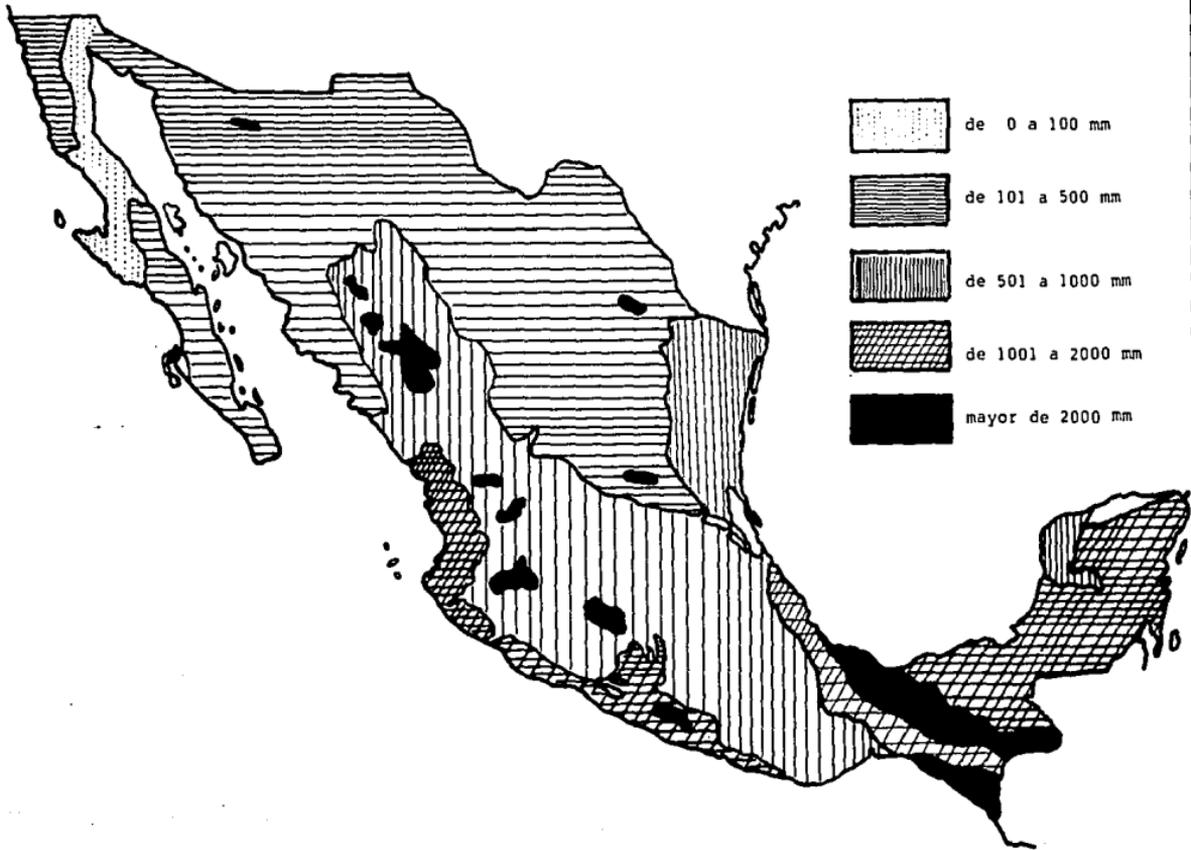
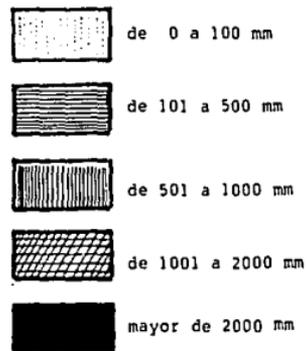
REFERENCIA

Control de la contaminación del agua en México  
VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental  
México 1990.

### APROVECHAMIENTO HIDRAULICO EN LA REPUBLICA MEXICANA.



# PRECIPITACION MEDIA ANUAL



### 1.- 4 FUENTES DE CONTAMINACION.-

Como consecuencia del desarrollo industrial y el acelerado crecimiento demográfico se ha suscitado un aumento de volúmenes de aguas residuales que al ser vertidas sin tratamiento previo a los cuerpos receptores, han ocasionado problemas ecológicos de distintas formas, esta situación provocó la necesidad de conocer el grado de contaminación que se presenta en las aguas del país, con la finalidad de avocarse en aquellas cuencas que por sus características particulares presentan mayores problemas de contaminación.

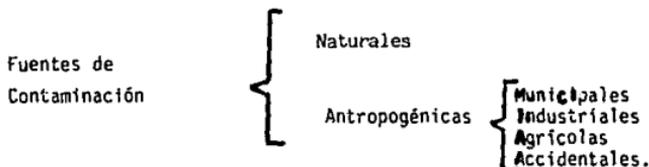
La industrialización sin planificación ha ocasionado que más de la quinta parte de la población se concentre en dos o tres ciudades, originando con ésto, - que varios rengiones de la economía nacional declinen por la ausencia de la explotación de los recursos naturales, ya que se desplaza la mano de obra que se ocupaba, a fin de alcanzar un nivel de vida más elevado, la concentración de las industrias en las urbes ha ocasionado un deterioro en el medio ambiente.

### FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA.-

El agua que se contamina ya no sirve para la alimentación ni para otros usos - tales como los domésticos, los industriales y los agrícolas.

### CLASIFICACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION.-

Las fuentes de contaminación se clasifican de la siguiente manera:



**FUENTES NATURALES.**- Son las que emiten de manera natural, sustancias extrañas que degradan la calidad de las aguas limpias contenidas en los depósitos o corrientes de agua, como ejemplo tenemos: la erosión acuática, erosión eólica, erupción volcánica y marea roja.

**FUENTES ANTROPOGENICAS.**- Son las fuentes que como resultado de las actividades humanas emiten sustancias extrañas al medio acuático, degradando su calidad y dificultando su uso.

**FUENTES MUNICIPALES.**- Constituyen la mayor fuente de contaminación en cuanto a volumen se refiere, ya que las aguas residuales emitidas por ellas están formadas por las descargas de las actividades domésticas de las poblaciones, las cuales en ocasiones se encuentran mezcladas con las aguas pluviales, la mayor parte de las aguas de los centros urbanos está constituida por desperdicios caseros, desechos humanos y animales, los que son conectados mediante sistemas de alcantarillado.

Sin embargo, las poblaciones pequeñas por su reducido tamaño no cuentan con una red de alcantarillado, y los desechos son vertidos directamente a los cuerpos de agua o infiltrados en el subsuelo. El hecho de que el rápido crecimiento de la población supera ampliamente la capacidad para dotar a la misma de un eficiente sistema de alcantarillado y convierte a las descargas municipales en focos peligrosos de contaminación.

**FUENTES INDUSTRIALES.**- Como su nombre lo indica, estas fuentes están constituidas por todas las industrias que de una y otra forma, aprovechan el agua para sus procesos, modificándola en todas sus propiedades y desechándola posteriormente con una calidad mucho menor que la que tenía a la entrada. Estas fuentes de contaminación aumentan rápidamente en volumen y peligrosidad, como resultado del desarrollo tecnológico e industrial del mundo moderno. Si a lo anterior se agrega que algunas industrias descargan sus aguas sin tratamiento alguno a los cuerpos naturales o a los sistemas de alcantarillado, por esta razón se considera que la contaminación debida a la industria es de mayor peligrosidad en la actualidad y en el futuro.

**FUENTES AGRICOLAS.**- Estas fuentes son el resultado del riego de los campos agrícolas tratados con compuestos químicos tales como: fertilizantes, herbicidas,

plaguicidas, fungicidas, etc., para el control de plagas y para aumentar la productividad de la tierra. Las aguas excedentes del riego, conocidas como aguas de retorno agrícola, aunados a aguas pluviales arrastran parte de las -- sustancias antes mencionadas y las depositan en los cuerpos y corrientes de -- aguas limpias, alterando con esto la calidad del ecosistema acuático y provo -- cando un excesivo crecimiento de la flora de los mismos en detrimento de la -- cantidad de oxígeno, debido a que las áreas de riego son demasiado extensas y poseen varias salidas, el manejo y control de las aguas de retorno es demasia -- do complejo.

**FUENTES ACCIDENTALES.-** Lo provoca como su nombre lo indica, los accidentes du -- rante el desarrollo de alguna actividad, como ejemplo: un derrame de petróleo en el océano, que trae consigo varias consecuencias como el impedimento para -- la oxigenación del agua, causando la muerte de la fauna y ocasionando daños a los centros turísticos, afortunadamente no son muy comunes.

#### **CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.-**

Las aguas residuales domésticas son aquellas que resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habi -- tación, edificios comerciales e instituciones. La cantidad o volumen de aguas -- residuales domésticas que se producen varían de acuerdo con el tipo de pobla -- ción y número de habitantes. Se considera que el intervalo normal de desecho -- de aguas residuales en un municipio puede variar desde 160 a 300 litros por -- habitante en un día.

Estas aguas están constituidas por las exoneraciones corporales de humanos y -- animales, que llegan a formar parte de las aguas residuales domésticas mediante los sistemas hidráulicos de los retretes o letrinas.

Estos desechos son un problema para la salud pública, debido a que pueden con -- taminar a los cuerpos receptores con organismos perjudiciales, causando enfer -- medades como: cólera tifoidea, disentería bacilar, disentería amibiana, gastro -- enteritis, cólera y otras enfermedades.

En términos generales las aguas residuales municipales se caracterizan por -- elevadas concentraciones de sólidos, materia orgánica, grasas, aceites y deter -- gentes.

**COMPOSICION TIPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

**(VALORES EXPRESADOS EN MG/L)**

	<u>FUERTE</u>	<u>MEDIA</u>	<u>DEBIL</u>
Sólidos totales (ST)	1200	200	350
Sólidos disueltos totales (SDT)	850	500	250
Sólidos disueltos fijos (SDF)	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles (SDV)	325	200	105
Sólidos suspendidos totales (SST)	350	200	100
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	275	150	70
Sólidos sedimentables (SSE)ml/lt	20	10	5
DBO <sub>5</sub>	300	200	100
DQD	1000	500	250
Carbono orgánico total	300	100	100
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Nitrógeno orgánico	35	15	8
Nitrógeno amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitritos	0	0	0
Fósforo total (como P)			
Fósforo orgánico	5	3	2
Fósforo inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasas y aceites	150	100	50

## CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Como su nombre lo indica, estas aguas residuales tienen su origen en los procesos húmedos derivados de las actividades industriales.

La actividad industrial en México es primordial para su desarrollo, pero también es el principal foco de contaminación, debido a su crecimiento desordenado, las industrias más contaminantes en el país son:

- Industria Alimenticia
- Industria Química
- Industria Papelera
- Industria Textil
- Industria de la Refinación del Petróleo
- Industria Petroquímica Básica
- Industria Vitivinícola y Cervecera
- Industria de la Curtiduría
- Industria Eléctrica
- Industria de Acabado de metales
- Industria de Beneficios del Café

### 1.5. CONTAMINACION DE LAS AGUAS EN EL TERRITORIO NACIONAL.

El parámetro más usado para determinar el grado de contaminación es la DBO (demanda bioquímica de oxígeno).

La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para llevar a cabo la oxidación biológica de materia orgánica contenida en una muestra de agua bajo condiciones aeróbicas. La determinación de la DBO es esencialmente un procedimiento de bioensayo que involucra la medición del oxígeno disuelto en agua utilizado por los micro-organismos del agua (principalmente bacterias), para la oxidación y estabilización bioquímica de la materia orgánica.

La oxidación bioquímica es un proceso lento y teóricamente tarda un tiempo infinito en completarse, al cabo de un período de 20 días se lleva a cabo un 95% a un 99% del total de la oxidación, a éste se le conoce como "DBO última". La experiencia ha demostrado que en un lapso de 5 días la oxidación se ha efectuado de un 60 a un 80%, para fines prácticos se ha acordado determinar la DBO en el laboratorio a los 5 días y a una temperatura de 20°C., esta temperatura es un valor promedio de la temperatura de las corrientes de agua que circulan a bajas velocidades en climas suaves, a la obtenida se le llama "DBO 5", a menos que se establezcan otras condiciones de tiempo y temperatura debe considerarse que los valores de DBO correspondan a la DBO 5.

Es el criterio mejor usado para determinar el grado de contaminación con una corriente en cualquier momento y capacidad de purificación de la misma.

La DBO se expresa generalmente en miligramos de oxígeno requerido por litro de agua ó partes por millón (p.p.m.).

En el país se analizaron, por la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, 218 cuencas, mismas que representan aproximadamente el 77% del territorio nacional, los ordenamientos se hicieron tomando como base la magnitud en la emisión de carga orgánica expresado como DBO de origen tanto industrial como urbano, los ordenamientos se elaboraron por municipios por esta do y por cuenca hidrológica.

A nivel de Estado el ordenamiento se hizo para las 32 Entidades Federativas de acuerdo a la emisión de DBO.

**ORDENAMIENTO DE ESTADO DE ACUERDO  
CON LA MAGNITUD DE DBO**

ESTADO	Q. RES. (L.P.S)	DBO URB. (Kg/año)	DBO IND. (Kg/año)	DBO TOTAL (Kg/año)	% NaI	% A C
Veracruz	22,240	43'454,992	370'983,87	414'438,868	17.57	17.57
D.F.	27,834	218'577,979	144'811,128	363'389,107	15.4	32.97
Jalisco	9,824	56'795,970	219'010,504	275'806,474	11.69	44.66
Edo. de México	16,311	103'732,258	101'655,394	205'387,652	8.71	53.37
N.L.	8,193	86'277,203	83,201,756	171'478,959	7.27	60.64
Sinaloa	7,036	16'546,461	160'746,225	177'292,686	7.52	67.16
Oaxaca	3,239	7'832,781	64'571,861	72'404,646	3.07	71.23
Tamaulipas	4,790	28'014,055	42'739,259	70'753,314	3.00	74.23
S.L.P.	2,968	12'023,686	43'924,702	55'948,388	2.37	46.60
Morelos	2,498	9'187,726	45'047,553	54'235,279	2.30	78.90
Guanajuato	5,127	32'113,545	16'818,246	48'931,791	2.08	80.98
Michoacán	3,302	22'275,820	22,264,789	44'540,609	1.88	82.86
Chihuahua	4,122	26'466,945	16'100,106	42'567,051	1.80	84.66
Puebla	3,460	21'444,831	19'072,558	40'517,389	1.72	86.38
Coahuila	3,999	24'335,732	15'168,649	39'504,381	1.67	88.05
Sonora	3,029	20'489,844	18'550,610	39'040,454	1.66	89.71
B.C.	2,803	22'432,437	15'675,200	38'107,637	1.61	91.32
Nayarit	1,367	5'933,707	24'188,027	30'121,734	1.28	92.60
Hidalgo	1,532	6'111,135	20'837,956	26'949,091	1.14	93.74
Tabasco	1,148	6'579,682	12'788,852	19'368,534	0.82	94.56
Yucatan	1,284	10'910,056	4'162,904	15'072,960	0.64	95.20
Colima	858	4'268,074	10'066,769	14'334,843	0.61	95.81
Campeche	774	4'081,662	9'941,308	14'022,970	0.59	96.40
Guerrero	1,346	11'919,996	2'560,166	17'480,162	0.61	96.01
Durango	1,167	7'965,029	5'760,476	13'715,505	0.58	97.59
Chiapas	1,355	6'524,856	5'034,172	13'559,028	0.57	98.16
Aguascalientes	948	8'417,540	2'918,617	11'336,157	0.48	98.64
Queretaro	1,260	4'732,780	6'174,917	10'907,697	0.46	99.10
Zacatecas	690	5'524,789	1'671,482	7'196,271	0.31	99.40

ESTADO	Q. RES. (L.P.S)	DBO URB. (Kg/año)	DBO IND. (Kg/año)	DBO TOTAL (kg/año)	% Na1	% A C
B.C.S.	473	2'577,523	4'242,477	6'819,996	0.29	99.70
Tlaxcala	431	3'037,348	2'320,480	5'357,828	0.23	99.93
Quintana Roo	173	1'639,961	47,899	1'687,860	0.07	100.00
TOTAL	145,605	846'216,423	1'513'058,918	2'359'274,341		

Tenemos el 35.87 % del sector municipal y el 64.13 % del sector industrial.

#### EL ORDENAMIENTO POR CUENCA HIDRAULICA

NOMBRE	Q. RES.	DBO URB.	DBO IND.	DBO TOTAL	% Na1	% A C
Panuco	43,925	296'570,226	293'597,010	590'167,236	26.59	26.59
Lerma STGO	18,773	114'905,211	205'070,198	319'975,409	14.42	41.01
San Juan	9,965	49'280,320	86'235,745	135'516,065	6.11	47.12
Balsas	8,616	43'722,726	76'727,400	120'450,126	5.43	52.55
Blanco	5,147	7'215,283	109'296,103	116'511,386	5.25	57.80
Papaloapan	4,162	6'788,406	106'452,742	113,241,148	5.10	62.90
Culiacán	3,574	6'522,830	79'178,239	85'701,069	3.86	66.76
Coatzacoalcos	7,912	5'672,400	76'772,589	82'444,989	3.71	70.47
Fuerte	2,549	2'442,052	62'022,630	64'454,682	2.90	73.37
Jamalapa	1,431	6'757,801	39'424,514	46'182,315	2.08	75.45
La Antigua	1,741	4'349,208	36'371,203	40'720,411	1.83	77.28
Guayalejo	1,426	1'482,430	32'165,467	33'647,897	1.52	78.80
Grijalva	2,141	10'112,242	14'437,338	24'549,580	1.11	79.91
Nazas	1,972	12'005,202	11'652,491	23'657,693	1.07	80.98
Coahuylana	1,090	2'759,008	20'811,881	23'570,889	1.06	82.04
Amelia	1,145	4'250,850	18'669,076	22'919,926	1.03	83.07
Ameca	993	2'198,967	20'843,978	22'682,965	1.02	84.09
Conchos	2,456	10'625,367	11'533,890	22'159,257	1.00	85.09
Tijuana	1,391	10'548,631	8'690,999	19'239,630	0.87	85.96
Tehuantepec	882	- - - - -	16'787,755	16'787,755	0.76	86.72
Salado	1,996	11'445,062	5'099,874	16'544,936	0.75	87.47
Colorado	1,224	9'617,035	4'697,003	14'314,038	0.64	88.11

ESTADO	Q. RES.	DBO URB.	DBO IND.	DBO TOTAL	% Na1	% A C
Bravo	1,301	10'697,717	3'199,035	13'896,752	0.63	88.74
Yaqui	888	4'287,122	9'355,183	13'642,305	0.61	89.35
Nautla	580	1'170,648	10'814,278	11'964,926	0.54	89.89
Sonora	799	5'275,670	3'822,039	9'097,709	0.41	90.30
Sn Pedro	727	5'589,781	1'623,362	7'313,151	0.33	90.63
Lag. Coyuya	633	5'197,534	1'603,761	6'301,295	0.31	90.94
Purificación	220	- - - -	6'790,955	6'790,955	0.30	91.24
Presidio	496	3'886,106	2'017,999	5'904,105	0.26	91.50
Concepción	521	3'007,657	2'740,788	5'748,445	0.25	91.75

El ordenamiento por Cuenca se hizo para las 31 más importantes encontrándose - que son responsables de la descarga del 91% de DBO generado a nivel nacional.

## II ESTADISTICA DE LOS CENSOS DE POBLACION ENTRE 10,000 y 100,000 HABITANTES

A partir de los estudios demográficos, se encontró que existe un gran número de poblaciones en este rango y que forma el 80 % del total de las poblaciones mayores a 10,000 habitantes en 1980.

De aquí se podrá estimar en forma cualitativa y cuantitativa los problemas - ambientales que pueden derivarse del incremento de las concentraciones urbanas en determinadas regiones del País.

Será necesario evaluar exhaustivamente cada problema en particular para conocer en cifras la contaminación y los daños que causa en el agua, suelo y aire.

Los tres fenómenos debido al aumento demográfico, urbanización e industrialización están creando múltiples problemas ecológicos que deberían preocuparnos y encontrar una solución lo más óptima posible.

La ubicación de las industrias es importante para satisfacer los requerimientos necesarios y para lograr una economía en el desplazamiento de su fuerza laboral. Deberá tomarse en cuenta y en consideración aspectos sociales y económicos derivados de su localización.

Muchas industrias de diferente tipos de actividad también se localizan en estas pequeñas ciudades y por muy pequeña que sea en su proceso requiere la disposición de desechos gaseosos, líquidos y sólidos. Estos residuos significan la adición de nuevos elementos creando situaciones adversas al medio donde se desalojan; éstas regularmente contienen sustancias tóxicas que originan la muerte de la fauna marina o especies acuáticas dependiendo del cuerpo de agua de donde se han desalojado estos desechos.

Existe muy poca preocupación por parte de la sociedad en evitar que estas poblaciones descarguen directamente sin ningún tratamiento previo, contaminando cuerpos de agua que pueden servir como fuente de abastecimiento.

## II. 1 COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO

Los servicios de alcantarillado en los estados de la República Mexicana en promedio existen 48.7 % de servicios dando prioridad a las ciudades grandes y poca atención a poblaciones con menor número de habitantes, que se encuentran en un rango menor de las ciudades medias.

El total de los servicios se presenta como indica la siguiente tabla con proyección al año 2007.

TIPO	POBLACION %		COBERTURA %	
	AÑO 1987	AÑO 2007	ACTUAL	OBJETIVO
URBANA	71.7	80.0	64.4	80.0
RURAL	28.3	20.0	9.0	20.0
NACIONAL	100.0	100.0	48.7	68.0

De los 2,902 sistemas de alcantarillado existentes en 1985 tan solo un 10.2 % - contaba con algún tipo de tratamiento y el 42 % de esto no funcionaba al 100 % de su capacidad normal.

En las barras del diagrama anterior marca el nivel de tratamiento que existe a nivel Nacional, que realmente es muy escaso, en consecuencia todas las aguas residuales se vierten sobre cuerpos sin tratamiento alguno ocasionando el deterioro de la calidad del agua de este.

## 11.2 DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA

En estos centros la industrialización va en aumento y esto es importante, no tan solo para satisfacer los requerimientos necesarios, sino para lograr economías en el desplazamiento de fuerza laboral, deberá tomarse en consideración el futuro inmediato de la industria para predecir los aspectos sociales y económicos - - derivados de su localización.

De los centros de población resultaría muy laborioso conocer el problema particular de cada uno de ellos pero regularmente en todos tienen problemas fuertes de contaminación agrícola, debido a las aguas residuales desalojadas sin - - - tratamiento alguno y las descargas de industrias existentes en estos centros de población.

Por mencionar algunas, tenemos por ejemplo; en Morelos, Emiliano Zapata, - - - Zacatepec, las cuales tienen actividad industrial y son afluente directo del - - Río Apatlaco en el municipio de Xochitepec y en la zona de Civac en el manantial San Gaspar se encuentra contaminado con Plomo (pb), Cobre (cu), Cromo (Cr) y - todas las demás poblaciones antes mencionadas de este estado están contaminadas debido al agua de retorno agrícola, ya que en estos municipios el 66 % representa actividad agrícola. (consultar anexo A).

Y así podemos mencionar los problemas de cada población citada de cada estado que tiene fuertes problemas de contaminación.

### 11. 3 PROGRAMA OPERATIVO ANUAL DE 1985

Dentro de las metas del programa operativo anual (POA) de 1985 y con base a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo, se plantea la elaboración de estudios y proyectos ejecutivos para obras y diseño de certificación y normas de calidad del agua para el uso del recurso; estaciones de monitoreo; fijación de condiciones particulares para descargas de aguas residuales; construcción de -- operación de laboratorios estatales y regionales, inspecciones y dictámenes y la rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Esta línea prioritaria se llevará a cabo a través de un programa de Prevención y Control de la Contaminación del Agua.

Para estos efectos:

- Se realizarán cincuenta y tres estudios y proyectos ejecutivos de las principales cuencas hidrológicas del País para la certificación de la calidad del agua;
- Se llevarán a cabo 1,600 inspecciones de prevención y evaluación de la calidad del agua en diferentes lugares más críticos del País;
- Se instalarán 65 estaciones de monitoreo en las principales cuencas hidrológicas;
- Se formularán dictámenes para la fijación de condiciones particulares de descarga de agua residual.
- Se construirán tres distritos de control de la contaminación del agua en -- Tlaxcala; Cuautla, Morelos y Mazatlán.
- Se construirá una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Santiago, Nuevo León.
- Se continuará con las acciones de control de la contaminación del agua en: - Ocotlán y Tequila.
- Se rehabilitarán las plantas de tratamiento de aguas residuales en los Municipios de los siguientes Estados:

. Aguascalientes: Calvillo, Rincón de Ramos.

- . Baja California Norte: Tecate.
- . México: Ozumba.
- . Morelos: Tequesquitengo.
- . Nayarit: Compostela.
- . Nuevo León: Villa de Santiago, Allende, Bustamante, Serralvo.
- . Puebla: San Rafael.
- . Tlaxcala: Capulápan, Zacatelco.
- . Zacatecas: Loreto

Estas son algunas de las ciudades por las cuales existe ya preocupación por parte del Gobierno que andan en el rango anteriormente mencionado y tienen problemas fuertes de contaminación.

### III. LEGISLACION SOBRE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.-

En el Diario Oficial de la Federación del 10 de agosto de 1987 se reforma el párrafo tercero del Artículo 27 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos y se le agregó la fracción XXIX-G al Artículo 73:

Artículo 27... "La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada modalidades que dicte el interés público, así como de regular - en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de aprovechamiento con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia se dictarán medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico, para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer en los términos de la Ley Reglamentaria, la organización y explotación colectiva de ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad agrícola en explotación para la creación de nuevos centros de población agrícola con tierras y aguas que le sean indispensables; para el fomento de la agricultura y para cuidar la destrucción de elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad. - Los núcleos de población que carezcan de tierras y aguas o no las tengan - - - en cantidad suficiente para las necesidades de su población, tendrán derecho a que se les dote de ellas, tomándolas de las propiedades inmediatas respetando siempre la pequeña propiedad agrícola en explotación.

La fracción XXIX-G se le adicionó al Artículo 73 para quedar como sigue:

Artículo 73... I a XXIX-F .- XXIX-G Para expedir Leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los estados y municipios -- en el ámbito de sus respectivas competencias en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

En las modificaciones a los Artículos anteriores se nota un interés por parte del gobierno del estado por mejorar y proteger el medio ambiente pero los problemas siguen y poco a poco va en deterioro sin que se haya detenido por el --

momento existen plantas de tratamiento, pero la mayoría no está funcionando a su capacidad de diseño.

### CRITERIOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

En el Diario Oficial de la Federación publicado el 2 de diciembre de 1989.

#### III.2 .- Criterios de calidad del agua

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente faculta a la -  
Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológica, SEDUE, para formular criterios que  
se seguirán para la aplicación de la política general de ecología y uno de los  
asuntos al cual se le da prioridad es el de prevención y control de la - - -  
contaminación del agua, así como la protección de especies acuáticas.

Es importante definir los criterios de calidad del agua, es necesario conocer  
varios parámetros para calificar a los cuerpos de agua, tomar una decisión para  
ser utilizados como consumo humano, para uso pecuario, agrícola o bien si dicho  
cuerpo no puede ser utilizado para ninguna actividad sin un tratamiento adecuado.

La comparación de estos parámetros permitirá establecer las autoridades - - -  
competentes u organismos operadores, programas coordinados de prevención y - -  
control de la contaminación del agua, orientando a restaurar aquellos cuerpos -  
de agua que muestren signos de deterioro o bien proteger aquellos que actualmente  
presten mejores condiciones que las establecidas en los propios criterios; - -  
determinar la necesidad de rediseñar o en su caso ampliar la red nacional de -  
monitoreo de la calidad del agua, así como identificar los casos en que se - -  
deberán fijarse condiciones particulares a las descargas de aguas residuales.

Que la presencia de contaminantes en cualquier cuerpo de agua desequilibra el  
balance natural de las sustancias disueltas o suspendidas modificando, con - -  
ello la composición del agua y los organismos que en forma directa e indirecta  
como resultado de esa transmisión a través de su cadena alimenticia.

Ha sido de importancia fundamental definir ampliamente los criterios, el - - -  
conocimiento de los contaminantes del agua, de la correlación entre su presencia  
y los efectos que éstos ocasionan en los seres vivos, así como los consumidores  
directos del agua de las especies y actividades productivas que dependen de - -  
este recurso.

Para establecer los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua se toma en consideración que, en el país las condiciones naturales de los cuerpos de agua varían ampliamente en calidad y cantidad; el avanzado deterioro que presentan algunos cuerpos; las condiciones ambientales necesarias para la existencia y desarrollo normal de los organismos en un ecosistema y los diversos efectos que ocasionan la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua, entre especies y aún entre individuos de la misma especie, así como los principales usos del agua.

Los criterios ecológicos de la calidad del agua en la fuente de abastecimiento para agua potable y con fines recreativos, se enfocan a la protección de la salud humana basándose en las propiedades carcinogénicas tóxicas u organolépticas (color, olor o sabor) de las sustancias, así como en los efectos que éstas puedan causar a los organismos que se encuentren presentes en el agua. En este caso los criterios no se refieren a la calidad que debe tener el agua para ser ingerida, sino a los niveles permisibles en el cuerpo del agua que se pretenda utilizar, proveer agua para consumo humano.

Tratándose de los criterios ecológicos de calidad del agua, también se tomó en cuenta que se utilizan para la recreación y por lo tanto deben tener condiciones que aseguren la protección de la vida de agua dulce o de agua marina, según sea el caso.

Los criterios ecológicos de la calidad del agua para riego agrícola, se definieron considerando su aplicación a todo tipo de cultivo.

Los criterios de calidad del agua para uso pecuario, se establecieron considerando la protección de la salud de los animales domésticos y los destinados a la alimentación del hombre, previniendo las posibilidades de bioacumulación de sustancias tóxicas que pudieran afectar a la salud humana.

Los criterios ecológicos para protección de la vida de agua dulce y agua marina se fijaron sobre la base que garantiza la sobrevivencia de los organismos acuáticos y evitar el peligro de bioacumulación previniendo el daño a las especies que forman parte de la cadena alimenticia.

Los criterios ecológicos de calidad del agua para uso en la acuicultura se -

establecieron sobre la base de garantizar el crecimiento y el desarrollo de -- ciertas especies sujetas a cultivo o a semicultivo, previendo la acumulación - de substancias que pudieran afectar al organismo humano por su consumo.

En la formulación de estos criterios ecológicos participaron las Secretarías de Marina, de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua y Salud y de Pesca.

## **A C U E R D O**

ARTICULO 1º. El presente acuerdo tiene como propósito establecer los criterios ecológicos de calidad del Agua con base en los cuales la autoridad competente podrá calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimientos de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario en la acuacultura o para - la protección de la vida acuática.

ARTICULO 2º.- Para efectos de este acuerdo se consideran las definiciones contenidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente y - las siguientes:

### **- Calidad para la protección de la vida de agua dulce.**

Grado de calidad requerido para mantener las aguas dulces con las condiciones adecuadas para las condiciones de vida de la fauna acuática.

### **- Calidad para la protección de la vida del agua marina.**

Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interrelaciones con el medio acuático natural.

### **- Calidad para el uso en la acuacultura.**

Grado de calidad requerido para el uso de prácticas acuícolas y el desarrollo de especies de cultivo.

### **- Calidad para riego Agrícola.**

Grado de calidad para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo o de tipos de suelo.

**- Calidad como fuente de Abastecimiento de agua potable.**

Grado de calidad del agua, requerida para ser utilizada como agua de consumo humano debiendo ser sometida a tratamiento, cuando no se ajuste a las disposiciones sanitarias sobre agua potable.

**- Calidad del agua para uso pecuario:**

Grado de calidad del agua que se requiere para ser utilizada como abastecimiento de agua de consumo para los animales domésticos.

**- Calidad para uso recreativo con contacto primario:**

Grado de calidad requerido para ser utilizado en actividades de recreación que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

**- CUERPO DE AGUA:**

Los lagos, lagunas, acufferos, ríos y sus afluentes directos e indirectos permanentes o intermitentes, presas, cenotes, manantiales, litorales, estuarios, esteras, marismas y zonas marinas mexicanas.

En las tablas siguientes representan los niveles máximos para descargas de -- aguas industriales.

### 3.3 LIMITES MAXIMOS PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

PARAMETRO	UNIDAD	CAUCHO	HIERRO Y ACERO	TEXTIL	PAPEL	BEBIDAS GASEOSAS	LAMINACION DE COBRE	IMPREGNACION DE PRODUCTOS DE ASERRADERO	ASBESTOS TEXTILES	CURTIDO PIELES
PH		6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
S S T	mg/l	60	30	50	200	50	30	150	30	250
GRASAS Y ACEITES	mg/l	10	50		50	30	10	100		50
D B O	mg/l	50		100	200	50		200	30	250
D Q O	mg/l	250								
N. AMONIACAL NH <sub>4</sub>		30								
SOL. SEDIMENTABLES	ml/l			1.0	8.0	1.0				1.0
CROMO	mg/l			1.0			1.0			5.0
COBRE	mg/l			1.0			1.0			
ZINC	mg/l						10			
CADMIO	mg/l						5			
ARSENICO	mg/l						5			
PLOMO	mg/l						0.01			
FENOLES	mg/l									
SULFUROS	mg/l									25

PARAMETRO	TERMO-ELECTRICA	AZUCARERA	REF. DEL PETROLEO	FERTILIZANTES	PRODUCTOS PLASTICOS	FABRIC. HARINAS	CERVEZA	ASBESTO	LECHE Y DERIVADO	VIDRIO PLANO	VIDRIO PRENSADO
PH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l 100		70	30	70	200	200	60	100	40	30
GRASAS Y ACEITES	mg/l 15	20	40		20		30	10		70	10
COBRE	mg/l 1.0	--									
FIERRO	mg/l 1.0	--									
FOSFATO	mg/l 10.0	--									
BIFENILOS POLICLORADOS	mg/l	--									
D B O	mg/l	60	60		300	200	200	60	100	10	
D B O	mg/l		100		100	400		60			
SULFUROS	mg/l		0.5								
CRONO HEXAMLENTE	mg/l		0.2								
CRONO TOTAL	mg/l		1.0								
FENILOS	mg/l		1.0								
FLOURIROS	mg/l			20	20						30
FOSFORO TOTAL	mg/l			40							
NITROGENO TOTAL	mg/l			50							
SOL. SEDIMENTABLES	mg/l	1			1.2	1	1				
AMONIO	mg/l										30

PARAMETRO	UNIDAD	MATANZA ANIMALES	CONSERVAS ALIMENTICIAS	PAPEL DE CELULOSA VIRGEN
PH		6-9	6-9	6-9
S S T			125	125
S S		1		4
D B O		75	150	125
G y A		10	10	30

### III.4 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en su Título cuarto referente a la Protección al Ambiente, Capítulo II sobre Prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas Acuáticos decretó los artículos siguientes:

ARTICULO 117.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se consideran los siguientes criterios:

- I.- La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país.
- II.- Corresponde al Estado y a la Sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos incluyendo las aguas del subsuelo.
- III.- El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas.
- IV.- Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos Aguas Marinas y demás depósitos o --corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.
- V.- La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

ARTICULO 118.- Los criterios sanitarios para el control de la contaminación del agua serán considerados en:

- I.- El establecimiento de criterios, sanitarios para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud pública.

- II.- La formulación de normas técnicas que deberá satisfacer el tratamiento del agua para el uso y el consumo humano.
- III.- Los convenios que celebre el Ejecutivo Federal para entrega de agua en bloque a los sistemas, usuarios; especialmente en lo que se refiere a la determinación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que deban instalarse.
- IV.- La restricción o suspensión de explotaciones y aprovechamientos que ordene la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en los casos de disminución, escasés o contaminación de las fuentes de abastecimiento o para proteger los servicios de agua potable.
- V.- Las concesiones, asignaciones, permisos y en general autorizaciones que deban obtener los concesionarios, asignatarios o permisionarios, en general los usuarios de las aguas residuales de la nación, para infiltrar aguas residuales en los terrenos, o para descargarlos en otros cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones.
- VI.- La organización, dirección y reglamentación de los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y álveos de aguas nacionales, superficiales y subterráneos.

ARTICULO 119.- Para la prevención y control de la contaminación del agua corresponderá:

1.- A la Secretaría:

- a) Expedir normas técnicas para el vertimiento de aguas residuales en redes colectoras, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y de más depósitos de agua, así como para infiltrarlas en terrenos.
- b) Expedir las normas técnicas ecológicas a las que se sujetará el almacenamiento de aguas residuales.
- c) Dictaminar las solicitudes de permisos para infiltrar o descargar

aguas residuales o cuerpos distintos a los alcantarillados.

- d) Fijar condiciones particulares de descarga a quienes generan aguas residuales captadas por sistemas de alcantarillados, cuando dichos sistemas viertan sus aguas en cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua de propiedad nacional.
- e) Promover el reuso de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas e industriales.
- f) Determinar los procesos de tratamiento de aguas residuales, considerando los criterios de la Secretaría de Salud en función del destino de esas aguas y las condiciones del cuerpo receptor.
- g) Resolver sobre las solicitudes de autorización para establecimiento de plantas de tratamiento.
- h) Promover la incorporación de sistemas de separación de las aguas residuales de origen doméstico de aquellos de origen industrial en los drenajes de centros de población, así como la instalación de plantas de tratamiento para evitar contaminación de aguas.

II.- A la Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

- a) Expedir las normas técnicas, ecológicas para el aprovechamiento de aguas residuales.
- b) Emitir la opinión para establecimiento de nuevas industrias que puedan producir aguas residuales, así como obras e instalación para la purificación de las mismas.
- c) Expedir normas técnicas ecológicas que deberán observarse para el tratamiento de aguas residuales de origen urbano que se destinen a la agricultura y a otros usos.

V.- A los Estados y Municipios.

- a) El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado.
- b) Requerir a quienes generan las descargas a dichos sistemas y no satisfagan las normas técnicas ecológicas, la instalación de sistemas de tratamiento.
- c) Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva pueda llevar a cabo el tratamiento necesario y en su caso proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar.
- d) Llevar y actualizar el registro de las descargas a las redes de drenaje y alcantarillado que administren.

ARTICULO 120.- Para evitar la contaminación del agua quedan sujetos a regulación federal o local:

- I.- Descargas de origen industrial.
- II.- Las descargas de origen Municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas.
- III.- Las descargas derivadas de actividades agropecuarias.
- IV.- La aplicación de plaguicidas , fertilizantes y sustancias, tóxicas.
- V.- Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos.
- VI.- El vertimiento de residuos sólidos en cuerpos de agua corriente.

ARTICULO 121.- No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo de agua o en el subsuelo aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento o sin permiso de la autoridad federal, o de autoridad local en los

casos de descargas en aguas de jurisdicción local a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

ARTICULO 124.- Cuando las aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua, la Secretaría lo comunicará a la Secretaría de Salud y promoverá ante la autoridad competente del permiso o la autorización correspondiente; o su inmediata revocación y en su caso la suspensión del suministro.

ARTICULO 126.- Los equipos de tratamiento de aguas residuales de origen urbano que diseñen, operen o administren los municipios o las autoridades Estatales deberán cumplir con las Normas Técnicas Ecológicas que al efecto se expidan.

ARTICULO 128.- Las aguas residuales provenientes del alcantarillado urbano podrán utilizarse en la industria y en la agricultura si se someten al tratamiento que cumpla con las Normas Técnicas Ecológicas, emitidas por la Secretaría en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de - - Salud.

ARTICULO 129.- El otorgamiento de asignaciones, autorizaciones, concesiones o permisos para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas en actividades económicas susceptibles de contaminar las aguas residuales que se produzcan.

ARTICULO 133.- La Secretaría y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud - conforme a otros ordenamientos legales, realizarán un sistemático y permanente monitoreo de la calidad de las aguas para detectar la presencia de contaminantes o exceso de desechos orgánicos y aplicar las medidas que procedan, o en su caso promover su ejecución. En los casos de jurisdicción local se coordinarán con las autoridades de los Estados y Municipios.

Esto es lo referente a la reglamentación para la prevención de la contaminación del agua y el tratamiento de aguas residuales relacionados con las descargas de aguas residuales municipales.

#### IV.- ALTERNATIVAS DE DISPOSICION FINAL DE AGUAS RESIDUALES.

##### IV.1.- DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES.

Desde principios de siglo hasta nuestros días, ha existido un progreso continuo en el desarrollo de los métodos usados para el tratamiento de residuos líquidos. Todo esto como respuesta a la creciente preocupación pública sobre la salud y - los efectos adversos causadas por las descargas directas de aguas residuales al ambiente.

La contaminación de corrientes naturales y el desalojo sin control de las aguas residuales, han provocado condiciones insalubres produciendo más muertes que - cualquier otro fenómeno en la historia.

Se ha tenido que atacar el problema y se ha creado como disciplina la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, hoy en día se dispone de técnicas suficientes para sanear cualquier tipo de ambiente y que éste sea habitable por el hombre.

Inicialmente el propósito de tratamiento, fue el de acelerar las fuerzas de la naturaleza bajo condiciones controladas en instalaciones de tratamiento para - lograr los siguientes objetivos:

- Remoción de material flotante y suspendido.
- Remoción de materia orgánica biodegradable.
- Eliminación de organismos patógenos.

Hoy en día, es tal la disponibilidad de recursos tecnológicos que es posible - obtener agua prácticamente pura, sin embargo existe una serie de factores tales como: uso del efluente de tratamiento, costos, disponibilidad de recursos humanos y materiales, condiciones socioeconómicas y políticas.

La disposición satisfactoria de aguas negras, ya sea por irrigación, por el método subsuperficial o por el de dilución, depende del tratamiento previo a su - disposición. Para disposición por dilución se necesita un tratamiento apropiado

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA  
Niveles máximos en mg/l excepto cuando se indique otra unidad

SUBSTANCIA O PARAMETRO	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRICOLA	USO PECUARIO	PROTECCION PARA LA VIDA ACUATICA	
				AGUA DULCE	AGUA MARINA AREAS COSTERAS
ACENAFIGNO				0.02 (I)	0.01 (I)
ACRILONITRICO (II)				0.07 (I)	
ACROLEINA		0.1		0.0007	0.0005 (I)
ALCALINIDAD (CaCO <sub>3</sub> )				IV	IV
ALDRIN (II)	0.00005	0.02		0.003	0.001
ALUMINIO		5.0	5.0	0.05	0.2
ANTIMONIO		0.1		0.09 (I)	
ARSENICO (II)		0.1	0.2	0.2 (como AsIII)	0.04 (como As III)
AEPESTOS ESTETICOS V		V	V	V	V
BARIO				0.01	0.5
BENCENO (II)				0.05 (I)	0.00
BENDICINA (II)				0.02 (I)	
BERICIO (II)		VI	0.1	0.001	
BIFENILOS POLICLORADOS (II)				0.00001	0.00003
BHC (II)(VII)				0.001 (I)	0.00000 (I)
BHC (INDANO)				0.002	0.0003
ETER				VIII	
ETALATO				(IX)	(E)
BROMOFENIL-FENIL				0.01	
BORO (II)		0.7 (XI)	5.0		0.00 (VII)
CADMIO (II)		0.01	0.02	(XIII)	0.009
CIANURO (como CN-1) 0.02		0.02		0.005 (XII)	0.001 (XIV)
CLOROANO (II)	0.00002	0.003		0.002	0.00009

SUSTANCIA O PARAMETRO	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRICOLA	USO PECUARIO	PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA	
				AGUA DULCE	AGUA MARINA
CLOR RESIDUAL				0.011 (XII)	0.075 (XII)
CLORO BENERNO				(XV)	(XVI)
2 CLORO-ETEL VINIL ETEL				0.5 (I)	
2 CLORO FENOL				0.04	0.1
CLORO FORMO				0.3 (I)	
CLORO NAFTALENOS				0.02 (I)	0.00007 (I)
CLORUROS como (CL)		147.5		250.0	
COBRE		0.20	0.5	(XVII)	0.003 (XIV)
COLIFORMES FECALES (XVIII) (NMP/100 ml)		1000.0		(XVII)	(XVII)
COLOR (Escala Pe-Co)				(XIX)	(XIX)
CONDUCTIVIDAD ELECT.		1.0 (XX)			
CRONO ELEVALENTE		1.0	1.0	0.01 (XII)	0.05 (XII)
DDT	0.000005			0.001	0.0001
DICLOROBENCENOS				0.01	0.02
DIRDRIN	0.000003	0.02		0.002	0.0007
FIERRO		5.0		1.0	0.05
FLORUROS (como F)		1.0	2.0	1.0	0.5
FOSFATOS (como PO <sub>4</sub> )				XIV	0.002
HEPTACLORO	0.000002	0.02		0.0005	0.0005
MERCURIO (Hg)			0.003	0.00001 (XII)	0.00002 (XII)
NIQUEL		0.2	1.0		0.008 (XII)
NITRATOS (NO <sub>3</sub> )			90		0.04

PARAMETRO	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRICOLA	USO PECUARIO	PROTECCION PARA LA VIDA ACUARIA	
				AGUA DULCE	AGUA MARINA
NITRITOS (NO <sub>2</sub> )			10.0		0.002
NITROGENO AMONIACAL				0.06	0.01
OXIGENO DISUELTO				5.0	5.0
P H		4.5-9.0			
PLOMO		5.0	0.1	0.006	0.006 XII
SELENIO		0.02	0.05	0.008	0.4
SOLIDOS DISUELTOS		500.0	1000.0		
SOLIDOS SUSPENDIDOS		50		XIV	(XIX)
SULFATOS		130	0.005		
SULFATOS (H <sub>2</sub> S)				0.002	0.002
TEMPERATURA				Condiciones Naturales ± 1.5	Condiciones Naturales 11.5
RADIO ACTIVIDAD					
ALFA TOTAL (B <sub>q</sub> /l)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
BETA TOTAL (B <sub>q</sub> /l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

NOTA: CONSULTAR ANEXO PAGINA 94

para prevenir la contaminación de las aguas receptoras a un grado que puede interferir con su mejor empleo, ya sea como agua de abastecimiento, para fines recreativos, para la pesca o cualquier otro propósito. Siempre es necesario algún tratamiento para evitar crear condiciones ofensivas, aún cuando una masa de agua no tenga otra aplicación, que la disposición de aguas negras o industriales.

La disposición usual en las poblaciones es de desechar el agua al cuerpo de agua más cercano, pero anteriormente se mencionó el daño que provoca esta falta de tratamiento; para estas poblaciones lo más conveniente es darle un tratamiento previo y usarlos para irrigación de parques y jardines o para cultivos agrícolas, recarga de acuíferos, reúso de industrias, para acuicultura, respetando las NTE, (Normas Técnicas Ecológicas)

#### **IV.2 AUTO DEPURACION DE LAS AGUAS.**

Las masas de agua estacionarias o móviles tienen una capacidad limitada para asimilar cargas contaminantes.

El fenómeno de recuperación se le denomina "Auto depuración" de las aguas.

La oxidación biológica de la materia orgánica requiere el consumo de oxígeno, para la producción de materia orgánica estabilizada, si en un curso de agua se efectúa una descarga orgánica, ésta para su estabilización consumirá el oxígeno en el agua del río.

Se admite que la autopurificación de una corriente tiene lugar en cuatro etapas, dividiéndose la corriente en cuatro zonas de delimitación definidas:

**ZONA DE DEGRADACION.**- La primera de estas zonas queda inmediatamente después abajo del punto de contaminación, se caracteriza por presentar signos visibles de contaminación pues se presentan sólidos flotantes, el agua tiene relativamente poco oxígeno disuelto.

**ZONA DE DESCOMPOSICION.**- A medida que se va agotando el oxígeno disuelto, es donde se inicia la descomposición anaerobia o putrefacción, y ha desaparecido -

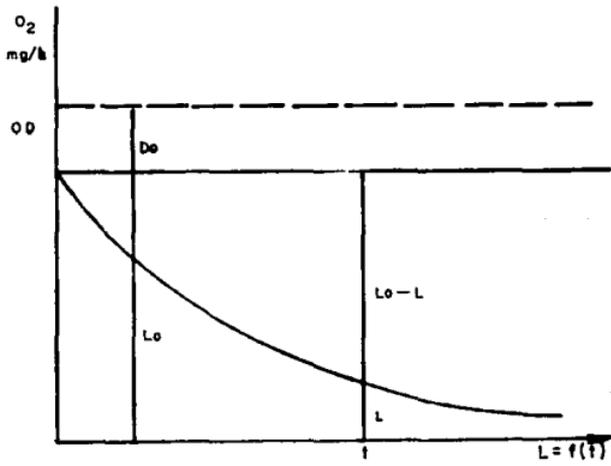
todo tipo de fauna acuática, el agua se vuelve negra y se producen olores ofensivos como resultado de la descomposición de los sólidos orgánicos por los organismos anaerobios que se presentan en grandes cantidades.

En el transcurso se va aereando de manera que al final existe una pequeña cantidad de oxígeno.

**ZONA DE RECUPERACION.**- En esta zona reaparece el oxígeno disuelto en cantidades mayores, los sólidos disminuyen y el color presenta una apariencia más favorable, se han extinguido los organismos anaerobios, los peces pueden vivir nuevamente, los sólidos orgánicos se sedimentan formando lodos y poblandose de gusanos y larvas que son perfectamente visibles.

**ZONA DE AGUA LIMPIA.**- En esta zona la apariencia del agua es similar a la que tenía antes de que recibiera la descarga contaminante, no hay sólidos suspendidos, la concentración de oxígeno está cercano al punto de saturación.

El peligro de la auto purificación que pueden sobrevivir algunos microorganismos patógenos, virus u otras sustancias tóxicas, especialmente compuestos metálicos provenientes de las industrias que existen.



$L_o$  = demanda ultima de oxigeno

$L$  = Oxigeno remanente al tiempo

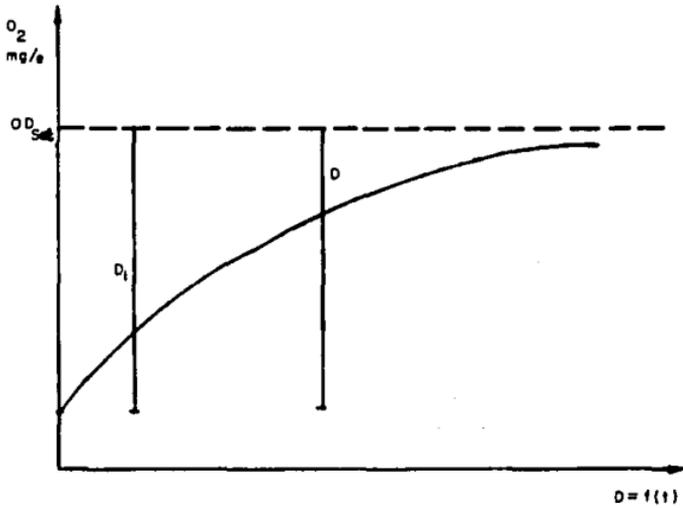
$D_o$  = Deficit Inicial de Inicial de Oxigeno

$L_o - L$  Oxigeno Consumido

$K_1$  = cle de desoxigenacion

$$L = L_o e^{-k_1 t}$$

**CURVA DE DESOXIGENACION**



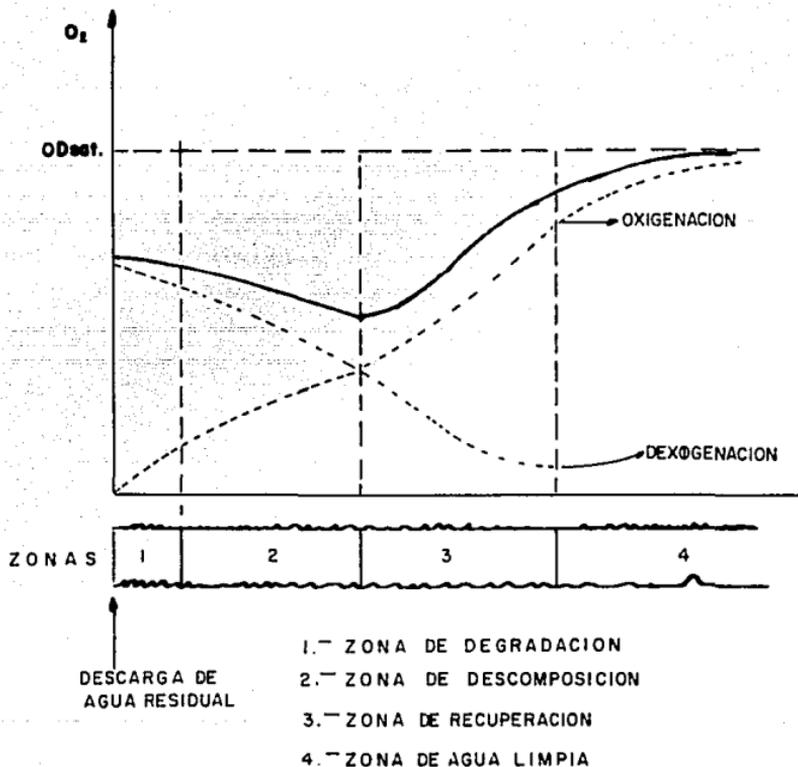
$D_0$  — Deficit inicial de oxigeno

$D$  — Deficit de oxigeno al tiempo  $t$ .

$$D = D_0 e^{-kt}$$

**CURVA DE OXIGENACION**

**PROCESO DE AUTO DEPURACION**



$K$  = Cte de Oxigenacion

$D$  = Deficit de Oxigeno Disuelto en el tiempo  $t$

$K_1$  Cte de Desoxigenacion

$$D = \frac{K \cdot L_0}{K - K_1} \left\{ e^{-k_1 t} - e^{-k t} \right\} + D_0 e^{-k t}$$

## V.- ALTERNATIVAS DE PROCESOS DE TRATAMIENTO

### V.- TRATAMIENTO

Es el proceso o procesos a los cuales se someten las aguas residuales con el -- objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes que estos contienen.

En términos generales el tratamiento de los residuos líquidos municipales no - tiene mayores complicaciones técnicas debido a la composición de éstos que son la mayoría de residuos domésticos o comercial, sin descartar que existen algunas industrias y que éstas teóricamente tienen que descargar con ciertos límites - máximos de los parámetros que marcan las Normas Técnicas Ecológicas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

A medida que crecen estas poblaciones los medios naturales no son efectivos para tratamiento del agua, sino hay que recurrir a nuevas técnicas de disposición de aguas negras.

Los puntos que hay que tomar en consideración en el tratamiento de aguas negras incluyen:

- 1).- Conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.
- 2).- La prevención de enfermedades.
- 3).- La prevención de molestias.
- 4).- El mantenimiento de aguas limpias para el baño y otros própositos recrea  
tivos.
- 5).- Mantener limpias las aguas que se usan para la propagación y superviven-  
cia de especies acuáticas.
- 6).- Evitar la contaminación de las playas y costas.
- 7).- Confines estéticos.

## **V.2 METODOS DE TRATAMIENTO.**

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas -  
residuales, todos pueden incluirse dentro de los procesos siguientes:

- 1).- Tratamiento preliminar.
- 2).- Tratamiento primario.
- 3).- Tratamiento secundario.
- 4).- Tratamiento Terciario o avanzado.

## 5.- Tratamiento de los lodos.

Los métodos individuales más comunes son clasificados como operaciones unitarias físicas, procesos unitarios químicos y procesos unitarios biológicos. No obstante que estas operaciones y procesos ocurren en una gran variedad de combinaciones en los sistemas de tratamiento.

### V.3 TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Bajo esta denominación aquellos procesos mediante los cuales se logra la remoción de sólidos flotantes voluminosos y arenas, materiales que ocasionarían problemas y sistemas de bombeo y a los procesos siguientes:

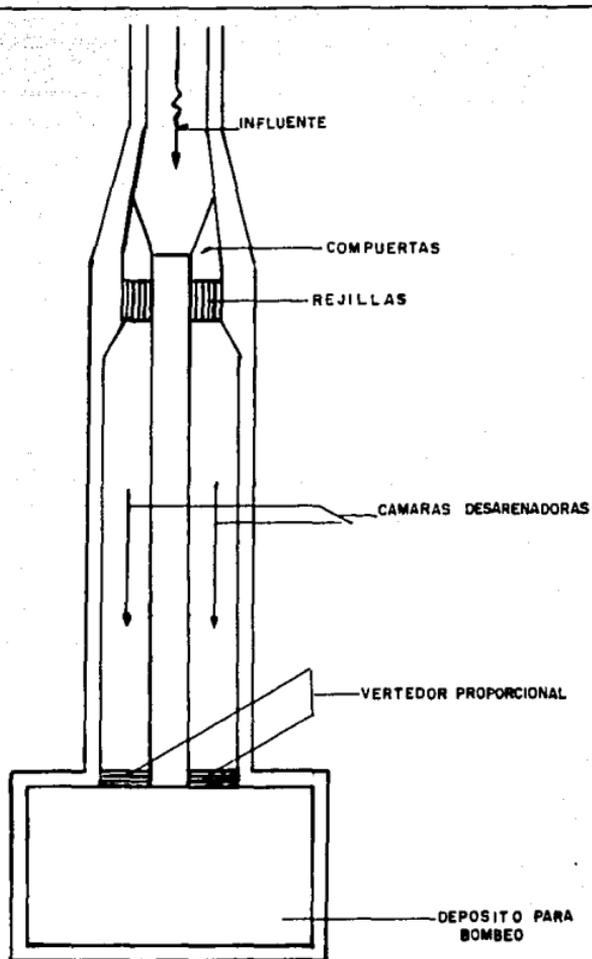
CRIBADO O DESMENUZADO.  
DESARENADO.  
REGULACION DE FLUJO.

#### V.3.1. CRIBADO O DESMENUZADO.

Tiene como objetivo remoción de partículas flotantes y suspendidas para:

- a).- Evitar obstrucciones en tuberías, atascamientos y daños al equipo mecánico.
- b).- Atascamiento y daños al equipo mecánico.
- c).- Reducir la magnitud de bancos de lodos.
- d).- Disminuir la absorción de oxígeno de aguas de dilución.
- e).- Interceptor materia flotante desagradable a la vista.

Los elementos dispositivos de cribado se dividen en:



**DESARENADOR DE FLUJO  
HORIZONTAL**

a).- REJILLAS.

Estas se componen de barras verticales o inclinadas de sección circular, regular o trapecial, espaciadas a intervalos iguales y colocados transversalmente a la dirección del escurrimiento. Se usa precediendo a estaciones de bombeo, desarenadores y tanques de sedimentación y como pasos laterales de desmenuzadores.

b).- CRIBAS FINAS.

La mayor parte de los equipos son patentados, consisten en placas metálicas encadenadas en bandas sin fin. En la mayor parte de ellas el material retenido se limpia con cepillos y chorros de agua a presión o con aire comprimido.

Estas cribas pueden usarse para la sedimentación donde no haya suficiente espacio para tanques y donde se desee remover solo una pequeña parte de mantener suspendida.

c).- DESMENUZADORES.

Un desmenuzador es una criba o rejilla que tiene un mecanismo que corta el material retenido sin removerlo del escurrimiento de aguas negras, tiene la ventaja de reducir los olores, moscas y condiciones desagradables a la vista, comunes en el manejo de material retenidos en rejillas o cribas.

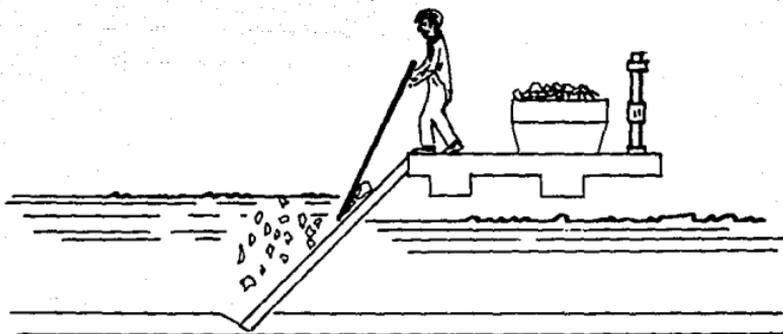
Otros dispositivos consisten de rejillas con limpieza mecánica, el material retenido es llevado a un molino o bomba donde es reducido y puede ser dispuesto aguas abajo o arriba de la rejilla.

Existen varios tipos de desmenuzadores, siendo los más comunes los siguientes:

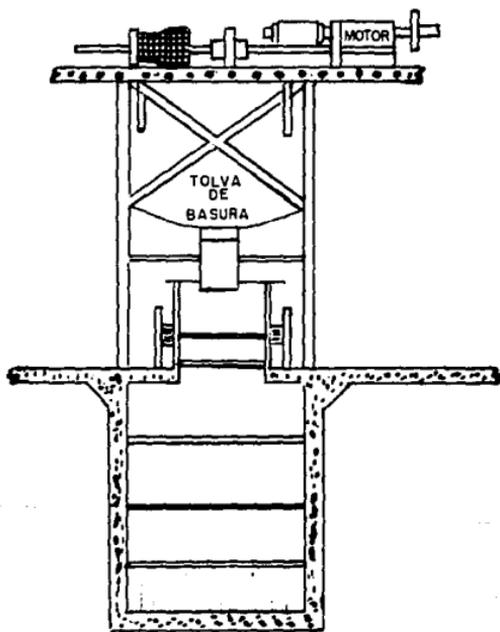
Bombas desmenuzadoras.

Cilindro de cuchillas.

Tambor de rendijas.



REVILLA DE LIMPIEZA MANUAL



REVILLA DE LIMPIEZA MECANICA

#### BOMBA DESMENUZADORA.

Funciona en forma parecida a una bomba centrífuga, los alabes están provistos de cuchillas reemplazables. Toda el agua pasa por la bomba y los sólidos quedan reducidos a dimensiones propias para un desarenador posterior.

#### CILINDRO DE CUCHILLAS.

Tiene funcionamiento horizontal y gire a gran velocidad. No es un sistema muy - recomendable, excepto en instalaciones pequeñas.

#### TAMBOR DE RENDIJAS.

Es fundamentalmente un cilindro giratorio, vertical ranurado en sentido horizontal.

Este cilindro está provisto de dientes dilaceradores.

El giro lento del cilindro pasa a los dientes por los entrantes de un peine fijo de tal forma que los sólidos en la superficie lateral del cilindro son triturados por la presión de los dientes reduciéndose la dimensión hasta poder pasar - por las ranuras del cilindro giratorio que hace el oficio de cribas o tamiz.

DESARENADORES. Son dispositivos que sirven para remover partículas gruesas y finas de arena, grava y otras de materia mineral, inclusive semillas y material similar que no sea de origen mineral, pero que no sea putrescible y que tengan velocidades de sedimentación mayores que la de los sólidos orgánicos, con ella se consigue:

- a) La protección del equipo mecánico móvil de abrasión y excesivo desgaste.
- b) La reducción de obstrucciones en tuberías causadas por depósitos de estas partículas en los cambios de dirección.
- c) La reducción en la limpieza para digestores y sedimentadores como resulta

do de una excesiva acumulación de arena.

Para la remoción de la arena se puede limpiar con un dren colocado en el fondo y la arena se remueve a mano o con mangueras de alta presión para limpiar la arena.

En plantas grandes se usa equipos mecánicos de diversos tipos: Cadenas, tornillos, helicoides, etc.

En sistemas combinados de alcantarillado se puede esperar un monto de 4 a 13 m<sup>3</sup> por mil personas anualmente.

En poblaciones se puede esperar hasta 1303 m<sup>3</sup> anualmente dependiendo de la zona; si es zona costera aumenta considerablemente la cantidad de arena.

Para la eliminación del material de las rejillas en el desarenador, ésta se descompone produciendo malos olores, este material debe recolectarse en botes cubiertos y enterrarse diariamente en un relleno sanitario o incinerarse.

TANQUES DE PREAERACION. Sirven para dar una aireación antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- 1).- Obtener mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- 2).- Ayudar la eliminación de grasas y aceites que arrastren las aguas negras.
- 3).- Refrescar las aguas negras sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.

4).- Disminuir la DBO.

La procreación se logra introduciendo aire en las aguas negras durante un periodo de 20 a 30 minutos.

### **V.3.2. REMOCION DE ACEITES Y GRASAS.**

Las grasas, aceites y materiales más ligeros se llevan a la superficie cuando el agua se aquieta y pueden ser removidos por un desnatador mecánico.

La remoción se puede aumentar y hacer que incluya algunas substancias más pesadas que el agua introduciendo aire.

En general, el proceso de flotación es más usual en el tratamiento de desechos industriales, salvo que las aguas negras municipales tengan cantidades considerables de grasa y aceite.

### **V.4. TRATAMIENTO PRIMARIO.**

En este concepto incluye los procesos encaminados a la remoción de sólidos orgánicos sedimentables mediante el proceso químico y de sedimentación.

Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad de flujo. En las alcantarillas el agua es conducida a 60 cm por segundo como velocidad mínima, al llegar al tratamiento preliminar se conduce a una velocidad de 30 cm. por segundo. En el tratamiento primario la velocidad de flujo se reduce hasta 1 ó 2 cm. por segundo, en un tanque de sedimentación alguno de los cuales tienen también la función adicional de servir para la descomposición de sólidos orgánicos, separándose de la corriente de aguas negras.

#### V.4.1. TANQUES SEPTICOS.

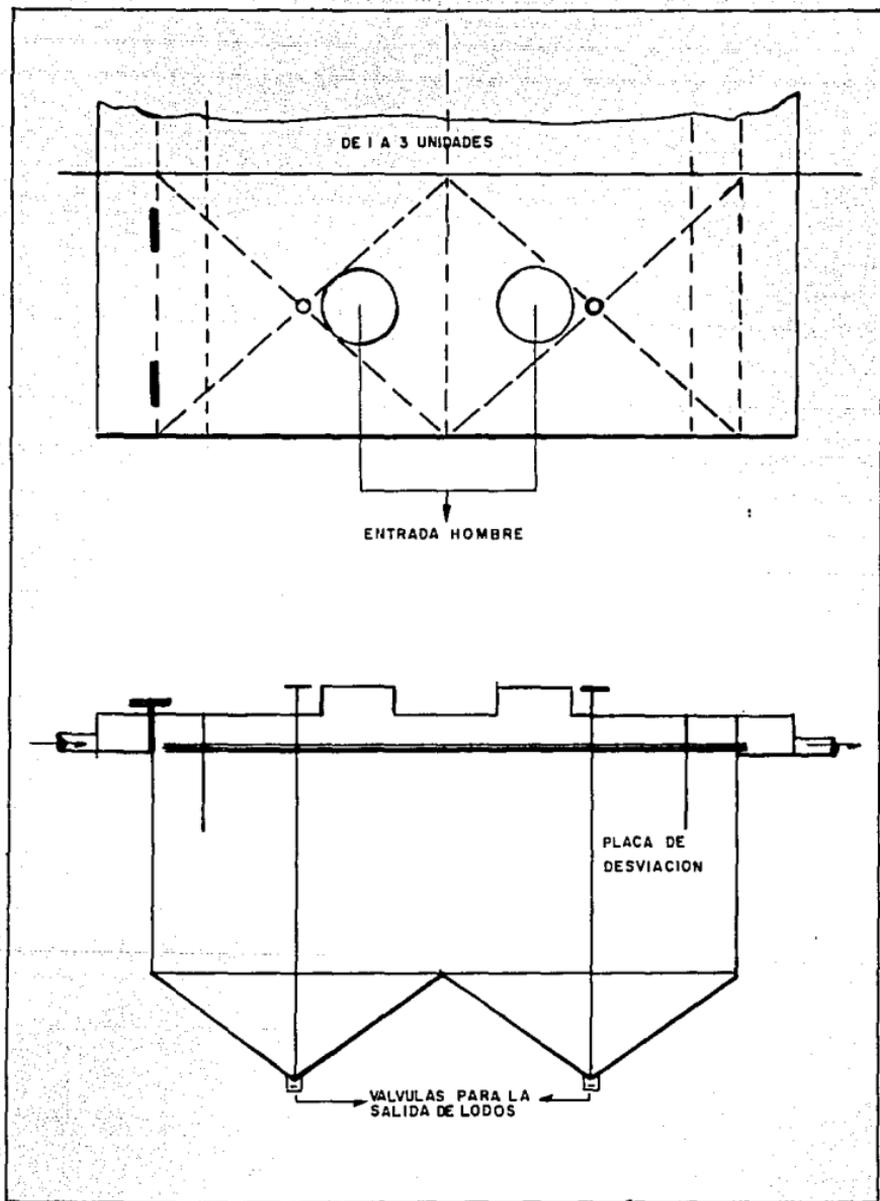
El tanque séptico fue uno de los más antiguos dispositivos de tratamiento primario que se usaron. Está diseñado para mantener a las aguas negras a una velocidad muy baja y en condiciones anaerobias por un período de 12 a 24 horas, durante el cual se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables.

Estos sólidos se descomponen en el fondo del tanque, produciendo gas que arrastra a los sólidos obligándolos a subir a la superficie, permaneciendo como una nata o capa hasta que escapa el gas y vuelven a sedimentarse. Esta continua flotación y subsecuente sedimentación de los sólidos los lleva con la corriente de aguas residuales hasta la salida, por lo que eventualmente salen algunos sólidos con el afluente, limitando el propósito del tanque.

Debido a los largos períodos de retención y a la mezcla con los sólidos en descomposición las aguas negras salen del tanque en una condición séptica que dificulta el tratamiento secundario.

Los tanques sépticos ya no se usan, excepto en instalaciones muy pequeñas, instituciones o escuelas, donde puede obtenerse el afluente del tanque por el método subsuperficial o cuando el factor de dilución en aguas receptoras es muy alto.

En estas condiciones, tienen la ventaja de requerir una atención mínima bastando ocasionalmente una limpieza de lodos y natas.



#### V.4.2. TANQUES DE DOBLE ACCION.

Estos tanques son una modificación de los tanques sépticos para corregir los dos efectos principales que son:

- 1) Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas residuales.
- 2) Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento posterior.

El contacto entre las aguas negras y los lodos que se digieren anaerobicamente, queda practicamente eliminado y disminuye el período de retención en el tanque.

El Dr. Karl Imhoff fue el que diseñó el tan conocido tanque de doble acción ó "tanque Imhoff", puede ser circular o rectangular y se divide en tres cámaras - que son:

- 1) La sección superior que se conoce como cámara de derrame continuo comportamiento de sedimentación.
- 2) La sección inferior que se conoce como cámara de digestión de lodos.
- 3) El respiradero y cámara de natas.

Durante la operación todas las aguas negras fluyen a través del compartimiento superior. Los sólidos se depositan en el fondo de este compartimiento que tiene pendientes de aproximadamente 1.4:1 y pasado por una ranura que hay en el fondo. Una de las partes inclinadas del fondo se prolonga cuando menos unos 15 cm. más allá de la ranura, lo cual hace una trampa que impide que los gases o partículas

de lodos en digestión que hay en la sección inferior, se pongan en contacto con las aguas negras que hay en la parte superior.

Los gases y partículas ascendentes de lodos son desviados hacia la cámara de natas y respiradero. Esta elimina la principal desventaja del tanque séptico.

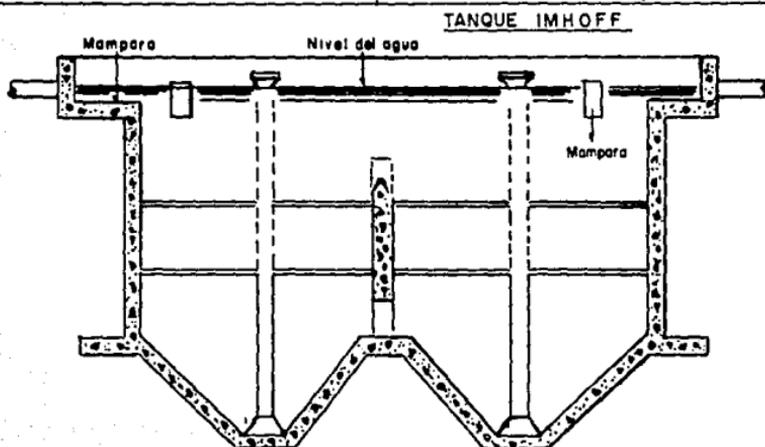
Como no existe ningún sistema mecánico en este tanque debe prestarse atención a los siguientes:

- a) Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes del compartimiento de sedimentación.
- b) Raspar semanalmente los lodos y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación y ranura, esta puede limpiarse con una rastra de cadena.
- c) Cambiar el sentido de flujo.
- d) Controlar la nata en la cámara de natas.
- e) La descarga de los lodos debe hacerse 45 cm. antes de llegar a la cámara de sedimentación.

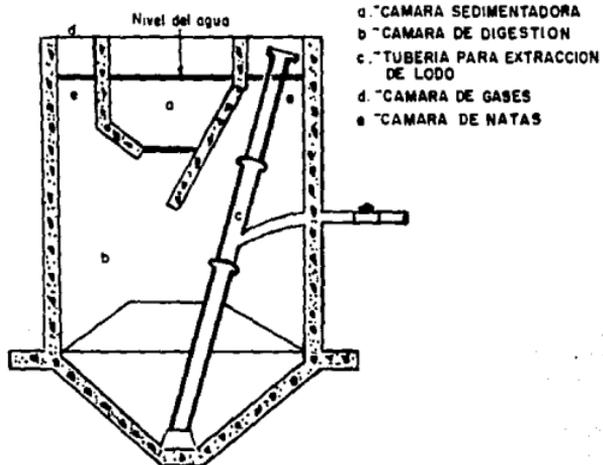
El tanque Imhoff no tiene problemas mecánicos, es relativamente económico y fácil de operar.

Provee la sedimentación y digestión de los lodos en una sola unidad y debe producir un efluente primario satisfactorio eliminando de 40 a 60% de sólidos suspendidos y reduciéndose la DBD en un 25 a un 35%.

Para este diseño se requiere que sea bastante profundo. Otros tipos de tanques diseñados más recientemente han emplazado a los tanques Imhoff y prestan servicio a grandes poblaciones.



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

El tanque Imhoff es más adecuado en municipios con población tributaria de 5,000 personas. Estos tanques sirven como tratamiento primario para las poblaciones de 10,000 a 100,000 distribuidos correctamente.

## V.5 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Tratamiento secundario se denominan todos aquellos procesos en los cuales se lleva a cabo la estabilización de materia orgánica por la acción de micro-organismos. Este tratamiento debe realizarse después del tratamiento primario, el tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, en salidas orgánicas estables. Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación de la autpurificación de una corriente.

Los procesos de tratamiento biológico son esencialmente procesos bioquímicos en donde los micro-organismos utilizan la materia orgánica y los nutrientes biológicos contenidos en los derechos para su reproducción. Desde el punto de vista práctico, se puede visualizar a los procesos biológicos de tratamiento como - - procesos de remoción de materia orgánica donde el producto que nos interesa obtener es el agua de calidad adecuada que pueda ser revisado en diversas actividades, o como proceso de estabilización de la materia orgánica en donde el producto final, además de agua tratada, es el material sólido estabilizado que - puede ser retornado al medio sin peligro.

En los sistemas aerobios se trata de incrementar la población microbiana activa que puede entrar en contacto con la materia orgánica presente en los desechos líquidos y realizar su estabilización más rápidamente. En este proceso la agitación tiene como objetivo transferir oxígeno para que se lleve a cabo la estabilización.

En los sistemas de medio fijo los micro-organismos se adhieren a las paredes - del medio permaneciendo en el sistema en cantidades adecuadas para que el metabolismo de la materia orgánica se lleve a cabo en tiempos cortos de retención.

Dentro de este tipo de tratamiento se encuentran las siguientes variantes.

- Sistema de todos activados.
- Sistema de discos biológicos.
- Filtros percoladores.
- Lagunas de estabilización.

#### V.5.1 PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

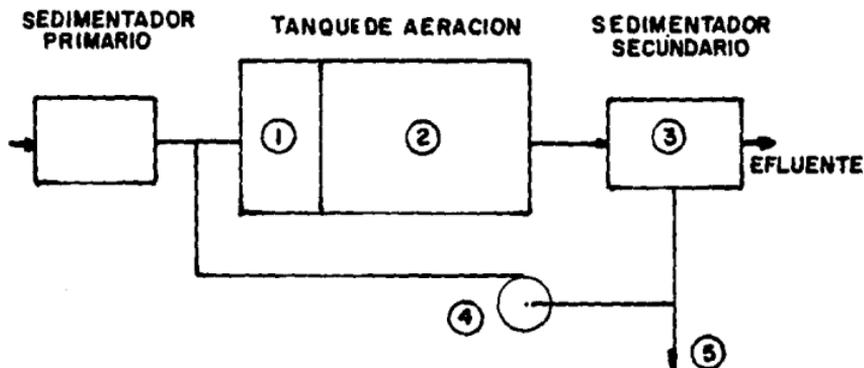
Actualmente, dentro de la tecnología disponible para el tratamiento de aguas residuales se llama proceso de lodos activados a un conjunto de procedimientos que ponen en contacto el agua residual con una masa biológica preformada en el tanque de aireación con el objeto de lograr que la materia orgánica presente en el agua residual sea degradada o descompuesta a sustancias más simples e inofensivas para el ambiente a través de la acción de micro-organismos presentes en los flóculos.

El término "lodo activo" se aplica a un conglomerado floculento de micro-organismos, materia orgánica y materiales inorgánicos. Las superficies de estos flóculos son altamente activos en la acción de adsorber los materiales coloidales y suspendidos que se encuentran en el agua residual.

La degradación de la materia orgánica por micro-organismos se debe a una serie compleja de reacciones químicas.

Existen dos aspectos fundamentales en el mecanismo de degradación de un residuo orgánico, la naturaleza del desecho y el tipo de micro-organismo presente, por otra parte las sustancias tóxicas son condicionantes en este proceso.

Este proceso biológico de tratamiento no es más que un sistema controlado de la carga orgánica y la cantidad de micro-organismos para que esta sea descompuesta lo más rápido posible a sustancias más simples, esto depende del diseño y la eficiencia del proceso.

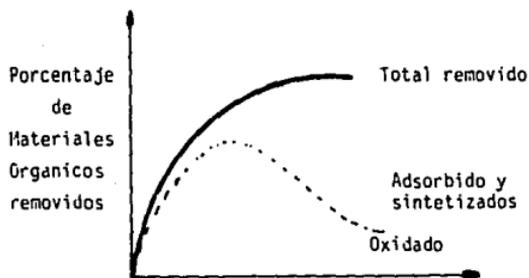
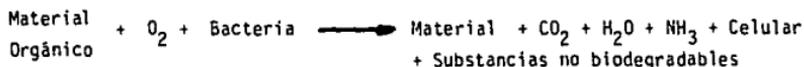


- ① ETAPA DE CONTACTO, ABSORCION O FLOCULACION:  
PONER EN CONTACTO EL AGUA RESIDUAL (COMIDA)  
Y EL LODO ACTIVADO (MICRO-ORGANISMOS)
- ② ETAPA DE AERACION:  
MANTENER AEROBICO Y EN SUSPENSION (MEZCLA)  
EL "LICOR MEZCLADO"
- ③ ETAPA DE SEPARACION  
REMOVER LODO ACTIVADO DE AGUA RESIDUAL TRATADA
- ④ ETAPA DE RECIRCULACION:  
HACER RETORNAR EL LODO ACTIVADO AL AFLUENTE  
DEL TANQUE DE AERACION
- ⑤ ETAPA DE DISPOSICION:  
REMOVER EL EXCESO DE LODO ACTIVADO DEL SISTEMA

**FACTORES ESENCIALES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

El proceso se lleva a cabo en condiciones de exceso de oxígeno disuelto, por lo que el mecanismo de degradación responde a una acción biológica aerobia.

Como productos finales tenemos:



Curva de remoción de materia orgánica con lodo activado en un sistema cerrado como una función del tiempo.

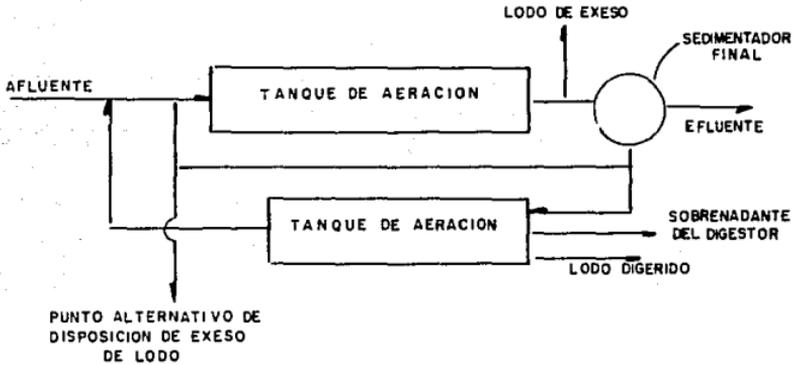
La curva superior define la remoción total como una función del tiempo de contacto, mientras la inferior muestra el progreso de la oxidación biológica y la intermedia obtenida de las diferentes entre los puntos correspondiente a -- las dos curvas anteriores, representa la porción de materia orgánica adsorbida y sintetizada a protoplasma celular.

Como puede observarse la remoción inicial se debe casi enteramente a la adsorción. La porción de materia orgánica adsorbida inicialmente, que no es oxidada o usada en síntesis, es almacenada en el flóculo de lodo activado.

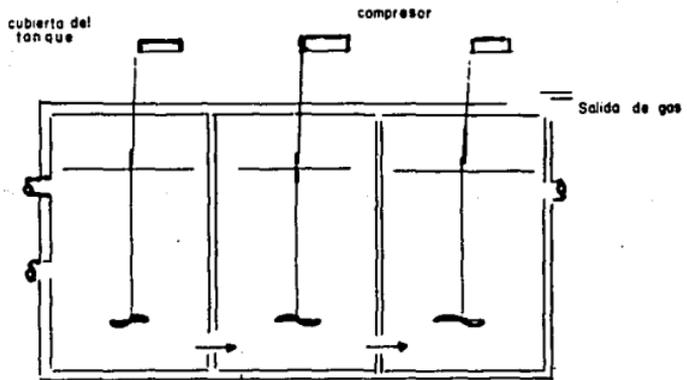
Cuando la capacidad total de almacenamiento del lodo ha sido utilizado, el flóculo deja de ser activo en el sentido de capacidad de adsorción, por lo que es necesario someterlo a un periodo de aereación durante el cual el material almacenado no es sintetizado.



### PROCESO ZIGERLY



### PROCESO XRAUS

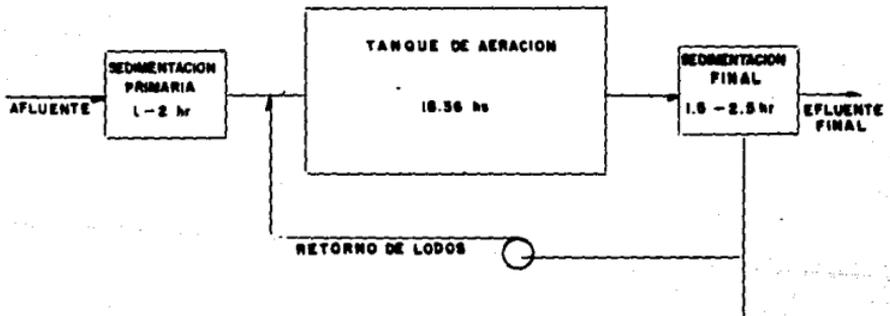


### PROCESO UNOX (OXIGENO PURO)

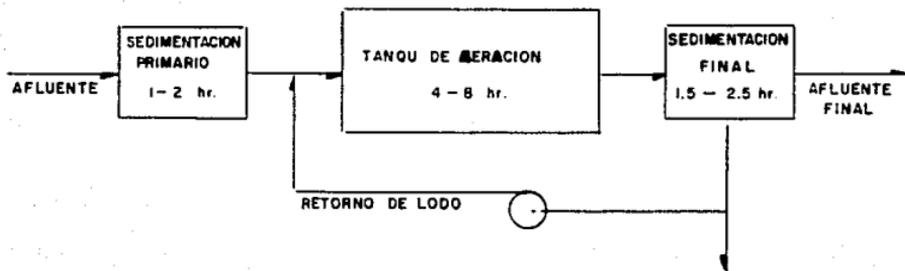
## ESQUEMAS DE PROCESOS PATENTADOS Lodos Activados



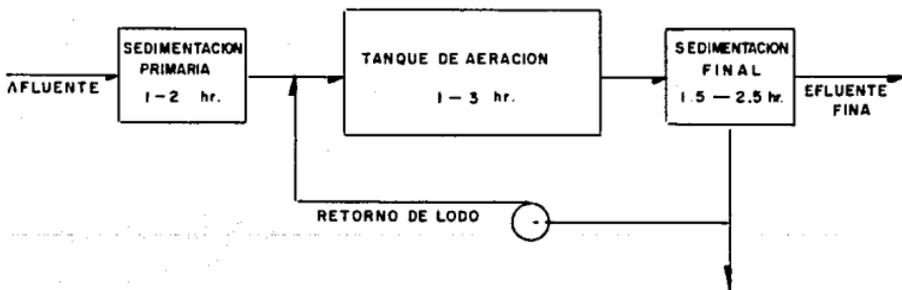
PROCESO DE CONTACTO - ESTABILIZACION  
ADSORCION RAPIDA O REAERACION DE  
Lodos



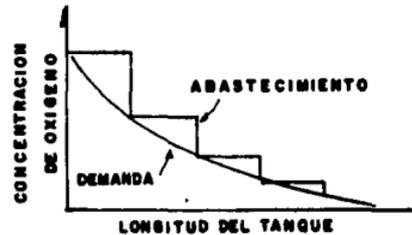
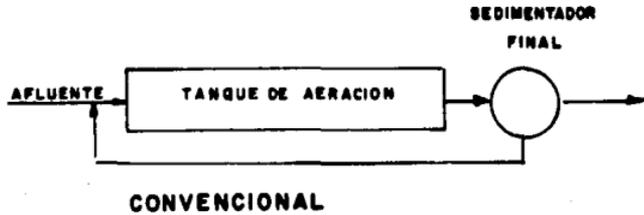
PROCESO DE AERACION EXTENDIDA

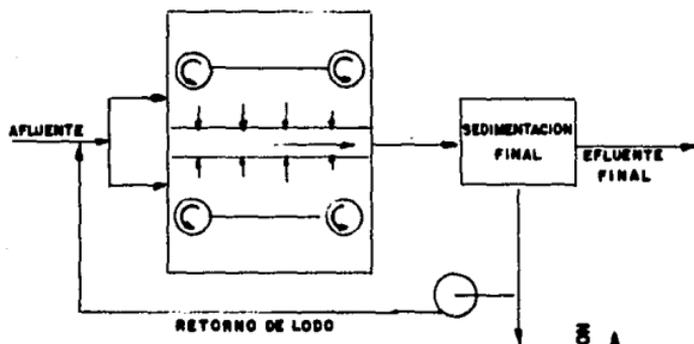
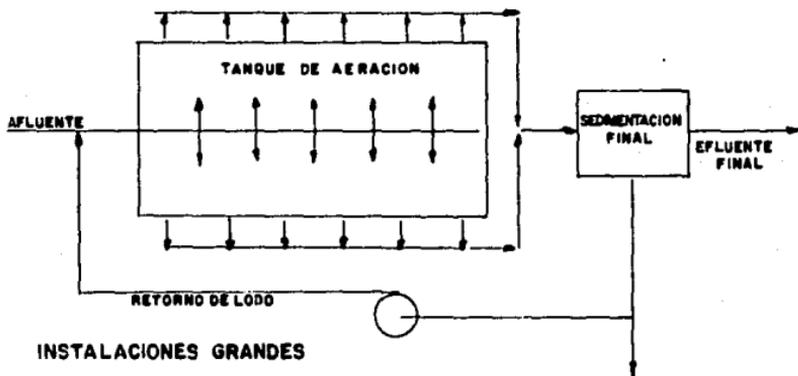
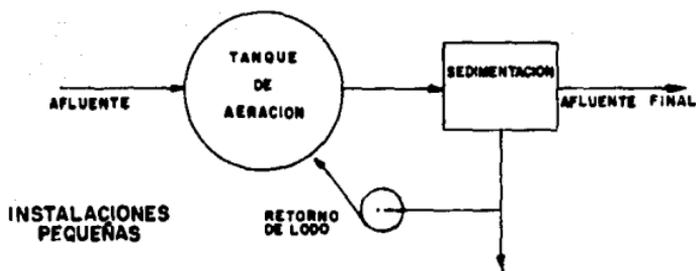


PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS



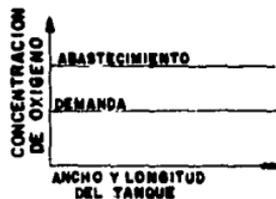
PROCESO DE LODOS ACTIVADOS DE ALTA  
CAPACIDAD O AERACION MODIFICADA





**PROCESO CARRUSEL**

**ESQUEMAS DE LODOS ACTIVADOS  
A MEZCLA COMPLETA**



**FIGURA N°6**

## V.5.2 PROCESO DE DISCOS BIOLÓGICOS

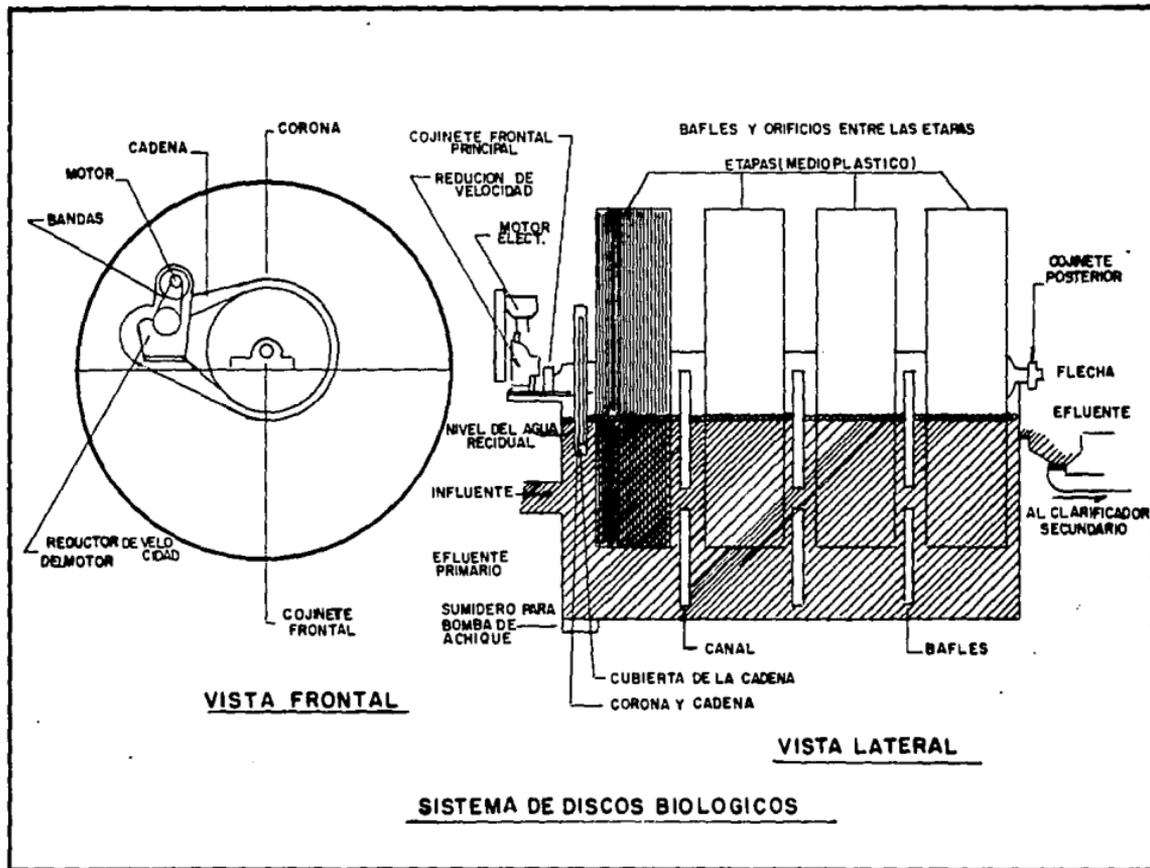
Uno de los sistemas más recientes de tratamiento biológico es el sistema de (CBR) conocido como "biodiscos" o "discos biológicos". Es un sistema aerobio de película fija, el cual se utiliza para la remoción de materia orgánica soluble y nitrógeno amoniacal o para la desnitrificación de efluentes nitrificados.

Este sistema es caracterizado por su efectividad en el tratamiento es de fácil operación, poco mantenimiento y operación mínima.

Para su operación consumen muy poca energía. No obstante su uso en nuestro país no es muy generalizado hasta el momento por su costo inicial y debido a la falta de tecnología propia.

El tratamiento a base de sistema de biodiscos es similar a los filtros rotatorios y consiste en una serie de discos de material plástico de alta densidad (polietileno o poliestireno) de 3 o 4 metros de diámetro soportados en una flecha horizontal e instalados en un tanque de concreto, la flecha y medio plástico se hacen girar por medio de un mecanismo matriz acoplado a la flecha entre 1 y 2 rpm, manteniendo aproximadamente el 40% del área del tambor sumergido en agua residual. Los micro-organismos presentes en el agua residual comienzan a fijarse y a crecer en la superficie de los discos que se cubren con una película biológica fijada a los discos, los cuales remueven la materia orgánica soluble.

La acción de los biodiscos ocasiona una fuerza de fricción sobre la película biológica, lo que provoca que el exceso de biomasa se desprenda de los biodis-



cos dejando una película constante de biomasa, ésta se desprende y el flujo la lleva fuera del reactor para su sedimentación.

Esta forma de operar el sistema permite que se cumpla con los siguientes requisitos básicos:

- Proporcionar el área necesaria para el desarrollo de los micro-organismos
- Proporcionar contacto vigoroso entre la población microbiana y el agua residual.
- Mantener el sistema en condiciones aerobias, exponiendo continuamente el aire de película biológica.
- Permite una distribución uniforme del oxígeno del aire con el sustrato soluble en la biomasa.
- Provocar un desprendimiento continuo de la biomasa en exceso manteniendo de esta forma el espesor de la película constante
- Mantener completamente mezclado el contenido del tanque para mantener los sólidos en suspensión.

Este sistema se divide en cuatro etapas en dirección del flujo separados por un botle removible y que opera con un mezclado completo el cual equilibra la tasa de crecimiento de la biomasa. Esta separación es utilizada para optimizar el área superficial del medio. Los organismos de la primera etapa son expuestos

a mayores niveles de carga orgánica (DBO) y disminuye a medida de que el flujo avanza a las siguientes etapas.

Los tanques en que se apoyan los discos, generalmente son de concreto, aunque pueden ser de cualquier otro material resistente. La forma y volumen del tanque estará en función del caudal a tratar.

Como en cualquier tratamiento el sistema de discos biológicos deben estar precedidos, si no se realiza este puede ocasionar graves problemas.

El diseño de operación de una planta de tratamiento de aguas se basan en ciertos criterios establecidos de antemano los cuales se han ido obteniendo con experiencias logrados a nivel piloto y en plantas de tratamiento. Actualmente por ser los discos biológicos un proceso nuevo, no se tienen suficientes bases para establecer los criterios de diseño del área superficial del disco y la remoción de DBO algunos que nos sirven para el diseño y operación de una planta de discos biológicos son:

#### V.5.2.1 CRITERIOS

- Carga de hidráulicos. Es la cantidad de agua residual (m<sup>3</sup>) por día - que fluye a través del medio rotatorio (m<sup>3</sup>/día-m<sup>2</sup>) o (pies<sup>3</sup>/día-pie<sup>2</sup>) La carga hidráulica esta determinada por el tiempo de retención de el agua residual.

$T_r =$  Relación, volumen tanque/área superficial del medio  
Carga hidráulica

donde T= tiempo de retención (día)

- Etapas y arreglos en planta.

Se ha determinado que si se dispone el sistema en una serie de etapas la eficiencia de remoción aumenta considerablemente por lo que esto - debe tomarse en cuenta para el diseño.

- Velocidad de protección del medio.

Evita una velocidad óptima arriba de la cual no se tendrán aumentos - en los niveles de tratamiento. Esta velocidad varía con la concentra- ción de DBO.

+  $V = 2 \pi R N$

V.- Velocidad tangencial

R.- Radio del disco

N.- Revoluciones por minuto.

- Carga Orgánica Superficial:

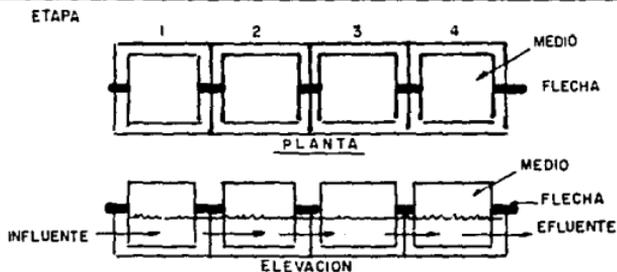
Depende de la carga de DBO concentrado en el agua residual.

### V.5.2.2 CRITERIOS ESPECIFICOS

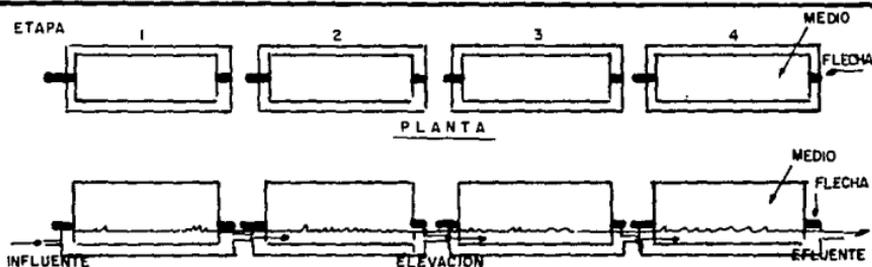
Estos son los criterios que recomienda "The Water pollution Control Federation.

- Area sumergida del biodisco: 40 %

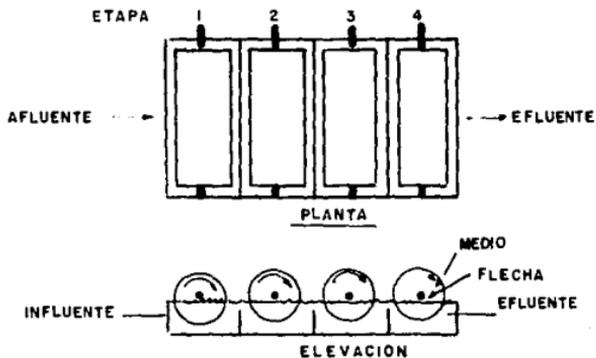
- Número mínimo de etapas: 4



DISTRIBUCION Nº 1 UNA FLECHA 4 ETAPAS  
FLUJO PARALELO A LA FLECHA



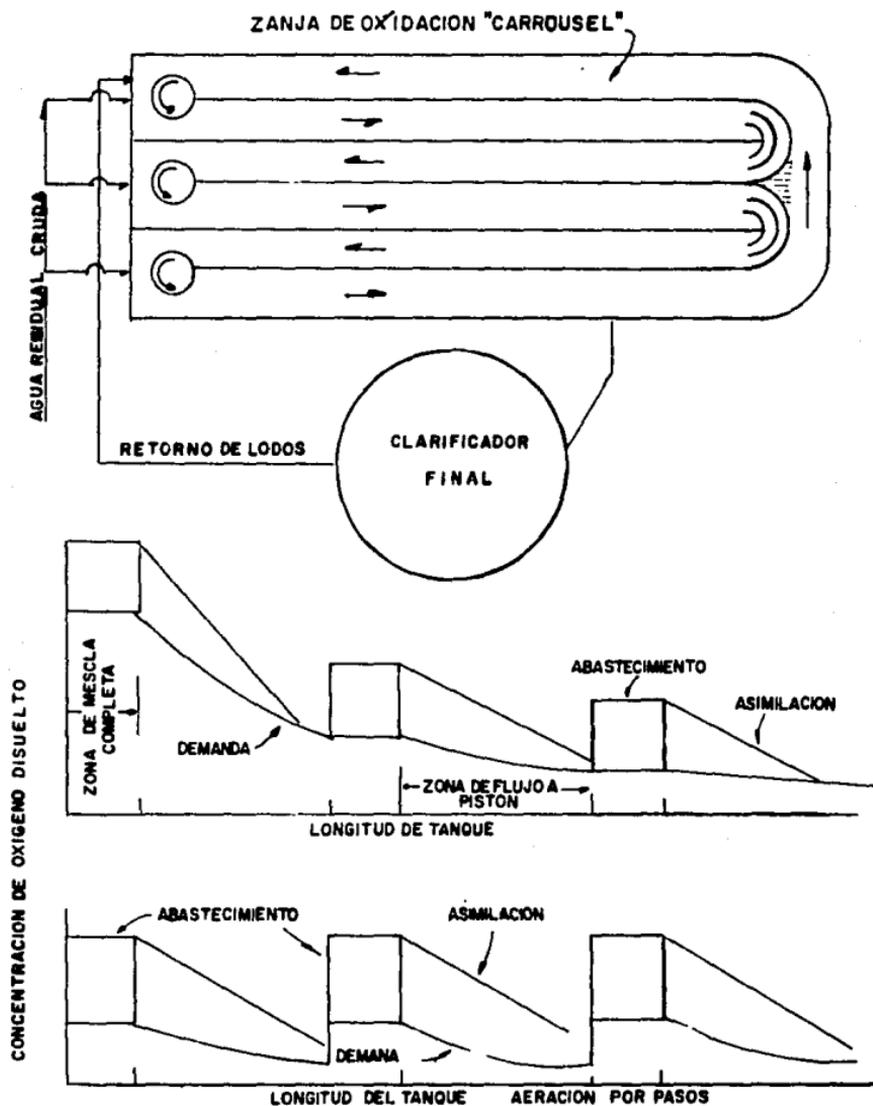
DISTRIBUCION Nº 2 4 FLECHAS 4 ETAPAS  
FLUJO PARALELO A LA FLECHA



DISTRIBUCION Nº 3 4 FLECHAS 4 ETAPAS  
FLUJO PERPENDICULAR LA FLECHA

POSIBLE ARREGLOS: I UN SISTEMAS DE DISCOS  
BIOLOGICOS

- Relación óptima de volumen - superficie: 4.89 lt/m<sup>2</sup> para DBO de 300 mg/l en el influente.
  
- Carga de hidráulica: 81-163 l/día- m<sup>2</sup> para obtener en el efluente de 15 - 30 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 55:30 - 81 (Q/día - m<sup>2</sup>) para lograr un efluente de 7 - 12 mg/l.
  
- Temperatura 13 - 32 °C
  
- Carga hidráulica del sedimentador secundario : 32593 l/día m<sup>2</sup> para -
  
- Profundidad del sedimentador : 2.1 m.



**ESQUEMA DEL PROCESO "CARROUSEL"**

**FIGURA N°8**

### V.5.3 FILTROS ROCIADORES

#### V.5.3.1 FUNCIONAMIENTO

Los filtros rociadores se emplean para tratar los residuos líquidos a un nivel secundario. El proceso consiste en reducir la DBO percolando el líquido sobre bacterias existentes en un medio compuesto por roca y plástico. Cuando un efluente es aplicado sobre un lecho de piedra quebrada u otro medio poroso de igual o mayor porosidad, el medio se cubre con una capa biológica constituida de bacterias, protozoarios y hongos. Aunque esta capa se clasifica como aerobia, lo es solo hasta una profundidad de 0.1 a 0.2 m la siguiente zona del medio es anaerobia.

A medida que el agua sedimentada fluye sobre la capa de la biomasa los coloides orgánicos son absorbidos en la superficie del medio.

Los microorganismos cercanos a la superficie, donde hay concentración elevada de alimento, se desarrollan en la fase de crecimiento rápido, mientras los de la zona mas baja apenas crecen.

El oxígeno devuelto extraído de la capa líquida se repone por reoxigenación del aire circulante.

#### 5.5.3.2 COMPONENTES

Los componentes principales de un filtro rociador son:

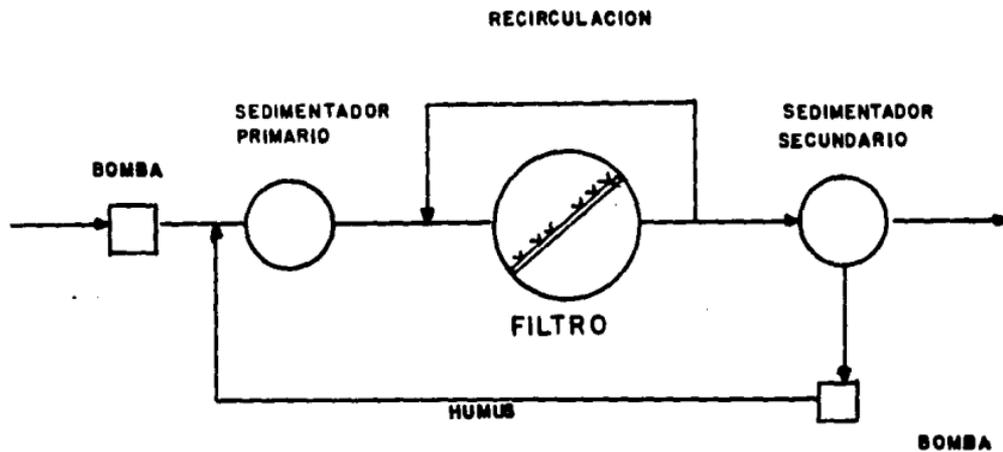
- a).- Medio filtrante.
- b).- Sistema de drenaje
- c).- Distribuidor rotatorio
- d) Tubos de ventilación

El medio es de piedra quebrada escoria o piedra natural por ser materiales durables, insolubles y resistentes a erosionarse, el tamaño usual es de 3 a 5 pulgadas.

En años recientes se han fabricado medios plásticos de diversas formas cuyas-

PARAMETROS DE FILTROS ROCIADORES

Parámetro	Gasto bajo	Gasto alto	Supergastos
- Carga Hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -día)	1 - 4	10 - 40	40 - 200
- Carga Orgánica (Kg. DBO/m <sup>3</sup> -día)	0.08 - 0.32	0.24 - 0.48	0.8 - 6.60
- Eficiencia de Remoción de DBO	75 - 85	75 - 80	70 - 90
- Profundidad m	1.50 - 3	0.90 - 2.40	4.5 - 9.0
- Relación de Recirculación	NINGUNA	REGULAR	BAJA
- Nutricación	ALTA	REGULAR	BAJA
- Requerimientos de	2.0 - 4.0	2.0	



SISTEMA DE FILTROS ROCIADORES

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ventajas son:

- Peso muy reducido
- Resistencia Química
- Elevada superficie específica (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)
- Porcentaje alto de huesos.

El distribuidor rotatorio proporciona una carga hidráulica uniforme sobre la superficie del filtro. El tipo más utilizado es el accionado por agua que sale por las boquillas, distribuidoras.

#### **V.5.3.2 CLASIFICACION**

Los filtros rociadores se clasifican:

- a) Filtro de gastos bajo o estándar
- b) Filtros de gasto
- c) Filtros de super-gasto empleando plásticos

#### **V.5.3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO**

Los más usuales son:

#### **V.5.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

Las lagunas de estabilización datan desde hace ya bastantes años, utilizada para la disposición de los desechos de viviendas y animales en zonas rurales, no fue sino a principios de siglo, cuando la ciudad de San Antonio Texas tuvo la necesidad de disponer de las aguas negras de una zona importante de su vigoroso crecimiento urbano. Se escogía una depresión onda del terreno de (275 Has.), como depósito temporal hasta encontrar una solución permanente. Al notar la capacidad de depuración de la depresión. La práctica se extendió rápidamente por toda la unión americana, las experiencias obtenidas en distintas zonas climáticas permitieron elaborar criterios empíricos de diseño.

Después de un período de estudios en 1940 - 1950 se inició la elaboración de criterios racionales para el diseño de lagunas. En 1962 ya había 1647 lagunas de estabilización en EUA este uso se extendió en países Europeos, Africa etc. Posteriormente en 1970 se extendió a America del Sur.

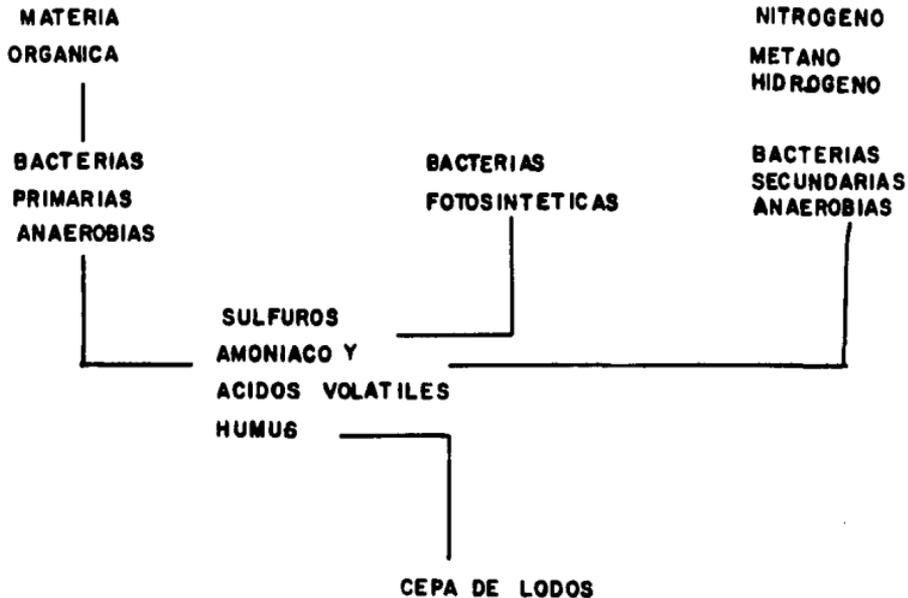
La investigación básica aplicada también ha crecido rápidamente en los últimos años, ya que este método de tratamiento representa un costo más económico que otras alternativas siempre y cuando el terreno donde se proyecten no sea demasiado costoso.

Se han utilizado muchos nombres a los distintos tipos de lagunas. La mayoría de lagunas en su uso actualmente, son unidades de tratamiento facultativo. En este aspecto se asemejan al funcionamiento de ríos y lagos se mantienen condiciones aerobias cerca de la superficie y existe un ambiente anaerobio cerca del fondo donde siempre habrá materia orgánica sólida sedimentada.

##### **V.5.4.1 LAGUNAS DE ESTABILIZACION ANAEROBIAS**

La teoría operacional y mecanismos de las lagunas de estabilización anaerobia son similares a las del proceso de contacto anaerobia. La fermentación anaerobia es un proceso de dos etapas. La etapa de formación de ácidos que es llevado a cabo por un tipo de bacterias, éstas convierten la materia orgánica compleja (proteínas, carbohidratos y lípidos) en ácidos orgánicos mediante hidrólisis y fermentación.

# DIAGRAMA DE LA ECOLOGIA DE UNA LAGUNA ANAEROBIA



Es utilizado en oxidación y síntesis, recuperando de esta manera su actividad.

#### VENTAJAS

- a) se produce un lodo biológicamente estable
- b) Este lodo no tiene olor, pudiendo disponerse fácilmente en el terreno.
- c) Debido a su simple construcción, los costos de construcción son menores que los de digestión anaeróbica.
- d) Los lodos tienen la facilidad para secarlos.
- e) Se obtiene prácticamente el mismo % de reducción de S.S. que en digestión anaerobia.
- f) El licor sobrenadante tiene más bajo contenido de DBO que el de la digestión anaerobia, comunmente su valor es menor de 100 mg/e (base soluble).
- g) Hay menos problemas de operación.
- h) Los lodos digeribles aerobicamente tienen mayor poder fertilizante.

#### DESVENTAJAS

- a) Mayor consumo de energía y se vuelve más importante en plantas grandes.
- b) La eficiencia de reducción de sólidos varia con fluctuaciones de temperatura.
- c) El espesamiento de lodos digeridos producen un sobrenadante alto en concentración de sólidos.
- d) Algunos lodos aparentemente no se secan facilmente por filtros de vacío.

#### FUNCIONAMIENTO

- a) Reducción total de sólidos volátiles para lodos de aguas negras munici-

pales se obtienen reducciones del 40 al 50%.

b) Calidad sobrenadante.

El sobre nadante que regresa al proceso tiene aproximadamente los siguientes características:

P.H.	5.7 - 8.0 (6.8)
Turbiedad (UTU)	120
NO <sub>3</sub> (N) (Mg/l)	30 - 40
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5 - 350 (5-50)
Sólidos suspendidos	9 - 800 (6-300)

La etapa de producción del metano es llevado a cabo por diferentes tipos de bacterias, estas transforman estos productos intermedios a metano, amoníaco, bióxido de carbono, hidrógeno, agua y materia celular nueva. La fermentación ácida en poca o nada de reducción de **DQO** y solo en la segunda etapa es que hay remoción de materia orgánica oxidable la cantidad de **remoción** estará en **proporción directa a la cantidad de metano producido.**

En este tipo de lagunas hay que favorecer el desarrollo sano de una población de bacterias productoras de metano para que la laguna funcione adecuadamente. Los factores que afectan el desarrollo de estos son los siguientes: temperatura, PH, tiempo de retención, tasa de carga orgánica y la acumulación de lodos.

#### **V.5.4.2 LAGUNAS DE ESTABILIZACION FACULTATIVAS**

Son las de uso más común, dentro de estos la acción de tres grupos de microorganismos para formar una relación entre las algas productoras de oxígeno y las bacterias aerobias y facultativas. El tercer grupo de organismos, las bacterias productoras de metano son responsables de un 90 % a 95 % del total de la **DBO** re movida, de las aguas negras a través de la emisión de gases.

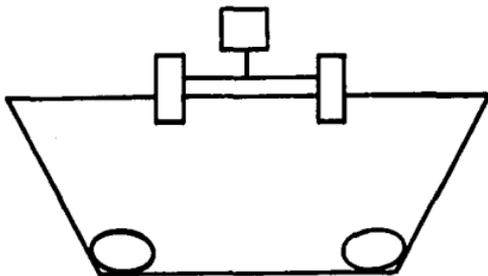
La profundidad de las lagunas facultativas, normalmente de 1.5 a 1.8 metros es suficiente para permitir el desarrollo de estratificación térmica, en zonas facultativas y anaerobias. En las capas superiores abundan las algas que pueden supersaturar la laguna con oxígeno disuelto. La mayor parte del carbono sirve como fuente de energía para las bacterias y es respirado como **CO<sub>2</sub>**; el remanente es utilizado para formar nuevas células. Así parece que la oxigenación foto sintética y la fermentación a metano son los dos procesos claves que hacen posible la reducción de **DBO** en las lagunas facultativas.

La fotosíntesis y la producción de oxígeno son dos fuentes de las lagunas facultativas debido a la recreación atmosférica y de la luz solar.

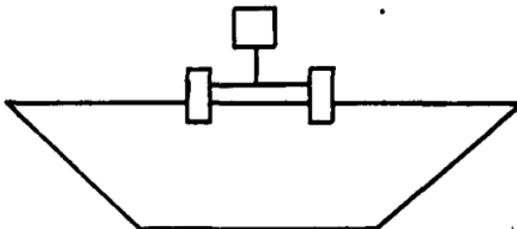
#### **V.5.4.3 LAGUNAS DE MADURACION**

Las lagunas de maduración son unidades de tratamiento terciario, que utilizan la capacidad natural de autopurificación del agua y no deben ser empleados como

**AEROBIA - ANAEROBIA**



**AEROBIA**



**LAGUNAS AERADAS MECANICAMENTE**

adiciones a los sistemas sobre cargados.

#### V.5.4.4 DESVENTAJAS

Las desventajas de las lagunas de estabilización son:

- 1) La posibilidad de contaminación bacteriológica del subsuelo y el agua que contiene.
- 2) Las descargas con un alto contenido de **DBO** y sólidos suspendidos como algas.
- 3) Problemas de malos olores y sabor en las fuentes de agua potable y
- 4) La provisión de sitios para reproducción de mosquitos y otros vectores -- acuáticos.

En su mayoría, estas objeciones han sido eliminadas mediante un buen diseño y procedimiento adecuados de operación y mantenimiento.

V.6 COSTOS PARA DIFERENTES PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA DIFERENTES INTERVALOS DE POBLACION EN EL MISMO RANGO.

Para particularizar un poco en intervalos más pequeños se tomaron los siguientes tamaños de población y su gasto estimado de aguas residuales.

INTERVALOS DE POBLACION Y SU GASTO

POBLACION (HABITANTES)	GASTO APROXIMADO (L/s)
10,000 - 15,000	43.4
15,000 - 30,000	86.8
30,000 - 60,000	173.6
60,000 -100,000	289.3

V.6.1. REQUERIMIENTO DE SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO PARA DIFERENTES PROCESOS.

Cada proceso requiere de una superficie determinada para su construcción, la cual debe ser la adecuada para que el proceso de una mejor resultado.

Esta superficie donde se construye incide directamente en el costo total de construcción de la planta, dependiendo también de muchos factores como son: Tipo de uso de suelo, características de éste, y el reuso que se le puede dar al efluente.

NIVEL	TIPO DE TERRENO	COSTO (\$/m <sup>2</sup> )
1	Periferia Urbana	19,800
2	Periferia Municipal	9,900
3	Rural Desahabitado	1,800

V.6.2 AREA REQUERIDA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS PARA DIFERENTES PROCESOS (HAS.)

Se estimaran las superficies requeridas para la construcción y correcto funcionamiento de una planta de tratamiento a nivel secundario (en Has.).

PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO (L/s)			
	43.4	86.8	173.6	289.3
TRATAMIENTO PRIMARIO	0.80	0.87	1.03	1.20
LODOS ACTIVADOS	1.00	1.20	1.70	2.50
DISCOS BIOLOGICOS	1.00	1.20	1.70	2.50
FILTROS PERCOLADORES	1.00	1.20	1.70	2.50
LAGUNAS AERADAS	4.10	8.10	16.70	27.0
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	8.40	15.30	32.80	55.00

NOTA: TODAS LAS SUPERFICIES SE INVOLUCRAN EL TOTAL DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA.

REFERENCIA: ( 15 )

P O B L A C I O N E S

Las localidades del país comprendidas en los rangos de población desde 10,000 hasta 100,000 hab. se clasificara en 4 rangos o intervalos para facilitar la estimación de los costos de construcción. Resultando las poblaciones siguientes:

TAMAÑO DE POBLACION	Nº. DE POBLACION
10,000 - 15,000 HAB.	122
15,000 - 30,000 HAB.	80
30,000 - 60,000 HAB.	24
60,000 - 100,000 HAB.	10

V.6.3. COSTO UNITARIO POR PROCESO DE TRATAMIENTO (\$/m<sup>3</sup>). INCLUYE TERRENO, CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO.

El costo por metro cubico de agua residual tratada a nivel secundario se obtuvieron de la Ref. (15). Transformandose a un valor actual aproximado de \$ 2,800.00 por dólar para dar una mejor idea del costo total.

PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO (L/S)			
	43.4	86.8	173.6	289.3
LOGOS ACTIVADOS	1400.0	1323.0	1143	889.3
DISCOS BIOLÓGICOS	1430.8	1373.6	1258.9	1106.1
LAG. ESTABILIZACION	436.8	361.4	328.1	283.7
LAG. AERADAS	464.8	443.0	402.0	346.2

NOTA: ESTAS CANTIDADES ESTAN EN PESOS MEXICANOS M.N.

V.6.3 COSTO TOTAL ANUAL DE TRATAMIENTO PARA LOS DIFERENTES INTERVALOS.

El costo total anual de tratamiento de las aguas residuales incluyendo todos los costos.

POBLACION (HABITANTES)	ÓDOS ACTIVS.	DISCOS BIOLOGS.	LAGUNA AERADAS	LAGUNA ESTABILIZACION
10,000-15,000	232,288	238,969	77,630	72,900
15,000-30,000	289,684	300,763	96,999	79,123
30,000-60,000	150,162	165,385	55,447	43,104
60,000-100,000	81,134	100,909	31,585	25,884
TOTAL	753,268	806,026	261,661	221,011

NOTA: Estas cantidades estan en millones de pesos.

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los temas anteriores se hace notar la poca atención que existe para estos centros de población que están considerados como cabeceras municipales de los estados, esto significa que en general todos tienen un sistema de abastecimiento de agua potable así como de servicios de alcantarillado pero en algunos de estos existen algunos problemas debido a diversos factores.

Algunos de estas poblaciones se caracterizan por su actividad industrial, esto ocasiona que los parámetros de calidad del agua sean muy diferentes a las poblaciones que tienen otras actividades distintas como: agrícola, comercial, pesquera ó si tienen varios tipos de estas actividades, de esto depende el tipo de tratamiento que se les debe de dar a estas aguas.

El objetivo principal es estar consciente de la necesidad de darle un uso más adecuado al agua residual para evitar lo siguiente: el gran desperdicio de agua potable que existe, los efectos nocivos para la salud que ocasiona por su desalojo sin un tratamiento adecuado y la enorme contaminación de cuerpos receptores que sirven para otras actividades, donde se requiere una calidad adecuada como la que marcan las Normas Técnicas Ecológicas para diferentes tipos de usos.

El tratamiento secundario del agua residual es muy apropiado para estos centros de población ya que el agua tratada a este nivel puede servir para reutilizarla no solamente en zonas donde es muy escasa y las obras de captación son muy costosas, si no en todas las zonas para evitar contaminación de corrientes sanas. El usar el agua tratada para actividades como; riego de cultivos, riego de parques y jardines y en algunos procesos industriales, evitando con esto -

utilizar agua potable y optimizando al máximo el uso de esta.

Es importante mencionar que debido a la distribución del agua en nuestro país existen zonas donde ésta se escasea demasiado y es importante utilizar el agua servida y el agua potable utilizarla en necesidades prioritarias únicamente - donde se requiere.

Las obras de tratamiento del agua residual requieren de un costo elevado de - construcción, operación y mantenimiento, lo que significa la principal dificultad para llevar a cabo este proceso, pero si razonamos en el impacto ambiental que esto provoca y el costo para reparar los daños ocasionados por la contaminación del agua, se puede decir que su tratamiento tiene un costo mínimo.

**ANEXO DE LAS TABLAS DE CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DE AGUA.**

- I.- El nivel de esta substancia se obtuvo de multiplicar la toxicidad aguda reportada por 0.01
- II.- La substancia presente persistencial, bioacumulación o riesgos de cancer por lo que debe reducirse a un mínimo la exposición humana.
- III.- El nivel ha sido extrapolado mediante el empleo de un módulo matemático.
- IV.- La alcalinidad natural del cuerpo de agua no debe ser reducida en más de 25 % cuando sea menor o igual a 20 mg/e.
- V.- El cuerpo de agua debe estar libre de substancias atribuibles a aguas - residuales u otras descargas.
- VI.- Para riego continuo de los suelos el agua contendrá como máximas 0.1 mg/e de berilio excepto para el caso de suelos alcalinos y textura fina donde se puedan aplicar concentraciones de hasta 0.5 mg/e.
- VII.- Los datos indicados BHC involucran la mezcla de isómeros a, 13, 8.
- VIII.- La toxicidad aguda para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica la concentración de ésteres no debe ser mayor de 2.38 mg/es.
- IX.- La toxicidad aguda de agua marina multiplicada por 0.01 indica que la concentración de ésteres del ácido ftálico no debe ser superior a 0.0094 mg/e
- X.- Para riego de cultivos sencibles al boro el agua contendrá como máximo - 0.75 mg/e excepto cultivos donde se puedan aplicar concentraciones hasta de 3 mg/e
- XI.- La concentración promedio de 4 días de esta substancia no debe exceder - mas de una vez cada 3 años.
- XII.- La concentración promedio de cadmio de 4 días en mg/e no debe exceder -

más de una vez cada 3 años.

$CD \text{ (mg/e)} = C (0.785 = ) \text{ Lln (dureza)-3.490}$

Dureza = mg/L  $\text{CaCo}_3$

- XIII.- La concentración promedio de una hora de esta substancia no debe exceder esta nivel, más de una vez cada 3 años.
- XIV.- La toxicidad aguda de clorobencenos multiplicada para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica la concentración de estos de debe ser superior a 0.00250 mg/e para proteger a los organismos de agua dulce.
- XV.- Los organismos de deben exceder de 200 como número más probable en 100 mililitros (NRP/100 ml) en agua dulce o marina y no más del 10 % de las muestras mensuales deberá exceder de 400 NMP/100 ml:
- XVI.- Solidos suspendidos (incluyendo sedimentables) en combinación con el color; no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz, para la actividad fotosintética en más de 10% a partir del valor natural.
- XVII.- Este nivel considera el uso del agua bajo condiciones medias de textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, lamana de riego empleada, clima y tolerancia de los cultivos a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de estas variables pueden hacer inseguro uso de esta agua.

ANEXO A

De los Censos Estadísticos de Poblaciones de 10,000 a 100,000 habitantes se encontraron las siguientes:

EDO. (CIUDAD)	HABITANTES	EDO. (CIUDAD)	HABITANTES
<b>AGUASCALIENTES</b>			
- Calvillo	12,544	- Tecoman	46,371
- Pavellón de Arteaga	13,797	- Villa de Alvarez	17,448
- Rincón de Romos	12,713		
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
- Tecate	23,909	<b>DURANGO</b>	
		- Ciudad Gpe. Victoria	11,976
<b>BAJA CALIFORNIA SUR</b>			
- Ciudad Constitución	23,557	- El Salto	10,925
- La Paz	91,453	- Tlahualilo de Zaragoza	11,606
		- Vicente Guerrero	10,488
<b>CAMPECHE</b>			
- Ciudad del Carmen	72,448	<b>GUERRERO</b>	
- Escárcega	10,394	- Arcelio	37,067
- Champotón	11,033	- Atoyac de Alvarez	12,367
		- Chilpancingo de Bravo	67,478
<b>COAHUILA</b>			
- Ciudad Acuña	38,898	- Chilapa de Alvarez	13,326
- Allende	13,888	- Huitzoco de los Figueroa	10,873
- Castaños	12,126	- Iguala de la Independencia	66,005
- Fco. I. Madero	16,106		
- Ciudad Frontera	32,568	- Petetlán	12,465
- Matamoros	28,175	- Cd. Altamirano	12,050
- Muzquiz	22,115	- Tecpan de Galeana	11,554
- Palapan	10,075	- Teloloapan	12,511
		- Tixtla de Guerrero	14,963
<b>COLIMA</b>			
- Armeria	12,692	- Tlapa de Comonfort	13,221
- Colima	86,044	- Zumpango del Río	11,246
- Manzanillo	39,088		
		<b>HIDALGO</b>	
		- Actopan	16,215
		- Apan	12,336
		- Ixmiquilpan	13,782
		- Progreso	13,727

EDO. (CIUDAD)	HABITANTES	EDO. (CIUDAD)	HABITANTES
- Tepeji de Oca	16,248	- Paracho de Verduzco	13,362
- Tizayuca	10,711	- Patzcuaro	32,902
- Tula de Allende	18,744		
- Tulancingo	53,400	<b>MORELOS</b>	
<b>MEXICO</b>		- Axochiapan	12,030
- Acambay	37,766	- José Ma. Morelos	10,144
- Ameca Ameca	23,508	- Emiliano Zapata	11,699
- Chalco D. Covarrubias	20,443	- Atlacomulco	17,012
- Ozumba de Alzate	14,132	- Civac	11,080
- Los Reyes	17,440	- Jojutla de Juárez	21,143
- Sta. María Ozumbilla	10,408	- Puente Ixtla	15,761
- Tenancingo	18,523	- Temixco	10,754
- Texcoco de Mora	30,583	- Tlaquitenango	12,770
- San Pablo Autopan	15,216	- Yauatepec	17,899
- Santa Ana	15,865	- Zacatepec	18,042
- Benito Juárez	11,064		
- Buenavista	18,112	<b>MAYARIT</b>	
- San Pablo de las Salinas	10,546	- Acaponeta	15,272
- Tultitlán de Escobedo	19,483	- Compostela	13,167
- Valle de Bravo	11,019	- Las Varas	11,296
- Escobedo	19,483	- Ixtlán del Río	16,253
- San Miguel Zinacantan	16,443		
- San Juan Zitlaltepec	10,204	<b>PUEBLA</b>	
<b>NICHOACAN</b>		- Ocotlán de Osorio	10,272
- Apatzingan de la Constitución	55,522	- Acatzingo	12,506
- Ario de Rosales	10,411	- Ajalpa	11,932
- Cheran	10,239	- Amozoc de Mota	13,070
- Ciudad Hidalgo	32,311	- Atlixco	53,270
- Huetamo de Nuñez	11,728	- Chiautla de Tapia	10,552
- Jacona de Plancarte	29,955	- Atencingo	11,794
- Las Guacamayas	22,149	- Tehuacán	79,547
- Lázaro Cardenas	26,669	- Tepatlaxco	11,063
- Nva. Italia de Ruiz	21,239	- Tepeaca	12,595
		- Xicotepec	18,413
		- Zacatlán	11,970
		-	

EDO. (CIUDAD)	HABITANTES	EDO. (CIUDAD)	HABITANTES
<b>QUERETARO</b>		<b>TAMAULIPAS</b>	
- Villa del Pueblito	11,948	- Gustavo Díaz Ordaz	10,970
- Felipe Carrillo Puerto	15,919	- Ciudad Mante	70,647
- San Juan del Río	27,204	- Ciudad Miguel Alemán	14,460
- Tequisquiapan	11,069	- Río Bravo	55,236
<b>QUINTANA ROO</b>		- San Fernando	15,105
- Cancún	33,293	- Valle Hermoso	27,966
- Cozumel	19,044	<b>TLAXCALA</b>	
<b>SAN LUIS POTOSI</b>		- Apizaco	30,498
- Cárdenas	15,241	- Calpulalpan	15,906
- Cerritos	11,728	- Chihuahutempan	13,204
- Ciudad Valles	65,609	- Huamantla	21,944
- Charcas	10,135	- Contla	11,399
- Ebano	18,724	- V. Vicente Guerrero	27,589
<b>SINALOA</b>		- Tlaxcala	18,437
- Costa Rica	18,055	- Zacatelico	19,421
- Novalato	16,710	<b>YUCATAN</b>	
- Escuinapa	20,247	- Ramal	11,612
- Gabriel Leyva	10,673	- Homuna	12,632
- Gral. Juan Jaer	36,230	- Puerto	12,919
- Guasave	35,236	- Oxcutcab	10,339
- El Rosario	12,171	- Progreso	24,237
<b>TABASCO</b>		- Tekax	15,132
- Frontera	11,932	- Ticol	18,255
- H. Cárdenas	34,078	- Tizmin	26,305
- Comalco	25,021	- Uman	10,273
- Zapata	11,160	- Valladolid	20,201
- Huimanguillo	11,580	<b>ZACATECAS</b>	
- Macuspana	15,674	- Victor Rosales	11,686
		- Fresnillo	56,066
		- Guadalupe	26,395
		- Xalpa	12,001

<b>EDO. (CIUDAD)</b>	<b>HABITANTES</b>
- Jerez de García	28,629
- Loreto	16,069
- Miguel Auza	10,990
- Nochistlán	12,248
- Ojo Caliente	10,053
- Ciudad Río Grande	16,286
- Sombrerete	13,562

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1) PROGRAMA OPERATIVO ANUAL  
SECTOR DE DESARROLLO URBANO DE VIVIENDA Y ECOLOGIA  
"SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA".
- 2) PLAN NACIONAL DE ADIESTRAMIENTO.  
AREA BASICA PARA EL INSTRUCTOR, INDUCCION AL SUBSECTOR  
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.  
"SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA"
- 3) MEMORIA  
VII CONCURSO NACIONAL "LA INGENIERIA AMBIENTAL Y LA SALUD"  
SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
(SMISAAC) SEPTIEMBRE 1990.
- 4) MANUAL DE TECNICAS DE MUESTREO PARA AGUA Y AGUAS.  
RESIDUALES  
SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.
- 5) "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"  
CURSOS ABIERTOS - DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA (UNAM) MARZO 1990.
- 6) "TRATAMIENTO DE RESIDUOS LIQUIDOS DOMESTICOS E INDUSTRIALES"  
CURSO POST-UNIVERSITARIO  
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
OFICINA REGIONAL DE LA ORGANIZACION  
MUNDIAL DE LA SALUD  
LA HABANA, SEPTIEMBRE DE 1966.
- 7) "MANUEL DE SANEAMIENTO"  
DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA SANITARIA.  
SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA  
EDITORIAL LUMUSA

- 8) "AGUA POTABLE"  
REVISTA DE SANIAMIENTO AMBIENTAL EN MEXICO  
VOL. 6 No. 73 Nov. 1990.
- 9) "INTEGRACION TERRITORIAL"  
POR ESTADO  
I. N. E. G. I. 1980.
- 10) "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"  
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA.  
FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.  
AGOSTO/1980.
- 11) "GACETA ECOLOGICA No. 2 AGOSTO 1980 "  
SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA
- 12) "GACETA ECOLOGICA No. 6 ENERO 1990. "  
SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA
- 13) "CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA"  
PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION  
S. E. D. U. E.
- 14) "CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA"  
PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION  
S. E. D. U. E.
- 15) "ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES Y SUS COSTOS"  
RAFAEL A. MORENO ESPINOSA 1983.
- 16) "MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS"  
DEPTO. DE SANIDAD DEL EDO. DE N. YORK ED. LIMUSA.  
MEXICO (1980).
- 17) "PURIFICACION DE AGUAS, TRATAMIENTO Y REMOCION  
DE AGUAS RESIDUALES".  
G.M. FAIR, J. CH. GEYER Y D.A. OKUN.  
EDITODIAL LIMUSA. MEXICO (1976).