



229
126

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

SANEAMIENTO RURAL

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

presenta

JAIME MARTINEZ MARTINEZ

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

"SANEAMIENTO RURAL"

OBJETIVO.

CAPITULO I. INTRODUCCION.

CAPITULO II. CONDICIONES NACIONALES DE LA SALUD EN EL MEDIO RURAL.

CAPITULO III. PEQUEÑAS FUENTES DE ABASTECI
MIENTO DE AGUA.

CAPITULO IV. TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE EXCRETAS Y AGUAS RESIDUALES.

COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES.

OBJETIVO

El mejoramiento de las condiciones de vida del medio rural, estrechamente ligado con la salud y salubridad del mismo, ha sido problema básico en -- nuestro país.

Contemplando tal panorama se elaboró el presente trabajo, con el fin de -- completar algunos métodos de abastecimiento de agua y de tratamiento y disoposición de excretas y aguas residuales.

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

El Control Sanitario del medio ambiente en que vivimos, es tan importante, que alguien a dicho: "LAS CONDICIONES INSALUBRES HAN PRODUCIDO MAS MUERTE Y ENFERMEDADES, QUE CUALQUIER OTRO FACTOR DE TODO ORDEN".

El Ingeniero Sanitario necesita de la colaboración de otros profesionistas y técnicos para el desarrollo de los programas de saneamiento: médicos, veterinarios, ingenieros de seguridad industrial, entomólogos, inspectores de saneamiento, etc. El Ingeniero Sanitario y éstos realizan las visitas a los lugares cuyas condiciones sanitarias se van a analizar; el Ingeniero Sanitario, es además, responsable que se cumplan los reglamentos respectivos y de la educación sanitaria del público y de la ayuda técnica que él ofrece, para mejorar las condiciones deficientes.

La experiencia nos ha demostrado que, generalmente, ningún programa de salubridad es capaz de neutralizar o suplir la falta de saneamiento y sin exagerar podemos decir que el rendimiento de los programas de salubridad y de asistencia social, es poco satisfactorio cuando se aplican sobre una población con ambiente mal saneado. La Ingeniería Sanitaria y las disciplinas afines, disponen hoy de técnicas suficientes para sanear cualquier tipo de ambiente habitado por el hombre. Aunque la aplicación de estos conocimientos es --

practicamente ilimitado, en este trabajo sólo se presentarán aquéllos que solucionan los problemas de abastecimiento de - agua potable, tratamiento y disposición de excretas humanas y aguas residuales en las zonas rurales.

CAPITULO II

CONDICIONES NACIONALES DE LA SALUD RURAL.

Para presentar las condiciones nacionales de la salud rural, es conveniente definir primeramente, qué se entiende por salud, salubridad y población rural.

SALUD: Existen varias definiciones de salud, pero para nuestro caso nos basta decir que: Es el estado de bienestar físico, mental y social.

El cultivo de ella requiere un modo definido de vida y constituye en buena parte, un problema individual, sin embargo, como la salud es también un fenómeno influido por factores sociales, la responsabilidad del individuo no es total; existen problemas colectivos de salud y enfermedad, cuya solución está más allá de las posibilidades individuales; por ello se necesita la cooperación del individuo y de la sociedad.

Como la salud individual y comunitaria están relacionadas con el nivel de vida de la población, los servicios sanitarios que previenen las enfermedades, son una parte importante para que este nivel de vida sea aceptable.

SALUBRIDAD: La salubridad puede ser definida como el programa comunal destinado a prolongar la vida con eficiencia y plenitud.

La salubridad comprende funciones como:

- a) Proteger, fomentar y restaurar la salud. Y
- b) Otros Servicios Auxiliares.

Cada una de ellas se puede subdividir. Nosotros, tratamos únicamente lo correspondiente a funciones de protección a la salud.

a) FUNCIONES DE PROTECCION A LA SALUD: Tienden a suprimir los riesgos ambientales y sus consecuencias en la vida en común; como:

1.- Saneamiento o control de los factores ambientales relacionados con la salud:

Provisión y control de los sistemas de abastecimiento de agua y de eliminación de excretas

Control de insectos, roedores, basuras, animales en general.

Control de la calidad sanitaria de los alimentos.

Control de la calidad sanitaria de la vivienda, de las industrias y de los locales públicos.

Control de otros riesgos ambientales físicos y molestias externas.

2.- Control de las enfermedades transmisibles, agudas y crónicas de cualquier naturaleza.

Control local, de las enfermedades transmi
sibles.

POBLACION RURAL; Generalmente se diferencia lo ur
bano y rural, más en relación al número de habitantes, que a las características económicas, sociales, ocupacionales, de saneamiento o de los servicios públicos con que la población cuenta. Una cifra bastante aceptable para fijar este límite sería, entender por rural toda población inferior a 2,500 habitantes.

LA SITUACION DE SALUD.

La situación de salud constituye una imagen del tipo de muestra organización social ya que la salud y su contraparte, la enfermedad, reflejan las condiciones del nivel de vida de una población. El análisis de las causas de mortalidad; ésto es, daños a la salud, que prevalecen en México, trae consigo una seria dificultad para su estudio por las deficiencias existentes en la información de las mismas. La información estadística en México dista mucho de ofrecer una vi
sión certera de la realidad, ya que existe un subregistro notable en lo reportado, variando según los estados.

Las estadísticas de morbilidad presentan mayores problemas para su uso, ya que existe un subregistro más grande

que el de la mortalidad y aunque se han propuesto indicadores positivos de la salud, éstos todavía no son operativos, así - que se tiene que analizar esta situación, en México, a través de los daños y de éstos con la mortalidad.

LA ESPERANZA DE VIDA. (CUADRO I).

Es el promedio de años que en el futuro, pueden - vivir las personas de una edad determinada; constituye un indicador de la morbilidad de distintas regiones, cuya estructura de edades es diferente.

Analizando este cuadro podemos observar que México se encuentra todavía muy alejado de los países desarrollados; esto se debe, a que, en éstos, los servicios de prevención de la salud están mejor aplicados. Y eso nos obliga a - que busquemos mejores métodos para llevar, a toda la población los servicios sanitarios deseados.

CUADRO I

ESPERANZA DE VIDA AL NACER, EN DISTINTOS PAISES DE AMERICA, ALREDEDOR DE 1978.

PAIS	Esperanza de vida al nacer (en años)
Canadá	73
Estados Unidos	73
Puerto Rico	72
Cuba	70
Barbados	69
Uruguay	69
Argentina	68
Costa Rica	68
Guyana	68
Bahamas	66
Panamá	66
Trinidad y Tobago	66
Surinam	66
Guadalupe	65
Martinica	65
México	65
Venezuela	65
Chile	63
Granada	63
Antillas Holandesas	62
Paraguay	62
Brasil	61
Colombia	61
Ecuador	60
El Salvador	58
República Dominicana	58
Perú	56
Honduras	55
Guatemala	53
Nicaragua	53
Haití	50
Bolivia	48

Fuente: "1978 world population data sheer", Population Reference Bureau, Inc.

Los cuadros II y III muestran un descenso progresivo en la tasa de mortalidad de 1970 a 1975, lo cual indica que los métodos de provisión de los servicios preventivos se han ido aplicando mejor cada vez.

Observamos que el problema real se presenta en la mortalidad de los grupos más desprotegidos orgánicamente, como son los niños y los viejos, y que son debidas a las enfermedades de infecciones gastrointestinales; aunque esto es una de las causas principales, en general no podemos asegurarlo para todas las entidades, ya que existen fuertes diferencias entre ellas y también entre sus estratos socioeconómicos; para analizar realmente el problema se tienen que realizar registros particulares por entidad lo que en la actualidad todavía no es posible.

TAZA DE MORTALIDAD GENERAL (CUADRO II)

Es la relación que existe entre el número de muertos por toda causa y toda edad y la población total.

CUADRO II

MORTALIDAD GENERAL* SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 1970 - 1975

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y ENTIDADES	1970	1971	1972	1973	1974	1975
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	9.9	9.0	9.0	8.4	7.5	7.2
AGUAS CALIENTES	11.1	9.0	9.5	8.3	7.4	7.7
BAJA CALIFORNIA NORTE	8.0	7.2	6.3	6.6	6.3	5.9
BAJA CALIFORNIA SUR	6.4	7.1	6.2	6.7	6.2	6.2
CAMPECHE	7.3	7.8	6.7	7.2	5.8	6.3
COAHUILA	10.3	9.2	9.6	9.5	7.6	7.1
COLIMA	10.1	9.2	9.8	7.9	8.6	7.5
CHIAPAS	11.1	10.7	10.1	9.5	8.3	7.8
CHIHUAHUA	8.7	8.0	8.2	8.0	6.9	6.5
DISTRITO FEDERAL	9.5	8.9	8.9	7.1	6.4	5.9
DURANGO	7.3	7.2	7.1	6.8	5.6	5.6
GUANAJUATO	12.1	10.0	11.1	10.4	8.7	8.7
GUERRERO	8.2	7.5	8.0	7.0	6.4	6.3
HIDALGO	11.9	10.9	11.4	10.8	9.1	9.3
JALISCO	10.1	8.7	9.3	8.4	7.6	7.3
MEXICO	10.4	9.0	9.0	8.6	7.5	7.7
MICHOACAN	8.6	7.8	8.3	7.4	7.0	7.0
MORELOS	8.4	7.8	8.3	7.9	6.6	6.7
NAYARIT	8.2	7.4	7.6	6.8	6.1	5.6
NUEVO LEON	7.3	6.7	6.8	6.7	5.7	5.5
OZCACA	14.0	12.5	11.9	10.7	11.3	11.3
PUEBLA	14.3	12.9	13.0	12.3	10.8	10.5
QUERETARO	11.8	10.4	10.3	10.2	8.6	8.3
QUINTANA ROO	4.9	5.7	4.8	3.4	3.5	3.6
SAN LUIS POTOSI	11.1	10.1	10.1	10.5	8.7	8.3
SINALOA	6.7	6.7	6.4	6.4	5.7	5.4
SONORA	8.1	8.3	7.8	7.7	6.8	6.4
TABASCO	8.7	8.2	7.5	7.0	6.6	6.5
TAMAULIPAS	7.4	6.6	6.5	6.6	5.6	5.6
TLAXCALA	13.4	14.0	12.2	11.1	10.3	10.6
VERACRUZ	9.2	8.5	8.4	8.4	7.3	7.0
YUCATAN	9.9	9.2	9.5	8.8	8.5	8.0
ZACATECAS	9.6	8.9	9.0	8.7	6.8	6.9

* Por mil habitantes

Fuente: ESTADISTICAS VITALES, S.S.A. 1970-1974 y Compendio de Estadísticas Vitales de México 1975

C U A D R O III
DEFUNCIONES Y MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
1970 - 1975

GRUPOS DE EDAD EN AÑOS	1970		1971		1972		1973		1974		1975	
	NO. DE DEF.	TASA										
1 - 4 **	146 008	68.5	141 261	63.3	142 964	60.9	133 842	52.0	121 606	46.6	118 968	49.0
5 - 14 **	70 563	10.6	59 047	8.6	64 902	8.9	48 838	6.3	37 983	4.8	36 922	4.6
15 - 44 **	23 289	1.6	21 292	1.6	22 956	1.6	19 969	1.4	17 733	1.0	16 398	0.9
45 - 64 **	68 388	3.5	66 962	3.2	69 516	3.2	71 797	3.2	73 919	3.2	71 853	3.0
65 y + **	64 319	13.3	61 143	11.2	63 175	11.2	65 633	11.2	65 817	11.5	64 870	10.9
65 y + **	113 044	62.1	108 591	64.9	112 499	64.9	118 746	66.2	115 210	53.4	120 948	54.2
GENERAL***	485 656	9.9	458 323	9.0	476 206	9.0	458 206	8.4	433 104	7.5	435 888	7.2

* Por 1 000 Nacidos Vivos Registrados

** Por 1 000 Habitantes del grupo de edad correspondiente

*** Por 1 000 Habitantes

FUENTE: Estadísticas Vitales de los Estados Unidos Mexicanos 1970 - 1974 y Compendio de Estadísticas Vitales - de México, 1975.

PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE..

Analizando las quince primeras causas de muerte - (Cuadro IV) se aprecia que más de la cuarta parte de las muertes ocurridas en 1975 fueron por enfermedades infecciosas y parasitarias; estas enfermedades están directamente relacionadas con el atraso sanitario.

En particular para controlar las enfermedades gastrointestinales e infecciosas, cuya causa principal se deriva del agua, en las comunidades rurales, es aplicar adecuadamente los servicios de abastecimiento de agua potable y la eliminación correcta de las excretas humanas.

Esto traerá en consecuencia, que se alcance el nivel de vida aceptable, requerido para la población rural.

CUADRO IV
DEFUNCIONES Y MORTALIDAD SEGUN SUS QUINCE PRIMERAS CAUSAS
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
1975

No. DE ORDEN	CAUSA	CLAVE OMS	NO. DE DEF.	%	TASA*
1	INFLUENCIA Y NUMONIAS	90-92	53 868	12.4	89.6
2	ENTERITIS Y OTRAS ENFERMEDADES DIARREICAS	5	51 061	11.7	84.9
3	ENFERMEDADES DEL CORAZON	80-84	45 642	10.5	75.9
4	ACCIDENTES	E138-E146	27 140	6.2	45.11
5	CIERTAS CAUSAS DE LA MORBILIDAD Y DE LA MORTALIDAD PERINATALES	131-135	21 765	5.0	36.2
6	TUMORES MALIGNOS	45-60	21 674	5.0	36.0
7	ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	85	12 827	2.9	21.3
8	CIRROSIS HEPATICA	102	12 236	2.8	20.3
9	LESIONES EN LAS QUE SE IGNORE SI FUERON ACCIDENTAL O INTENCIONALMENTE INFLINGIDAS	E149	11 364	2.6	18.9
	HOMICIDIOS Y LESIONES PROVOCADAS INTENCIONALMENTE POR OTRAS PERSONAS; INTERVENCION LEGAL	E148	10 632	2.4	17.7
	DIABETIS MELLITUS	64	10 408	2.4	17.3
	BRONQUITIS, ENFISEMA Y ASMA	93	10 257	2.4	17.1
	TUBERCULOSIS TODAS FORMAS	6-10	8 516	1.9	14.2
	AVITAMINOSIS Y OTRAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES	65	7 061	1.6	11.7
	INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	89	5 169	1.2	8.6
	TODAS LAS DEMAS CAUSAS		126 268	29.0	209.9
	T O T A L	001-150	435 888	100.0	724.7

* LISTA "A" DE LA CLASIFICACION INTERNACIONAL DE ENFERMEDADES. OCTAVA REVISION.

** POR 1 00 000 HABITANTES.

FUENTE: COMPENDIO DE ESTADISTICAS VITALES DE MEXICO 1975.

CUADRO V
POBLACION TOTAL URBANA Y RURAL
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
1974

Entidad Federativa	Urbana		Rural	
	Núm.de Hab.	%	Núm.de Hab.	%
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	34'937,717	61.8	21'557,316	38.2
Aguascalientes	254,227	64.7	138,960	35.3
Baja California Norte	954,460	86.6	147,790	13.4
Baja California Sur	104,180	66.2	53,210	33.8
Campeche	197,264	65.2	105,279	34.8
Coahuila	907,758	74.1	317,472	25.9
Colima	214,081	74.5	73,368	25.5
Chiapas	527,610	29.9	1'239,453	70.1
Chihuahua	1'220,851	66.8	606,689	33.2
Distrito Federal	7'795,598	96.8	255,044	3.2
Durango	449,877	43.5	584,562	56.5
Guanajuato	1'401,001	54.6	1'167,005	45.4
Guerrero	743,842	40.6	1'086,748	59.4
Hidalgo	421,727	32.5	876,374	67.5
Jalisco	2'730,277	72.2	1'051,794	27.8
México	3'576,865	67.6	1'715,138	32.4
Michoacan	1'224,892	47.6	1'347,763	52.4
Morelos	581,243	76.2	182,004	23.8
Nayarit	335,097	52.9	298,717	47.1
Nuevo León	1'634,326	78.4	450,273	21.6
Oaxaca	714,107	29.6	1'698,091	70.4
Puebla	1'394,884	49.8	1'404,627	50.2
Querétaro	223,977	40.0	336,498	60.0
Quintana Roo	43,385	38.0	70,773	62.0
San Luis Potosí	593,122	42.2	812,781	57.8
Sinaloa	793,525	51.9	736,841	48.1
Sonora	885,127	69.0	398,000	31.0
Tabasco	348,088	37.1	590,712	62.9
Tamaulipas	1'258,552	73.5	453,810	26.5
Tlaxcala	241,981	52.6	217,657	47.4
Veracruz	2'263,879	50.9	2'186,269	49.1
Yucatán	566,821	67.8	268,606	32.2
Zacatecas	335,093	32.9	684,728	67.1

Fuente: Dirección General de Estadística, SIC.

CUADRO VI
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA Y NUMERO DE OCUPANTES. 1970

Concepto	VIVIENDAS MILES	OCUPANTES MILES
TOTAL.....	8 286	48 225
SEGUN EL NUMERO DE CUARTOS (1).....	8 286	48 225
Un cuarto.....	3 327	17 992
Dos cuartos.....	2 396	14 164
Tres cuartos.....	1 144	7 030
Cuatro cuartos.....	657	4 057
Cinco cuartos o más.....	762	4 982
SEGUN SU DISPONIBILIDAD DE AGUA.....	8 286	48 225
Disponen de agua entubada.....	5 056	29 491
Dentro de la vivienda.....	3 211	18 756
Fuera de la vivienda pero dentro del edificio.....	881	4 980
De llave pública o hidrante.....	964	5 755
No disponen de agua entubada.....	3 230	18 734
SEGUN SU DISPONIBILIDAD DE DRENAJE O ALBAÑAL.....	8 286	48 225
Tienen drenaje o albañal.....	3 440	19 873
No tienen drenaje o albañal.....	4 846	28 352
SEGUN EL MATERIAL EN MUROS.....	8 286	48 225
Adobe.....	2 495	14 892
Ladrillo o tabique.....	3 658	21 332
Madera.....	1 317	7 369
Embarro.....	416	2 349
Otros.....	400	2 283
SEGUN EL MATERIAL EN USOS.....	8 286	48 225
Tierra.....	3 403	19 760
Otros materiales.....	4 883	28 465
SEGUN EL REGIMEN DE TENENCIA.....	8 286	48 225
Propias.....	5 471	32 908
No propias.....	2 815	15 317
OTRAS CARACTERISTICAS....		
Con cuarto de baño.....	2 637	15 205
Con cuarto para cocina.....	6 106	36 229
Con energía eléctrica.....	4 877	28 751
Con radio.....	3 840	22 904
Con televisor.....	153	939
Con radio y televisor.....	2 436	14 787

(1) Se toma en cuenta toda clase de cuartos, excepto baños, cocinas y corredores.

Fuente: IX Censo General de Población.

CUADRO VII

X CENSO GENERAL DE POBLACION DE 1980

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
1 Aguascalientes	504,300	246,600	257,700
2 Baja California N.	1'227,000	608,800	618,600
3 Baja California S.	221,000	112,500	108,500
4 Campeche	371,800	185,500	186,300
5 Coahuila	1'561,800	774,400	783,600
6 Colima	339,400	168,700	170,700
7 Chiapas	2'097,500	1'046,700	1'050,800
8 Chihuahua	1'935,100	969,500	965,600
9 Distrito Federal	9'377,300	4'501,100	4'876,200
10 Durango	1'160,300	568,500	591,800
11 Guanajuato	3'045,600	1'495,400	1'550,200
12 Guerrero	2'174,200	1'065,400	1'108,800
13 Hidalgo	1'518,200	754,000	763,700
14 Jalisco	4'296,500	2'088,100	2'208,400
15 México	7'542,300	3'741,000	3'801,300
16 Michoacan	3'049,400	1'500,300	1'549,100
17 Morelos	931,400	457,300	474,100
18 Nayarit	729,500	366,200	363,300
19 Nuevo León	2'463,500	1'226,800	1'236,700
20 Oaxaca	2'517,500	1'208,400	1'309,200
21 Puebla	3'285,300	1'609,800	1'675,500
22 Querétaro	730,900	364,000	366,900
23 Quintana Roo	209,900	106,400	103,500
24 San Luis Potosí	1'669,900	826,600	843,300
25 Sinaloa	1'882,200	948,600	933,600
26 Sonora	1'498,100	747,600	750,500
27 Tabasco	1'150,000	577,300	572,700
28 Tamaulipas	1'924,900	952,800	972,100
29 Tlaxcala	548,500	271,000	277,500
30 Veracruz	4'263,800	1'610,800	2'653,000
31 Yucatán	1'034,300	514,000	520,300
32 Zacatecas	1'144,700	564,300	580,400
GRAN TOTAL	67'405,700	33'181,900	34'223,700
CENSO DE 1970	48'225,238		
CENSO DE 1960	34'293,400		

CUADRO VIII

Período 1950-1974¹

Año 2000
Escenario futuros

	<u>1950</u>	<u>1970</u>	<u>I</u>	<u>III</u>
Población (Mill.Hab)	26	48	137	126
Tasa de crecimiento (%)		3.2	3.5	3.2
PIB (Mill. \$ 1970)	123,000	419,000	2'400,000	3'200,000
Tasa de crecimiento		6.0	6.0	7.0
<u>Agua Potable</u>	<u>1950</u>	<u>1973</u>		
Población urbana (Mill. Hab).	11	28	103	97
% con toma domiciliaria	36	69	95	95
Población rural (Mill.Hab)	15	20	32	29
% con toma domiciliaria	2	3	50	60
% con hidrante	8	18	10	10
<u>Agricultura</u> ²	<u>1950</u>	<u>1972</u>		
Superficie (Mill.Hab)				
Riego	3.1	4.7	9.6	8.5
Drenaje	0.0	0.0	2.0	1.5
Temporal	5.5	11.4	16.3	16.3
Total	<u>8.6</u>	<u>16.1</u>	<u>28.1</u>	<u>26.3</u>
<u>Energía eléctrica</u>	<u>1950</u>	<u>1970</u>		
Producción anual (Mill.KWH).				
Plantas hidroeléctricas	2,400	14,900	52,000	52,000
Plantas termoeléctricas	2,400	20,100	448,000	448,000
Total	<u>4,800</u>	<u>35,000</u>	<u>500,000</u>	<u>500,000</u>
Tasa de crecimiento		9.5	10.2	10.2
<u>Industria extractiva y manufacturera</u>	<u>1950</u>	<u>1970</u>		
Valor bruto de la producción (Millones \$ 1970).	54,200	230,400	2'020,000	2'660,000
Tasa de crecimiento (%)		7.5	7.5	8.5

1 Se registra el dato más reciente disponible en fuentes oficiales.

2 Se estima que a fines de 1976 se contará con 5 millones de Ha. y que en el año 2000 se tendrán en producción 10 millones de Ha.

CAPITULO III

PEQUEÑAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

EL AGUA ELEMENTO VITAL. El agua es un elemento indispensable para la vida; cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo.

El hombre la utiliza: como elemento para su nutrición ya sea como bebida o como integrante de alimentos; - la requiere para el lavado de trastes y ropa; la exige para su aseo y dispone de ella para alejar sus desechos, proporcionar comodidad y resolver numerosos problemas de su vida cotidiana.

La salud humana, depende no sólo de la cantidad, sino también de la calidad del agua que utiliza. Según la Organización Mundial de la Salud "casi la cuarta parte de las camas disponibles en todos los Hospitales del mundo, están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua". Esto quiere decir que cuando el agua, por el contacto con la tierra o con el hombre ha modificado su composición, puede convertirse en un peligro y ocasionar grandes daños.

CICLO HIDROLOGICO.

Las aguas disponibles en el medio ambiente son: aguas meteóricas, superficiales y subterráneas.

Se encuentran en estado líquido como en ríos, lagos, lagunas y mares; en estado sólido como en los volcanes y en estado gaseoso en la atmósfera en forma de vapor de agua.

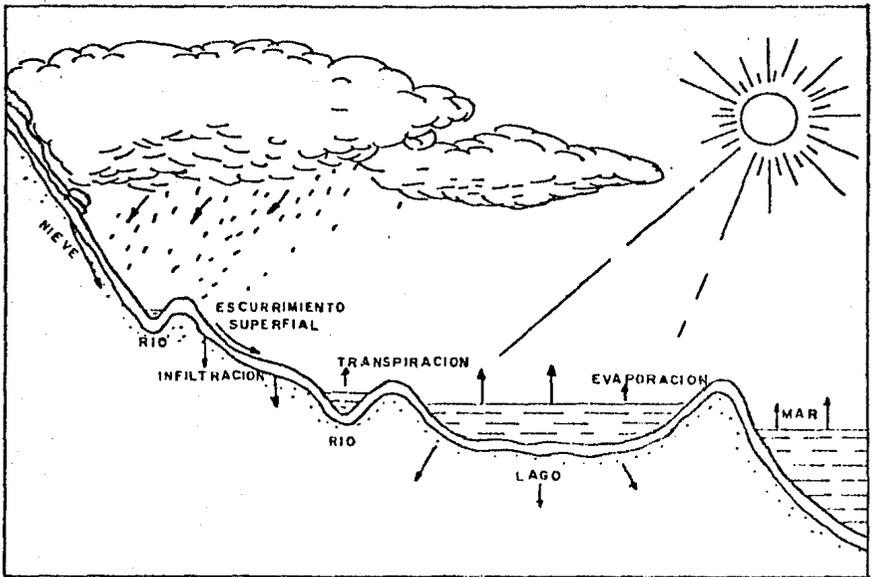


FIG. I CICLO HIDROLOGICO.

AGUAS METEORICAS. Son aquellas procedentes directamente de la atmósfera, en forma de lluvia. Estas aguas se captan antes de que lleguen a la superficie terrestre, por medio de áreas expuestas a la precipitación pluvial, para luego almacenarlas en cisternas.

Las aguas de lluvia están menos expuestas a contaminación con bacterias y parásitos, sin embargo no constituyen fuentes de aprovechamiento constante, por lo cual deben colectarse en épocas de lluvias y almacenarlas durante la sequía. Por lo tanto para su captación es necesario tener áreas muy grandes y sólo es suficiente para pequeñas poblaciones y donde la calidad del agua es poco adecuada para el uso doméstico, o no existe otra fuente de abastecimiento.

AGUAS SUPERFICIALES. Son aquellas que se encuentran en el seno de los ríos, lagos, lagunas, presas, cuencas de embalse, etc. Las aguas de los ríos en su recorrido, se van transformando de diversas maneras: una es que debido a su gran poder disolvente recojen materiales de los diferentes suelos por los cuales pasan; otra es por recibir en su seno materias variadas, como desechos de poblaciones e industrias. Generalmente estas aguas se encuentran contaminadas.

AGUAS SUBTERRANEAS. Son las que se filtran a través de la tierra, pudiendo aflorar en forma de manantiales. Se pueden captar por medio de galerías filtrantes, norias y pozos. También esta agua sufre modificaciones ya que al atravesar las capas terrestres: absorbe ácido carbónico, se --

mineraliza, pierde oxígeno, etc.; además, están muy expuestas a la contaminación de bacterias, parásitos o sustancias químicas, por la facilidad de filtración hasta ellas del contenido de: letrinas, pozos negros, fosas sépticas, depósitos de basura o de estiércol, etc. El arrastre de las bacterias o parásitos depende entre otros factores de la inclinación del terreno, del nivel de las aguas subterráneas y de la permeabilidad del suelo; de tal manera que, desde el punto de vista sanitario, deben determinarse las distancias máximas de migración y la dirección de las corrientes subterráneas, como es el caso de una letrina, que debe estar separada como mínimo de la fuente de suministro de agua, de 7.5 a 15 m. y de 1.5 a 3 m. sobre el nivel de las aguas subterráneas (ésto se verá con más detalle en el siguiente capítulo).

AGUA POTABLE. La calidad del agua que bebemos y que usamos para otros fines, es muy importante en relación a la salud y el hecho de ser un elemento indispensable para la vida y necesario para el riego de las plantas que el hombre utiliza como alimento, le da una importancia primordial. Su importancia sanitaria aumenta cuando consideramos que ella puede actuar como factor negativo para nuestra salud, provocando enfermedades, cuando su calidad no es la potable.

En sus fuentes de origen, su calidad puede ser buena; pero también puede contener microbios, o sustancias extrañas y en su ciclo sobre la Tierra el agua se recarga de sustancias y de microorganismos que proceden de distintos sitios; atmósfera, suelo, hombres, animales, etc.; éstos hechos

son favorables y perjudiciales al mismo tiempo. Son favorables, porque enriquecen el agua de los elementos minerales que le dan su calidad de potable y que son necesarios para nuestro organismo; son perjudiciales, porque el agua puede recibir substancia químicas nocivas para nuestro organismo o microorganismos patógenos.

Las aguas de lluvia tienen como ya hemos dicho, distinto destino en la Tierra: algunas constituirán las aguas superficiales (mares, ríos, lagos), otras se filtrarán a través de la tierra y constituirán las aguas subterráneas (vertientes, norias, pozos, artesianos, etc), otras estarán en continua vaporización para continuar el ciclo. En realidad, esta diferenciación no existe en la naturaleza, puesto que a todas las aguas les suceden las tres cosas en mayor o menor grado, y ello depende especialmente del lugar donde caen.

El contenido de substancias extrañas en el agua procede, en mínima parte, de la atmósfera y en su mayoría, de la tierra. Las aguas superficiales son las que más fácilmente se contaminan, debido a su mayor exposición a las fuentes habituales de contaminación. Consideramos que una corriente ha sido contaminada por el hombre, cuando ésta contiene elementos físicos, químicos y biológicos en tal grado, que presenta más dificultad para su uso, que las presentaría en caso de que estuviese en estado natural .

Las aguas subterráneas sufren una filtración que será mejor o peor según la calidad del terreno que atraviesan,

el grosor de la capa filtrante y los terrenos quebrados o agrietados. El agua subterránea puede arrastrar sustancias que encuentra en los terrenos por los que atraviesa y cuando arrastra elementos minerales en exceso, como carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, produce corrosión en tuberías y causa dureza en el agua que, entre otros inconvenientes obliga a consumos elevados de jabón; el exceso de sales (cloruros y sulfatos) le producen sabor desagradable y limitan su uso; sin embargo, hay poblaciones que consumen agua con 2,000 mgs/litro, que actuarían como laxantes en personas no acostumbradas a ingerir esas cantidades; si los terrenos contienen hierro se colorea el agua, le dá un sabor desagradable y penetra en las tuberías; los nitratos, arriba de 50 mgs/litro, pueden producir alteraciones en niños de corta edad, los fluoruros, arriba de 1.5 mgs/litro, suelen provocar la aparición de manchas en los dientes y su ausencia predispone a la caries. Si ésta llega a contener plomo, arsénico o cromo, puede resultar bastante grave, ya que estas sustancias son muy tóxicas.

La turbiedad es objetada por su apariencia y también porque las sustancias que las producen crean problemas en el lavado de ropa, en la fabricación de hielo y de refrescos o en otros usos.

Mientras más profunda sea el agua subterránea más pura será, desde el punto de vista microbiano, siempre que el terreno filtrante sea poroso. El agua químicamente pura no sería adecuada para bebida y usos domésticos y difi-

almente se la encontraría en la naturaleza; por el contrario el aporte de ciertas sustancias es lo que da su potabilidad al agua de bebida (ver cuadro del Reglamento Federal de Ingeniería Sanitaria. Cuadro X).

La Dirección de Ingeniería Sanitaria, en su Reglamento Federal sobre obras de provisión de agua potable dice:

"Se considera agua potable toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud".

QUALIDAD DEL AGUA. El agua de bebida puede alterar la salud produciendo trastornos microbianos, cuando en exceso ciertas sustancias químicas, cuando le faltan otras o están en escasa cantidad; las aguas ricas en sulfato de calcio y las aguas selenitosas, producen trastornos gastrointestinales; las aguas calcáreas son laxantes y colagogas; las aguas alcalinas favorecen estados anémicos; las aguas ferruginosas son pesadas y producen lesiones óseas y dentarias; las aguas aciduladas por CO₂ pueden arrastrar plomo o cobre de los sistemas de alcantarillados, elementos que son tóxicos para el hombre, las aguas que atraviesan terrenos donde falta el yodo carecen de este elemento y son bociógenas; la falta de fluor en el agua de bebida es un factor en la producción de caries dentarias.

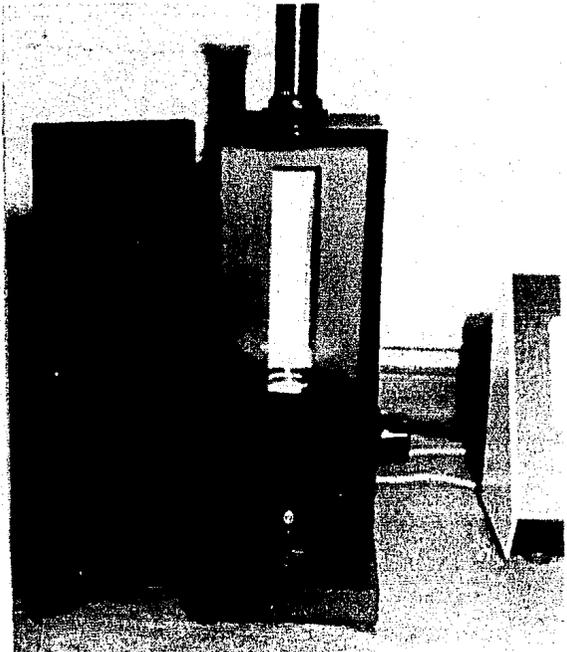
Los trastornos de origen parasitario y microbiano son los más importantes que el agua produce en el hombre; se trata, generalmente, de contaminación del agua con huevos

y larvas de helmintos, cisticercos celulosa de la taenia sellium del cerdo, larva de la taenia echinococcus, distoma hepática del carnero y del buay, huevos de ascaris lumbricooides, amiba histolítica, endamoeba coli, etc., y con microbios específicos productores de infecciones intestinales y otras.

CONDICIONES FISICAS. Se refiere principalmente de aspecto estético: turbiedad, olor, color, temperatura, sabor y pH.

TURBIEDAD. La turbiedad se debe a partículas en suspensión, orgánicas e inorgánicas. Se mide mediante un instrumento llamado turbidímetro (fig 2 y 3), que son aplicados en pruebas de laboratorio y cuyos resultados se expresan en (p.p.m.); se acepta como límite hasta 10 (p.p.m.). La turbiedad excesiva se elimina con sedimentación, coagulación o filtración.

FIG.2 TURBIDIMETRO DE HALLIGE.



Para su determinación en el campo, depende de la corriente o del tipo de agua, se usa un disco dividido en cuadrantes pintados de blanco y negro sujeto al extremo de un tubo; este disco se sumerge en el agua hasta que desaparezca, y en el tubo que lo sostiene, existe una graduación que dá la turbiedad. Este aparato se llama turbidímetro de disco, o de campo. Cuando no se cuenta con este disco, se usa un alambre de platino bien pulido, con el cual se sigue el mismo método de medición de la turbiedad observando la desaparición del brillo del alambre sumergido (fig 4).

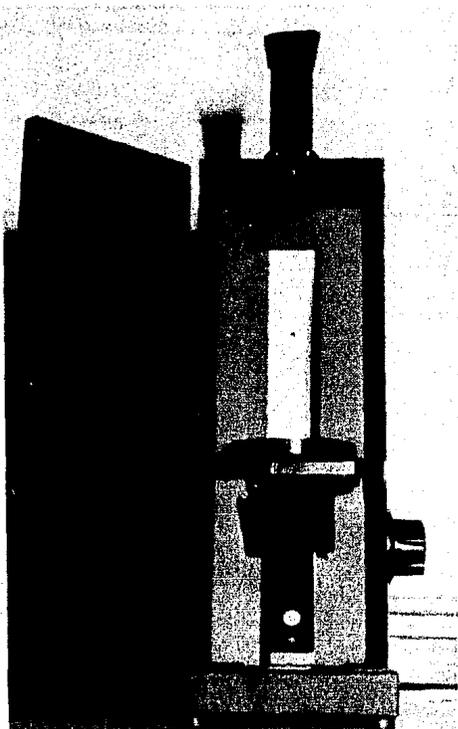


FIG.3 TURBIDIMETRO DE HALLIGE.

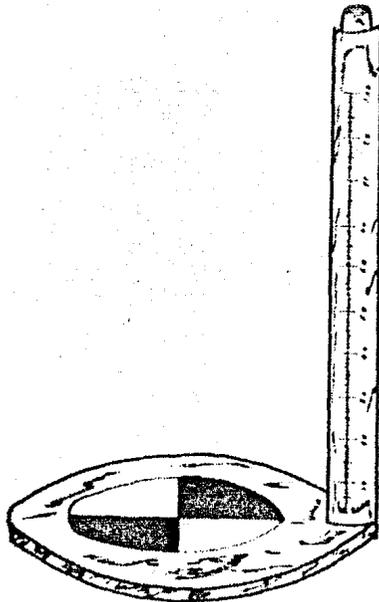


FIG.4. TURBIDIMETRO DE CUADRANTES.

OLOR Y SABOR. En general el olor y el sabor vienen juntos y se deben a la presencia de materia orgánica, en estado natural o en descomposición, o por microorganismos -- (principalmente algas) que segregan compuestos químicos, como los fenoles, si además, el agua contiene cloro, la intensidad del olor y del sabor aumenta.

Los olores clasificados en distintos tipos, se -- eliminan por coagulación, sedimentación, filtración, aeración, carbón activado y oxidación. El agua potable no debe tener -- olor.

La intensidad del olor es muy variable y los procedimientos analíticos no son satisfactorios para su medición teniéndose que confiar en el sentido del olfato; el problema es que varía con el individuo y es necesario no fatigarlo, ya que se pierde rápidamente, y procurando que la prueba se haga en un local libre de olores y con equipo inodoro.

DETERMINACION. Las pruebas para la determinación del olor, son aplicables también al sabor a temperaturas adecuadas (que para las pruebas del sabor es de 40°C y para el color, se pueden verificar con temperaturas de 60°C "Olor incipiente en caliente" y a 40°C "Olor incipiente en frío). Y es necesario registrar las temperaturas a las que se hayan efectuado las pruebas.

Sería ideal que las pruebas para el olor se realizaran inmediatamente después de la recolección; pero si no es

posible, es conveniente almacenar muestras, tomando 500 ml. en un frasco de cristal de tapón esmerilado muy limpio, el cual se conserva en refrigeración hasta el momento del análisis, la muestra se debe enfriar en condiciones inodoras.

Es necesario contar con un número de 5 a 10 personas que hagan la medición, para obtener mejores resultados de estas pruebas; que unos momentos antes, no deben ingerir alimentos ni fumar, evitar el contacto con jabones aromáticos, lociones, perfumes; los frascos no se deben tomar del cuello; el cuarto de pruebas se debe mantener exento de olores y en ambiente de calma. Antes de comenzar la prueba, se debe comprobar la condición del agua "Inodora", que servirá para preparar diluciones y la cristalería. Los análisis se someten a pruebas de calibración para comparar su sensibilidad; estas calibraciones se llevan a cabo usando el alcohol N-Butílico.

MEDIDA DE OLOR INCIPIENTE. Se llama número de olor incipiente, al número de veces que una muestra se tiene que diluir con agua inodora para que su olor sea apenas perceptible en la prueba del olor; el volumen total de la muestra y del agua de dilución sea de 200 ml. Se obtiene de la siguiente manera:

Número de

$$\text{olor incipiente} = \frac{\text{Vol. de muestra} + \text{Vol. de agua inodora}}{\text{Vol. de muestra.}}$$

El número incipiente es la dilución en la cual apenas es perceptible el gusto y el olor.

Quando se tenga duda del número incipiente, se puede considerar como seguro, el que corresponda al punto de percepción a partir del cual no se tengan variaciones.

Aumento de concentración -----

(Respuesta) - - - - - + + Continua +)

COLOR. El color del agua proviene de materias en disolución, generalmente colorean vegetales, de sustancias orgánicas y ocasionalmente de materias inorgánicas.

Las aguas coloreadas se tratan con rayos ultravioletas, carbón activado, coagulación, sedimentación, filtración y oxidación.

El color es muy diferente en cada corriente y aún en una misma puede observarse desde el cristalino, café de muchas tonalidades, hasta ser casi obscuro. Esa variedad es causa de sospecha de contaminación.

Los colores en agua contaminada, se pueden deber a descargas de tipo industrial (pero tener presente que existen substancia incoloras que pueden producir los mismos o peores efectos de contaminación). Siendo necesario, hacer toda una serie de análisis para poder comprobar su estado.

Una forma de dosificar el color, es dividirlo en: verdaderos y aparentes. Siendo el color verdadero, el debido a materias en solución (mezcla de substancias en diversas proporciones, para dar un sistema homogéneo); el cual, queda, -- después de haber sido removida la materia suspendida; el color verdadero modificado por substancias en suspensión (substancias en el seno del líquido que ni se precipitan, ni se disuelven).

Para su determinación en el campo; se usan discos de cristal de colores del servicio de reconocimientos geológicos de los Estados Unidos de Norteamérica; que dan buenos resultados si se comparan con los del método de platino-cobalto usado en laboratorio; estos discos se colocan en bases metálicas, que contienen tubos para la muestra y agua destilada; teniendo ésto, se hacen observaciones de la muestra con el agua destilada, más el cristal coloreado, sobre una superficie --- blanca.

TEMPERATURA. No hay, en realidad, un límite para la temperatura del agua; sólo se requiere que sea fresca y - que tenga una temperatura uniforme, pero se recomienda que se encuentre entre 7 a 10°C. El exceso de temperatura proviene - del calor transmitido desde la atmósfera o desde las capas -- subterráneas o efluentes industriales.

El tratamiento usual es la aeración.

La medición de la temperatura, es una prueba inmediata, es decir se hace directamente en el campo y nos puede

dar indicios de contaminación, especialmente de desechos industriales, que es cuando aumenta la temperatura.

Se usa un termómetro de laboratorio con una asa de la que se cuelga, y se sumerge en el agua hasta la marca que tiene y se hace la lectura. Sin embargo, es más conveniente tomar la muestra en un frasco y sumergir en éste el termómetro, teniéndose en realidad poco error, debido a que el agua conserva más tiempo su temperatura que el aire.

La temperatura puede afectarse por el clima local, la profundidad y la fuente de abastecimiento.

Para detectar contaminación, es conveniente conocer la temperatura en varios sitios.

pH. El potencial hidrógeno o pH, se expresa como el logaritmo de la recíproca de la concentración de los iones hidrógeno.

$$\text{pH} = \log \frac{1}{\text{H}^+} = - \log. \text{H}^+$$

El valor que corresponde al agua pura y que se interpreta como el punto neutro es pH = 7.0. En la escala de pH, de 0 a 7 se agrupan los ácidos y de 7 a 14 las bases.

La determinación del pH, es útil para regular el funcionamiento de instalaciones de tratamiento de agua contaminada; tiene poca relación con la fuerza o concentración de las aguas negras. En casos especiales, el pH, de un desecho -

industrial puede dar indicaciones con respecto a su naturaleza, una alcalinidad o acidez anormal es indicio de este tipo de desechos.

Interviene en el cálculo de carbonato, bicarbonato y bióxido de carbono, así como en el cálculo del índice de corrosión y en el control de los procesos de tratamiento de agua.

Para su determinación en el campo, se usa el método del colorímetro en el que se utilizan tiras de papel tornasol, las cuales al sumergirse en el agua toman diferentes colores como son: azul, rojo, amarillo, naranja, violeta, etc., dependiente de si el pH, es ácido o básico. Todos estos colores vienen tabulados correspondientemente determinados los valores del pH. con la intensidad de los tonos.

En el laboratorio se usan los medidores de electrodos de cristal, ya sea de corriente o de pilas; se les denomina potenciómetros. En este método no existen las interferencias del método colorímetro, pero se tiene el error producido por el sodio, que puede reducirse empleando electrodos especiales de bajo error de sodio, esto sucede cuando el pH. es mayor de 10.

Para hacer la corrección, se usan tablas que dan los fabricantes para cada tipo especial de electrodos.

Para utilizar el aparato, debe comprobarse antes con soluciones amortiguadas de valores intermedios de pH. -- (4, 7, 9).

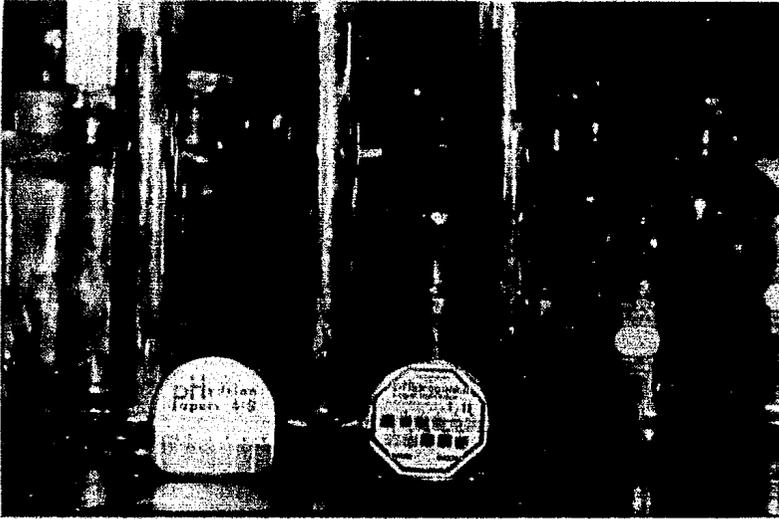


FIG.5 COMPARADOR DE pH. PAPEL TORNASOL.



FIG.6 POTENCIOMETRO.

CONDICIONES QUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS. En relación a las condiciones químicas y bacteriológicas, se piden - que estén dentro de los límites establecidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y como no se puede determinar directamente en el campo, en el inciso siguiente se presentan cuadros que resumen estos límites.

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS. Se considera que un agua está libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana, cuando la investigación bacteriológica dé como resultado final:

a).- Menos de (20) organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra. Definiéndose como organismos de los grupos coli y coliforme todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos no esporógenos, de gran negatividad, que fermenten el caldo lactoso con formación de gas.

b).- Menos de (200) colonias bacterianas por ml. de muestra en la placa de agar incubada a 37° por 24 horas.

c).- Ausencia de colonias bacterianas licuantes - de la gelatina, cromógenas o féticas, en la siembra de un ml. de muestra en gelatina incubada a 20° por 48 horas.

MUESTREO. Para sus análisis, las muestras de agua tienen que tomarse en condiciones muy variadas y su recolección requiere de cuidados especiales, según el estudio que se necesite.

a).-- MUESTRAS PARA ANALISIS BACTERIOLOGICOS. Deben tomarse por personas con experiencia. En general se usan frascos de vidrio de 100 ml. de boca ancha y tapón esmerilado, perfectamente limpios y tapados; se les cubre el tapón y cuello con papel manila o papel aluminio. Preparados de esta forma se les esteriliza. Si se sabe o sospecha que el agua tiene cloro, se ponen unos cristales de tiosulfato de sodio, ($\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$), en los frascos antes de esterilizarlos, ya que este producto detiene la acción bacteriana del cloro.

Después de tomar la muestra, los frascos se colocan en cajas con hielo y se transportan al laboratorio lo más rápido posible para evitar resultados erróneos.

b).-- MUESTRAS PARA ANALISIS QUIMICOS. Se necesitan cuando menos tres litros de agua. Puede usarse cualquier envase de vidrio, asegurándose que esté perfectamente limpio. El tapón de hule o corcho se cubre con papel celofán, antes de colocarlo, para evitar que entre en contacto directo con el agua.

Antes de tomar la muestra, el envase se enjuaga varias veces con el agua que se va a analizar.

En muchas ocasiones no basta una sola muestra, y se tiene que tomar varias, en varios lugares e inclusive, a diferentes horas del día.

A los frascos con las muestras se les ponen etiquetas con los siguientes datos: fecha, localidad, entidad -

federativa, sitio donde se tomó la muestra, naturaleza de la fuente (arroyo, lago hidrante, etc), temperatura del agua y del ambiente, otros datos que se consideren necesarios. Se recomienda llevarlos al laboratorio a la mayor brevedad posible.

Número de muestras que se deben tomar para el control bacteriológico del abastecimiento de agua de una población.

CUADRO IX

POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE PRUEBAS BACTERIOLOGICAS MENSUALES
2,500 o menos	1
10,000	7
25,000	25
100,000	100
1'000,000	300
2'000,000	390
3'000,000	450
5'000,000	500
10'000,000	550

TOMA DE MUESTRAS. Toma de muestras para análisis bacteriológicos. Si la muestra (fig 7), se toma de casas, - edificios e hidratantes públicos, primero debe flamearse la boca de la llave para matar los gérmenes que contenga. Déjese escurrir el agua libremente por algún tiempo y llénese el frasco sin pegarlo a la llave.



FIG.7 FLAMEO DE LA BOCA DE LA LLAVE.

Si la muestra (fig. 8) se toma de una corriente, debe sumergirse el frasco hasta una profundidad mínima de -- 15 cms. con la boca puesta en dirección contraria a la co--- rriente para evitar la entrada del agua que ha estado en con-- tacto con las manos.



FIG.8 FRASCO DE 100 cc. CON BOCA PARA TAPON ESMERILADO.

Una manera de tomar muestras para análisis químico.- Cuando el volúmen de agua es considerable, se tomará la muestra con el equipo que aparece en la (fig. 9). Se bajará -- el garrafón a una profundidad media, se tirará del cordel --

sujetado al tapón para quitarlos y se dejará que se llene, lo cual se sabe cuando no salen más burbujas de aire.

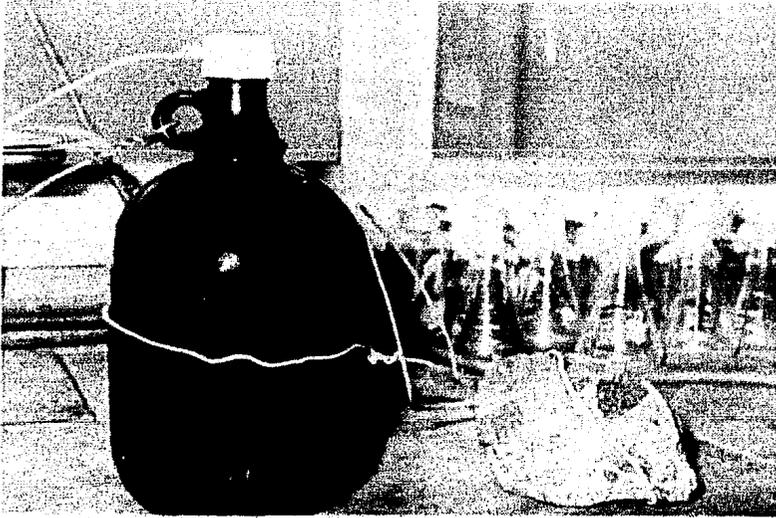


FIG.9 EQUIPO PARA TOMAR MUESTRAS PARA ANALISIS QUIMICO.

De acuerdo a lo anterior la Secretaría de Salubridad y Asistencia, ha fijado las cantidades máximas aceptables de las sustancias que pueden contener el agua para ser considerada potable y las siguientes características físicas-químicas y bacteriológicas.

CARCATERISTICAS QUIMICAS.

CUADRO X

CARACTERISTICAS QUIMICAS. REGLAMENTO FEDERAL DE INGENIERIA SANITARIA.

	<u>ml/l o p.p.m.</u>
Nitrógeno (N) amoniacal, hasta.....	0.50
Nitrógeno (N) de nitritos.....	0.05
(con análisis bacteriológico aceptable) hasta.	5.00
Oxígeno (O), consumido en medio ácido, hasta.	3.00
Oxígeno (O), consumido en medio alcalino, -- hasta.....	3.00
Sólidos totales, de preferencia, hasta 500,- pero tolerándose hasta.....	1,000.00
Alcalinidad total, expresado en Ca Co ₃ , hasta.	400.00
Dureza total, expresada en Ca CO ₃ , hasta.....	300.00
Dureza permanente o de no carbonatos, expresada en Ca CO ₃ en aguas naturales, de preferencia hasta.....	150.00
Cloruros expresados en Cl, hasta.....	250.00
Sulfatos, expresados en SO ₄ , hasta.....	250.00
Magnesio, expresado en Mg, hasta.....	125.00
Zinc, expresado en ZN, hasta.....	15.00
Cobre, expresado en Cu, hasta.....	3.00
Fluoruros, expresados en Fl, hasta.....	1.50
Hierro y Manganeso, expresados en Fe y Mn, -- hasta.....	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta.....	0.10
Arsénico, expresado en As, hasta.....	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta.....	0.05
Cromo hexavalente, expresado en Cr, hasta....	0.05
Compuestos Fenólicos, expresados en Fenol, -- hasta.....	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de..	0.20
Cloro libre, en aguas sobre cloradas, no menos de 0.20 ni más de.....	1.00

Las aguas tratadas químicamente para clasificación o ablandamiento satisfacerán los tres requisitos siguientes:

a).- La alcalinidad a la fenolftaleína calculada como CaCO_3 , será menor de 15 p.p.m., o 0.4 veces la alcalinidad total, con un pH, inferior de 10.6

b).- La alcalinidad de carbonatos normales será menor de 120 p.p.m., para lo cual la alcalinidad total, en función del pH, estará limitada según la escala siguiente:

CUADRO XI
ESCALA DE ALCALINIDAD

Valor del pH.	Alcalinidad total máxima, expresada en CaCO_3
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.4	170
10.5 a 10.6	160

c).- La alcalinidad total no excederá a la dureza total en más de 35 mg por litro, o partes por millón, ambas calculadas como CaCO_3 .

EN RESUMEN, EL CONTROL PERMANENTE DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EXIGE LAS SIGUIENTES MEDIDAS:

- 1.- Control epidemiológico o evidencia epidemiológica; que supone una información permanente de la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua.
- 2.- Control de la olla hidrográfica.
- 3.- Exámenes físicos, químicos y bacteriológicos del agua.
- 4.- Depuración o potabilización del agua, en plantas de tratamiento.
- 5.- Control de la desinfección final del agua.

CANTIDAD DE AGUA. Al hacer el estudio del abastecimiento de agua para una población o para un grupo más pequeño, por ejemplo, en una zona rural, se deben tener presentes al menos dos conceptos: suministrar agua en cantidad suficiente y de buena calidad.

Para determinar la cantidad de agua que necesita una población, debemos conocer previamente la demanda racional de agua por persona, que se expresa en litros por habitante y por día (l/hLd.), que se determina con los siguientes consumos: domésticos, público, industrial, pérdidas.

También es necesario tomar en cuenta el aumento de la población en un período dado, con el objeto de diseñar el abastecimiento con previsión.

A continuación se dan cantidades necesarias de agua para el consumo humano y para algunos animales.

CUADRO XII - a
CANTIDADES NECESARIAS DE AGUA

ZONA	MEDIOS DE DISTRIBUCION	CONSUMO DIARIO LITROS/PERSONA
RURAL	Bomba de mano	25
	Hidrante público	25
	Toma domiciliaria	100
URBANA	Toma domiciliaria	150 - 250

CUADRO XII - b
CANTIDADES NECESARIAS DE AGUA

CONSUMIDOR	CONSUMO DIARIO LITROS/ANIMAL
Caballo, burro, mula, buey	35
Vaca lechera (sólo bebida)	45
Vaca lechera (bebida y aseo del establo)	100
Cerdo (bebida y aseo de la porqueriza)	15
Oveja y chivo	8
Por 100 gallinas	15
Por 100 guajolotes	25

ABASTECIMIENTO RURAL DE AGUA POTABLE. Cuando no resulta económica la instalación de un sistema colectivo de suministro de agua potable a la población, o cuando se trata de comunidades de escasa densidad, los sistemas de abastecimiento deben ser particulares.

En este caso, las fuentes de agua más empleadas son las norias y manantiales. Las aguas superficiales de ríos, lagos, lagunas, etc., no son recomendables, a menos que sea prácticamente imposible obtenerla de otra fuente, ya que estas aguas casi siempre están contaminadas y sólo se pueden emplear para bebida cuando han sido bien tratadas, mediante filtración, ebullición y desinfección.

En ciertos sitios, donde no hay otra fuente posible, se usa el agua de lluvias; un inconveniente de esta agua, es que carece de sales porque no ha pasado a través de los suelos.

En las pequeñas comunidades deberán seguirse todos los pasos posibles, en la realización de los proyectos de abastecimiento de agua como son:

- 1.- Efectuar un reconocimiento de la zona. Tiene por objeto determinar la fuente de abastecimiento.
- 2.- Efectuar un estudio somero del sitio. Tiene por objeto obtener datos para proyectar la distribución del agua.
- 3.- Efectuar un estudio más completo de la fuente, con objeto, de analizar la calidad del agua.
- 4.- Dependiendo de la fuente, optar por la captación más conveniente y económica.
- 5.- Estudiar la forma de conducción. Se recomienda optar, de ser posible por el sistema de gravedad, en conducto cerrado.
- 6.- Estudiar la forma del almacenamiento. Generalmente se efectúa en un tanque, llamado "Tanque de almacenamiento".
- 7.- Para efectuar la distribución, se estudia la forma de llevar el agua a la mayoría de los sitios y de no ser posible, efectuarlo mediante hidrantes públicos.
- 8.- La dotación. Será de acuerdo a lo que debe surtirse, tomando como guía las cantidades dadas en el cuadro No. XII-a y b.

DEPURACION. El agua deberá presentar las condiciones necesarias de consumo; estas condiciones se pueden lograr de dos maneras: natural y/o artificialmente.

Los factores naturales que intervienen en la autodepuración son: dilución y volumen de agua; cantidad de oxígeno no disuelto, que contribuye a estabilizar la materia orgánica; sedimentación natural, por gravedad; acción bactericida de la luz solar (especialmente los rayos ultravioletas), de la temperatura y de la aeración, factores que destruyen las bacterias desde 20 hasta el 40% al día.

La depuración artificial del agua y su corrección para potabilizarla incluye diversas fases:

- a) Presedimentación.
- b) Aeración.
- c) Precloración.
- d) Coagulación.
- e) Sedimentación.
- f) Ablandamiento.
- g) Filtración.
- h) Cloración.
- i) Almacenamiento.
- j) Potocloración.

AERACION. La aeración es un proceso para mejorar la calidad del agua potable mediante el cual el agua se pone en contacto con el aire. Este se utiliza para conseguir:

- 1.- Eliminar o aminorar sabor y olor.
- 2.- Eliminar o aminorar gases, como anhídrido carbónico, metano o ácido sulfhídrico.
- 3.- Aumentar el pH. del agua mediante la eliminación del anhídrido carbónico.
- 4.- Agregar gases:
Oxígeno, al eliminar fierro soluble transformándolo en óxido férrico que se precipita y manganeso.
- 5.- Disipar el calor del agua de pozo profundo -- que brota a temperatura superior a la conveniente.

La rapidez de absorción de gases del agua depende sobre todo de la película del gas en la interfase agua-gas y parece razonable suponer que la mayor capacidad de liberar gases es también afectada por estas películas, especialmente por la de la fase líquida. El grosor de las películas varía según las condiciones; muy delgadas, recién formadas; después se hacen más gruesas.

Otros factores que influyen sobre la eficacia de la aeración son: el grado de agitación de agua y la agitación de las gotitas, ya que afecta el grosor de la película; la máxima agitación se logra creando una precipitación de gotitas.

Otros factores son: la solubilidad y la concentración de los gases; la presión de vapor del gas y la presión barométrica.

Los aeradores se clasifican en:

- 1.- De inyección: difusores, bombas de aire y aparatos mecánicos superficiales, que producen burbujas en el seno del agua.
- 2.- De gravedad: planos inclinados, cascadas, - trampas perforadas.
- 3.- Rociadores: haciéndola pasar por surtidores que la lanzan en chorros finos.

COAGULACION. Por coagulación se entiende la congregación de las partículas coloides, de modo que se hagan sedimentables fácilmente.

El fin de ésta es colocar las impurezas del agua en estado adecuado para que se sedimenten o sean eliminadas por los filtros rápidos de arena. En este proceso son eliminados los coloides, el material en suspensión y algunos sólidos disueltos.

Los métodos de coagulación se pueden resumir de la siguiente forma:

- 1.- Envejecimiento de la materia coloidal. (Este método es demasiado lento para las modernas plantas de tratamiento de agua).
- 2.- Por el calor.
- 3.- Añadiendo un coloide antagónico.
- 4.- Añadiendo un electrolito o coagulantes.
- 5.- Floculación (Agitación lenta).

De estos métodos, en la actualidad, se usan únicamente los tres últimos.

Al añadir ciertos electrolitos (llamados coagulantes), se forman coágulos gelatinosos que se congregan y absorben partículas coloides, y como el peso del coágulo aumenta gradualmente, se produce la sedimentación.

En la práctica, para el tratamiento de agua, el coagulante que se usa es el sulfato de aluminio; aunque existen otros, como el cloruro férrico, el sulfato férrico, el sulfato y el aluminio de sodio.

Los flóculos coagulados se forman entre 30 minutos y una hora. Se estima que la coagulación reduce la turbiedad de 70 a 90%.

Una buena coagulación exige:

- a) Cantidad adecuada del coagulante.
- b) Valor óptimo de pH.
- c) Mezcla eficaz del coagulante con el agua. Después de una mezcla rápida, viene otra lenta (a veces llamada "floculación"), que estimula la formación de masas coaguladas, la absorción de coloides y de partículas suspendidas.

La coagulación se realiza en estanques provistos de deflectores o agitación mecánica, para mezclar el coagulante con el agua de manera uniforme.

El período de retención varía según el tipo y forma del tanque.

SEDIMENTACION. Consiste en el asentamiento, por gravedad, de las partículas sólidas contenidas en el agua. -- Puede ser simple o secundaria:

- 1.- La simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados, sin necesidad de tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor. El reposo prolongado natural, también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares, que mejoran el sabor y el olor, oxidan el fierro y eliminan otras substancias.
- 2.- La sedimentación secundaria se emplea para eliminar las partículas que aún con reposo prolongado no se depositan y que son la causa principal de la turbiedad. En este caso se emplean métodos de coagulación bajo supervisión especializada.

ABLANDAMIENTO. Se llama "agua dura" a la que exige un alto consumo de jabón o con la que para producirse espuma, se debe usar excesiva cantidad de jabón.

La dureza se produce por la presencia de iones metálicos, que forman jabones metálicos insolubles; los principales iones que dan dureza al agua son los de Calcio y los del Magnesio; pero hay otros como los de Hierro, Manganeso, Cobre, Bario, Cinc y Plomo. Aunque en grado menor, los efectos perjudiciales del agua son varios, los principales pueden describirse así:

- 1.- Aumenta el consumo de jabón.
- 2.- Ensucia la piel, mancha y acorta la vida de los tejidos, endurece y mancha los vegetales.
- 3.- Plantea problemas en la manufactura de tejidos, papel conservas y otros procesos industriales.
- 4.- Forman incrustaciones en las calderas, de lo que resulta gran pérdida de rendimiento y el peligro de insuficiencia de las calderas.

El grado de dureza se expresa en miligramos por litro de carbonato cálcico, aunque sea causada por otras materias.

Se llama ablandamiento del agua al proceso de eliminar totalmente o en parte los iones que ocasionan su dureza. Normalmente se usan dos métodos:

- a).- Proceso con cal y sosa: en el cual son precipitados los iones de Calcio y Magnesio - en forma de carbonato cálcico e hidróxido de magnesio, respectivamente para después eliminarlos por sedimentación y filtración.

- b).- El proceso con zeolitas o sustancias de - intercambio de iones, con las cuales el -- Calcio y el Magnesio son substituidos por el ion sódico de la zeolita; las zeolitas son compuestos artificiales, con la propiedad de intercambiar iones al pasar soluciones por ellos; en el proceso de ablandar - el agua, los iones de Calcio y Magnesio se eliminan al cambiarlos por iones de sodio, los cuales causan dureza. Al agotarse los iones de sodio, la zeolita se "regenera" - haciendo pasar por ella una solución con-- centrada de cloruro sódico, o sea, el pro-- ceso se invierte; se liberan los iones de Calcio y el Magnesio y toma los del Sodio.

FILTRACION. Consiste en hacer pasar el agua a - través de lechos especiales, compuestos principalmente de - arena. Se tiene tres tipos: lentos, rápidos y a presión.

a).- Filtros lentos. Se presenta bien al tratamiento de aguas ligeramente turbias, sin necesidad de un proceso preliminar de coagulación y de sedimentación. No aclara el agua por completo cuando ésta tiene turbiedad mayor de 50 p.p.m.

Los filtros están formados por una capa de arena de 60 a 150 cms., de profundidad, con un lecho de grava. El agua pasa de la superficie al fondo, donde es recogida por drenes que la llevan por gravedad a los tanques de almacenamiento. Estos filtros tratan de 2 a 4 m³. de agua por día y por m². de área.

Las materias en suspensión son retenidas especialmente en la superficie del filtro formando una delgada capa superficial, por lo cual su limpieza consiste en cambiar unos cuando centímetros superficiales de la capa de arena.

También elimina impurezas por medio de lo que pudiéramos llamar proceso de sedimentación, que ocurre en los diminutos espacios que quedan entre los granos de arena, a medida que el agua escurre con gran lentitud a través de la capa arenosa; la materia capturada de esta manera forma una película en la superficie de los granos de arena.

Además del proceso físico de sedimentación y filtración hay otros factores que influyen en el proceso de purificación; ésto se demuestra por el hecho de que los filtros que han estado en uso durante un período considerable, dan resultados mucho mejores que los filtros nuevos, y es por la película formada en los granos de arena formada por microorganismos que ayudan a este proceso.

Esta filtración retiene la mayoría de las impurezas que quedaron en el agua después de los procesos anteriores y produce una reducción hasta del 95% de las bacterias.

Estos filtros se usan cada vez menos, por razones económicas, derivadas de la lentitud del proceso y del tamaño de los filtros, que exigen grandes superficies de terreno para su instalación.

- b).- Filtros rápidos. El uso de estos filtros exige sedimentación y coagulación previa. Están compuestos por los mismos materiales que el filtro lento; pero su rendimiento es 40 veces mayor que el de los filtros lentos, aproximadamente 83 lts. por m^2 . por minuto.

El agua que se filtra a esta velocidad, en comparación con la poca rapidez de los fil-

tros lentos, necesita clasificarse antes de la filtración y tratarla con coagulantes para acelerar la sedimentación.

Los actuales filtros rápidos de arena se componen de: el estanque de filtración, sistema de entrada y distribución, sistema inferior, medio filtrante (generalmente arena sobre -- una capa de grava o antracita, en particular de tamaño graduado), reguladores del gasto, - medidores de pérdida de carga y cuadros de - operación.

El agua coagulada, con turbiedad de unas 10 p.p.m., al abandonar los tanques de sedimentación, avanza por tuberías o canales hasta la filtración. El agua coagulada es distri-- buida uniformemente sobre el lecho del fil--- tro, formado por una capa de arena de 50 a - 75 cm. de espesor con agregado arenoso cuyo tamaño puede variar de 0.35 a 0.60 mm. y coe ficiente de uniformidad de 1.4 a 1.8; el me-- dio filtrante puede ser también antracita, - disponible comercialmente al tamaño y unifor midad deseados.

El tamaño efectivo de la arena es aquel en - que el 90% en peso es menor. El coeficiente de uniformidad es la proporción en que el -- 60% es menor que el tamaño efectivo.

Si se usa un filtro de arena, se complementará con una capa de grava de 40 a 60 cm., con partículas de 3 mm. a 6 cm. de diámetro, dispuesta en general en tres a cinco capas, cada una con fragmentos del doble del tamaño de la superior.

Después de pasar a través del medio filtrante, el líquido penetra en el sistema de desagüe.

Estos sistemas se construyen según distintos diseños, como se comprende todos ellos con colectores del agua filtrada y distribuidores de la de lavado; un sistema empleado con frecuencia consta de un distribuidor central, con tubos laterales perforados o placas perforadas o con tamiz de cobre.

La persistencia de la filtración hace que las materias floculantes en suspensión (limo, arcilla, algas, bacterias y otras impurezas), vayan azolvando el filtro. Cuando la pérdida de carga llega a unos 250 cm. se deben limpiar. Para esta operación se comienza por cerrar la válvula de entrada y se deja que el nivel en el filtro descienda hasta el superior del líquido en los depósitos de agua limpia. Después se cierra la válvula de

salida y se abre la de purga; entonces la válvula de agua de lavado se abre poco a poco -- hasta quedar completamente abierta o que llegue al punto en que la arena del filtro se ha ya dilatado en un 40 a 50% por la aportación de 60 a 80 lts. de agua tratada por 10dm^2 . de superficie filtrante por minuto, procedente -- de las bombas o de los depósitos de agua limpiea. Después de lavar el filtro durante el -- tiempo suficiente para limpiar la arena se -- cierra la válvula del agua de lavado; después de desalojar el agua sucia del filtro, del depósito de agua clara y caladero, se abren las válvulas de entrada y salida para poner de -- nuevo en servicio la unidad. Esta limpieza se debe hacer cada 24 a 72 horas de operación.

En la actualidad se están construyendo fil---tros cuya velocidad de filtración sea aproximamadamente el doble, utilizando arenas de 0.50 mm. de tamaño efectivo o mayores con el fin -- de que sea más satisfactorio y económico.

Para obtener la máxima eficiencia en estos -- filtros se debe comprobar regularmente el estadado de los lechos de filtración, cuyo funcionamiento puede ser afectado por arcilla, grietas, algas, corrientes de curso insólito, etc.

A intervalos periódicos se efectuarán recuentos bacterianos con muestras de agua, tomadas antes y después de la filtración de cada unidad, para cerciorarse del estado de limpieza del medio filtrante.

c).- Filtros a presión. Se usan en pequeñas plantas de tratamiento.

Se necesita coagulación previa del agua; se usan los mismos materiales que los filtros anteriores, colocados en estanques herméticos de acero por los cuales se hace pasar el agua a presión.

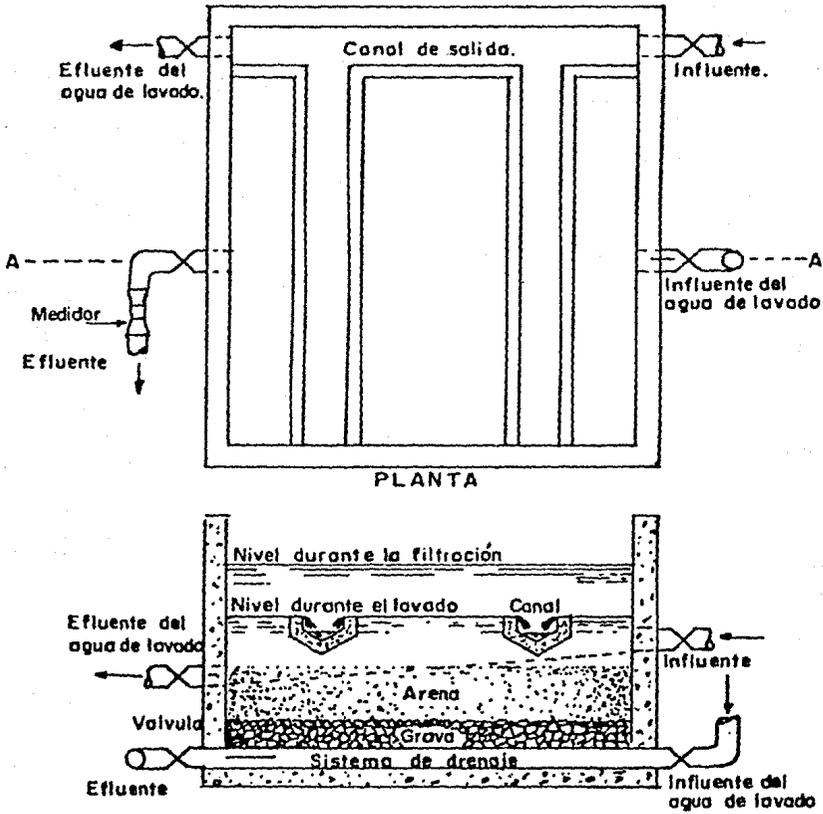


FIG. 10 FILTRO RAPIDO DE ARENA.

CLORACION. Es la fase final del tratamiento del agua potable y constituye una medida de seguridad. Se usan varios desinfectantes como: el Cloro líquido o en forma de gas, Hipocloritos, Yodo, Cloramina, etc.; de éstos, el más usado es el Cloro, en forma de gas o en forma de Hipoclorito de sodio (ClONa) o cálcico ($\text{ClO}_2 \text{Ca}$) al 35% de Cloro libre; ambos tienen la ventaja de no ser tóxicos a las concentraciones que se usan, destruyen la mayoría de las bacterias patógenas, son baratos y de fácil dispersión; el único inconveniente es el sabor poco agradable que dan al agua, cuando se proporcionan en cantidades excesivas.

El Cloro en gas se vende en cilindros de fierro y se aplica al agua por medio de aparatos llamados cloradores, que regulan la dosis automáticamente de acuerdo con las variaciones del volúmen de agua.

La cantidad de cloro que se debe agregar al agua depende fundamentalmente del contenido de sustancias orgánicas, ya que éstos absorben Cloro (demanda de Cloro) y es el Cloro que queda libre el que actúa como desinfectante. También influyen, en la cantidad de Cloro que se debe agregar: - la temperatura del agua, el período de contacto para la desinfección y el pH. del agua. El Cloro libre o Cloro residual debe existir constantemente en la red de distribución, del agua, en cantidades variables, entre 0.05 y 0.5 p.p.m., este Cloro residual sirve para apreciar la eficacia de la desinfección; es claro que el exceso de Cloro es menor en los extremos de la red de distribución y mayor cerca de los sitios donde se inyecta.

Las muestras de agua deben, pues, indicar en forma precisa el sitio de toma de la muestra, la determinación del Cloro residual se hace por medio de la ortotolidina que, agregada al agua, le da un color que puede variar desde amarillo limón pálido hasta anaranjado, de acuerdo con la cantidad de Cloro residual que haya; el color obtenido se compara con colores estándar graduados en p.p.m. de Cloro.

La existencia de Cloro residual en cantidad útil en la red de distribución permite prevenir contaminaciones -- que pueden producirse en la red misma, debido a interconexiones; dichas conexiones constituyen contactos de agua pura con agua contaminada y pueden deberse a cualquiera de las causas indicadas a continuación.

- a).- El agua pura de una fuente puede tener contacto con agua de otra fuente contaminada a través de las tuberías de alimentación, como sucede en algunas industrias o establecimientos que tienen su propia fuente de abastecimiento, pero que como medida de seguridad, -- también están conectadas a la red de servicio público. Lo que es un caso de interconexión entre dos fuentes de abastecimiento y si la presión en el servicio público es más bajo que en el servicio particular, el agua de éste entrará al primero.

b).- En ciertos casos la interconexión se produce entre la red de agua potable y la red de alcantarillado. El peligro de la contaminación está en las variaciones de presión que puede experimentar la red de agua potable; hay casos en que la presión dentro de las tuberías se hace negativa y se produce la aspiración de los líquidos del alcantarillado, si hay conexión. Cuando queda afectada toda la red, la situación es muy peligrosa para la población; en otros casos se trata de interconexiones localizadas.

Prueba de la Ortotolidina: En esta sencilla reacción colorimétrica se emplea un reactivo que consiste en solución de Ortotolidina: se agregan diez gotas de dicha solución en 25 litros de agua; la aparición de un color amarillo denota que se aplicó cloro suficiente para un exceso y que hay color residual a la proporción de 0.2 a 0.3 p.p.m., si el color es anaranjado oscuro quiere decir que la cantidad de cloro es excesiva. Un color azul, revela alcalinidad excesiva, por lo que la muestra deberá acidificarse antes del reactivo; pero como la ortotolidina es ácida, en vez de acidificar, se añaden unas gotas más a la solución con el fin de neutralizar. Existen comercialmente comparadores de cloro, con recipientes y goteros además de discos de colores, con lo que es posible la determinación cuantitativa del cloro residual.

TRATAMIENTO DOMESTICOS CON CLORO Y YODO.

A.- Tratamiento doméstico con hipoclorito.

Equipo necesario:

- 1.- Garrafón de 20 l, con tapón de corcho.
- 2.- Botella cervecera media, color ámbar, con tapón de hule.
- 3.- Frasco chico, de boca ancha y con tapón de hule, rotulado: polvo desinfectante.
- 4.- Cuchara sopera y cucharita cafetera.

El polvo desinfectante puede comprarse en las farmacias y tlapalerías; se llama hipoclorito de calcio, cal clorada o polvo blanqueador; se vende a diferentes concentraciones de cloro que varía del 25 al 70%.

A continuación se da una tabla para saber las cantidades que deben emplearse para preparar la solución desinfectante:

% de Cloro del hipoclorito de calcio.	25	30	35	40	70
No. de cucharaditas rasas que deben ponerse en la botella cervecera.	3	2 1/2	2	1 1/2	1

Procedimiento: Después de lavar bien el equipo - se hace lo siguiente:

Se toma el polvo desinfectante (en este caso tenemos hipoclorito al 70% del cloro) con la cucharita, se enrasa y se vierte en la botella cervecera que se llena con el agua por tratar; se agita durante 3 minutos y se deja reposar una hora. En seguida se vierte un poco en la cuchara sopera para vaciarla al garrafón, el cual se llena con el agua por tratarse, que pasada una hora ya puede usarse para consumo.

NOTA: La solución pierde su fuerza después de cuatro días y la que no se haya usado tendrá que desecharse.

B.- Tratamiento doméstico para desinfectar el agua con Yodo. Comprar en la farmacia, tanto la solución de yodo al 8% recién preparada, como el neutralizador (que es una solución de hiposulfato de sodio al 15%); la solución neutralizante sirve para eliminar el exceso de yodo después de que ha estado en contacto con el agua cuando menos media hora.

Si después de poner la cantidad de solución de Yodo recomendada, el agua no adquiere un ligero color amarillento, significa que está altamente contaminada y es necesario agregar más solución de yodo hasta que aparezca el color amarillo pálido; en este momento se considera que toda la materia orgánica del agua ha sido oxidada por el yodo, quedando un exceso sin reaccionar, que es lo que da el color ambarino y asegura la desinfección. Después agréguese poco a poco las

gotas de neutralizador agitando el agua constantemente hasta que desaparezca el color amarillo, con lo cual está en condiciones de usarse.

Equipo necesario:

- 1.- Garrafón de 20 lts. con tapón de corcho.
- 2.- Dos frascos gotero color ambar, rotúlense: tintura de yodo y neutralizador.

Procedimiento: Después de lavar muy bien el equipo, se hace lo siguiente:

Se ponen 20 gotas de tintura de yodo en el garrafón, se llena el garrafón con agua de consumo y se deja reposar una hora, después se agregan 20 gotas de líquido neutralizador, se agita y se deja reposar una hora, ya puede usarse - para consumo.

C.- Tratamiento doméstico para desinfectar el -- agua con permanganato. Este método es el menos recomendable.

Cómprese en la farmacia una solución de permanganato de potasio al 1%. El agua tratada en el garrafón debe adquirir un ligero color rosa. De no ser así, aumentese la cantidad de permanganato. Como en el caso anterior, el color rosa indica que la materia orgánica ha sido oxidada, persistiendo un pequeño exceso de desinfectante necesario para asegurar la purificación del agua. Unas gotas de limón neutralizan el exceso de permanganato, después que éste haya permanecido en

el agua más de media hora; con lo cual queda lista para usarse. Con el tiempo se deposita un precipitado de color café - sobre las paredes del garrafón muy difícil de quitar.

Equipo necesario:

- 1.- Garrafón de 20 lts. con tapón de corcho.
- 2.- Botella cervecera media, color ámbar, rotúlese: solución de permanganato de potasio al 1 %.
- 3.- Cuchara sopera.
- 4.- Limón.

Procedimiento: Después de lavar muy bien el equipo, haga lo siguiente: Llenar la cuchara con solución de permanganato y vaciar en el garrafón, llenar el garrafón con agua de consumo y dejar reposar media hora, hechar getas de limón agitando el garrafón, hasta que el color desaparezca, queda lista para consumo.

PLANTA RURAL DE TRATAMIENTO. En es tipo de instalación se aprovecha el agua de escurrimiento en una cuenca, almacenándola en una laguna o Jagüey.

El técnico encargado de la obra, decidirá de acuerdo con los análisis de laboratorio, la dosificación de alumbre, (sulfato de aluminio y cloro). Determinará también la capacidad del tanque en que se combinan procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

Del depósito o cárcamo de bombeo, se manda el agua ya tratada, al tanque de regularización, de donde se distribuye por gravedad a la población.

TANQUE DE COAGULACION, SEDIMENTACION Y FILTRACION. Cuando el filtro baje en rendimiento, se quitará y se desechará una capa de arena, de 3 cms. y así sucesivamente hasta llegar a la mitad de la profundidad indicada. Cuando esto suceda, se desechará todo el material, y se volverá a llenar con arena nueva y limpia.

Las dimensiones son variables de acuerdo con las necesidades particulares del agua para tratar. Se puede considerar para el tanque de sedimentación, una superficie de 0.1 m^2 . por cada 20 lts, de agua tratada por hora y para el filtro, 0.2 m^2 . por cada 15 lts. de agua filtrada.

La solución de sulfato de aluminio (alumbre) se hace disolviendo 1 Kg. de éste por cada 40 lts. de agua, y la dosificación será variable dependiendo de las características físicas y químicas. La inyección de la solución en la tubería de entrada del agua cruda se hace con el succionador.

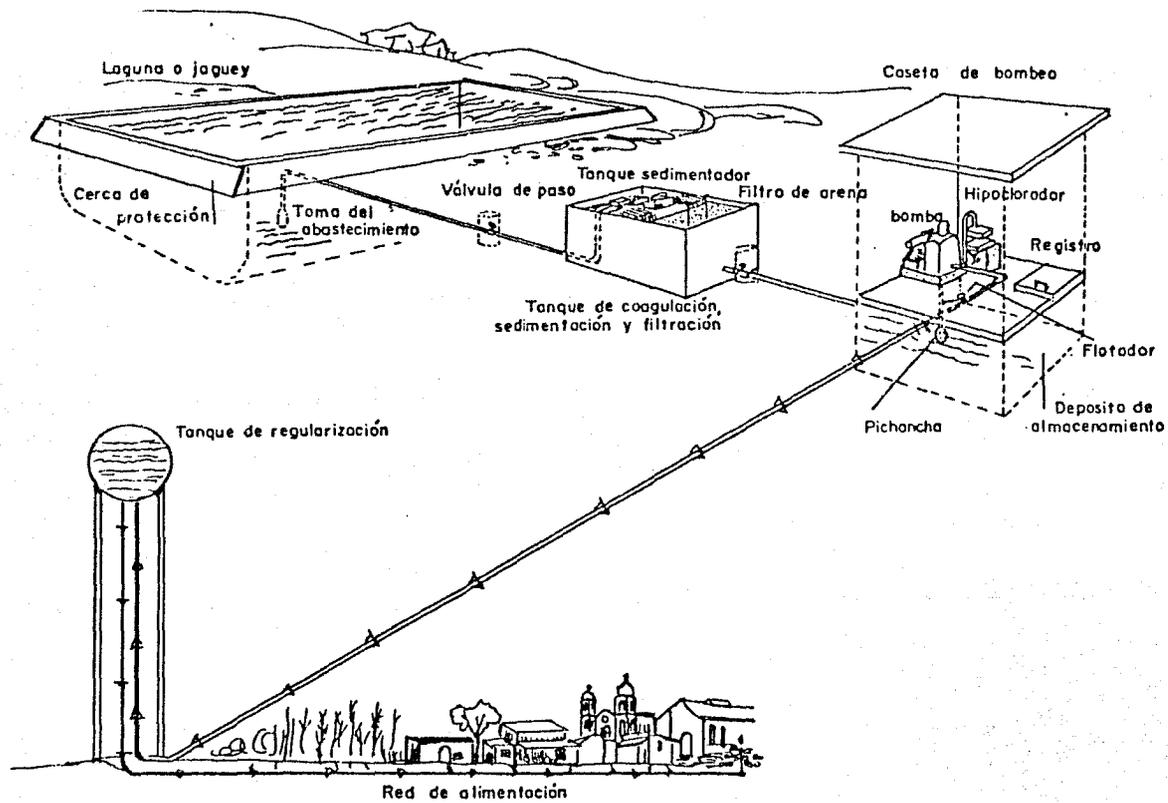


FIG.II PLANTA RURAL DE TRATAMIENTO.

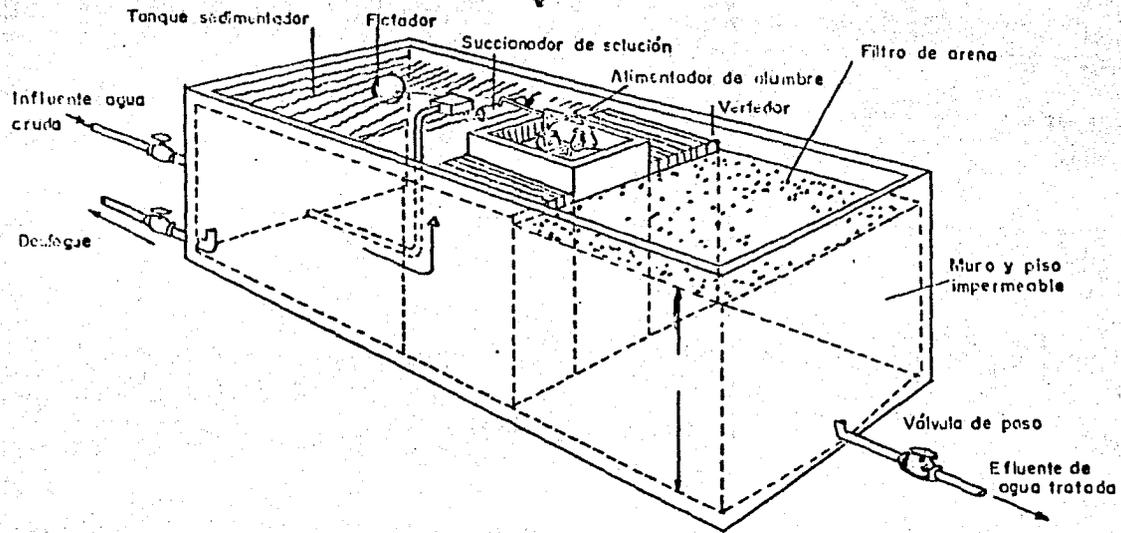


FIG.12 TANQUE DE COAGULACION, SEDIMENTACION Y FILTRACION.

APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA. El aprovechamiento de las fuentes de agua subterráneas, como pozos, manantiales y galerías de infiltración exige adecuada protección del agua contra la contaminación. Si el pozo no estuviese protegido contra la contaminación bacteriana habría que considerarlo como "fuente superficial de aprovisionamiento no protegida" y aplicar el tratamiento necesario en relación con la densidad de colibacilos encontrado y la frecuencia con que se descubriesen colibacilos en análisis bacteriológicos practicados a intervalos regulares. En la práctica, las fuentes que se usan para proveer de agua al público, se emplazan con referencia a actuales y potenciales focos de contaminación, para reducir el peligro al mínimo.

Los pozos se construyen de manera que se obtenga la mayor protección, con objeto de conservar la calidad bacteriológica y química del agua.

En cuanto al emplazamiento, los principales requisitos son: que el número de personas que residan en un radio de 100 m. alrededor del pozo sea mínimo; que los residentes en esta zona estén provistos de servicios de alcantarillado sanitario; que no existan albañales de concreto o de barro vidriado en un radio de 20 m. alrededor del pozo; que en un radio de 45 m. alrededor del pozo no existan retretes fuera de la vivienda, sumideros, tanques sépticos o campos de oxidación.

El drenaje de la región debe hacerse en forma tal, que las aguas de vertiente se desvien del pozo y no inunden - con agua negra, zonas a menos de 100 m. del pozo.

Todos los pozos de agua abandonados, situados cer - ca del sitio elegido para el nuevo pozo, deben ser cegados y adecuadamente cubiertos, para evitar la posible contaminación de las aguas subterráneas.

Con objeto de conservar la calidad original del - agua subterránea en que se haya perforado un pozo, éste debe estar recubierto de acero de alta calidad o de tubo de hierro forjado, con uniones soldadas y atornilladas. El tubo ó reves tido debe extenderse desde un punto situado a 50 m. por enci - ma de la elevación del suelo de la casa de bombeo hasta la - capa superior de la superficial formación acuífera que haya - de aprovecharse.

Una vez que el recubrimiento o el tubo hayan sido suspendidos en el conducto perforado, el espacio entre la cu - bierta y el conducto perforado debe llenarse con mortero de - cemento, usándose la cantidad suficiente de mortero a presión de manera que pueda forrarse alrededor del espacio anular en - tre el tubo y el conducto perforado y que aparezca en la su - perficie del terreno. Una vez terminadas las operaciones de - colado y transcurridas por lo menos 24 horas, para que este - frague, el tapón en el fondo del tubo se destruye por barrena miento.

Si se construye un pozo de pared de grava, ésta debe ser de material selecto; se lavará cuidadosamente y se desinfectará con hipoclorito cálcico de alto poder, añadiendo de 250 a 500 gr. del compuesto de Cloro por metro cúbico de grava, a medida que ésta se aplica el espacio anular entre el orificio perforado en la tierra y el tubo de recubrimiento, ya situado en el pozo antes de depositar la grava. Una vez que el pozo haya sido completamente terminado y eliminados todos los desperfectos de perforación y otros materiales indeseables, volverá a desinfectarse con solución clorada que contenga de 40 a 50 p.p.m. de cloro residual. Se realizarán las pruebas de producción y se tomarán muestras para análisis químico y bacteriológico. Después de haber instalado el equipo permanente de bombeo o en el momento mismo de instalarlo toda la unidad completa del pozo se desinfectará de nuevo y la base del motor de la bomba será colada a la cubierta, para cerciorarse de que no ocurra contaminación intermitente. Para análisis bacteriológicos, se recogerán muestras de un grifo de muestreo, del tipo sin rondana, situado en el tubo de salida de la bomba; se tomarán muestras durante cinco días consecutivos, para determinar si la calidad bacteriológica de la muestra se conforma a los patrones para el agua potable o si es necesario una instalación para tratamiento de agua.

Para el aprovechamiento de manantiales y galerías filtrantes hay que valorar los posibles peligros de contaminación y se dispondrán los medios de tratamiento necesarios para asegurar una entrega continua de agua de buena calidad.

SANEAMIENTO EN INSTALACIONES PARTICULARES. La mayor parte del agua que se utiliza en granjas, ranchos y residencias en zonas rurales, procede de pozos, manantiales o -cisternas; sin embargo, en algunas regiones no se dispone de agua o aquella de que puede disponerse es de mala calidad y se hace necesario conseguir provisión de agua superficial. - El agua de los sistemas de aprovisionamiento particular no -suele estar protegido contra la contaminación y hay que adoptar medidas para el saneamiento y aprovechar estas pequeñas instalaciones. Desde el punto de vista teórico, tales siste-mas deben desarrollarse en forma análoga a la proyectada pa-ra los sistemas de agua de aprovisionamiento público. En ra-zón de los aspectos económicos, las instalaciones necesarias para conseguir máxima protección y agua de buena calidad po-drían no ser practicadas. Los perforadores de pozos, los ven-dedores de equipo para estaciones locales, estatales y fede-rales interesadas en el desarrollo de estas fuentes, deben -realizar el máximo esfuerzo para instruir al usuario al res-pecto a las características del desarrollo de las fuentes, -de manejo y las medidas de mantenimiento necesarios, para a-segurar la adecuada protección o tratamiento del agua, de manera que ésta sea utilizable para usos domésticos y para be-ber.

Hay que conocer y tener la significación de los resultados de los análisis bacteriológicos y las posibles -causas de contaminación.

Los sistemas de aprovisionamiento y distribución de aguas se desinfectarán con Cloro después de construidos, rehabilitados o reparados. Un amplio programa de campañas sanitarias lograrían muchas mejoras.

MANANTIALES. Contra lo que suele creerse, el agua de manantial no siempre es de buena calidad bacteriológica. En muchos casos de manantiales (fig. 13), no son más que pozos muy superficiales, cuya agua procede de un estrato -- acuífero compuesto de piedra caliza agrietada, arena o grava, situado a escasa profundidad. Como no siempre es posible determinar la profundidad del estrato en que se encuentran -- las aguas, ni si el agua está protegida de la contaminación superficial por la presencia de formaciones impermeables del terreno, hay que tomar precauciones muy rigurosas antes de -- aprovechar el agua para usos domésticos y beber. Los manantiales que se enturbian después de las lluvias posiblemente estarán contaminados.

Cuando el agua del manantial haya de ser utilizada para beber y usos caseros, el manantial será protegido de las aguas de superficie o de escurrimiento, polvo, insectos, animales silvestres, etc. La grieta por la que brota el agua debe ser completamente protegida con concreto, barro co cido, acero u otro material impermeable. Las paredes de este protector deben tener profundidad suficiente para penetrar -- en la formación impermeable, por debajo del estrato produc-- tor de agua; la cubierta debe impedir el acceso de insectos, polvo y agua de lluvia; se dispondrá un registro de tipo ele vado y base rebordeada, con cubierta de acero y en declive; se dispondrán medios para la inspección.

Para evitar la contaminación del manantial al su mergir recipientes para extraer agua, se instalará un tubo -- de descarga, para que el agua salga por gravedad.

Cuando el agua hubiere de ser bombeada desde el manantial y llevada al lugar de uso, será preferible dejar que fluya hasta un pozo de agua limpia, donde se instala, en lugar de hacer la instalación de ésta en la caja del manantial.

El agua del manantial no debe usarse para beber o usos domésticos hasta disponer de resultados del análisis bacteriológico que demuestran que no existe contaminación intermitente y que el agua es inocua en todo tiempo. Una vez que se haya dispuesto para su uso un nuevo manantial o un manantial rehabilitado, toda la cubierta será desinfectada con solución de cloro, y se lavará con la solución clorada toda la instalación antes de remitir muestras al laboratorio para su análisis.

Si el resultado del análisis bacteriológico fuese desfavorable, habría que traer el agua, por ejemplo: filtrarla por arena y grava y establecer un sistema de desinfección continua. Siempre que el agua del manantial sea demasiado dura y contenga hierro en cantidad excesiva o presente alguna otra característica objetable, se pondrá en práctica el tratamiento especial adecuado para eliminar o reducir los contaminantes minerales.

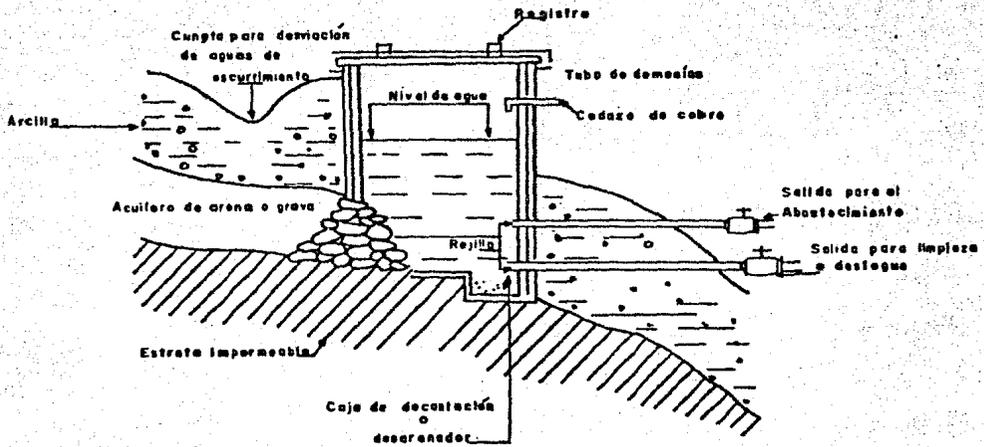


FIG.13-A MANANTIAL PROTEGIDO (D.S.Tex. U.S.A)

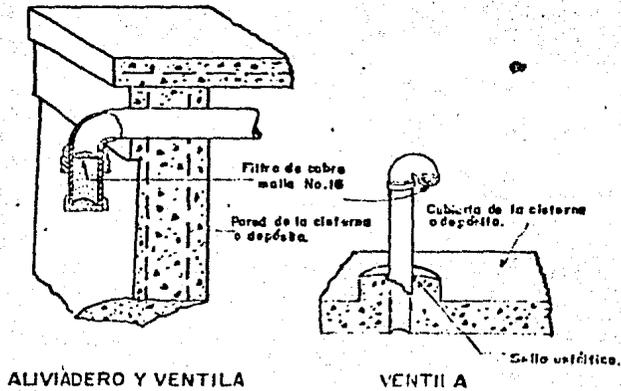


FIG.13-B PROTECCIONES PARA VENTILADORES Y ALIVIADEROS DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA.

CISTERNAS. En ciertos casos, no se dispone de -- provisión de agua subterránea o la cantidad es insuficiente para satisfacer las demandas domésticas, y, por otra parte, el desarrollo de un sistema de agua superficial podría ser imposible por el gran costo de las instalaciones. En tales casos, podría ser necesario recurrir al agua de lluvia e ins talar cisternas (fig. 14) para aprovisionamiento doméstico. Pero las cisternas están expuestas a contaminación si no se corrigen los siguientes defectos:

- 1.- Posibilidad de que penetren contaminantes, - como: polvo, excrementos de pájaros, bichos y otras superficies de captación y tierra de la que se acumula en las canaletas.
- 2.- Cisternas y depósitos sin cubrir, registros cuya cubierta no ajuste bien o respiraderos sin proteger.
- 3.- Ausencia de medios para impedir que llegue - a la cisterna la primera porción del agua de cada lluvia, hasta que el tejado u otras superficies de recolección hayan sido lavados por completo.
- 4.- Carecer de un filtro de muy buena calidad, - formado por arena limpia o bien seleccionada y carbón completamente quemado.

- 5.- Una inadecuada instalación para extraer el agua de la cisterna; por ejemplo: una cuerda y un cubo, bombas que requieren cebado o equipo de bombeo que permite escurrimientos de agua que vuelven a la cisterna.
- 6.- Grietas en las paredes y suelo de la cisterna que permitan la penetración de aguas superficiales.
- 7.- Existencia de sumideros, tanques sépticos, campos de oxidación, letrinas u otros focos de contaminación cerca de las cisternas, con el consiguiente peligro de contaminar su contenido.

Aunque se adopten todas las precauciones para corregir los mencionados defectos, el agua de la cisterna debe examinarse a menudo, mediante análisis bacteriológicos, para cerciorarse de su inocuidad. Si el agua se ha contaminado, la que se use para beber debe tratarse:

- 1.- Hirviéndola durante 20 minutos, para esterilizarla, o llevándola al punto de ebullición, para matar todos los patógenos que pudieran existir.
- 2.- Añadiendo tres gotas de tintura de yodo por cada litro de agua, que se dejará reposar durante 30 minutos después de la mezcla.

3.- Añadiendo una cucharada de solución de cloro al uno por ciento por cada 8 litros de agua, que se dejará reposar 20 minutos después de mezclar cuidadosamente. La solución de cloro al uno por ciento se prepara mezclando una cucharada de cal clorada con un litro de -- agua.

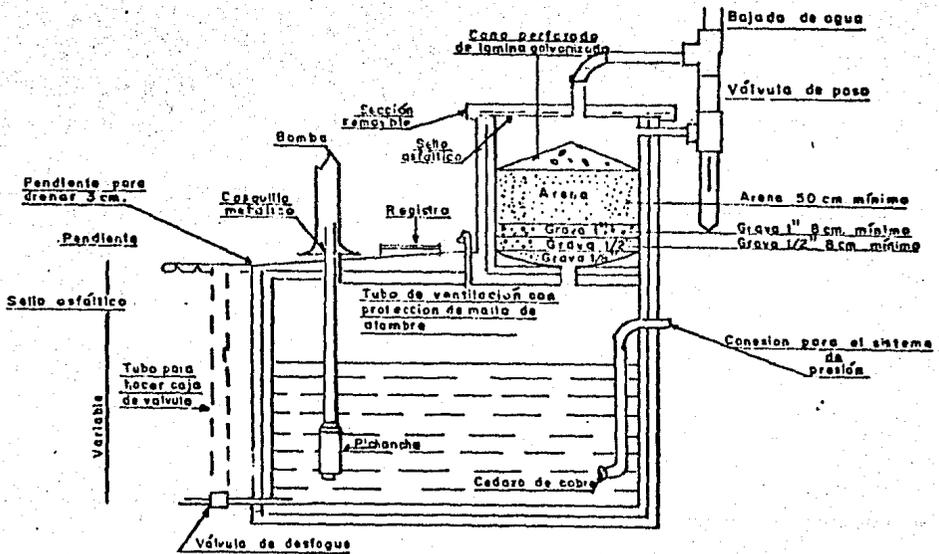


FIG.14 CISTERNA CON FILTRO DE ARENA.

POZOS. El sistema más usado en los campos es la noria o pozo, que consiste en una excavación circular que -- llega en profundidad hasta el curso subterráneo de agua, profundidad que varía con la composición del subsuelo, en general, y del nivel de las aguas freáticas en particular.

El agua que proporcionan las norias puede ser potable si en la construcción de ellas se presentan ciertas -- circunstancias, como son:

En primer lugar, la conformación de los estratos terrestres, que a menudo se encuentran alternados en capas -- permeables e impermeables cuya profundidad varía de una zona a otra zona: y sus contenidos químicos. Entre los estratos impermeables se encuentran corrientes subterráneas, que son las que surten de agua a las norias. Si una corriente es muy superficial, su agua está menos "purificada" porque la fil--tración ha sido menor: mientras más profunda es la corriente mayor será la pureza del agua (figs. 15 y 16).

El agua de la primera corriente no debe conside--rarse estrictamente subterránea, ya que sufre las influen--cias del medio externo: el agua subterránea propiamente es -- aquella que está colocada entre dos estratos impermeables.

Para llegar a la segunda corriente es necesario atravesar la capa impermeable, y las contaminaciones que ---

pueden provenir de diferentes partes: caída de agua de la primera corriente a la segunda; escurrimiento de agua de lluvia hacia el interior del pozo; infiltración de aguas superficiales a través de las paredes del pozo; existencia de pozos negros en las inmediaciones del pozo y la forma de extraer el agua.

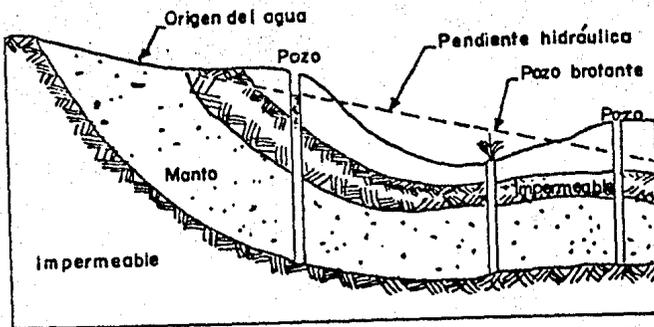


FIG.15 POZOS ARTESIANOS BROTANTES Y NO BROTANTES.

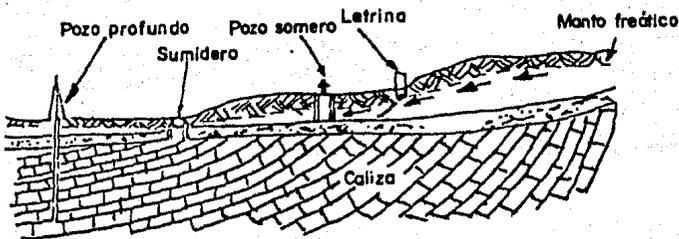


FIG.16 Las grietas en la piedra caliza son motivo de contaminación de los pozos.

POZOS PERFORADOS. Son aquellos que están cons---
truidos con máquinas fabricadas especialmente para esa fina-
lidad. Estas máquinas pueden ser de percusión, de rotación o
combinadas. La máquina de percusión, es la más sencilla y de
mayor uso, asciende alternativamente, en el interior del pozo.
Los diámetros más comunes para este tipo de pozos son de 15
a 40 cms.

Para evitar los derrumbes, se procede a entubar
o ademar el pozo, con lo que también se impide la entrada de
aguas contaminadas. A la profundidad del acuífero que se va
a utilizar, el tubo de ademe estará ranurado para permitir -
la entrada del agua.

Siempre el diámetro de la perforación es mayor -
que el diámetro del tubo de ademe, por lo que, el espacio -
que queda libre debe rellenarse con grava. Este relleno for-
mará un filtro hasta el nivel superior del acuífero utiliza-
ble.

El pozo se protegerá sanitariamente, rellenando
con concreto la parte libre de la perforación, desde donde -
termine el relleno de grava, hasta enrasar con el piso. ----
(fig. 17)

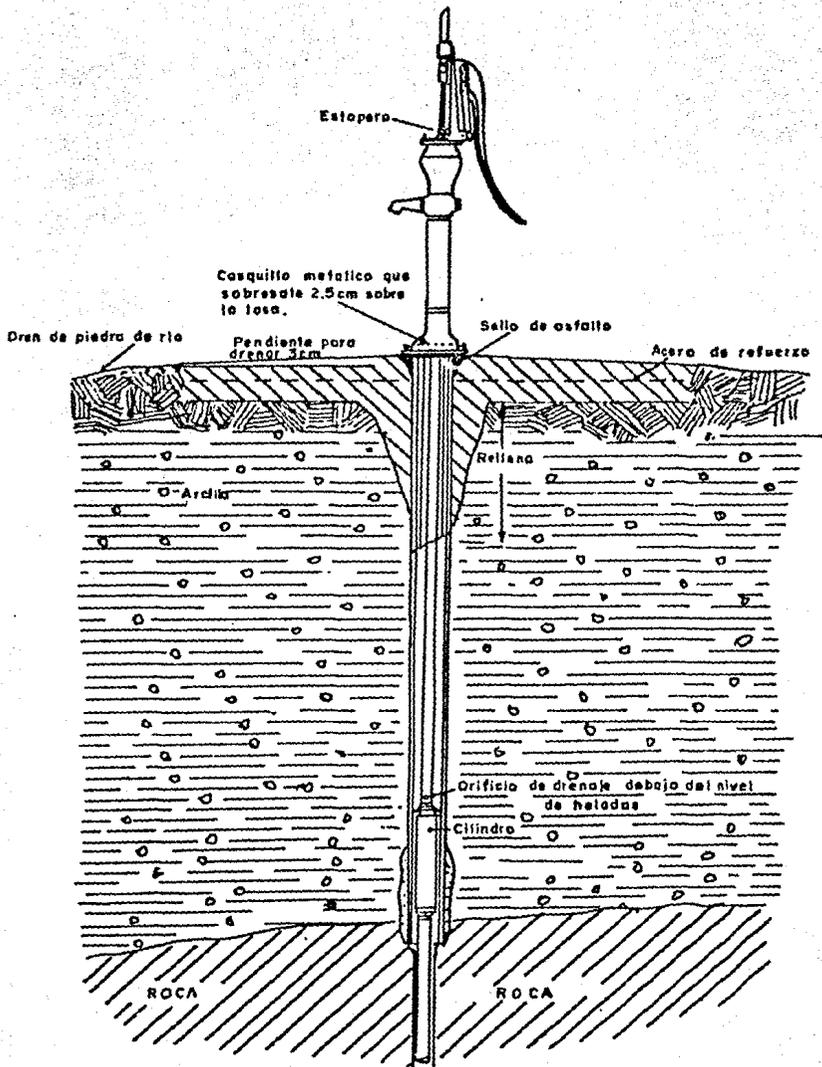


FIG.17 POZO PERFORADO.

POZOS CLAVADOS. Se construyen por la introducción de un tubo en el terreno, en cuyo extremo avanza la cabeza, con orificios por los cuales entre el agua una vez la operación terminada. (fig. 18).

Por la boca del pozo se introduce una cubierta de protección por lo menos hasta 12 m. debajo de la superficie del terreno, con el fin de evitar la contaminación con aguas filtrantes.

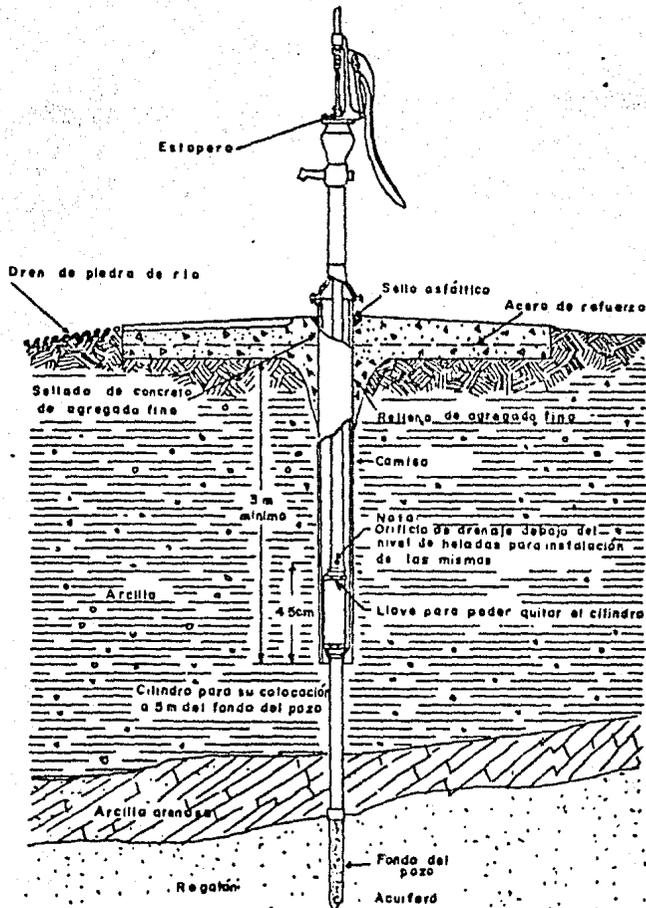


FIG.18 POZO CLAVADO.

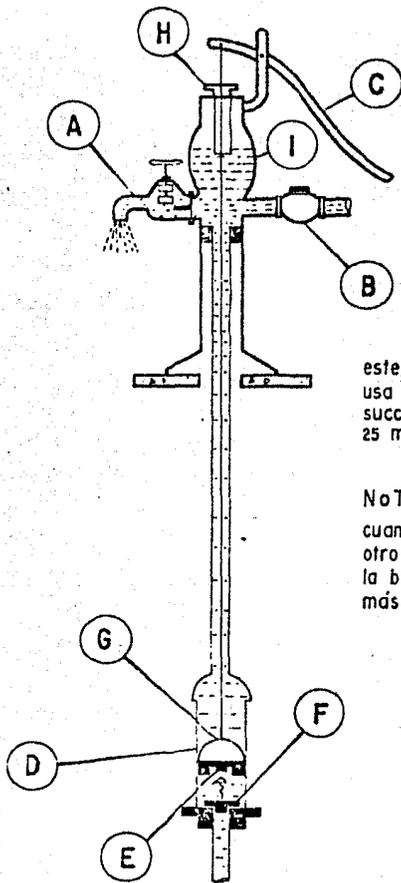
POZOS INDIVIDUALES. Los pozos de las casas particulares pueden ser abiertos por excavación, barreno o tala dro. Se supone que el agua del manto es pura en principio, - pues la consideración básica en la construcción de pozos es que no se contamina con materias de la superficie del suelo o por aguas que penetren en el pozo con filtración completa. Se tomarán las debidas precauciones para que no penetre agua que no se haya filtrado por lo menos a través de 4 m. de tie rra.

Para estos pozos se emplean con frecuencia bom-- bas de mano (fig. 19) las cuales deberán ser autocebantes, - para eliminar alguna contaminación.

El cilindro de la bomba deberá estar colocado de modo que se halle siempre cebado, y non el estopero sin fu-- gas. Un aliviadero en la salida por encima del pistón dejará salir agua entre las bombas, con lo que se evitará la conge-- lación.

No deberá haber resquicios entre el revestimien-- to del pozo y la tubería de salida por los cuales pueden en-- trar contaminantes.

A nivel del suelo se dispondrá de una tapa de -- concreto reforzado extendida más de medio metro horizontal-- mente fuera del brocal, con lo que se evita que las aguas - del suelo penetren en la cavidad. La tierra se dispone en de-- clive desde la boca del pozo con un canal para desagüe que - facilite la salida del agua derramada.



- (A) llave de nariz
- (B) valvula de retención
- (C) palanca
- (D) cilindro
- (E) émbolo
- (F) válvulas
- (G) estopero
- (H) cámara de aire

este tipo de bomba se usa para la altura de succión hasta de unos 25 ms.

Nota:

cuando la altura de succión es menor de 5 metros se usa otro tipo de bomba que tiene el cilindro dentro del cuerpo de la bomba y que tiene la ventaja de ser más barato y de mantenimiento más fácil

Su funcionamiento es el siguiente: 1) cuando el émbolo desciende, la cámara superior del cilindro se llena, mientras la válvula situada en la base del mismo, permanece cerrada y la válvula del émbolo, abierta y 2) cuando el émbolo asciende, el agua que está en la cámara superior del cilindro es expulsada al exterior, mientras la válvula situada en la base del cilindro permanece abierta y el agua penetra en la cámara inferior, por el vacío producido al subir el pistón.

FIG. 19 BOMBA ASPIRANTE-IMPELENTE DE SIMPLE EFECTO Y DE CILINDRO CERRADO.

La situación del pozo deberá estar en lugar elevado con respecto a los de contaminación, suficientemente - alejado de los mismos, especialmente de retretes, fosas sépticas, letrinas, establos, etc. La Secretaría de Salubridad y Asistencia aconseja que dichas distancias sean por lo menos de 20 a 40 metros.

Un pozo recién construido o acabado de reparar - deberá de ser desinfectado, incluso la bomba y las tuberías. La operación suele hacerse con cloro, en solución que de -- unos 50 mg/lt. (50 p.p.m.) de cloro activado. Para unos 400 litros de agua del pozo que deba desinfectarse se utilizará 30 gr. de hipoclorito con un contenido de un 70 por ciento - de cloro activo; el hipoclorito se disuelve en 20 litros de agua, cuya solución es la que se emplea. Después de 12 horas de contacto deberá comprobarse un residuo de cloro por lo menos de 0.5 mg/lt. (0.5 p.p.m.), tanto en el mismo pozo como en el sistema de conducción. El agua deberá ser analizada -- bacteriológicamente antes de su empleo.

POZOS EXCAVADOS. Estos suelen ser poco profundos. Los antiguos en general son abiertos, con cuerdas y cubos para extraer el líquido, lo cual es evidentemente antihigiénico. En la figura se representa el sistema de proteger esta clase de pozos. Se observará que la boca está cubierta herméticamente hasta una distancia de 4 m. por debajo del nivel del terreno y que la tapa del brocal, se extiende considerablemente, en tanto la base de la bomba tiene junta también herméticamente. El cilindro de la bomba deberá estar constantemente sumergido (fig. 20).

Estos pozos están a veces recubiertos de tubos de concreto de gran diámetro, con juntas de lechada de cal o asfalto. El tubo de la bomba está también protegido hasta por lo menos 4 m. debajo del nivel del suelo. Con estos revestimientos, el agua del manantial entra en el pozo por el fondo, en el cual se han extendido capas de gravilla o balastro de más de 30 cm. de espesor, lo que facilita la filtración y a la vez sostiene el extremo del tubo.

Para estos tipos de pozos las causas de contaminación son:

- a).- Filtración de aguas superficiales.
- b).- Escurrimientos de aguas superficiales dentro del pozo.
- c).- Caída de materiales dentro del pozo: basura, tierra, excrementos, etc.
- d).- Introducción de utensilios sucios, para extraer el agua.

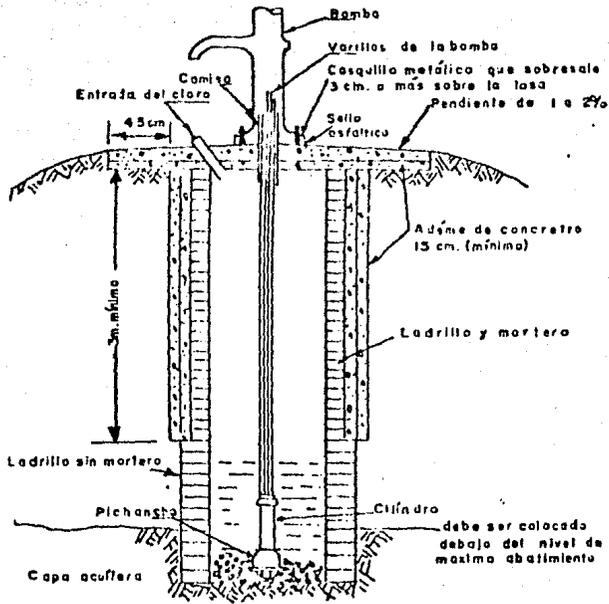


FIG. 20 POZO EXCAVADO PROTEGIDO

Estos contaminantes se evitarán:

- 1.- Construyendo un ademe impermeable que evite las filtraciones dentro del pozo.
- 2.- Levantando el terreno alrededor del pozo unos 20 cms. formando un declive hacia afuera.
- 3.- Tapando el pozo con una cubierta de concreto reforzado.
- 4.- Instalando una bomba.

El mejoramiento de norias o pozos excavados, se se puede realizar con ademe de piedra o de tabique.

Estas mejoras se realizan en pozos abiertos, sin protección y mal construidos, que son generalmente proveedores de agua no potable.

Cuando el ademe de las norias esté construido de piedra, el mejoramiento se realiza de la siguientes manera: - (fig. 21).

- a).- Limpieza y profundización de la noria.
- b).- Piedra cortada adecuadamente para sostener - el nuevo revestimiento.
- c).- Revestimiento de concreto de 16 cms. de espesor hasta una profundidad de 3 m. como mínimo. El concreto se hará con grava de 1/4" de diámetro.

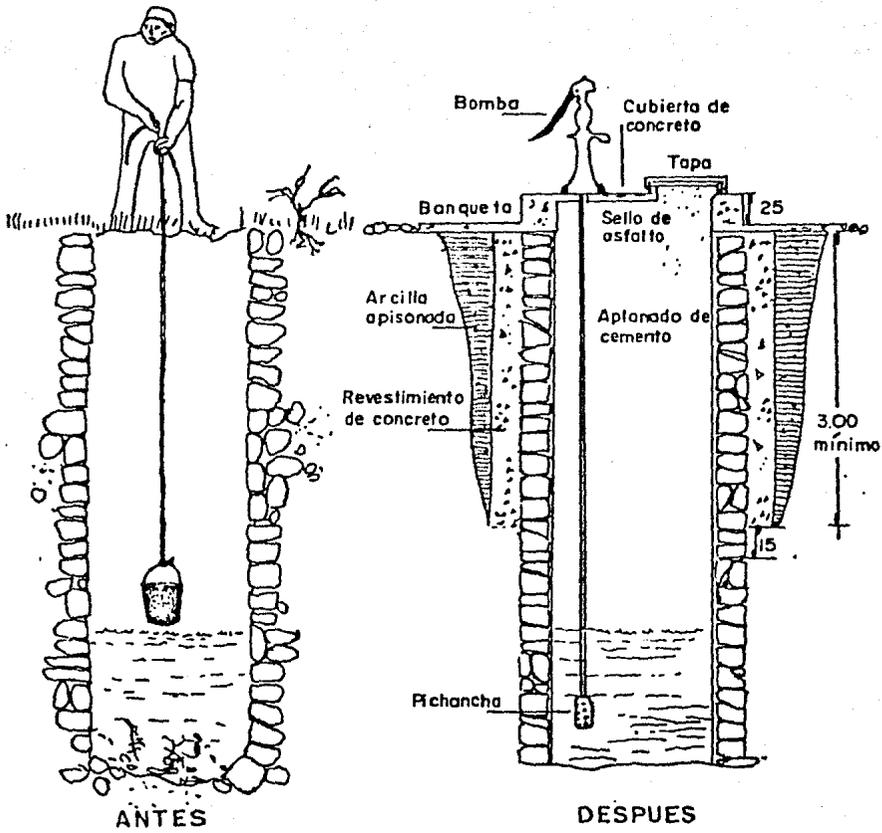


FIG.21 MEJORAMIENTO DE POZOS EXCAVADOS CON ADEME DE PIEDRA.

- d).- Arcilla apisonada alrededor del revestimiento, hasta alcanzar la profundidad de éste.
- e).- Elevación de la cubierta de concreto 25 cms. como mínimo.
- f).- Cubierta de concreto con dispositivos higiénicos (registro con reborde, declive, correcta instalación de la bomba, etc).
- g).- Banqueta de concreto, extendida como mínimo hasta 1 m. de ancho alrededor de la noria.

Quando el ademe de las norias está construido de tabique, el mejoramiento se realiza de la siguiente manera: (fig. 22).

- a).- Limpieza y profundidad de la noria.
- b).- Tabiques cortados para sostener el nuevo revestimiento.
- c).- Revestimiento de concreto de 7.5 cms. de espesor hasta una profundidad de 3 m. como mínimo. El concreto se hará con la grava de 1/4" de diámetro y malla de alambre de refuerzo.
- d).- Elevación de la cubierta de concreto 25 cms. como mínimo.

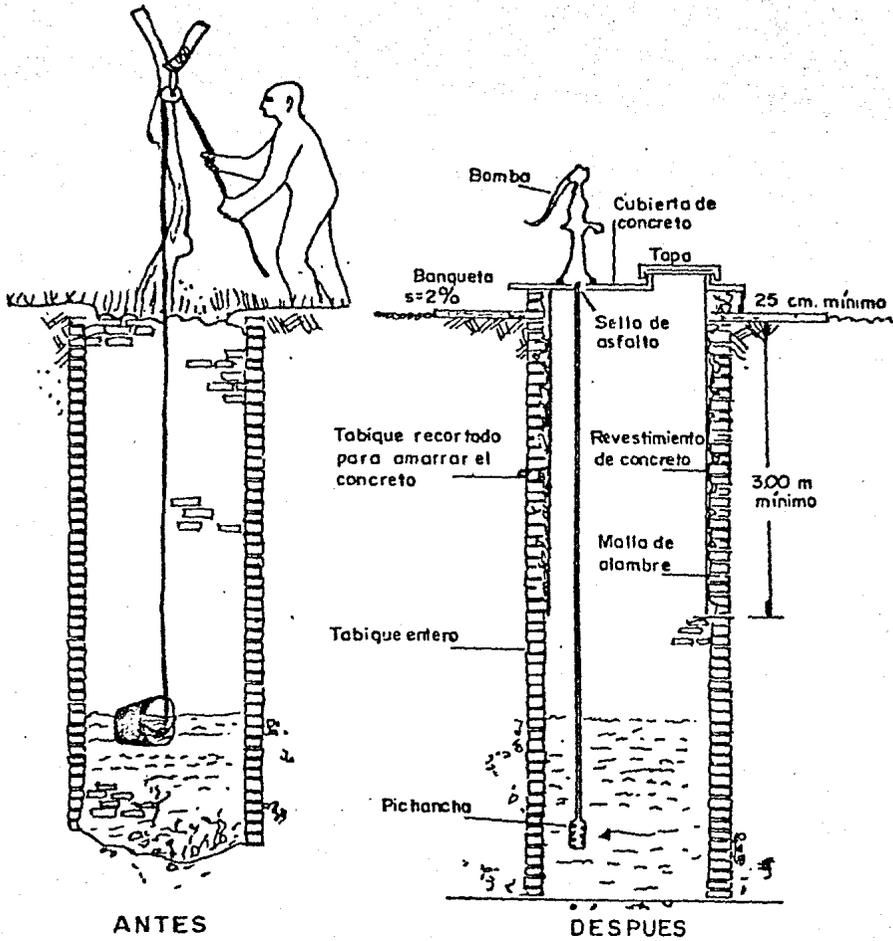


FIG.22 MEJORAMIENTO DE POZOS EXCAVADOS CON ADEME DE TABIQUE.

- e).- Cubierta de concreto con dispositivos higié-
nicos (registro con reborde, declive, co-
rrecta instalación de la bomba, etc).
- f).- Banqueta de concreto, extendida como mínimo
hasta 1m. de ancho alrededor de la noria.
- g).- Filtro de grava alrededor de la banqueta.

Es frecuente encontrar en el medio rural pozos --
con muy poco caudal o que llegan a secarse en estiaje. Si se
profundiza, puede obtenerse caudal suficiente con lo cual y -
desde el punto de vista económico, se respetará el esfuerzo y
el gasto que requiera su construcción. En las figuras 23 y 24
se muestra un pozo existente que ha sido profundizado con e-
quipo mecánico de perforación y se ha protegido sanitariamen-
te. El tubo de ademe debe protegerse exteriormente con pintura
anticorrosiva.

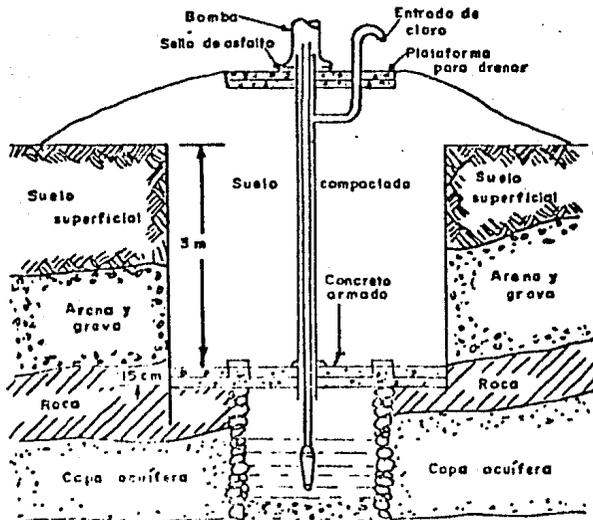


FIG. 23 POZO EXCAVADO REC.

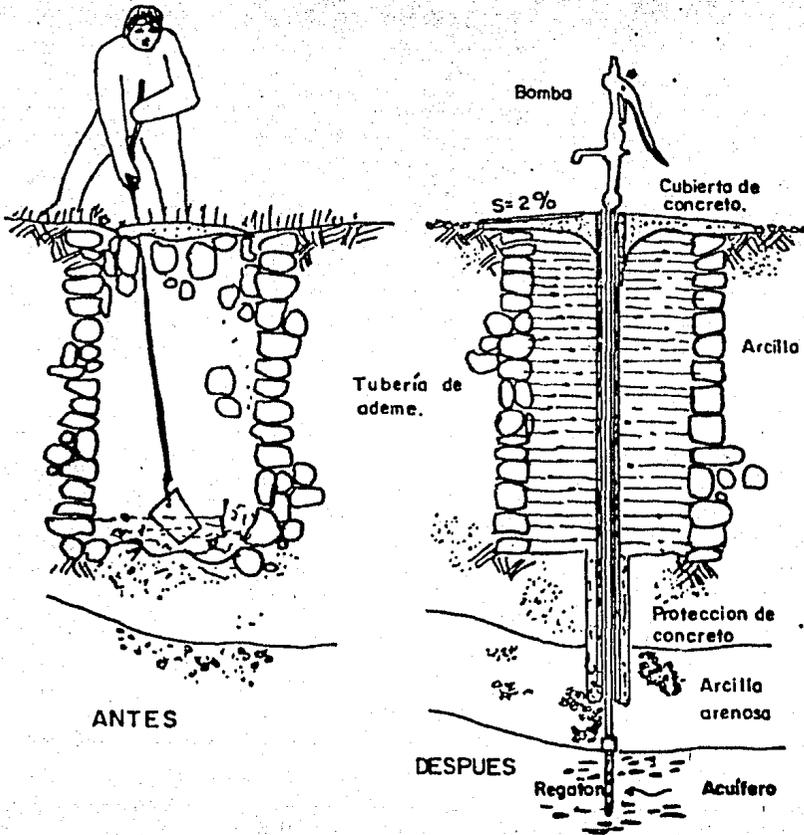


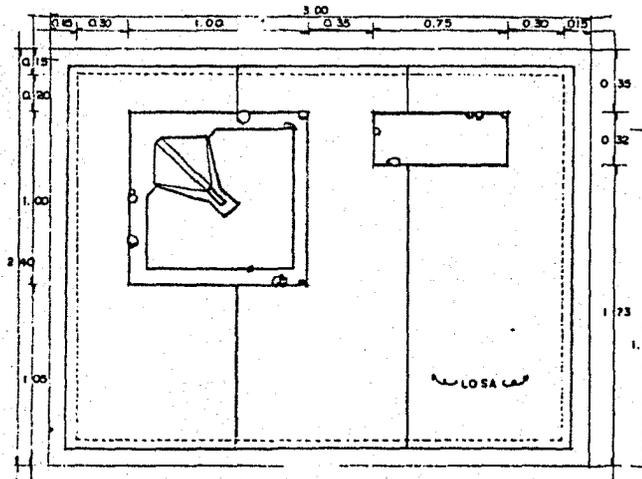
FIG.24 MEJORAMIENTO DE POZOS EXCAVADOS. NORIA SECA EN ESTIAJE.

HIDRANTES. En comunidades rurales o en zonas sub urbanas por lo general carecen de recursos para financiar y mantener un sistema de abastecimiento por medio de tomas domiciliarias, el problema se soluciona instalando hidrantes - públicos.

Esta instalación debe hacerse de manera que -- siempre proporcione ventaja a la población, principalmente -- que sea accesible, pues de lo contrario, el obligar a los -- habitantes a transportar agua a sus casas desde distancias -- considerables los lleva a buscar fuentes más próximas, pero que quizá no reúnan condiciones higiénicas adecuadas. (fig.- 25).

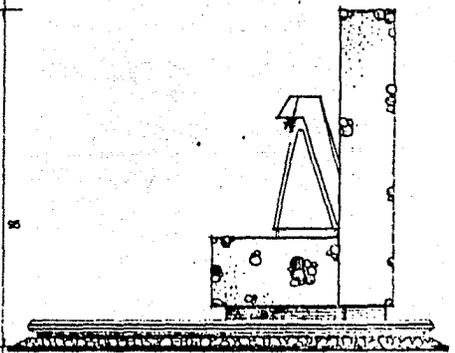
Al proyectar la instalación de hidrantes públi--cos, deben tenerse en cuenta:

- a).- Su número en función a la población que ser virán.
- b).- Distribución y localización más convenientes de acuerdo con la densidad de población.
- c).- El tipo de llave y el diámetro de la tube--ría que es conveniente poner, según tenga -- una o dos llaves.
- d).- Las molestias que origina un desague inadecuado del agua de desperdicio vertida en sus inmediaciones.

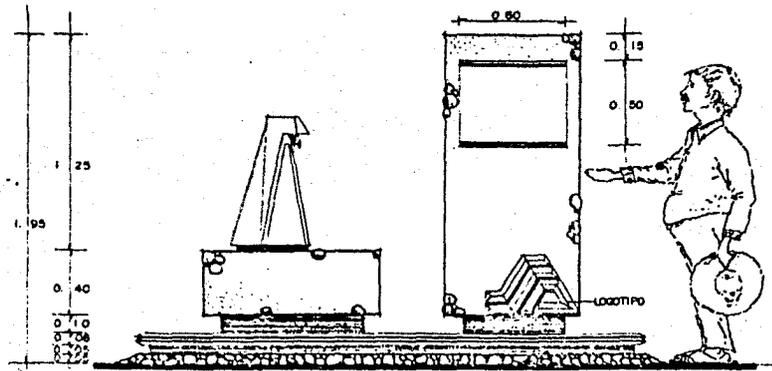


P L A N T A

FIG. 25(a) HIDRANTE PUBLICO. PLANO CONSTRUCTIVO S.S.A.



VISTA LATERAL



A L Z A D O



FIG. 25(b) HIDRANTE PUBLICO. D.D.F.

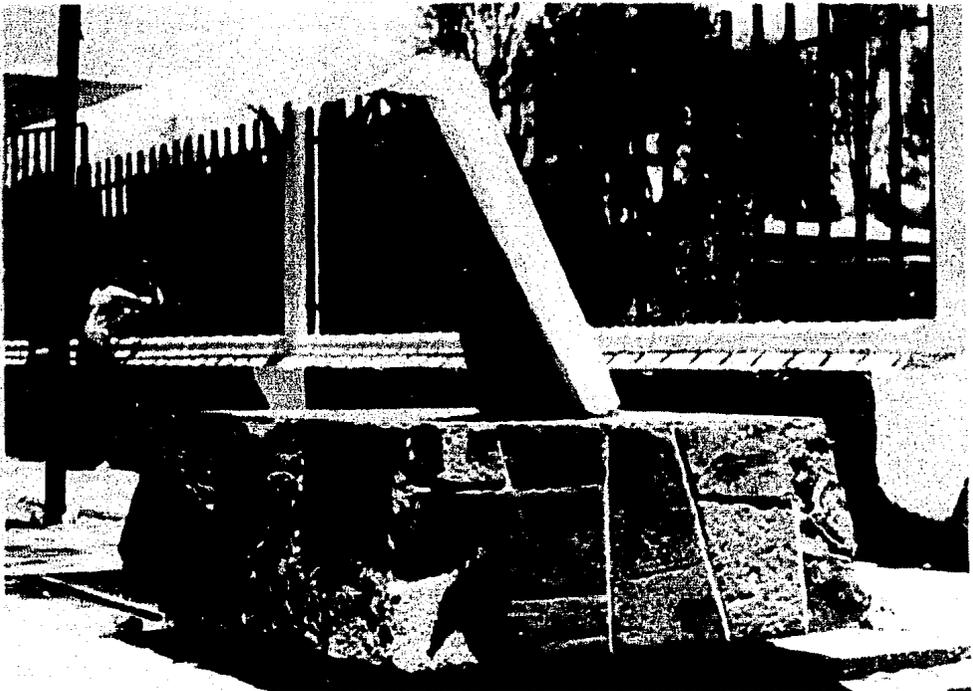


FIG. 25(c) HIDRANTE PUBLICO. S.S.A.

El hidrante se conservará limpio y en buen estado. La llave debe protegerse con una campana metálica para evitar que las personas la toquen con la boca o las manos y que los animales la ensucien al lamerla o rastrear sus cuerpos contra ella. Se evitará la formación de charcos y lodos, construyendo alrededor del hidrante una banqueta de piedra sin juntear.

Considerando que un hidrante es un dispositivo que da servicio público de abastecimiento de agua, no puede resistir mucho tiempo un uso normal, y menos aún el abuso que frecuentemente de él se hace, por lo que requiere una vigilancia constante y reparaciones frecuentes, que deben hacerse inmediatamente que sean necesarias.



FIG.25(d) HIDRANTE PUBLICO SIN DRENAJE.

OLLA DE AGUA. Con la olla de agua es factible el aprovechamiento del agua de lluvia y, de esta manera, disponer del volúmen necesario para satisfacer los requerimientos de los animales durante todo el año.

Este método se aplica en donde el agua no se pueda captar y conservar con sistemas como el bordo, el pozo, - la presa, etc.

En algunos estados del sureste, a pesar de que - tienen precipitaciones de 1,500 a 2,000 mililitros al año, - que se presentan en períodos de seis a siete meses, se pierde el mayor volúmen del líquido, tanto por escurrimientos hacia los ríos y mares, como por filtración o por evaporación. Sin embargo, en algunas zonas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, se usan los aljibes o "curvato" (cuando se hace de - madera) que permite conservar el agua de la lluvia recolecta da en los techos de las casas para fines de autoconsumo du - rante los meses de sequía.

Este mismo sistema, actualmente, se promueve y - se construye en las zonas ganaderas del país, donde más se - ajustan a la ecología de esas regiones.

Recomendaciones para su construcción. Para cons - truir una olla de agua se selecciona en primer término el lu - gar donde se presentan algunos escurrimientos de las monta - ñas, formando eventuales arroyos, cuya corriente de agua se controla y se dirige hacia el lugar donde queda ubicada la -

olla, la cual necesita estar adecuadamente impermeabilizada tanto en su base como en sus taludes, a efecto de que capte y conserve el agua de la lluvia.

Para determinar la capacidad y la cantidad de -- ollas de agua en un potrero se toman en cuenta los siguientes datos:

- a).- Volúmen de agua que escurre en el lugar.
- b).- Naturaleza de los forrajes y especies.
- c).- Población animal que se beneficiará.
- d).- Duración de la época de sequía.
- e).- Extensión y topografía del potrero.
- f).- Condiciones climatológicas.

De acuerdo con la experiencia práctica, se considera que para obtener una mejor productividad de la ganade--ría es conveniente situar a la olla de agua en el centro de una superficie de 260 Ha., con el fin de que el ganado consuma el agua diariamente sin tener que recorrer grandes distancias, con lo que se ahorra energía y se mejoran sus condiciones para aumentar su producción.

Es conveniente que la olla de agua tenga una forma geométrica, semejante a la de una pirámide truncada, in--vertida; o sea que la parte más estrecha de la pirámide se --convierte en la base de la olla y el extremo opuesto queda --al nivel del terreno, dejando taludes de inclinación 1:3.

Para hacer la excavación del terreno, se puede aprovechar la mano de obra de los propios campesinos, empleando instrumentos sencillos, como: picos, palas, carretillas, etc., o bien utilizando maquinaria pesada.

Una vez terminada la excavación, se procede a compactar y a afinar la base y los taludes hasta darles la firmeza necesaria para evitar posteriores asentamientos. Además hay que procurar que la superficie de estos planos se mantenga libre de materiales punzocortantes que puedan dañar la cara impermeable, para lo cual se pueden utilizar los siguientes productos:

- a).- Polietileno de color oscuro, con un grosor de 800 a 1,000 gauges ($= 10^{-4}$ pulg). La unión de las cubiertas de polietileno se logra mediante el calor que pasa a través de unas tiras de teflón, para evitar que el mismo dañe al plástico.

Después de protegerlo de los agentes del intemperismo, sobre todo del ozono y de los rayos ultravioletas, es necesario cubrir el material de preferencia con una capa de tierra o de arena, procurando que tenga un espesor de 5 a 10 cms., finalizando el recubrimiento con una capa de piedra acomodada para darle firmeza a la tierra. Bajo estas condiciones la vida del polietileno será de 10 a 12 años aproximadamente.

b).- HULE BUTILO Y P.V.C. Estos son materiales impermeabilizantes de color negro y azul, respectivamente; vienen en rollos de 1.05 y 1.57 m. de ancho y de 30 y 20 milésimas de pulgada de espesor. Las uniones se hacen con adhesivos especiales y algunas sustancias vulcanizantes. Estos materiales son muy resistentes a los agentes del intemperismo y a la tensión, y por lo tanto no es necesario protegerlos con ningún otro material. Su duración es de más de 20 y 10 años, respectivamente.

B).- OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Una vez escogido y colocado el material impermeabilizante se procede a la construcción de las obras complementarias, que son:

B.1.)- CANAL RECOLECTOR.

Se construye dirigiéndolo de la represa derivadora que se hace sobre el arroyo a la olla de agua; de esta forma se capta el agua con menor grado de contaminación, y se recomienda, para evitar azolves, intercalar dentro del canal recolector los desarenadores que sean necesarios, con el fin de golpear el agua y quitarle algunos sólidos en suspensión o por arrastre; con lo cual se recibe el agua más clara.

B.2.)- VERTEDOR DE DEMASIAS.

Sirve para dar salida a los posibles excedentes de agua y se contruye sobre la corona de la olla, calculando una dimensión que permita la salida del doble del volumen del agua que entra por el canal recolector, para evitar que las demasías del líquido dañen la parte superior de los bordos.

B.3.)- CERCADO.

Es conveniente hacer un cerco que impida el acceso tanto de las personas como de los animales al perímetro de la olla. Para su construcción se pueden utilizar los materiales disponibles en la región, tales como madera, órganos, o alambre.

C.)- APROVECHAMIENTO DEL AGUA.

Concluida la obra, se establece el aprovechamiento del agua almacenada, mediante los métodos más apropiados, lo que se determina en base a las siguientes posibilidades:

C.1.)- SISTEMA DE GRAVEDAD.

Por gravedad se provoca la salida del agua, colocando un tubo que llegue hasta la parte inferior de la obra, el cual conducirá el agua almacenada hasta el lugar donde va a ser utilizada.

C.2.)- SISTEMA DE SIFON.

Es el método más sencillo, ya que se aprovecha el desnivel que existe sobre el terreno donde está ubicada la olla y basta llenar de agua una manguera e introducirla al agua para que ésta, por la acción de vasos comunicantes, la haga salir hacia el lugar donde se la va a aprovechar.

C.3.)- SISTEMA DE BOMBEO.

Su uso se recomienda cuando los bebederos se encuentran al nivel de la olla o de combustión interna.

D).- BENEFICIOS.

Los beneficios socioeconómicos que recibe la población rural por el aprovechamiento del agua que se logra captar en las ollas de referencia, son fundamentales para el desarrollo de la actividad agropecuaria, de la cual depende directamente el bienestar de las familias; así como su propio arraigo a la tierra. Esta es la razón por lo que se promueve cada vez más esta práctica, pues es el agua el elemento indispensable y puede, bajo este sencillo y económico sistema ser retenida en cualquier lugar que se le necesite.

De lo anterior se concluye, que de la construcción de la olla de agua se podrán obtener los siguientes beneficios:

- 1.- Permitir el desarrollo o el incremento de la actividad ganadera en regiones de nuestro país donde los recursos forrajeros nativos no han sido aprovechados por falta de agua.
- 2.- Favorecer la aplicación y desarrollo de las técnicas especiales para realizar un buen manejo de los pastizales y aumentar la carga animal por unidad de superficie.
- 3.- Aumentar la productividad del ganado al reducir las distancias que recorren para abreviar, y al mismo tiempo evitar el sobrepastoreo que se presenta alrededor de los aguajes.
- 4.- Lograr el control de las enfermedades hídrica y parasitosis que afectan al ganado.
- 5.- Evitar que un considerable número de cabezas de ganado muera a consecuencia de las sequías.
- 6.- Promover en el medio rural, la construcción en forma económica de obras productivas.

CONDUCCION. La conducción del agua en los abastecimientos se efectúa por medio de conductos, llamados acueductos, abiertos o cerrados que utilizan energía proporcionada por la gravedad o bombeo.

Los acueductos se clasifican en Conductos por Gravedad y Conductos a Presión.

- A).- Conductos por Gravedad. Su línea piezométrica coincide con la superficie libre del agua o con la clave del conducto si es cerrado y justamente en el límite del llenado.
- B).- Conductos a Presión. Están por debajo de la línea piezométrica excepto donde circunstancias poco comunes los fuerzan a elevarse a una altura limitada por encima de ella.

La selección de algún tipo de los mencionados depende de:

- 1).- Topografía.
- 2).- Carga de presión disponible.
- 3).- Calidad del agua.
- 4).- Condiciones de construcción.
- 5).- Economía.

A.- Los Conductos por Gravedad incluyen:

a) Canales.- Las condiciones favorables para la construcción de este tipo de conductos son:

a.1) Topografía que permita la construcción con pendiente hidráulica adecuada.

a.2) Material impermeable fácil de excavar-se, difícil de erosionar u obstruirse con crecimientos vegetales.

Una combinación de estas condiciones en general no es común.

Las objeciones que se hacen a los canales incluyen los peligros de contaminación del agua, fuertes pérdidas por infiltraciones y evaporaciones, dificultades para el cruce con drenajes, peligros de albergar madrigueras de animales silvestres y fuertes costos de mantenimiento.

Los taludes en los canales trapecoidales varían desde:

MATERIAL	HORIZONTAL	VERTICAL
ARENA	2.5	1.0
ARCILLA COMPACTA	1.25	1.0
ROCA	0.25	1.0

El uso de recubrimiento en los canales permite - altas velocidades, reduciéndose el área de la sección así como pérdidas de agua y costos de mantenimiento.

b) Canales Elevados.- Se construyen con paredes de tabique, concreto o acero. Su uso está restringido y deben en lo posible evitarse por requerir su diseño y operación muchas precauciones, además pueden sustituirse con ventaja por tuberías.

c) Tuneles por Gravedad.

d) Acueductos varios por gravedad.

Diseño de los conductos por gravedad: El cálculo de éstos se hace empleando la hidráulica de canales abiertos que en forma simplificada incluye:

Escurremientos permanentes, ya sean uniformes en regímenes subcrítico, crítico o supercrítico; o bien, no uniformes con escurrimientos gradual y rápidamente variados. Se recomienda la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

B.- Los conductos a Presión consideran:

a) Tuberías.- Cuando una topografía accidentada y otras consideraciones hacen nulo el uso de canales, se usan tuberías a presión, que en general resultan más baratos por sus desarrollos más cortos.

a.1) Los materiales usados en tuberías para la conducción del agua, incluyen:

- 1) Concreto.
- 2) Fierro fundido.
- 3) Acero.
- 4) Asbesto cemento.
- 5) Plástico.

El material seleccionado dependerá de:

- 1) Que asegure una operación sin interrupciones.
- 2) El costo anual.
- 3) Que sea apropiado para resistir cargas, presión, corrosión externa e interna y tuberculaciones.
- 4) Que sea fácil de transportar.
- 5) Que exista mano de obra apropiada para la colocación.

a.2) Localización.- Las tuberías de conducción deben seguir en general el perfil del terreno y se escoge la localización que sea más favorable para el costo de construcción y presión resultantes.

Se hace notar que la ruta más corta no es necesariamente la más barata.

Para su localización se dibuja el perfil del terreno y la tubería se localizará con particular atención a la línea piezométrica. A medida que la línea está más cerca de la tubería, las presiones serán menores, lo cual puede reducir su costo. Las presiones fuertes pueden evitarse muchas veces con la colocación de cajas rompedoras de presión. Deberá evitarse la localización de la tubería arriba de la línea piezométrica, ya que el efecto de sifón que se produce, ocasiona dificultades en el llenado de la tubería y acumulaciones de aire que obstruyen el flujo normal del agua y presiones negativas. (fig. 26).

2.3) Válvulas en las Conducciones: En las partes bajas de las tuberías se colocan ramales de purga con válvulas para drenar la línea o remover el sedimento acumulado.

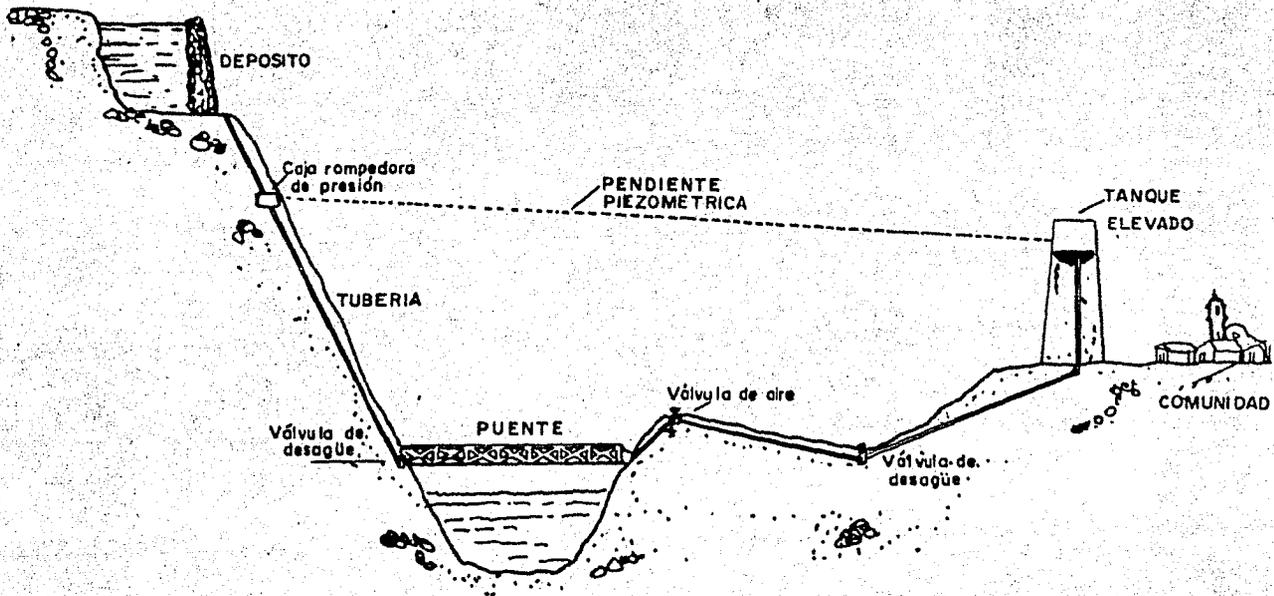


FIG.26 CONDUCCION. Perfil de terreno y localización de la tubería.

En todas las partes elevadas en una conducción se tiende a acumular el aire que viene en solución con el agua y que se libera debido a presiones bajas o localización de las tuberías cercanas a la línea piezométrica.

El problema se elimina colocando válvulas de aire y vacío; o bien, solamente válvulas de alivio de aire. Las primeras se utilizan para permitir el escape del aire cuando se llena el tubo, así como el aire acumulado librado del agua, y automáticamente permiten la entrada de aire cuando la tubería se vacía, punto muy importante sobre todo tratándose de tubería de acero ya que un vacío parcial puede ocasionar el aplastamiento del tubo. Las segundas sirven exclusivamente para el escape del aire, y pueden ser automáticas o no. Si la presión en las crestas es alta, la probabilidad de acumulación de aire es baja y se puede colocar una válvula de operación manual que se maneja sólo durante el llenado.

a.4) Relaciones de diámetros de válvulas de aire a conducciones:

- 1) Para la liberación de aire solamente 1:12.

- 2) Para admisión Liberación de aire 1:8.
- 3) Cuando se tengan líneas de acero, se deberá recurrir al uso de fórmulas para un cálculo más exacto del diámetro de la válvula de aire.

Se usarán también válvulas de seccionamiento en las crestas.

Otros accesorios usados en las conducciones son:

- Juntas de expansión.
- Anclajes.
- Dispositivos para amortiguación del golpe de ariete.
- Válvulas reductoras de presión.
- Válvulas de altitud.
- Medidores.

a.5) Esfuerzos en las tuberías de conducción. - Las tuberías desarrollan esfuerzos debidos a las siguientes cargas:

- a) Presión Interna. Produce tensión circunferencial y tensión longitudinal en cam
bios de dirección y tramos muertos.

- b) Cambios de temperatura. Producen tensión longitudinal y de presión.
- c) Escurrimiento en cambios de dirección. Produce tensión longitudinal.
- d) El peso del tubo, del agua, del relleno y otras cargas expuestas, la presión atmosférica y reacciones en cimentaciones y otros apoyos, producen flexión y compresión. Pueden resultar esfuerzos cortantes por la aplicación de cualquiera de las cargas anteriores, dependiendo de la manera de aplicación de la carga y la construcción de la tubería.

B) SIFONES. En general no son aconsejables. Si se tienen que utilizar, deberá revisarse la altura máxima sobre la línea piezométrica.

C) TUNELES. Los túneles se construyen en las conducciones para cruzar montes o ríos y en situaciones donde la topografía o bien las excavaciones lo requieran. Cuando un túnel y una localización superficial de la línea tengan la misma opción de construcción aún cuando el túnel implique una fuerte inversión inicial, a la larga su costo será menor que una línea superficial.

Se encuentran en servicio tanto túneles a presión como gravedad.

Los túneles pueden recubrirse o no, dependiendo principalmente de los materiales que atraviesen su recorrido, el valor de la carga disponible y condiciones del agua subterránea.

D) ACUEDUCTOS VARIOS: Se refiere fundamentalmente a los acueductos construidos en serie. Los hay trabajando a presión o por gravedad.

Generalmente se construyen de mampostería o concreto, siendo este último el más usado actualmente, ya que el concreto en comparación con el ladrillo o la piedra es más impermeable y por tanto al transcurso del tiempo resulta económico.

Las secciones de estos acueductos son variadas.

E) SECCION TRANSVERSAL EN LOS ACUEDUCTOS. El área transversal de un acueducto se determina por la carga disponible, velocidades límites y otras condiciones. Cuando se dispone de carga adecuada, el área se determina por la máxima velocidad permisible. Se aconseja también una velocidad mínima, que debe ser suficiente para evitar sedimentos en ellos:

El valor común es de 0.60 a 0.75 m/seg.

CUADRO XIII
VELOCIDADES MAXIMAS EN ACUEDUCTOS.

<u>TIPO DE CONDUCTO</u>	<u>VELOCIDAD PROMEDIO MAX.m/seg.</u>
ACUEDUCTOS CUBIERTOS:	
Con recubrimiento de concreto	4.50
Con recubrimiento de tabique comprimido.	5.40
TUBERIAS:	
Acero y Fierro Fundido.	3.60 a 6.00
Concreto.	3.00 a 4.50
TUNELES:	
Sin recubrimiento.	3.60
Con recubrimiento de concreto.	3.00 a 4.50
Canales elevados	Velocidad menor que la velocidad crítica.
CANALES EN TIERRA:	
Ordinaria.	0.75 a 0.90
Arena.	0.30 a 0.60
Grava o arcilla firme	1.50 a 1.80
En roca.	2.40 a 4.50
Recubrimientos de concreto	3.00 a 4.50

F) DISEÑO DE TUBERIAS.

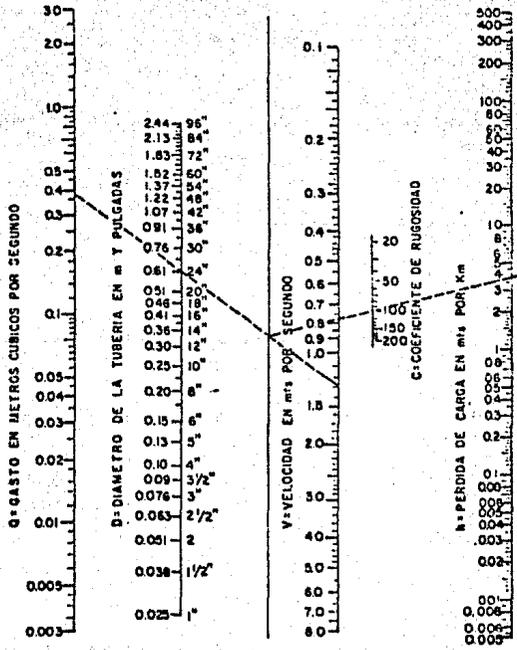
a) Abastecimiento por bombeo. El diámetro de las tuberías cuando existe bombeo, deberá ser el que dé el costo más bajo considerando los siguientes factores:

- Costo inicial.
- Mantenimiento, incluyendo costos de bombeo.
- Reposición de la instalación.

b) Abastecimiento por gravedad. El diámetro se calcula considerando que a toda la carga disponible se pierde por fricción.

En el cálculo de tuberías es de mucha utilidad el uso de la fórmula de Hazen Williams, de la cual se incluye el nomograma.

NOMOGRAMA I



NOMOGRAMA PARA CALCULO DE TUBERIAS
 POR LA FORMULA HAZEN-WILLIAMS
 $V = 0.849 C R^{0.63} Q^{0.54}$

ALMACENAMIENTO Y REGULACION.

I.- OBJETIVOS.

1.- Ser compensador de entradas y demandas de agua, que pueden ser:

- a) Horarios.
- b) Diarios.
- c) Semanales o mensuales.

de tal manera que siempre haya suficiente agua, a una presión adecuada en todos los puntos del sistema de distribución.

2.- Suplir agua para combatir incendios.

3.- Suplir agua en caso de otras emergencias como:

- a) Interrupción en el suministro de energía eléctrica.
- b) Rotura de líneas.
- c) Reparación del equipo.
- d) Limpieza del equipo, etc.

II.- CALCULO DE LOS VOLUMENES DE AGUA POR CADA UNO DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES.

1.- Compensador de entradas y demandas.

Las extracciones de agua para satisfacer las demandas de los consumidores son variables, depende principalmente de:

- a) Tipo de población.
- b) Horario de trabajo, más común.
- c) Costumbres.

En general se tienen de 1 a 2 "picos". La curva de extracciones horarias se traza comúnmente utilizando los porcentajes del consumo medio horario. (fig. 27).

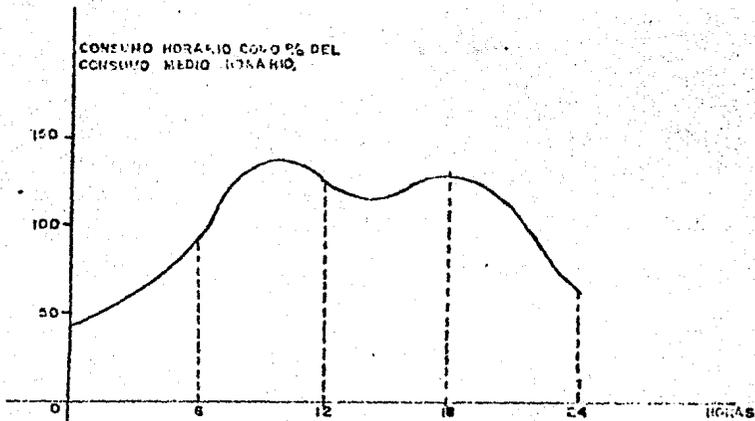


FIG.27 CURVA DE EXTRACCIONES HORARIAS.

La localización de los depósitos se hará tomando en cuenta la presión que deberá tener el agua para poder llegar a todos los puntos de la red de distribución, con la presión adecuada. Por lo anterior, los depósitos se situarán en lugares naturalmente altos, o tendrán que elevarse en forma artificial.

Por su posición con respecto a la superficie del terreno, se clasifican en: a) superficiales y b) elevados -- (fig. 28 a y b).

Los depósitos superficiales se construyen de mampostería de piedra o de tabique y concreto simple o reforzado. Los de mampostería tienen la desventaja de ser bastante permeables, por lo que hay necesidad de impermeabilizarlos, aplanando los muros en su pared interior, con materia de cemento-arena, 1:3 a 1:5, terminándolos con un pulido fino de cemento. Los elevados se construyen de concreto armado o metálicos.

Los depósitos se cubrirán para evitar la contaminación del agua que contengan; se colocarán cercas perimetrales para evitar el acceso del público o de animales. Los tanques superficiales se protegerán de los escurrimientos de agua de lluvias construyendo zanjias o cunetas interceptoras.

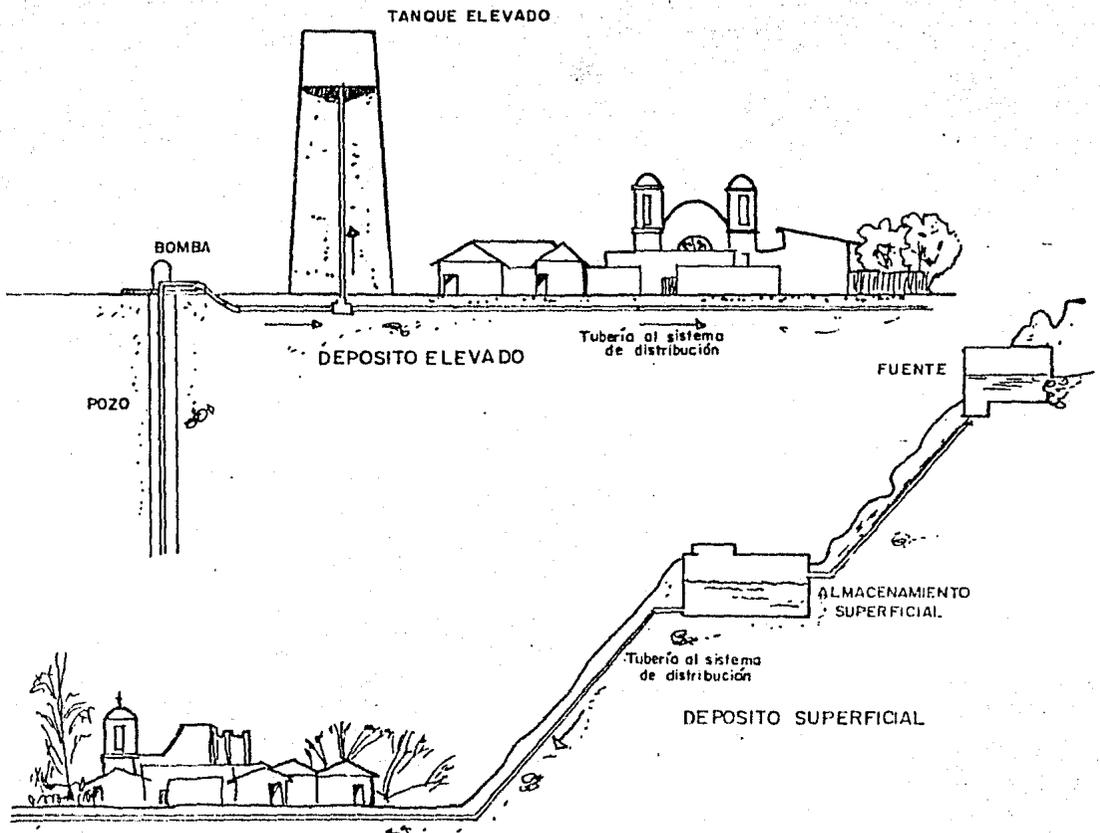


FIG. 28(a) ALMACENAMIENTO Y REGULARIZACION.



FIG. 28(b) DEPOSITO ELEVADO.



FIG. 28(b) DEPOSITO ELEVADO.

DEPOSITOS Y BOMBEO. Los pozos y los depósitos, excavados, se construirán de materiales duraderos y estarán provistos de cubiertas que los protejan contra la contaminación. Los respiraderos, registros y rebosaderos no permitirán la contaminación del agua almacenada. Las conexiones de entrada y salida se dispondrán de forma que se eviten cortos circuitos en la corriente de agua y el estancamiento de la misma. Los pozos o los depósitos de agua excavada deben ser absolutamente herméticos contra filtraciones externas y situados por encima del nivel hidrostático del agua subterránea. Si se proveen desagües, no deben conectarse directamente a ningún sistema de conducción o colección de aguas negras; tampoco deberá haber alcantarillas a una distancia menor de 16 m. del depósito o pozos, en el caso de instalaciones subterráneas, a menos que el alcantarillado sea de tubo de hierro forjado con uniones soldadas o si el tubo de albañal es de concreto o de barro vidriado, deberá estar forrado de cemento.

Deben evitarse los pozos o salas de bombas subterráneas. Si han de instalarse cloradores de alimentación directa o de solución, se situarán en una caseta separada de la estación de bombeo y bien ventilada, donde pueden ser manejados los cilindros sin demasiada dificultad y sin el peligro de perjudicar los controles eléctricos por escapes de cloro. Todas las instalaciones de bombeo que exijan largos períodos de atención por operadores, deberán disponer de instalaciones sanitarias con medios aprobados de eliminación de

aguas negras. Para facilitar la vigilancia del funcionamiento del sistema de agua, se dispondrán medidores y manómetros, para saber la cantidad y presión del agua bombeado.

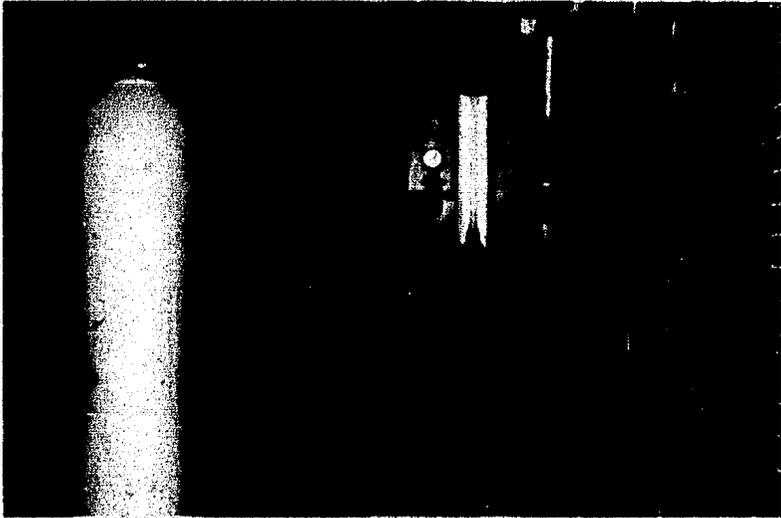


FIG. 29(a) CLORADOR DE BAJA CAPACIDAD.

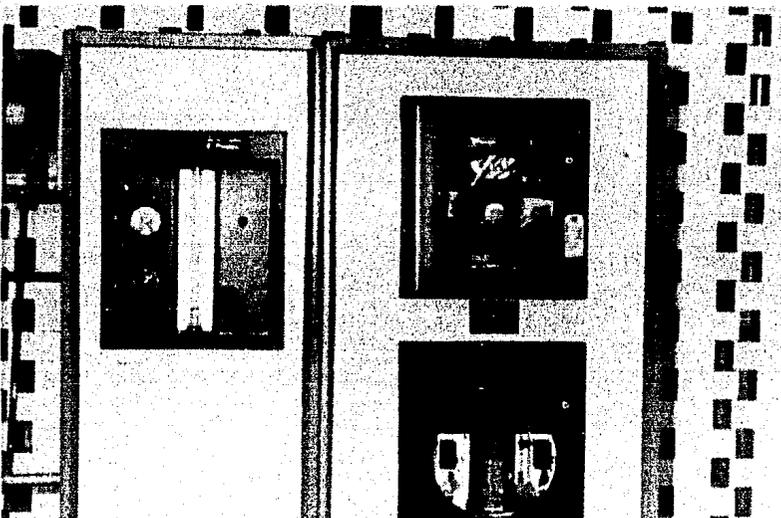


FIG.29(b) CLORADOR DE ALTA CAPACIDAD.

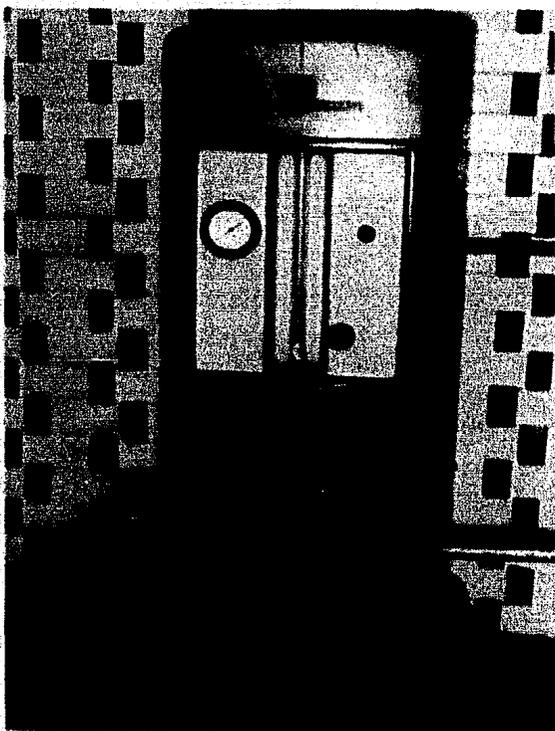


FIG.29(c) CLORADOR DE GRAN CAPACIDAD, ALIMENTADO POR SOLUCION.

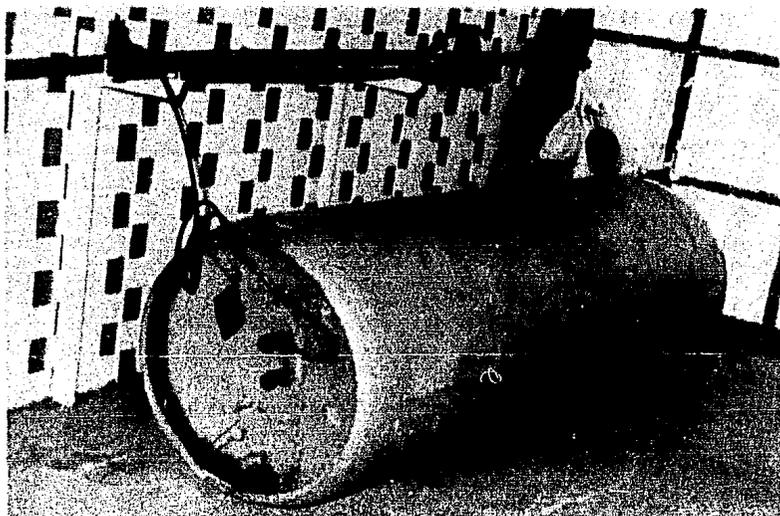


FIG 29(d) TANQUE DE CLORO.

DISTRIBUCION. Aunque el agua que salga de la planta sea de buena calidad, tanto química como bacteriológica, - la instalación secundaria para la distribución del agua podría afectar la calidad de la misma y dar origen a quejas respecto al servicio por estas razones, hay que tener en cuenta los siguientes detalles del sistema de alimentación:

1.- Todo sistema de distribución de agua será proyectado y construido de manera que proporcione, en todo momento, una cantidad adecuada de agua, a presión suficiente, en - todas las partes del sistema de distribución.

2.- La inocuidad y buen sabor del agua no deben - modificarse en modo alguno a medida que la corriente avanza - por el sistema de distribución, en ninguna parte del mismo.

3.- El sistema debe estar provisto de válvulas y registros en número suficiente, de manera que las reparaciones necesarias puedan realizarse sin interrumpir el servicio en una extensión considerable; además, el sistema podrá lavar se cuando sea necesario.

4.- No se permitirá depósitos abiertos y sin proteger, ni conexiones cruzadas con sistema de agua inferior -- por las cuales pudiera penetrar agua de mala calidad en el - sistema de distribución.

5.- El sistema debe ser impermeable contra escapes excesivos y los conductos principales y sus ramales no --

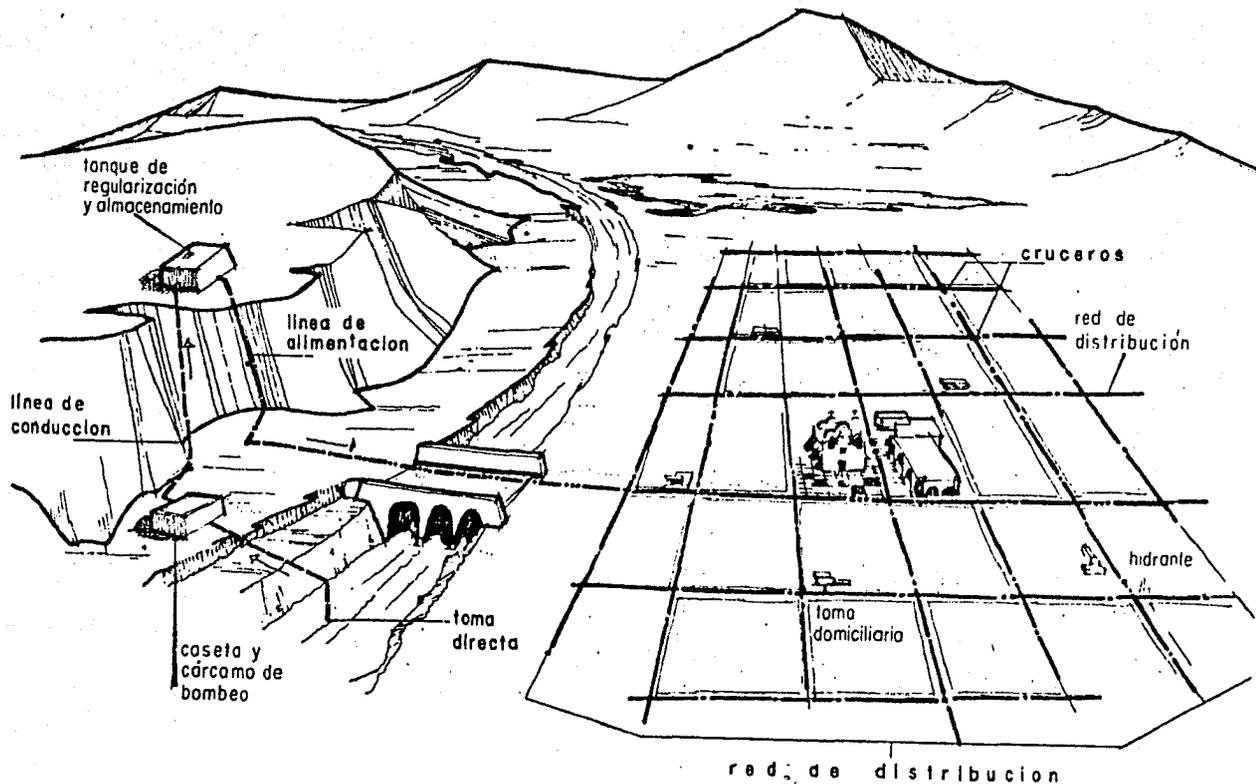


FIG.30 RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.

estarán sumergidos en agua superficial ni expuestos a ningún otro foco de contaminación.

6.- El sistema habrá de ser diseñado de manera que proporcione una circulación eficaz del agua y en él existirá el menor número posible de remansos y conductos ciegos.

7.- El sistema de distribución deberá conservarse de acuerdo con las normas sanitarias y con las debidas precauciones contra la contaminación del agua en cualquier punto del sistema, a consecuencia de las reparaciones necesarias, sustitución de piezas o extensión de la línea.

8.- Al instalar nuevos conductos o reparar los viejos, los tubos principales se llenarán con una fuerte solución de cloro (40 ó 60 p.p.m. de Cloro) por lo menos durante 24 horas, y después de estos procedimientos de esterilización, se enviarán muestras de agua para análisis bacteriológicos y se repetirá la desinfección, de ser necesario, hasta que los análisis sean satisfactorios.

9.- Los conductos principales de agua deben situarse, en la medida de lo posible, de 1.80 m. más elevados que los tubos de albañal de concreto o barro vidriado en los puntos de cruce y, al menos a 3 m. horizontalmente de alcantarillas paralelas. Donde este espacio sea imposible, por razón de las condiciones físicas, se tomarán precauciones adicionales para asegurar la imposibilidad absoluta de las uniones de los tubos de conducción y para proteger el agua de la

contaminación por aguas negras. En la práctica general, sólo se logra rodeando de concreto los albañales o sustituyendo - los albañales de concreto o barro vidriado con tubos de hierro forjado con uniones soldadas.

CAPITULO IV
TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE EXCRETAS Y AGUAS
RESIDUALES.

La recolección y eliminación sin peligros, de las excretas humanas plantean los problemas más importantes de Sanidad Pública, ya que, como se ha mencionado en el Capítulo - II, existen enfermedades por transmisión de agentes, que abundan en estas materias.

En este capítulo se presentan los métodos de tratamiento y disposición de las excretas humanas, aplicando principios teóricos y resultados de la práctica de los mismos.

IMPORTANCIA DEL PROBLEMA. Los problemas del alcantarillado con corriente líquida resuelve el problema de eliminar las excretas humanas en las ciudades y suelen desembocar generalmente a un medio líquido como: Lago, río o mar, y que al no tratarse debidamente, los microorganismos patógenos -- crean un serio peligro para los consumidores y usuarios de estaguas y por otra parte, causan la contaminación y destrucción de especies que habitan los medios de depósito.

En las zonas rurales, al disponer de sus métodos especiales de eliminación de excretas con o sin corriente de agua, se enfrenta al problema de que se contamien los manantiales e incluso el terreno mismo.

CARACTERISTICAS DE LAS EXCRETAS Y DESAGUES. Las excretas humanas son de volúmen relativamente pequeño, por habitante se calcula en 83 gr. de materia fecal y 920 gr. de orina. Se componen de grandes cantidades de agua, cierto porcentaje de materia orgánicas (se considera que un 20% se encuentra en las defecaciones y un 25% en la orina) y cantidades menores de nitrógeno, ácido fosfórico, azufre y otros elementos inorgánicos.

Con su dilución en cantidades mayores de agua para formar los desagües, en proporción de 100 lts. o más de 400 lts. por habitante, el contenido sólido se va reduciendo hasta aparecer en miligramos por litro o en parte por millón de peso. Expresado así las aguas de alcantarilla, pueden tener unos 800 mg/lt. de sólidos, de los cuales unos 300 estarán en suspensión y unos 500 en solución. Del total de sustancias sólidas, el 50% serán orgánicas y por consecuencia posibles de descomposición. Aunque la proporción de estas materias sea escasa en las aguas de albañal, según avance el ciclo de descomposición, el color será más oscuro y el olor más ofensivo. En cualquier fase de la descomposición, en el medio abundan microorganismos causantes de enfermedades.

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS Y ESTABILIZACION DE LAS AGUAS NEGRAS. La descomposición de la materia orgánica procedente de las excretas, es un proceso bacteriológico en el que intervienen bacterias aerobias, anaerobias y facultativas. Las primeras necesitan para vivir la presencia de oxígeno libre; las segundas se desarrollan necesariamente en ausencia del mismo, ya que lo obtienen por su facultad de descomponer.

la materia exiguada; las bacterias facultativas pueden recurrir a uno u otro proceso para desarrollarse. Estas bacterias no guardan relación con la ocurrencia de enfermedades en los habitantes de una comunidad, son elementos biológicos microscópicos presentes normalmente en las excretas y luego en los desagües, en número regular siempre que encuentran condiciones propias de alimentación temperatura, humedad y ausencia de antisépticos o desinfectantes.

La descomposición continúa hasta que la materia orgánica ha sido transformada en otra ya que no puede ser utilizada para el desarrollo y vida de las bacterias; se dice entonces que se ha ESTABILIZADO. La descomposición anaerobia es lenta y requiere semanas y aún meses para que esa estabilización sea completa, además es acompañada de olores fétidos, en cambio la descomposición aerobia no se acompaña de olores desagradables y su estabilización es variable y se cuenta por horas.

PROCESO ANAEROBIO: En esta sucesión de transformaciones, las bacterias anaerobias y facultativas se multiplican extremadamente, a la vez producen por descomposición de las materias que contienen carbono, bióxido de carbono, ácidos orgánicos y materia; de las proteínas y otras materias nitrogenadas forman amoníaco, aminoácidos, ácido sulfúrico y mercaptanos, éstos dos últimos seguramente los que más contribuyen a las emanaciones mefíticas. Algunos de los productos de descomposición anaerobia puede ser absorbidos por los vegetales,

con lo cual se contaminan y puede ser que mueran, o ser alimento de animales, en cuyo caso sus excreciones o sus cadáveres serán continuadores del ciclo. La figura 31, describe esta sucesión de fenómenos. Las materias sólidas estabilizadas después de la descomposición, de color obscuro, casi inodoras son conocidas con el nombre de humus.

PROCESO AEROBIO. Las bacterias estrictas y facultativas toman el oxígeno del aire o el disuelto en el agua para realizar este tipo de descomposición, lo que ilustra la figura 32,. Con frecuencia comienza el proceso por una degradación preliminar de las materias de descomposición fácil -- por anaerobiosis, pero sucesivamente ocurre la oxidación directa, con formación de más bióxido de carbono por respiración activa de los microorganismos, a la vez que se producen nitritos, nitrógeno y azufre, los que sucesivamente, por oxidación completamentaria, pasan a nitratos y sulfatos; estos compuestos son requeridos por los vegetales y de este modo el ciclo es constante. Obsérvese la curva de sentido inverso rotulada "reducción"; indica que, si la cantidad de oxígeno es insuficiente, puede ocurrir el retroceso o la descomposición anaerobia, con aparición de sus subproductos que son -- acompañados de malos olores. Se alcanza la estabilidad una vez que la demanda de oxígeno ha sido completamente satisfecha.

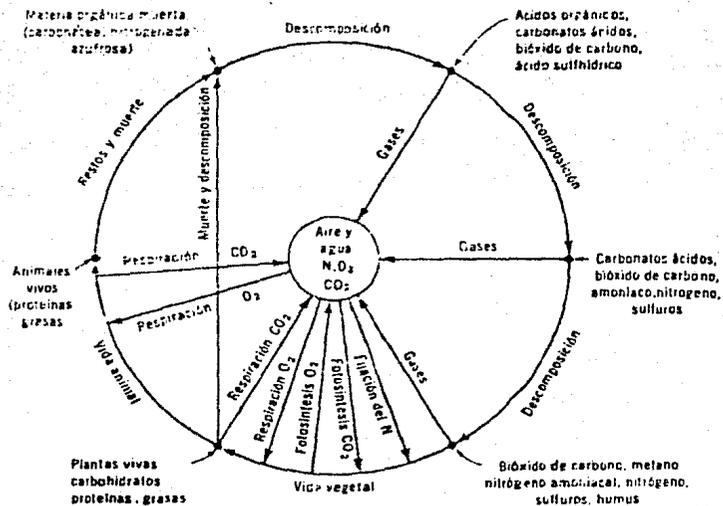


FIG.31 CICLOS DEL CARBONO, NITROGENO Y AZUFRE EN LA DESCOMPOSICION ANAEROBIA.

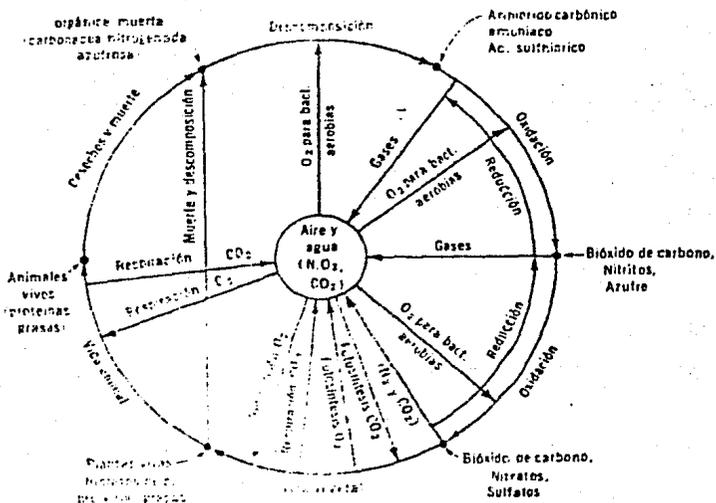


FIG.32 CICLOS DEL CARBONO, NITROGENO Y AZUFRE EN LA DESCOMPOSICION AEROBIA.

LOS CICLOS Y SU IMPORTANCIA. Estos ciclos son necesarios, ya que la vida en la tierra depende directamente de ellos. Para el Ingeniero Sanitario interesado en resolver problemas de evacuación y tratamiento de materias residuales, tienen su importancia, porque deberá en muchas ocasiones planear las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, -- donde los ciclos aerobio y anaerobio se utilizan bajo condiciones regulares para que las materias orgánicas pasen pronto al estado deseado de estabilización.

Los análisis de laboratorio sirven para conocer -- ese estado o la necesidad de más oxígeno para transformar la materia orgánica.

Estos ciclos continúan, no sólo en el agua de albañal, sino donde esté presente materia orgánica en condición i nestable.

El tipo de ciclo dependerá de la cantidad de oxígeno disponible, por ejemplo, en una porción de excrementos, una pila de basura o un cadáver, debido a que el oxígeno no -- puede penetrar a las partes profundas, se descompondrán por la vía anaerobia, con su imprescindible olor molesto.

Por otra parte, una pequeña porción de materia -- orgánica incorporada en gran cantidad de agua, en la cual hay gran cantidad de oxígeno disuelto, seguirá la descomposición aerobia.

PRESENCIA DE BACTERIAS COLIFORMES. Entre la gran variedad de bacterias presentes en los desagües se distinguirán las coliformes, especialmente la *ESCHERICHIA COLI*, que normalmente vive en el intestino del hombre y animales, y que por consiguiente, se excreta junto con las heces; las aerobacter aerogenes, que además de habitar las cavidades intestinales, se extiende por los terrenos y aún se halla en los vegetales y sus semillas; y la aerobacter cloacae, intestinal también y, como la anterior, se presenta en la tierra.

Estas bacterias coliformes no suelen considerarse patógenas, pero, como son demostrativas en los análisis de aguas, como indicadores de la existencia de contaminación. Las coliformes en el agua, materias de eliminación y materia orgánica en descomposición, se hallan en un medio que les resulta desfavorable.

La reproducción de estas depende de los factores ambientales y por ejemplo: en un desagüe en rápida descomposición es para ellos especialmente adverso; además su densidad irá en descenso según las aguas negras pasen por las estaciones de tratamiento. En una corriente relativamente pura, de acuerdo a las variaciones de tiempo y temperatura; la mortalidad se calcula en un 40% durante las primeras 10 hrs. y un 50% en cada lapso de 5 hrs. sucesivas. Si llega a cumplirse lo anterior se supone que el medio no sufrirá contaminaciones subsecuentes.

CONTAMINACION EN LOS RIOS: La descomposición de las materias orgánicas que contienen las aguas negras vertidas en un río, comienza en el momento de entrar en contacto, las dos corrientes, si la temperatura está por encima del punto de congelación. El agua contiene normalmente oxígeno disuelto, en una proporción aproximada de 7 p.p.m. (La solubilidad del oxígeno en el agua varía con la temperatura. A 20°C. es de 9 p.p.m., a 27°C es de 7.8 p.p.m.), cabe indicar que la descomposición de la vegetación y otros factores hacen que el contenido de oxígeno disuelto no alcance el punto de saturación. Si la cantidad de aguas negras es muy abundante, la materia orgánica utiliza pronto el oxígeno en solución y así comienza la descomposición anaerobia, caracterizada por sus condiciones sépticas.

Según la corriente avanza satisfaciendo las demandas de oxígeno, se va presentando el proceso aerobio, con lo que la corriente se hace más pura hasta alcanzar condiciones satisfactorias, obteniéndose casi el grado de saturación de oxígeno disuelto, esta recuperación está favorecida por la presencia de algas, las cuales al desdoblar el bióxido de carbono que utilizan producen oxígeno libre. Para los microorganismos patógenos provenientes de las excretas humanas estas condiciones no son favorables, pero algunos sobreviven y llegan muy lejos en su viaje corriente abajo. En consecuencia un agua contaminada no podrá ser inocua nuevamente si no está debidamente tratada.

CARACTERISTICAS DEL TERRENO CUANDO ES CONTAMINADO POR EXCRETAS HUMANAS. El terreno ofrece importantes características en relación con las materias de desecho que en él se depositan: en la capas superficiales abundan microorganismos, pero ésto se modifica por la naturaleza de la tierra, la cantidad de materia orgánica que contiene y la profundidad con respecto a la superficie. La actividad bacteriana disminuye con la profundidad, hasta el punto de que en 1.5 a 3 m. es muy escasa y nula a los 4 m. con excepción si hay grietas que comuniquen el lugar con la superficie.

Casi todas las bacterias del suelo son saprófitas, lo que quiere decir que viven de materias orgánicas muertas. Las patógenas no hallan en el suelo las condiciones favorables para su existencia, de modo que mueren pronto, sin embargo, se cuentan ciertas excepciones a esta regla, como es el caso de las esporas del Tétanos, del Carbunco y de la Gangrena Gaseosa, las que se mantienen en el suelo durante tiempo prolongado.

La tierra es un filtro, ya que si en ella se descargan las aguas residuales con elementos sólidos en suspensión, las bacterias quedarán adheridas a los terrenos o a los intersticios entre las mismas. Si la cantidad de oxígeno libre es suficiente, ocurrirá la descomposición aerobia de la materia orgánica presente.

La tierra se impregna de bacterias, las cuales influyen sobre los sólidos orgánicos disueltos, al pasar los desechos por ella, por otra parte, si la cantidad de oxígeno --

libre es insuficiente, aparecerán las condiciones del proceso anaerobio, con lo cual el terreno tomará un color oscuro, acompañado del olor fétido característico, en cambio si las descargas son intermitentes, será más probable que se presente el proceso aerobio.

La filtración a través de la tierra no es suficiente para la eliminación de los detergentes no biodegradables, se ha comprobado su permanencia en manantiales contaminados, hasta el punto de formar espuma en el agua salida de las llaves, estas han tomado ligeros sabores, aunque hasta ahora no han causado problemas con respecto a la salud.

La tierra se utiliza de varias maneras para la eliminación de materia fecal y aguas residuales. Con las letrinas a campo raso, la materia fecal queda despositada directamente a nivel del suelo, en algunos casos se disponen en una zanja o pequeño pozo; los desagües se vierten en pozos pozos llamados generalmente pozos negros, también en algunos casos se utilizan fosas sépticas que a su vez descargan en drenajes o simplemente se esparcen en la superficie, las aguas que sirven como riego. En todos los casos es conveniente saber hasta donde puede llegar la contaminación.

La materia fecal despositada en la superficie del suelo sufrirá la acción de la lluvia, lo que obligará que una parte de la materia se filtre a capas profundas, en tanto la otra parte, avanzará hasta encontrar una corriente o se filtrará a un pozo mal protegido. No hay que olvidar que la materia fecal depositada en la superficie del terreno está expuesta al contacto de moscas, roedores, cucarachas, etc., y que éstos pueden ser vehículos de alguna enfermedad, así como el riego de posibles gusanos parásitos.

Si la materia fecal se deposita en un zanja, los agentes de la tifoidea y de la disentería, no causarán riesgo ya que éstos no se trasladan en sentido horizontal por el terreno. Debe recordarse siempre que la contaminación, indicada por la presencia de bacterias, no tiene movimiento propio, sino que se mueve por ayuda de algún medio; por lo tanto, si a un pozo de una letrina descargan aguas de lluvia o de una corriente superficial, ocurriría una especie de lavado, cuyo residuo tomará una dirección descendente; ha sido observado que en los terrenos porosos los microorganismos de la fiebre tifoidea pueden ser arrastrados hasta una distancia de más de medio metro y los coliformes, en las mismas condiciones, hasta cerca de 2 metros. En tierras más compactas no llegan tan lejos, sino que quedan detenidos y destruidos a menor distancia.

Si un pozo de una letrina se extiende más abajo del manto de aguas freáticas, lo que deberá evitarse en lo posible, las condiciones serán diferentes, pues se producirá entonces el movimiento lateral del agua, en dirección hacia la materia fecal y fuera de la misma.

En investigaciones realizadas, se dispusieron letrinas perforadas con un $\phi = 0.375$ m. y 4.8 m. de profundidad en terrenos de distancias características, que variaron desde arena fina y la arena arcillosa, cerca de la superficie, a arena gruesa con poca arcilla en el fondo.

La profundidad del agua subterránea varía desde 1.5 m. a 3.4 m. por debajo de la superficie del terreno, y la

velocidad de la corriente de 0.9 m a 2.4 m. por día. Se perforaron pozos a varias distancias alrededor de la letrina, todos los días se depositó materia fecal sin corriente líquida; obteniéndose los siguientes resultados.

1.- Se encontraron colibacilos en los pozos situados a una distancia de 4.5 m. más abajo, en el declive a partir de la letrina, a los tres días. En las capas superiores, donde la velocidad del agua subterránea era únicamente de 0.90 m. por día, los colibacilos aparecieron a 3 m. al cabo de 5 semanas. Después de dos meses fué registrada la mayor distancia alcanzada por los colibacilos, a 7.5 m. había un número considerable y alguno que otro microorganismos a 10.5 sin embargo, a 4.5 m. no se encontró algún coliforme en las capas superiores. Después la obstrucción de la arena causó una disminución de los colibacilos, y a fines del séptimo mes prácticamente habían quedado confinados a la letrina. Este efecto de la obstrucción sobre el movimiento de la contaminación es conocido como "defensa".

2.- La contaminación química se desplazó con mayor rapidez y a mayor distancia que los microorganismos coliformes, alcanzando una distancia máxima de 24 m. También en este caso la "defensa" disminuye el recorrido.

- 3.- La contaminación de ambos tipos se desplazó según una corriente bien definida, limitada por agua sincontaminar. La corriente de contaminación colibacilar tendió a elevarse y - caer verticalmente con la elevación y descenso del manto freático. La corriente de los microorganismos coliformes alcanzó su máxima amplitud, de 90 cm. a la distancia de 4.5 m. a partir de la letrina, y después se estrechó mientras que los valores de la contaminación química fueron de 1.5 m. respectivamente.

Este estudio se llevó también a una letrina de hoyo de 2.60 m. de profundidad, que se extendía hasta el agua subterránea, atravesando arena fina. Aquí los colibacilos alcanzaron aproximadamente 3 metros de promedio en 3 ó 4 meses. -- En 10 meses se encontraron a casi 1.5 m. a partir del hoyo. - La máxima amplitud de la corriente fué de 1.2 m. a una distancia de 1.5 m. desde el hoyo. Sin embargo, la contaminación química viajó una distancia de 9 m. y a los 24 m. se encontró - gran contaminación química. Se advirtieron olores en la corriente a una distancia de 58.5 m. La máxima amplitud de la - corriente fué de 7.5 m. a 24 m. del pozo, y su profundidad alcanzo un máximo de 2.10 m. a los 6 meses. La corriente tendía a descender hacia el estrato impermeable que servía de lecho a la capa acuífera.

De las investigaciones mencionadas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1.- Las letrinas de hoyo de conducto perforado y los sumideros no deben penetrar en el agua - subterránea. Es recomendable que los hoyos -

terminen por lo menos a 1.5 m. por encima del manto freático, y los sumideros a 3m. Si estos requisitos pueden ser satisfechos, el riesgo de contaminación del agua subterránea es -- prácticamente nulo.

- 2.- Las elevaciones ocasionales del agua subterránea, causadas por copiosa precipitación pluvial, en el interior de hoyos o sumideros, caece de importancia, ya que la contaminación adquirida al elevarse las aguas será en el -- agua capilar, al descender el nivel de las -- aguas. En todo caso, la parecer, es necesaria una continua aprotación de bacterias al agua para que ocurra contaminación a gran distancia.
- 3.- Los pozos de abastecimiento de agua potable -- se abrirán siempre en un punto más elevado de la corriente de agua subterránea, en relación con el sumidero o la letrina. La distancia entre pozo y el posible foco de contaminación -- no tiene porque ser mucha; pero hay que recordar que si se bombea excesivamente el agua -- del pozo o se sobrecarga de líquido el sumidero o el hoyo de la letrina, por encima del manto de agua, podría ocasionar una transitoria reversión de la corriente.
- 4.- Cuando hubiere de perforarse un pozo situado en algún punto más bajo de la corriente de -- agua con relac ón a un posible foco séptico,

que penetre hasta el agua subterránea, la distancia será la más grande que se pueda. No habrá peligro de contaminación con organismos colibacilares si la distancia es mayor de 15 m. No obstante, si la corriente de contaminación química llega al pozo, sus efectos pueden advertirse, aunque tal contaminación no cause enfermedades graves.

- 5.- Se deberá tener mucho cuidado y considerarse no potable el agua subterránea que corre sobre piedra caliza u otra roca agrietada. Su inocuidad habrá de comprobarse mediante análisis de laboratorio; pero si se llega a construir una letrina, un sumidero u otro foco cualquiera de contaminación, aunque el agua fuese potable, esta podrá hacerse peligrosa.

SISTEMAS PARTICULARES DE ELIMINACION DE AGUAS NEGRAS.

Los sistemas particulares de eliminación de aguas negras, que se utilizan en las zonas rurales, generalmente reciben escasa atención y por consiguiente, estas instalaciones deben proyectarse de manera que exijan poco servicio de conservación y mantenimiento. El sistema no debe crear peligros sanitarios, ya sea por la contaminación del abastecimiento de agua potable o permitir el acceso a roedores o insectos que podrían servir como agentes portadores de enfermedades. Se tendrá que construir de tal manera que no ocasione molestias a la vista ni al olfato. Dentro de los sistemas particulares de eliminación de aguas negras los recomendables son:

- a).- Sin corriente líquida: letrinas.
- b).- Con corriente líquida: los tanques sépticos, también llamados fosas.

(En algunas regiones todavía se usan los sumideros, aunque éstos no sean todo recomendables).

GENERALIDADES.

En las zonas rurales, donde no se cuenta con el servicio de alcantarillado, éste se ha sustituido por la Fosa Séptica. Esta instalación cuando se le presta un servicio de mantenimiento adecuado resuelve en forma satisfactoria el problema de eliminación de pequeños volúmenes de aguas negras.

El establecimiento del servicio implica un abastecimiento suficiente de agua para que se justifique su uso.

La "Fosa Séptica" consta fundamentalmente de dos partes:

1.- Un depósito impermeable generalmente subterráneo al que se le llama "Tanque Séptico", construido según ciertos requisitos. Las aguas negras al ser vertidas en el tanque son retenidas tan generalmente como sea posible durante 24 hrs, si se trata de instalaciones residuales o de 8 a 12 hrs, cuando estos depósitos dan servicio a colectividades mayores. Durante el período de retención, los sólidos suspendidos en las aguas negras son eliminados por sedimentación en un porcentaje que varía del 60% al 70% y que se acumulan en el fondo del tanque. Sin embargo, algunos sólidos forman una nata faltante y ésta como el lodo sedimentado son atacados por las bacterias anaeróbicas que forman gases; a éste proceso se le llama "Digestión", durante el mismo, los microorganismos patógenos son en gran parte o totalmente destruidos, lográndose también que el volumen de la materia sólida disminuya y cambie su carácter que en un principio es altamente ofensivo.

El agua intermedia entre el sedimento y la nota, se va convirtiendo en un líquido clarificado; lo anterior se debe a que la masa en ausencia total de aire y de luz, favorece a la vida y reproducción de bacterias anaerobias, actuando éstas en la degradación de la materia y estabilizándola; a este proceso se le conoce como "Proceso Séptico". Con el cambio sufrido, las aguas adquieren una condición tal, que si se ponen en contacto con el aire se oxidan y se transforman en inofensivas, en este cambio intervienen otras bacterias que tienen su medio de vida en el aire, las aerobias.

2.- Una instalación para oxidar el afluente consiste en una serie de drenos colocados en el subsuelo de un terreno poroso y por los cuales se distribuye el mencionado efluente y se oxida al estar en contacto con el aire contenido en los huecos de dicho terreno. Esto es lo que constituye un campo de oxidación, el que en ocasiones se sustituye por un pozo de absorción.

LA FOSA SEPTICA: Los elementos que integran este sistema son:

- a).- **TRAMPA DEGRASAS:** Unicamente se colocan cuando reciben desechos de cocina, locales que den servicios a automóviles y en general a cualquier local que en su agua de desecho aporte grasas.
- b).- **TANQUE SEPTICO:** Elemento donde se desarrollan los procesos de sedimentación y sépticos.
- c).- **CAJA DISTRIBUIDORA:** Mejora el funcionamiento del campo de oxidación.

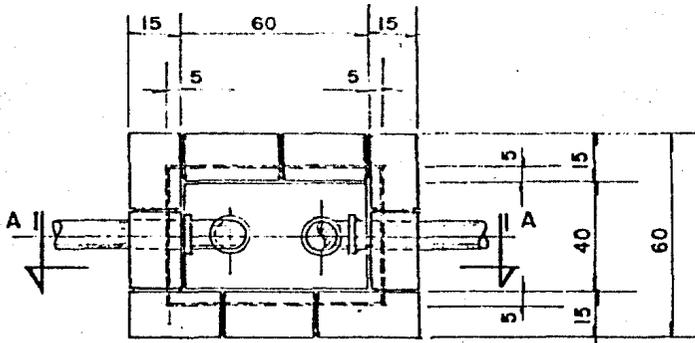
d).- FOZO DE ABSORCION: Será necesario en determinados casos, en sustitución del campo de oxidación. Por ejemplo, cuando no se cuente con una extensión permisible de terreno.

TRAMPAS DE GRASA: La grasa forma incrustaciones en los sistemas de drenaje difícil de remover y que decrecen la capacidad de éstos. Estos dispositivos son fáciles de construir y deben colocarse antes del "Tanque Séptico" además de contar con tapa para limpiarlos frecuentemente. Es preferible ubicarlos en algunos sembrados para mantener bajas temperaturas en su interior. Para determinar su capacidad se considerará, en general, el doble de la cantidad de líquidos que entran durante la hora de máximo gasto del influente. En pequeñas instalaciones la capacidad debe ser de 8 litros por persona y nunca menor de 120 litros en total. (fig. 33).

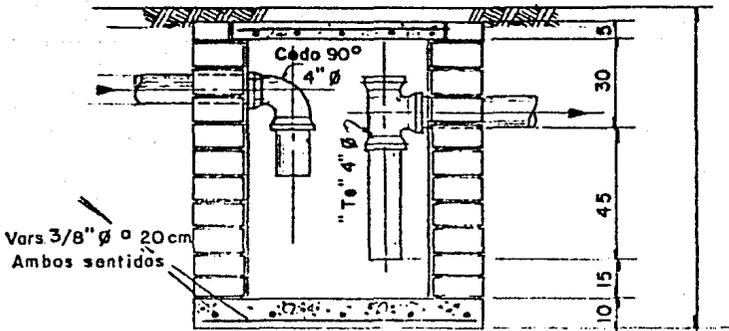
TANQUE SEPTICO. La capacidad de los tanques, debe ser tal que el agua aportada en un solo drenaje quede retenida 24 hrs., como promedio. En el cuadro XV, se expresan las cantidades requeridas según el número de personas al que se le dará servicio. Para elaborar este cuadro, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

EN SERVICIO DOMESTICO.- Una dotación de 150 lts/hab./día y un período de retención de 24 hrs.

EN SERVICIO ESCOLAR.- El número de personas para servicio escolar, se determinó para un período de trabajo ---



PLANTA



CORTE "A-A"

FIG.33

TRAMPA DE GRASAS
ESC. 1:20

CUADRO XV

PERSONAS SERVIDAS EN:		CAPACIDAD DEL TANQUE EN LITROS	DIMENSIONES EN METROS							
servicio doméstico	servicio escolar externo		L	A	h ₁	h ₂	h ₃	H	E	labique Piedra
hasta 10	hasta 30	1,500	1.90	0.70	1.10	1.20	0.45	1.68	0.14	0.30
11 a 15	31 a 45	2,250	2.00	0.90	1.20	1.30	0.50	1.78	0.14	0.30
16 a 20	46 a 60	3,000	2.30	1.00	1.30	1.40	0.55	1.88	0.14	0.30
21 a 30	61 a 90	4,500	2.50	1.20	1.40	1.60	0.60	2.08	0.14	0.30
31 a 40	91 a 120	6,000	2.90	1.30	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
41 a 50	121 a 150	7,500	3.40	1.40	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
51 a 60	151 a 180	9,000	3.60	1.50	1.60	1.80	0.70	2.28	0.28	0.30
61 a 80	181 a 240	12,000	3.90	1.70	1.70	1.90	0.70	2.38	0.28	0.30
81 a 100	241 a 300	15,000	4.40	1.80	1.80	2.00	0.75	2.48	0.28	0.30

escolar diario de 8 hrs., para diferentes períodos de trabajo escolar habrá de calcularse la relación que existe entre el período de retención y el período de trabajo diario escolar, relacionándola con la capacidad doméstica.

Los "Tanques Sépticos" suelen construirse en el mismo lugar, de tabique y concreto reforzado, en forma rectangular generalmente (fig. 34 a y b). El tanque se cubre con losas de concreto con "registros" que puedan quitarse con facilidad si se hace necesaria una inspección o para proceder a su limpieza. Deberán de cortarse las corrientes directas, colocando tubos T en el influente y efluente del tanque.

Se cuenta con tanques de otros materiales, como la fibra de vidrio o tubos de cemento; los primeros los venden casas comerciales y los segundos, se construyen, utilizando tubos de alcantarillado que varían de dimensiones (fig. 35).

Si el tanque vacía a un campo de oxidación de más de 150 m. lineales de tubería, se dispondrá de cámara y sifón. (fig. 36). La corriente de descarga con sifón se distribuye mejor y durante el tiempo de llenado se favorece la acción aerobia.

La cámara deberá tener una capacidad entre el 60 y 70% con respecto al tanque, con disposición automática para que descargue entre tres y cuatro horas.

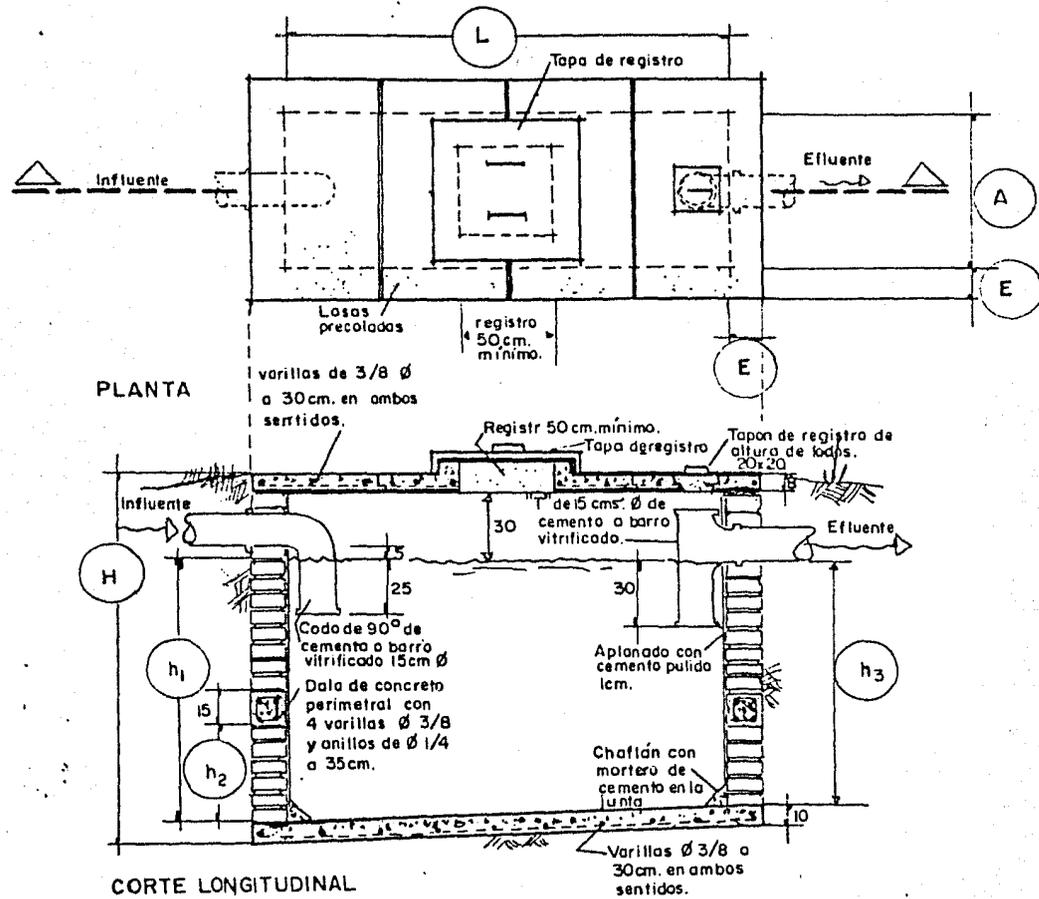
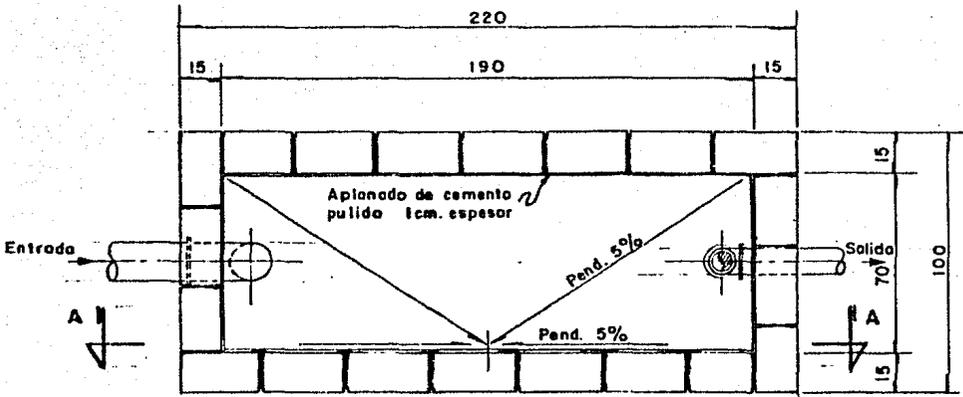
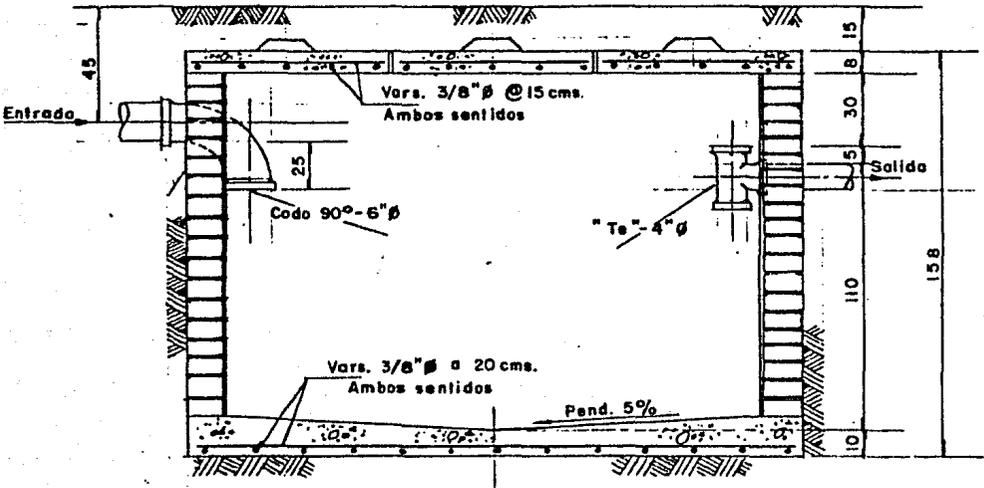


FIG.34(a) TANQUE SEPTICO TIPO.



PLANTA



CORTE "A-A"

FIG.34 (b).

TANQUE SEPTICO
ESC. 1:20

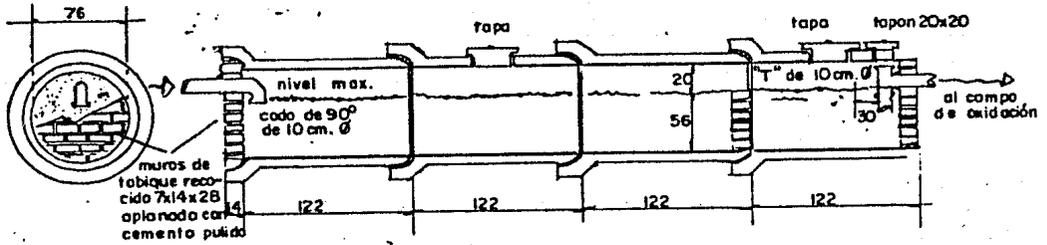
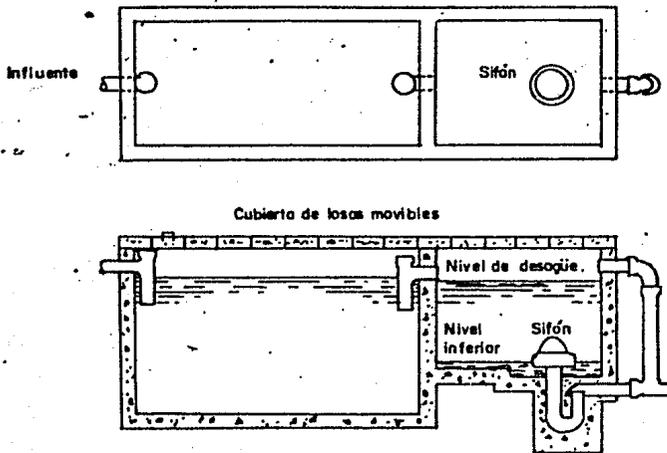


FIG.35 TANQUE SEPTICO TUBULAR PARA 10 PERSONAS.



FÍG.36 TANQUE SEPTICO. Con cámara y sifón.

Si el tanque tiene que descargar en tuberías de más de 350 m. de longitud, la cámara deberá estar provista de más de un sifón, para que descarguen alternativamente cada una en una mitad del campo.

La acción anaerobia dentro de los tanques desprende gases que debe ser conducidos al exterior; los extremos de los tubos "T" en el influente y efluente, permitirán que se tenga la ventilación deseada. En algunas ocasiones se construyen tanques dobles, algo más eficaces para la eliminación de materias sólidas en suspensión, lo que puede importar si el campo de oxidación está en un terreno muy denso. Un 75% de la capacidad del tanque se destina a la primera división. En los tanques de forma rectangular, la separación se construye de tabique junteado con cemento o cemento reforzado, con aberturas de comunicación con desviaderos o provistos de tubos "T" en el influente y efluente. Se dispondrá de losas para cubrir los.

TANQUES SEPTICOS DE GRAN CAPACIDAD: Se en la comunidad rural se unen varias casas habitación, o existe una escuela que aporte gran cantidad de agua, se dispondrá de un tanque de este tipo. Esto plantea el problema de calcular el gasto de aportación, lo que se resume en el cuadro XVI, donde están expresadas estas cantidades. Las capacidades de los tanques para desagües superiores a 15000 litros podrán determinarse mediante la fórmula: $V = 1125 \cdot 0.75Q$, en donde $Q = 150$ ls/persona/día.

Si estas aportaciones exceden de 50000 litros al día, se podrá disponer de un tanque de Imhoff, y si las cantidades son del orden de 400 000 litros diarios, deberá de pensarse en otro tipo de tanque de sedimentación.

MANTENIMIENTO DEL TANQUE.- Las cantidades comunes de detergentes, lejías y blanqueadores usados en las actividades domésticas no serán perjudiciales al funcionamiento del tanque; lo que no debe permitirse es que se viertan cantidades excesivas de desinfectantes, ni agua de lluvia debe penetrar en el tanque (interrumpiría al proceso anaerobio).- Los Tanques Sépticos deben limpiarse a intervalos que varían de 6 meses a 5 años según su capacidad. Si se deja que se acumule gran cantidad de sedimentos y nata, ocurrirá que broten o que se tape el influente o el efluente, con la consecuencia inundación de la casa habitación. Un tanque puede funcionar años sucesivos sin dificultad. La regla práctica es proceder a inspecciones anuales para determinar el volumen de los sedimentos. En los cuadros XVII y XVIII, se dan las cifras máximas de sedimento. La nata y el lodo superficial no debe estar en una capa más gruesa de 8 cm. por encima del tubo del efluente y tampoco el lodo sedimentado deberá estar a menos de 30 cm. de la boca del tubo del efluente (fig. 37). La limpieza del tanque se hace por medio de una bomba o mediante una pala para extraer el sedimento. El tanque no deberá ser limpiado por completo sino que se dejará cierta cantidad de lodo para que cuando se ponga en funcionamiento nuevamente el sistema, éste no tenga problema para efectuar un proceso anaeróbico; a esta parte de la limpieza se le llama "Siembra"; es recomendable que para tanque recién construidos se siembren con lodos de tanques cercanos.

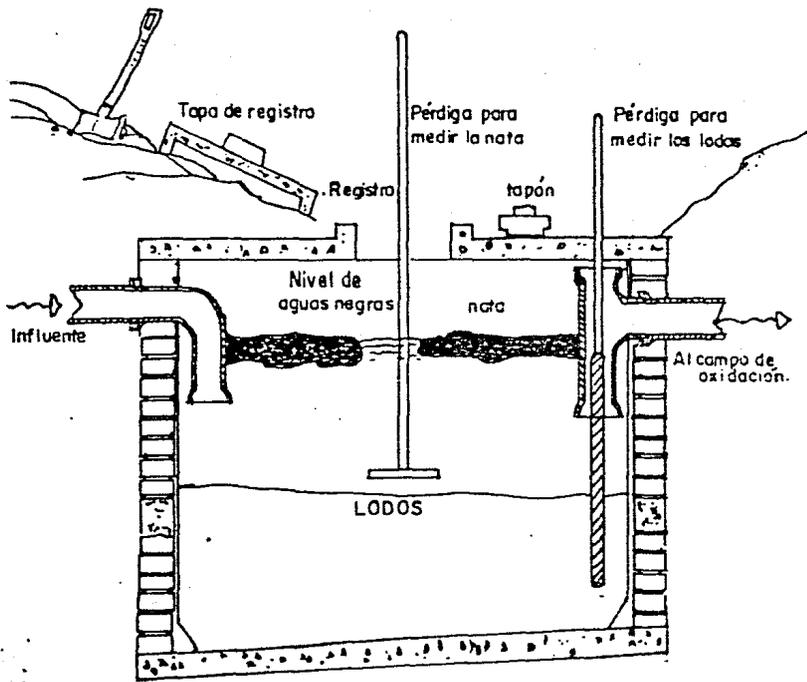
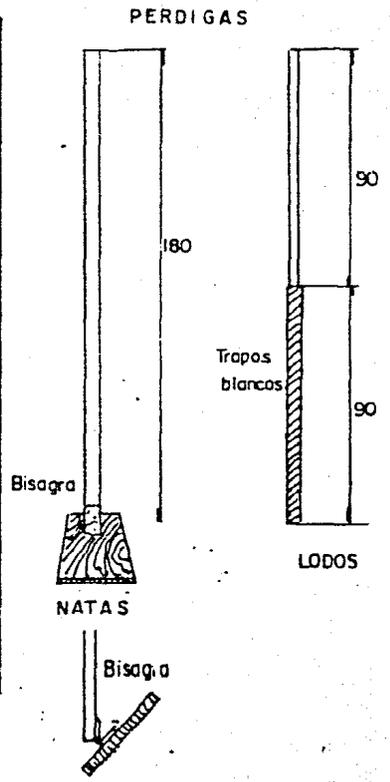


FIG. 37 MANTENIMIENTO



CUADRO XVI
APORTACIONES MINIMAS.

TIPO DE EDIFICIO	LITROS/PERSONA	FACTOR DE CONVERSION.
VIVIENDAS (mínimo 10 personas).	150	1
ESCUELAS (con comedor)	90	3/5
ESCUELAS (sin comedor)	45	3/10
FABRICAS (sin comedor)	45	3/10
CASAS DE CAMPO	120	4/15
COLEGIOS Y CUARTELES	300	2
HOSPITALES	600	4

CUADRO XVII
ACUMULACION MAXIMA DE LODOS SEDIMENTADOS.

CAPACIDAD DEL TANQUE	PROFUNDIDAD DEL LIQUIDO		
	1.0 m.	1.3 m.	1.6 m
	DISTANCIA DESDE EL FONDO DEL EFLUENTE AL NIVEL DEL LODO, EN CM.		
2000	27	38	52
2400	19	31	43
3000	15	24	32
3600	10	19	25
4000	10	15	20

TOMADO DE: Manual of Septic Tank Practice, Public Health Service Pub.

CUADRO XVIII
ACUMULACION MAXIMA DE LODOS SEDIMENTADOS.

CAPACIDAD DEL TANQUE EN M ³ .	PROFUNDIDAD DEL LIQUIDO EN CM.			
	75	100	125	150
	DISTANCIA DEL EXTREMO INFERIOR DE LA DESCARGA A LA CUSPIDE DE LOS LODOS EN CM.			
1.9	22	32	42	50
2.3	15	24	34	45
3.0	10	18	25	32
3.4	6	12	18	25
3.8	6	12	16	20

CAJAS DISTRIBUIDORAS: Estos dispositivos se consideran esenciales en el proceso de oxidación; su función es distribuir el efluente del tanque séptico uniformemente a los ramales.

Para que se cumpla lo anterior todas las salidas deberán colocarse al mismo nivel, en caso contrario unas se sobrecargan más que otras. Estas se sitúan después del tanque séptico, al que se unen por tuberías de juntas herméticas.

Se recomienda localizar la entrada a 5 cm. del fondo de la caja y los sólidos a 1 cm. del mismo. (fig. 38a, 38 b, y 38 c,).

El ancho de la caja no excederá de 45 cm. y su largo se determinará en función del número de salidas, considerando un espacio mínimo de 25 cm. entre los ejes de éstas. La caja puede construirse de fierro, concreto, mampostería, etc. Las paredes y el piso serán impermeables, además tendrá tapa movable para su limpieza, la caja nos sirve también para detectar el estado del tanque, ya que cuando se nota en ella la presencia de lodos, será necesario proceder a la limpieza del tanque séptico.

Si la longitud de tubería en los ramales pasa de 150 a 300 m. la distribución se hará intermitente por medio de un sifón. Si la longitud está entre 300 y 900 m. el campo se dividirá en dos o cuatro secc. con sifones alterados para alimentar cada sección.

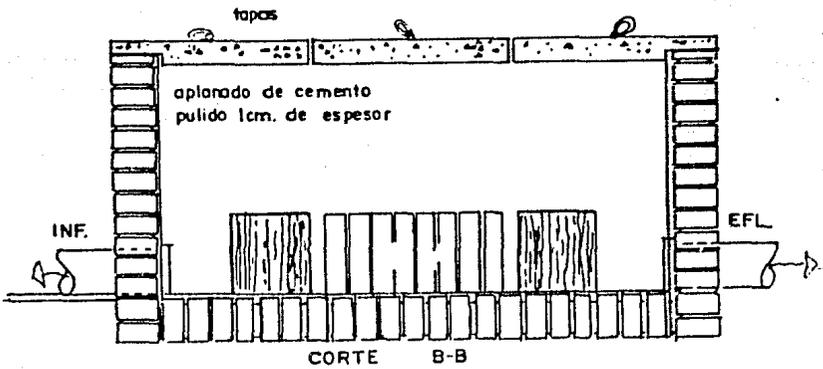
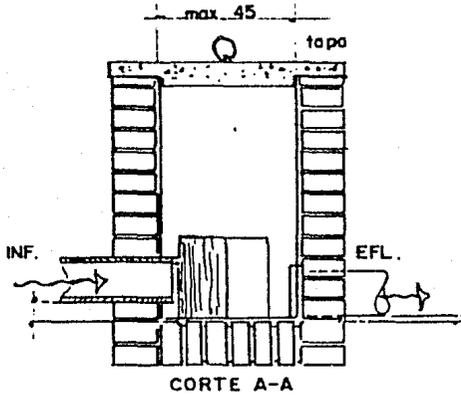
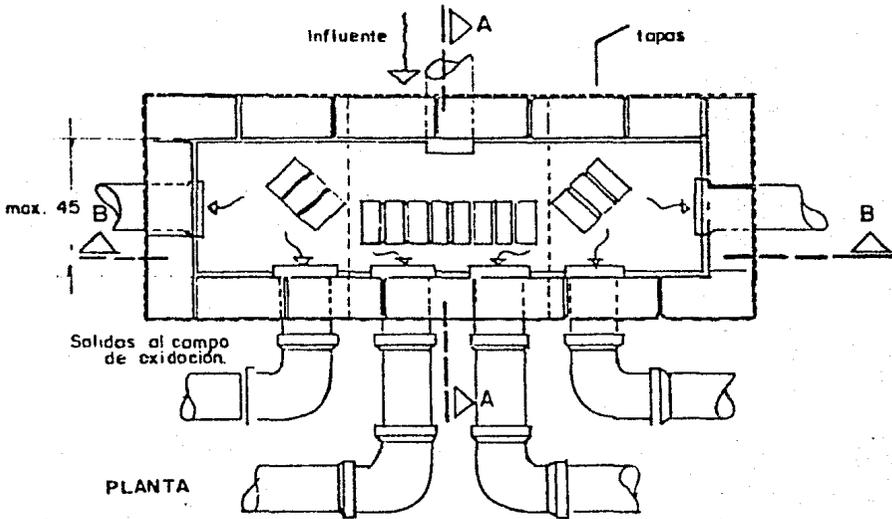


FIG.38(a) CAJA DE DISTRIBUCION TIPO.

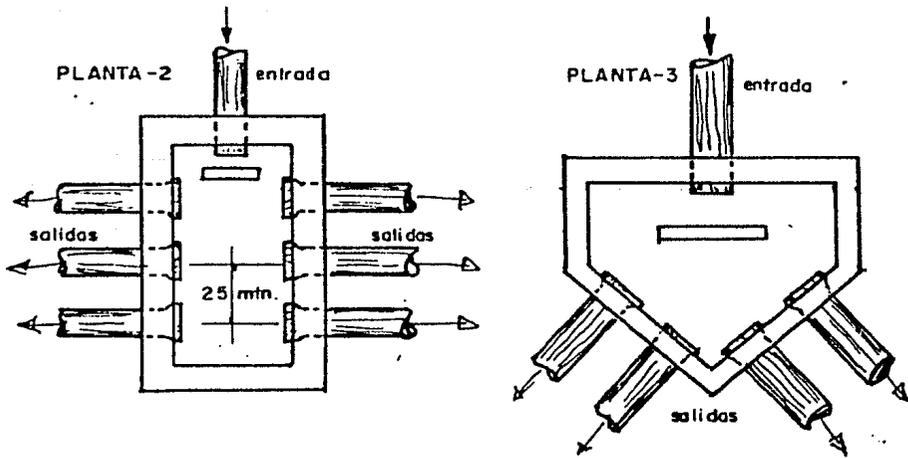
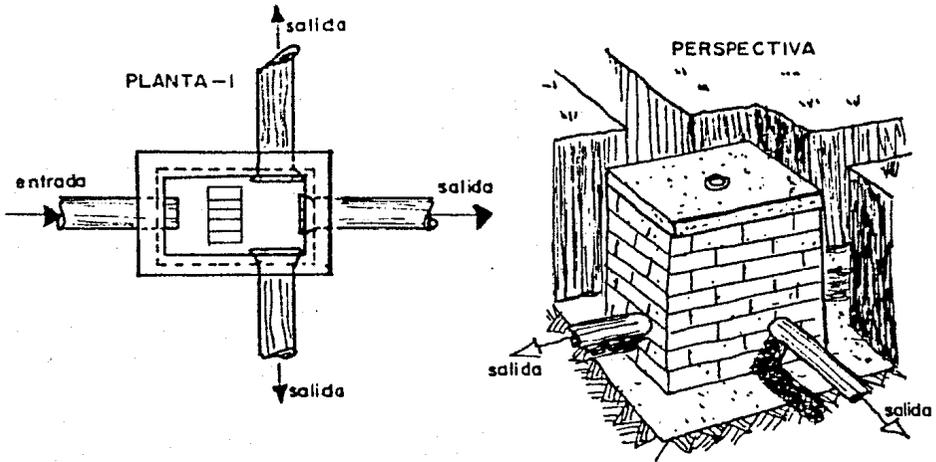


FIG.38(b) OTROS TIPOS DE CAJAS DE DISTRIBUCION.

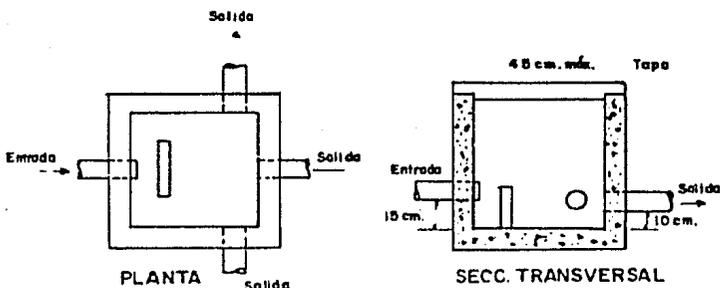


FIG.38(c) CAJA DE DISTRIBUCION.

PRUEBA DE INFILTRACION PARA CAMPOS DE OXIDACION:

En el sitio propuesto para campo de oxidación se deben verificar cuatro o más pruebas, en excavaciones uniformemente espaciadas (fig. 39), las pruebas se hacen en las siguientes etapas:

- 1.- Se hace una excavación de 0.30 m. x 0.30 m.- con paredes verticales, hasta alcanzar la -- profundidad proyectada para las zanjas de absorción.
- 2.- Se limpia con cuidado el fondo y las paredes del hoyo para eliminar superficies sucias o grasosas o material compacto durante la excavación que dificulte o impida la infiltra---ción del agua. Se extrae todo el material -- suelto y se deposita arena gruesa o gravilla fina hasta obtener un espesor de 5cm. en el fondo, lo que servirá de filtro para el agua.
- 3.- Se vierte agua en el hoyo hasta una altura -- aproximada de 30 cms. sobre la grava; en la mayoría de los suelos es necesario agregar -- agua, a modo de mantenerla dentro del hoyo -- durante 2 horas cuando menos y de preferen---cia toda la noche. Esta operación se hace para que el suelo presente condiciones similares a las que se tengan en la época de llu--via, por lo cual podrá modificarse según, -- condiciones locales.

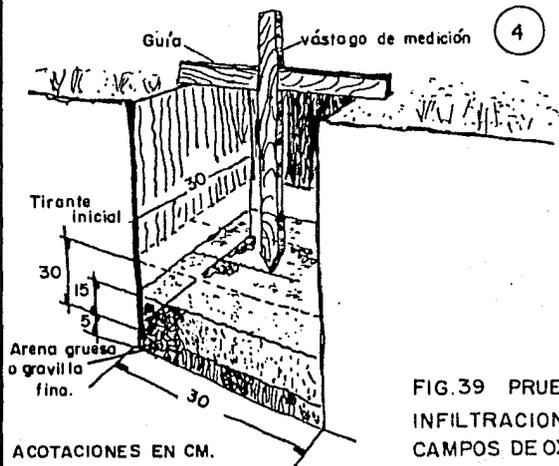
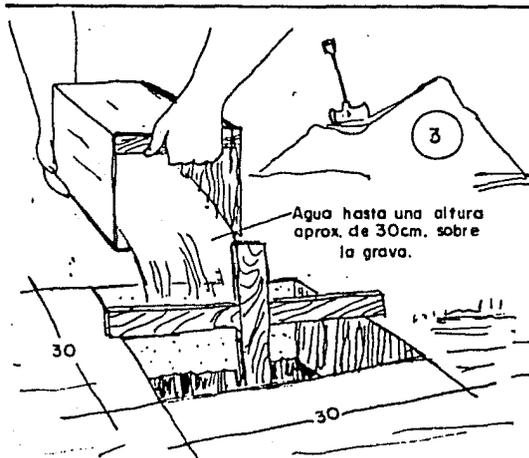
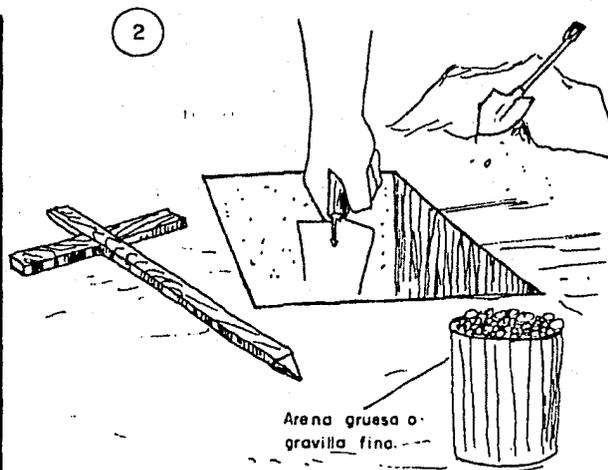
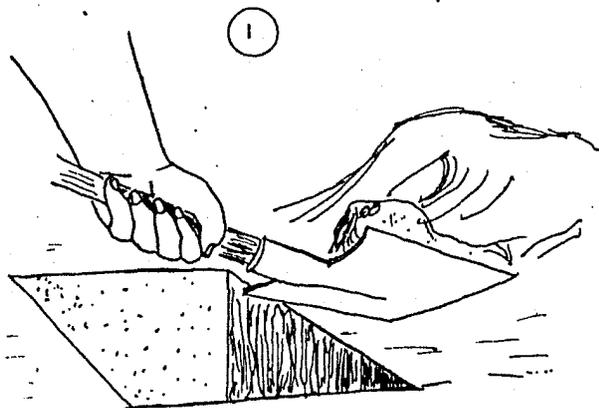


FIG.39 PRUEBAS DE INFILTRACION PARA CAMPOS DE OXIDACION.

El suelo arenoso de gran capacidad absorbente o que contenga poca arcilla, el procedimiento anterior no es esencial y la medida de la absorción se hará una vez que la primera agua se haya infiltrado totalmente.

- 4.- 24 horas después de haberse colocado el agua se observará en el hoyo. Si tiene un tirante mayor de 15 cm. la prueba indica terreno inapropiado. Si la cantidad es menor o el agua se infiltra totalmente agréguese la superficie hasta obtener un tirante de 15 cm. sobre la grava. Debe observarse enseguida el tiempo que tarda esta agua para infiltrarse totalmente.

La determinación del tiempo promedio que se requiere para que el agua baje 2.54 cm. se obtiene dividiendo el tiempo entre el número de pruebas.

LO ANTERIOR SE BASA EN LA MEDIDA DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION.

a).- Según el U.S. Public Health Service:

- 2.1).- Si el agua agregada no se ha infiltrado totalmente, ajuste la profundidad del líquido a 15 cm. sobre la gravilla. Tome un punto de referencia y mida el descanso de nivel -

para un período de 30 minutos. La cantidad que baja se usa para el cálculo de la capacidad de absorción.

- a.2).- Si el agua agregada se ha infiltrado totalmente, agregue agua clara hasta tener 15 -- cm. sobre el nivel de la gravilla. Mida la caída del nivel cada 30 minutos durante 4 -- horas, restituyendo los 15 cm. cada vez.

El descanso que ocurra durante el período -- final es el dato con que se calcula la capa capacidad de absorción. Las otras medidas darán información para posibles modificaciones el procedimiento, según las condiciones locales.

- a.3).- En suelos arenosos y otros suelos en los -- cuales los primeros 15 cm. se infiltran antes de los 30 minutos, las medidas se harán a intervalos de 10 minutos para el cálculo.

b).- Según Salcato:

- b.1).- Una vez que el hoyo se haga, se pondrá 20 -- cm. de agua, si el suelo es compacto deje -- remojarlo durante 2 horas agregando agua adicional si es necesario. Si el terreno es poroso deje que se infiltre el agua y agregue otros 20 cm.

Determinése la capacidad de absorción.

b.2).- Use una tira de madera como se indica en la figura, utilizando un indicador, márquese los descansos del agua a cada minuto, si el agua se infiltra muy rápidamente o a cada 5 ó 10 minutos, si el agua se infiltra lentamente. Manténgase la profundidad del agua 10 a 18 cm.

b.3).- Cuando por lo menos 3 caídas son casi iguales la prueba termina. Usese el espacio y el tiempo empleado en el cálculo de la capacidad de absorción.

CUADRO XIX
ELECCION DEL SISTEMA DE OXIDACION.

Clase de Terreno	Sistema Recomendado Pozo de absorción.	Tubería	Filtro de arena.
Rápido	sí	sí	no
Mediano	sí	sí	no
Lento	sí	sí	no
Semi-impermeable	no	sí	no
Impermeable	no	no	sí
Si no requiere tra- tamiento de oxida- ción	no	Sólo en ca- so de terre- no semi-im- permeable.	siempre.
Costo inicial re- lativo	bajo	medio	alto

CUADRO XX
CLASIFICACION DE TERRENOS SEGUN SU
ABSORCION.

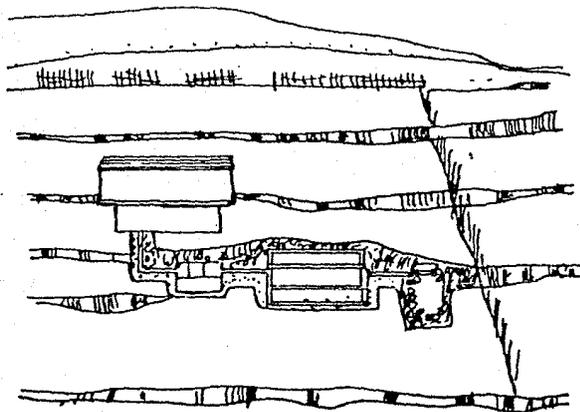
Tiempo de descanso en 25 cm. en minutos	Clase de terreno
0 a 3	Rápido
3 a 5	Mediano
5 a 30	Lento
30 a 60	Semi-impermeable
más de 60	Impermeable.

CAMPOS DE OXIDACION. Consiste en ramales hechos de tubos generalmente de concreto o barro vitrificado, sin juntar y/o perforados, con pendientes del 2 al 4 al millar con un máximo de 6.

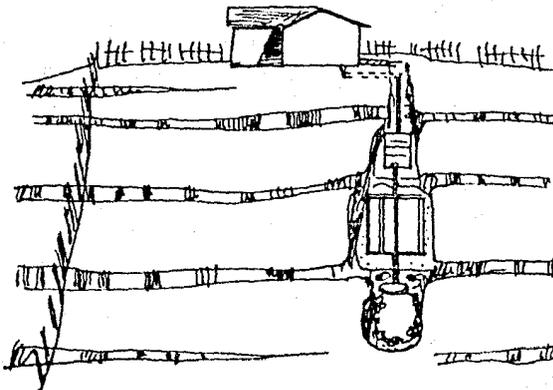
Pueden hacerse una gran variedad de diseños, dependiendo del tamaño y forma del área disponible, capacidad requerida y topografía (fig. 40).

La filtración elimina las materias en suspensión, y las bacterias aerobias del suelo, que obtienen oxígeno del aire en los poros del terreno, estabilizan la materia orgánica, suspendida o disuelta, con la cual entran en contacto. Es importante que el suelo receptor tenga buen avenamiento natural, sea permeable y de suficiente extensión. No son adecuados los terrenos de arcilla densa ni las formaciones de piedra caliza, ya que las grietas que en ella se forman dejan que las aguas negras no filtradas alcancen manantiales o pozos.

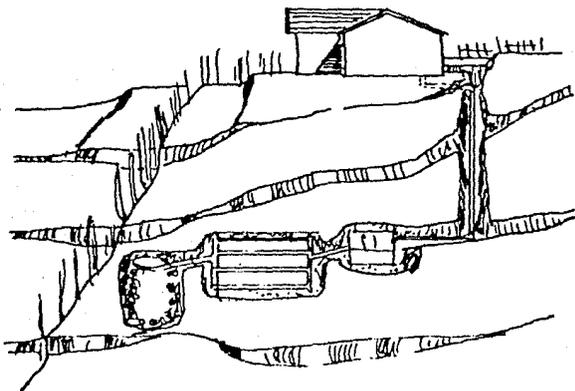
INSTALACION DE LA TUBERIA. La profundidad de colocación de esta tubería siempre será menor de 90 cm. con respecto al nivel superior del terreno. La profundidad media recomendada es de 30 a 60 cm. (con altos niveles freáticos puede reducirse a 20 cm.). Con esto se logra que el efluente de la fosa sea distribuida a la profundidad más conveniente y se infiltre en el terreno (fig. 41).



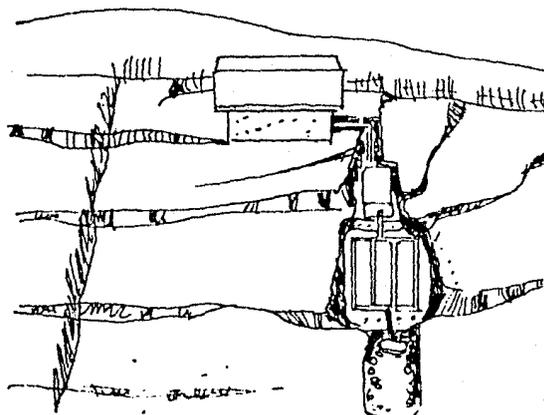
TERRENO ASCENDENTE UNIFORME



TERRENO DESCENDENTE UNIFORME



TERRENO DESCENDENTE OBLICUO.



TERRENO ASCENDENTE OBLICUO

FIG. 40. Localización recomendable según la topografía del terreno. FOSAS SEPTICAS.

Deberá evitarse, la localización de campos de oxidación cerca de árboles, ya que sus raíces pueden llegar a tapar y levantar las tuberías. Sobre las juntas separadas se colocará papel alquitranado con objeto de evitar que el material de relleno de la zanja entre a los tubos y que suba la humedad, la pendiente de estos será mayor, mientras más poroso sea el suelo, pero nunca mayor del 1%.

El papel o paja que divide la tierra de la grava, evita que ésta se tape con tierra. Si se usa papel, en este caso no será alquitranado.

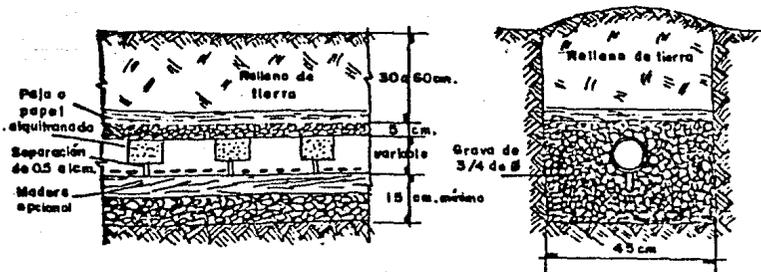
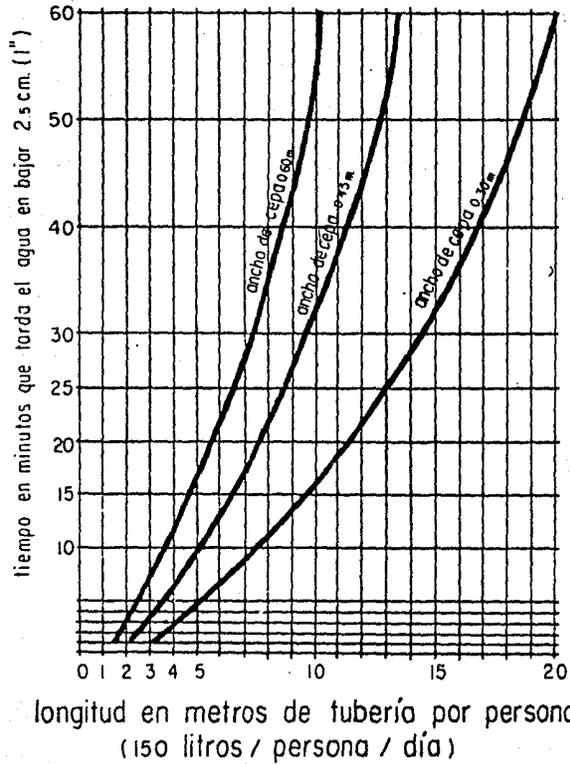


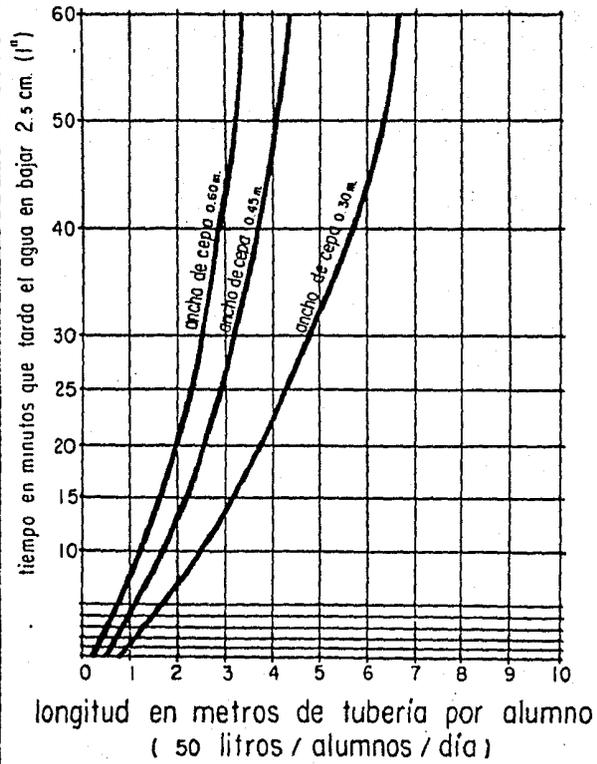
FIG.41 INSTALACION DE TUBERIA EN LOS CAMPOS DE OXIDACION.

GRAFICAS PARA CAMPOS DE OXIDACION

G R A F I C A N° 1



G R A F I C A N° 2

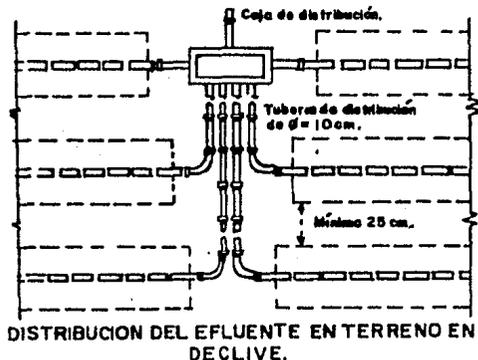
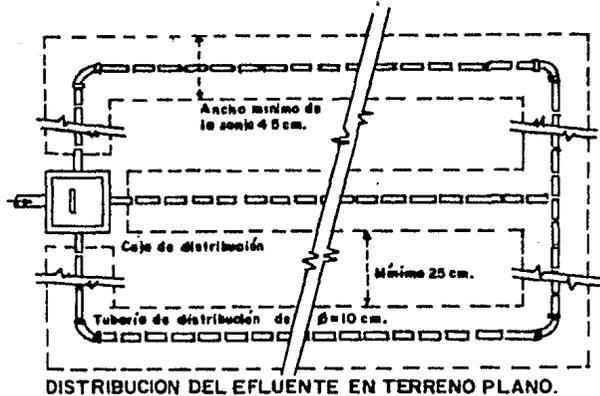


DISTRIBUCION DEL EFLUENTE DE TANQUE SEPTICO.

En la figura 42, se presentan las disposiciones de las tuberías para terrenos a nivel y para terrenos en pendiente. Se debe tener cuidado de que la distribución de los diversos ramales sea lo más uniforme posible, lo que se logra con la construcción de una buena caja de distribución. Durante la construcción se procurará que los orificios de los tubos de salida estén todos al mismo nivel, son sus puntos inferiores dentro de la caja.

Si se deseara poner fuera de uso una porción del sistema, se verá el modo de cerrar unas salidas, lo que es fácil con la obstrucción provisional mediante la colocación de un costal de arena en la o las salidas.

FIG.42 DISTRIBUCION DEL EFLUENTE DEL TANQUE SEPTICO.



Las salidas múltiples a un campo de descarga muy inclinado tienen un dispositivo especial, ya que es sistema común para un terreno plano podrían sobrecargarse algunos sectores y derramar los desagües en la superficie del terreno. El procedimiento especial deberá ser estudiado siempre que el desnivel del terreno pase de 15 cm. en cualquier dirección. (fig. 43).

No hay caja de distribución a no ser que se consideren necesarios varios sistemas separados, de modo que todo el desagüe pase de una zanja a otra. Si la primera queda inundada, se derramará a la que está más bajo a través de un conducto conjuntos herméticas. Como se indica, debe haber un mínimo de 1.75 m. de tierra sin remover entre las zanjas. El índice de absorción se ensaya de la misma manera que en la prueba de infiltración.

El fondo de las zanjas y su línea de distribución deben seguir desniveles convenientes. La parte más alta del tubo de salida debe estar por lo menos 5 cm. más bajo con respecto a la parte más alta del tubo de salida del tanque. Es necesario un recubrimiento de terreno por lo menos de 30 cm. además de la capa ya mencionada de paja o material poroso entre la tierra y la grava. En los terrenos con bastante pendiente hay posibilidad de erosión de la superficie, con la salida probable del agua de desagüe a la superficie del terreno. Esto se presenta, si la pendiente es de medidas superiores a las de una vertical por dos horizontal.

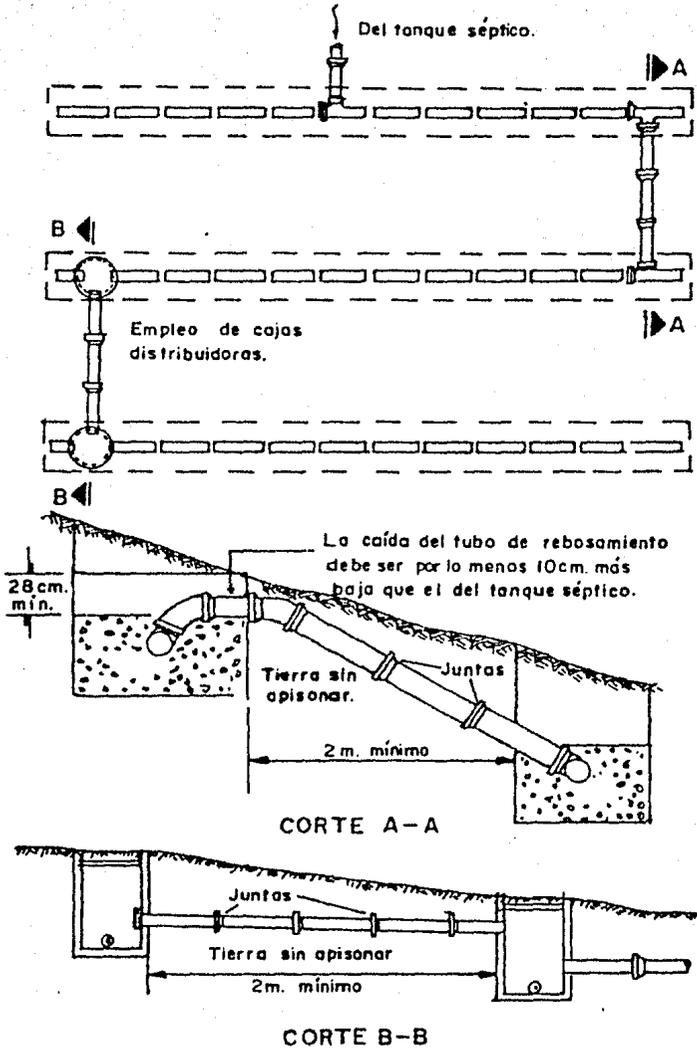


FIG.43 SISTEMA DE DISTRIBUCION DEL EFLUENTE DEL TANQUE SEPTICO.

CAMPOS DE OXIDACION EN TERRENOS INADECUADOS. -

Si a mas o menos 1.20 m. bajo de la superficie se encuentra arcilla, agua freática, roca sólida, fracturada tuneleada, los sistema comentados no son efectivos, la solución es construir un área con terreno poroso que tenga de 30 a 45 cm. de espesor. El terreno se construirá en capas de 15 cm. y se dejará estabilizar antes de excavar las capas.

Los límites del terreno se extenderán por lo menos 6 m. más alla del campo de oxidación, en todas direcciones.

El diseño del campo se basará en la suma de la absorción limitada más rapidos de evapo-transpiración que en general es igual a $20.37 \text{ l/m}^2/\text{día}$. Sin embargo, para determinar con mayor precisión el dato, deben hacerse pruebas locales.

Otro criterio de diseño consiste en llevar la prueba de absorción, hasta el punto de absorción constante más alla de 0.34 cm. en 60 minutos y hacer el cálculo en forma similar a los campos de oxidación para suelos porosos.

POZO DE ABSORCIÓN: Las aguas que provienen de las zanjac filtrantes, filtros subterráneos o cámaras de oxidación, operados debidamente pueden vertirse en un curso de agua, pero será conveniente clorarlas como una medida de seguridad, sin embargo, el medio más recomendable para su oxidación es la tierra y el método adecuado es el **POZO DE ABSORCIÓN**, en donde las aguas se filtran al subsuelo a través de las paredes y piso permeables, contruidos como se indica en la figura 44.

Las dimensiones y número de pozos necesarios dependerá de la permeabilidad del terreno y se diseñarán de acuerdo con la experiencia que se tenga en la región donde se construyan. Estos pozos no deberán utilizarse si hay la posibilidad de contaminar manantiales subterráneos, y en ese caso se pensará en otra decisión.

Se emplearan separados o cons sistemas de zanjac si hau temor de que no llegaran a funcionar adecuadamente, Se adaptarán bien, cuando las capas superiores del terreno sean impermeables, pero las inferiores deberán tener suficiente porosidad. La determinación de la capacidad de absorción tiene sus problemas; se logra mediante la excavación de un pozo hasta el estrato permeable, de superficie diámetro para poder practicar una prueba de absorción, se considerará como zona de absorción la zona vertical del pozo. Durante el tiempo de la excavación la zona deberá cuidarse y las paredes que

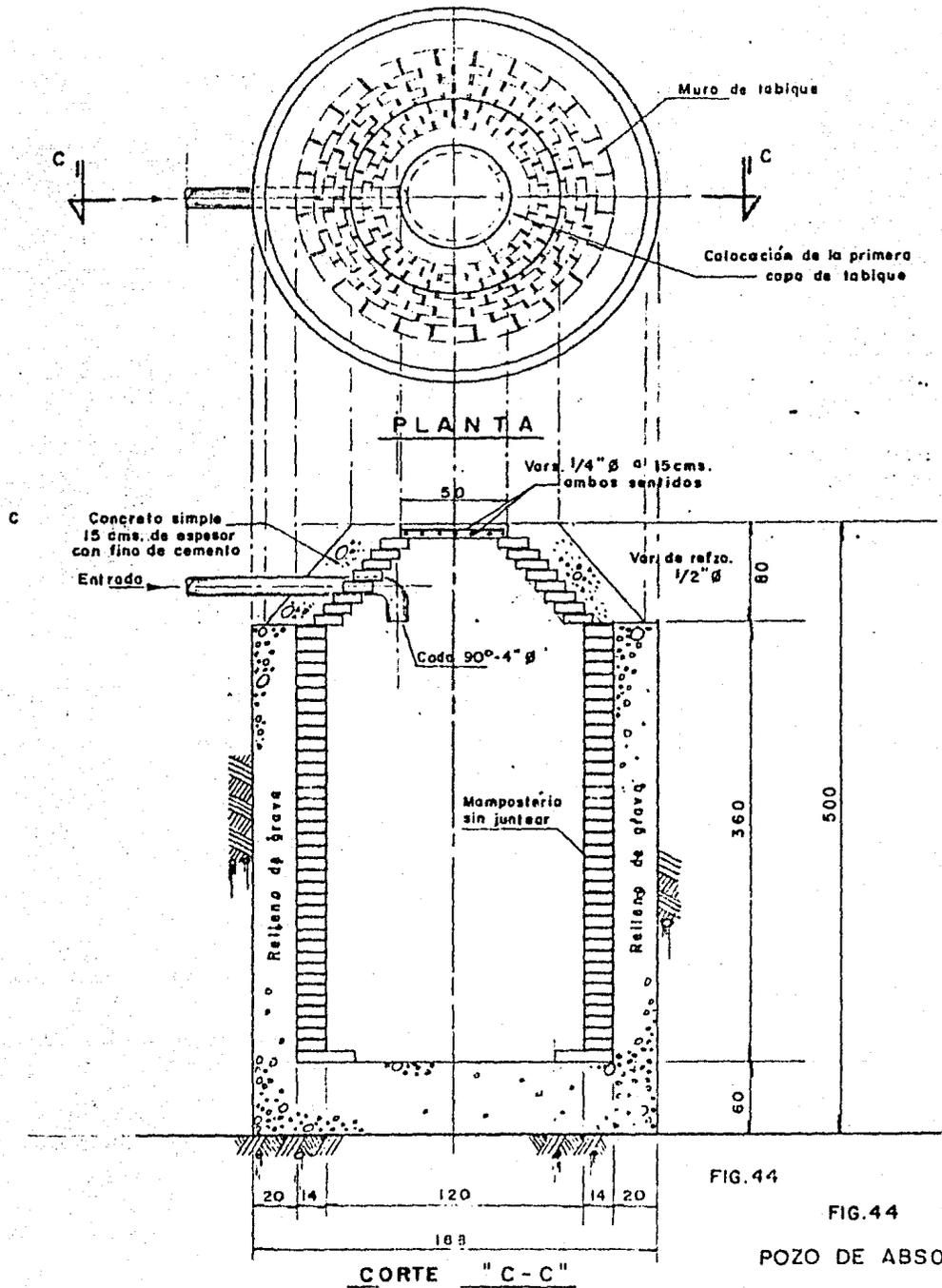


FIG. 44

FIG. 44

POZO DE ABSORCION

no queden aisladas, lo que se evita en parte con la precaución de afilar bien las hojas de los instrumentos de excavación. Los pozos excavados con taladros de paletas deben ser escariados con un punto cortante que extienda desde el fijo de la pala.

Los pozos se llenan a veces con agregado petreo de más de 5 cm. de ϕ . y recubiertas con ladrillo o piezas de cemento sin junteo; si se emplea revestimiento, el fondo del pozo se rellenará con gravilla hasta una altura de 60 cm. para servir filtro; en el espacio entre el revestimiento y la pared excavada se colocará balostio o grava de más 19 cm. de ϕ .

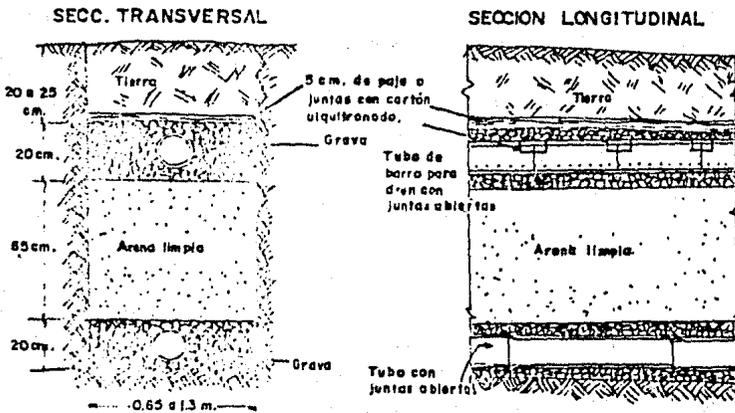


FIG.45 ZANJA FILTRANTE PARA CAMPOS DE OXIDACION.

MOTIVO DE FRACASOS EN LA EVALUACION. Se han registrado fracasos en estos sistemas. Se señalan por la aparición de agua de desagüe en la superficie del terreno. En algunos casos se deben a la acumulación de sedimentos de un tanque -- séptico que hubiese requerido su limpieza, en tanto en otras circunstancias puede atribuirse a condiciones desfavorables -- del terreno. Por otra parte, se han registrado después de cir-- cunstancias donde las pruebas de absorción indicaban terrenos favorables. Estos contratiempos han motivado más investigacio-- nes sobre dichas pruebas y sus limitaciones.

La principal causa de error de las pruebas de absorción es que se deben practicar en poco tiempo y con agua -- limpia. Es necesario considerar que la prueba está compuesta de dos acciones:

- La infiltración, mediante la cual penetra el lí-- quido en el suelo y al filtrado a través de él.

- La velocidad de infiltración depende de las ca-- racterísticas del líquido, en tanto la de filtra-- ción se relaciona con las del suelo.

Si se dirige una corriente continua de agua aun -- determinado terreno, primero hay descenso de la infiltración durante uno o varios días, según escapa el aire, en cambio -- aumenta en intervalos medidos en días, y sucesivamente vuelve a decrecer en pequeñas porciones con respecto a la cifra ori-- ginal. Este descenso lento está causado por los siguientes -- fenómenos, variables por las características de cada terreno:

- a).- Movimiento de partículas finas junto con el agua, las cuales obstruyen los intersticios.
- b).- Intercambio de iones, el cual afecta las -- fuerzas cohesivas entre las partículas y - deflocula ciertos materiales. Y
- c).- El aumento de volumen de las materias coloidales.

Incluso por simple agua como líquido de prueba, habrá multiplicación microbiana que obstruirá los poros y será obstáculo a la infiltración y filtrado. Indudablemente la sustitución del agua por el desagüe séptico aumentará la cantidad de partículas finas y favorecerá la multiplicación microbiana. El intercambio iónico y el aumento de volumen de la materia coloidal se relacionarán con la actividad química de los terrenos. Hasta el presente no se ha propuesto ninguna prueba ni método de examen de los terrenos que nos muestre de una forma verídica la absorción durante un período largo, aunque es evidente que un subsuelo compuesto de arena o grava fina, inerte químicamente, sólo se alterará por el movimiento de las partículas minúsculas o por la acumulación bacteriana.

Al no contar con una prueba más real que la actual de absorción, se deben tomar precauciones para evitar fracasos o, por lo menos, demorarlos. La más importante es la de dejar sin acción una porción del sistema, lo que supone penetración de aire, aparición de la degradación aerobia.

en las zonas obstruidas y digestión de los sólidos acumulados. Al faltar su natural nutrición, las bacterias desaparecerán. Este cambio de régimen requiere tiempo más prolongado que las variaciones horarias de desagüe. No debe confiarse en la acción acrobia de un terreno siempre saturado por la corriente capilar, lo que es inevitable si el sistema está a manos de un metro del manto freático. Por supuesto, la digestión anaerobia seguirá en ausencia de oxígeno hasta que el nutriente de las bacterias esté agotado durante un tiempo de descanso, lo que regenerará la capacidad de absorción del terreno.

Los resultados de las pruebas de absorción se han fundado sobre todo en los datos obtenidos de la parte inferior de las zanjias; sin embargo, las observaciones señalan que la infiltración por las paredes laterales es más importante de lo que se había tomado antes. En efecto, el fondo de la zanja se satura enseguida, con lo que su poder absorbente se reduce en extremo. La gran eficacia de las partes laterales deriva del mejor efecto filtrante de la grava fina según el desagüe se infiltra horizontalmente, con tendencia al descenso, por los niveles variables de los terrenos saturados en escala distinta por el flujo de nuevo material, en este caso la obstrucción debe esperarse pero más diferida. Estas consideraciones se confirman en el pozo de absorción, donde ésta es tan importante horizontalmente que el fondo queda en último término. Habrá fluctuaciones en el nivel de los desagües, con ascenso gradual permanente hasta que se sature, lo que impondrá la construcción de un nuevo pozo de absorción.

Deberán tomarse ciertas precauciones para favorecer la infiltración del terreno y evitar o demorar los inconvenientes, entre ellas se encuentran:

- 1.- En contacto con la superficie del suelo se extenderá grava fina, con fragmentos de menos de 6 mm. El material más grueso es de capacidad filtrante menor. Una capa de unos 3 cm. de arena gruesa entre la grava fina y el terreno es muy conveniente, pero aumentará bastante el precio de la construcción.
- 2.- Como dijimos, los procedimientos evitarán el "pulido" de las paredes del pozo, lo que reducirá la capacidad de absorción.
- 3.- Deberá contarse con períodos de reposo del sistema. Las cámaras con sifón podrán ser no construidos. El campo de descarga deberá dividirse en dos secciones, con cajas de distribución que permitan la desviación de las corrientes con intervalos de una o dos semanas.

CONCLUSIONES. Las conclusiones que deben deducirse de lo anterior son que es posible su aplicación a pequeños lotes de las comunidades rurales. El ingeniero sanitario deberá esforzarse para que se provean los sistemas adecuados de alcantarillado, pero si esto no pudiera ocurrir los sistemas que se usen deberán ser bien instalados., proyectados y construidos.

FILTROS O CARGAS DE ARENA. Las zanjas de arena podrán disponerse en el caso de que el terreno sea impermeable, siempre que haya longitud suficiente que permita el drenaje de las descargas y pase cerca una corriente donde ésta pueda desaguar. La fig. 45, representa la disposición de los tubos superiores de distribución, la arena y los tubos inferiores de drenaje. Es preferible que los primeros sean perforados y los inferiores sin juntear. La tubería superior deberá estar en pendiente de un 0.5%, en tanto la interior será de 0.5 a 1.0%.

Las zanjas deberán estar separadas un mínimo de 3.0 m. En el cuadro XXI, se dan las cantidades requeridas por el tipo de servicio.

CUADRO XXI
CARGAS PARA LOS FILTROS DE ARENA

TIPO DE SERVICIO	SUPERFICIE NECESARIA		
	m ³ . por dormitorio	Litros diarios por hectárea	Litros por m ³ al día
Sin triturador de desperdicios ni lavadora automática.	14	50 000	50
Con trituradora	16.5	41 500	41
Con lavadora automática	18.4	50 000	50
Con los dos aparatos	22	41 500	41

Las arenas finas se saturarán pronto, por lo que necesitarán cambiarse. Por lo mismo deberá preferirse la arena más gruesa, de preferencia entre 0.4 y 0.6 mm. de tamaño y coeficiente de uniformidad (Cu), 4.0. Como con frecuencia existe dificultad obtener arena de estas características, podrán emplearse tamaños hasta de 0.25 mm. Este material, deberá compactarse por inundación antes de extender los tubos -- distribuidores.

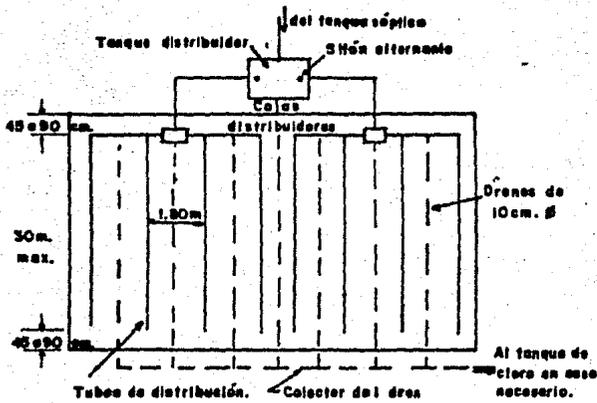
La grava deberá haber pasado la criba de 6 cm. - y retenida en la de 2 cm, se depositarán alrededor de los tubos. Otro material más fino (6mm.) podrá colocarse por encima y alrededor del más grueso. En la figura 42, se representa la distribución.

Estas zanjas de arena no son económicas si las instalaciones han de ser de gran volumen; entonces resulta preferible al filtro de arena en sábana. La regla aproximada es que esta disposición es preferible si la longitud total de los distribuidores requiere el empleo de sifones o es de longitud superior a 150 mts.

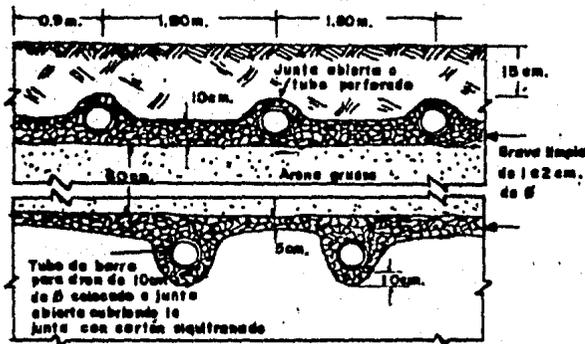
El filtro de arena es en realidad un lecho en el terreno relleno de este material, con las mismas características (arena y grava) que los del filtro de zanja. (fig. 46).

Deberán instalarse reguladores si el área total es de 75 m^2 . y la longitud total de los tubos distribuidores es superior a 100 m. Si el sistema de los mismos tiene más -

de 300 m., se aconseja extenderlas en más de un lecho, cada uno servido por un sifón.



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL

FIG.46 FILTROS SUPERFICIALES PARA CAMPOS DE OXIDACION.

Los descargas de estos filtros tienen que ser -
claras e inodoras si la construcción ha sido conveniente, de
las bacterias, se habrán eliminado; aunque podrán quedar mi-
croorganismos patógenos en alguna cantidad. Para más seguri-
dad, los efluentes deberán ser desinfectadas con cloro. La do-
sis acostumbrada para estas eliminaciones es de unos 6 mg/lt
(p.p.m.), para obtener un residuo de 0.5 a 1.0 mg/lt. (p.p.-
m.),. Estas dosis equivalen aproximadamente a 5 g. de cloro
por m³.

El gas cloro, comprimido en tanques metálicos, -
se distribuye en el líquido por medio de un clorador, sobre
todo en grandes instalaciones; en instalaciones más pequeñas
es más común el hipoclorito de calcio, con un contenido en -
cloro de 35%; se puede utilizar también el hipoclorito reac-
tivo con un contenido de 70% de cloro. Las soluciones de es-
tos compuestos se incorporarán inmediatamente antes de los mi
croorganismos patógenos. En la fig. 47, se representa uno de
estos tanques, con separaciones para facilitar la mezcla del
cloro y el líquido.

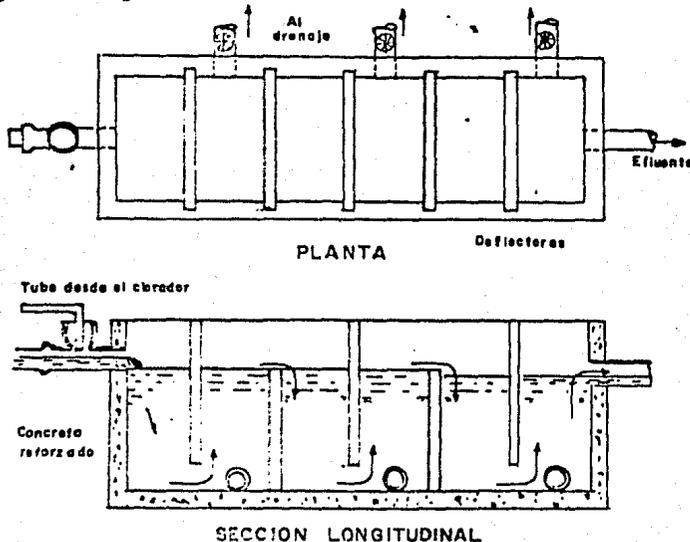


FIG. 47 TANQUE DE CONTACTO PARA LA
DESINFECCION CLORO.

FILTROS DE ARENA ABIERTOS: La presencia de mantos superficiales, de aguas o de terreno rocoso cerca de la superficie pueden dificultar la instalación de sistemas de tratamiento de aguas. La solución, sobre todo en las instalaciones extensas, podrá ser la de dos filtros de arena abiertos de tipo intermitente. (fig. 48).

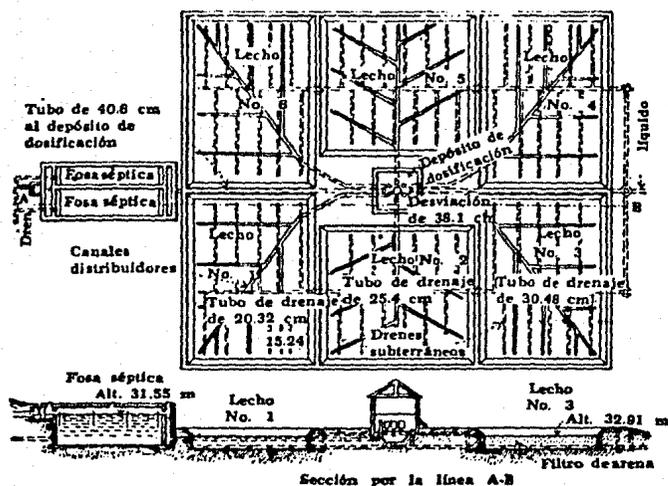


FIG. 48. Planta y sección de un filtro intermitente de arena, que muestra la localización central de la caseta de control

ELIMINACION DE EXCRETA SIN CORRIENTE DE AGUA.

Por ahora y probablemente durante muchos años todavía, en la inmensa mayoría de las viviendas rurales, las excretas habrán de ser eliminadas sin corriente de agua; lo cual es práctico, pero no siempre conveniente. Sin embargo, es posible tratar y eliminar las excretas, en forma que quede reducida al mínimo o eliminada la posibilidad de que se presenten enfermedades transmisibles en virtud de la contaminación del agua o por intermedio de vectores.

En las últimas estadísticas, se dan como resultado que las condiciones han mejorado en cierto grado, pero es evidente que queda mucho que hacer todavía. Hay que saber que muchas de las letrinas situadas fuera de las casas son insalubres, por ejemplo, los del tipo abierto que, en realidad, son prevalecen las mismas condiciones y también es parecida la situación en pueblos pequeños y en sectores sin alcantarillado de las grandes ciudades. (fig 49).

Requisitos.- El sistema conveniente de eliminación de heces ha de satisfacer estos requisitos:

- 1.- No debe haber posibilidad de contaminación del agua subterránea que alimente manantiales o pozos.
- 2.- No debe haber peligro de contaminación del agua superficial.
- 3.- No debe contaminarse la superficie del suelo.
- 4.- Las excretas no deben ser accesibles a vectores.

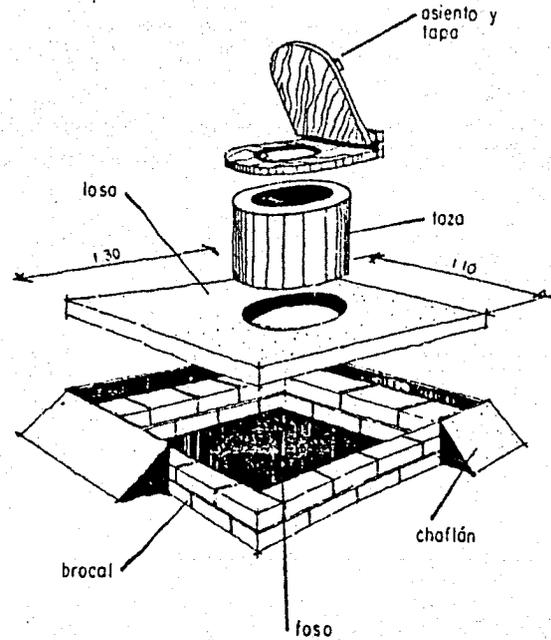
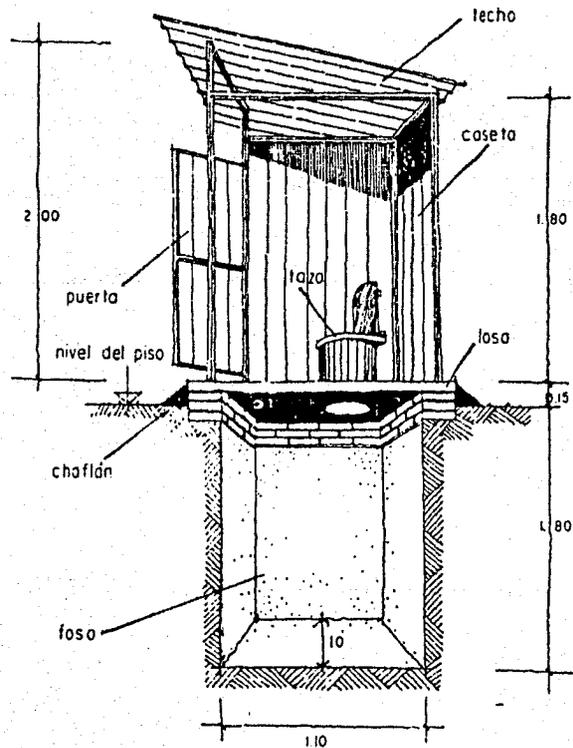


FIG. 49 Letrina sanitaria y sus elementos constitutivos. Subestructura.

- 5.- No deben producirse malos olores, ni las excretas quedar en la superficie.
- 6.- El método que se use debe ser sencillo y poco costoso, tanto en construcción como en funcionamiento.

GENERALIDADES. Para la construcción de las letrinas sanitarias tomaremos en cuenta las siguientes indicaciones:

- 1.- La disposición de excretas será de manera sencilla y económica.
- 2.- Serán utilizadas para viviendas y escuelas ubicadas en zonas rurales o semiurbanas sin abastecimiento de agua intradomiciliaria.
- 3.- Son recomendables en cualquier tipo de clima

CONSTRUCCION.

SUBESTRUCTURA. (fig. 49).

- 1.- Foso:
 - a).- Forma: Cuadrado, rectangular o redondo.
 - b).- Dimensiones: La excavación se efectuará considerando que tanto el largo como el ancho serán 0.20 mts. menores que las dimensiones de la losa. La profundidad es variable, pero se recomienda que sea de 1.80 mts. cuando las condiciones locales lo permitan.

c).- Tiempo en servicio; Dependerá de la frecuencia de uso y conservación de la misma; cuando el nivel del excremento llegue a 0.50 mts. de la superficie del suelo, se quitará la losa llenando el foso con tierra, cambiando la losa, taza y caseta a otro foso previamente excavado.

d).- Ademes: En terrenos flojos, para evitar derrumbes, habrá necesidad de ademar -- las paredes del foso utilizando materiales existentes en la región.

2.- Brocal: (fig.50).

Se construirá con material existente en la región, sobresaliendo del nivel natural del terreno 0.15 mts. chaflán.

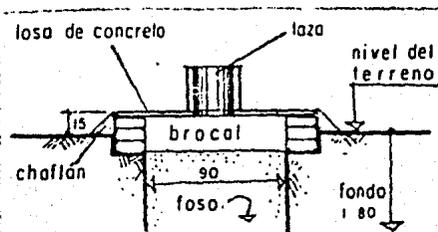


FIG.50 Brocal.

2.- Caseta:

Puede utilizarse prefabricada o se construirá con material existente en la región, procurando que sea lo más económico posible.

LOCALIZACION.

1.- Se localizará en terrenos secos y en zonas libres de inundaciones.

2.- En terrenos con pendiente, la letrina se localizará en las partes bajas.

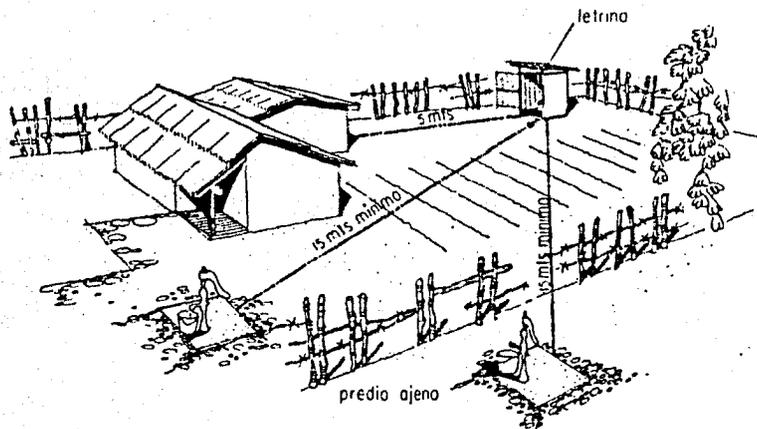
3.- La distancia mínima horizontal entre la letrina y cualquier fuente de abastecimiento de agua, dentro del predio o en predios vecinos, será de 15 mts.

4.- La distancia mínima vertical entre el fondo del foso de la letrina y el nivel del manto de aguas freáticas será de 1.50 mts.

5.- La distancia mínima entre la letrina y la vivienda será de 5 mts. (fig. 51).

LIMITACIONES.

1.- No es adecuada su instalación en suelos arenosos con aguas freáticas altas en cualquier estación del año

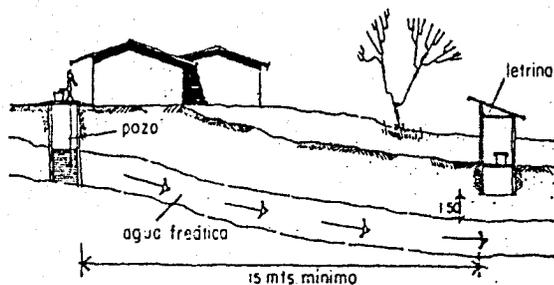


La localización de la letrina, con respecto a cualquier fuente de suministro de agua dentro del predio o en predios vecinos será de:

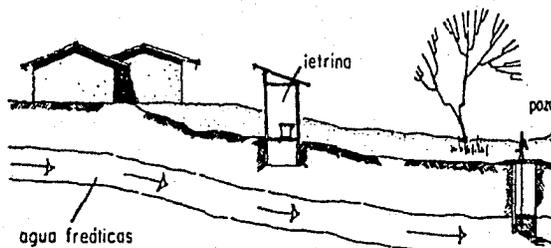
Distancia mínima horizontal	15.00 M.
Distancia mínima vertical al nivel freático	1.50 M.
Distancia mínima con respecto a la vivienda	5.00 M.

correcto

incorrecto



En el caso de terrenos en pendiente la letrina se localizará ABAJO del lugar donde se encuentra la fuente de suministro de agua.



La localización inadecuada, da lugar a la contaminación del agua del subsuelo y en consecuencia, de la que abastece el pozo.

FIG.51 Localización adecuada de los letrinas sanitarias.

2.- Si se construye un foso impermeable, deberá desecharse cuando se encuentre lleno, cubriéndolo con un espesor de 50cms. de tierra.

3.- No se recomienda instalarlas en zonas donde existan norias para el abastecimiento de agua, si no se hace previamente un estudio concienzudo de los suelos y de los mantos de agua subterráneos.

4.- Para un funcionamiento adecuado deberán observarse estrictamente las recomendaciones para su conservación y mantenimiento.

CONSERVACION Y MANTENIMIENTO.

1.- Conservarla bien limpia y libre de otros desechos.

2.- No utilizarla como granero o bodega, evitar que los animales domésticos entren o duerman dentro de la caseta.

3.- Cuando no esté en uso, mantenerla tapada.

4.- Arrojar dentro del foso los papeles sucios.

5.- No arrojar dentro del foso las aguas de lluvia, cocina o de lavado, ni basuras o cenizas.

6.- No poner dentro del foso ningún desinfectante.

7.- Si la tapa o el asiento se deterioran o descomponen, arreglarlos de inmediato para evitar la entrada de moscas al interior del foso.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Los principios expuestos en relación con el tratamiento de las aguas negras de las viviendas particulares tienen aplicación también a las de las poblaciones. Hay importantes diferencias por razón del mayor tamaño de las plantas y del volumen de agua que ha de ser sometida a tratamiento. En general las aguas negras procedentes de los sistemas de alcantarillado se vierten a una corriente para su dilución, pero a pesar de que éstas están construidas, aproximadamente por el 99.9% de agua y 0.1% de materia extraña, llega a cambiar las características del agua que las recibe.

Dilución.— La eliminación de las aguas negras por dilución ha sido un procedimiento usado en las poblaciones rurales, particularmente situadas en la costa, a lo largo de ríos o lagos. Como las poblaciones crecen el volumen de agua residual de dichas poblaciones a aumentado, por lo tanto se hace necesario un tratamiento previo, las materias contenidas en el agua negra se depositan en el lecho, impidiendo el crecimiento de plantas acuáticas; las de naturaleza orgánica se degradan consumiendo oxígeno del agua, produciendo malos olores, y sabores; las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y alcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas suspendidas (como fibras) pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas; los aceites y grasas flotan en la superficie o se adhieren a las plantas impidiendo su desarrollo.

Además es necesario disponer de grandes volúmenes de agua para eliminar las aguas negras en condiciones de inocuidad.

En general, se necesita un volumen de agua 20 a 40 veces mayor que el de las aguas negras; aún con este volumen de agua disponible, hay que tener en cuenta otras condiciones de la corriente, como su velocidad y profundidad.

La dilución que pueda obtenerse dependerá del grado de tratamiento que pueda darse a las aguas negras.

Ahora bien, para que el volumen de aguas negras que se descarga a una corriente no ofrezca peligros a la salud pública es necesario:

- 1.- Mejorar el poder de purificación de la corriente de agua.
- 2.- Evitar que llegue a ella en forma total o parcial la materia acarreada por los sistemas de alcantarillado.

Lo primero se logra:

- A) disminuyendo la velocidad del agua en la zona de descarga: ensanchando el cauce o de alguna otra manera.
- B) Regulando la formación de depósitos de lodos por canalización del cauce del río.

- c) Aumentando la aeración; provocando artificialmente, disturbios en el agua por medio de cascadas, remolinos, etc.
- d) Impidiendo que disminuya la cantidad de agua de dilución, como sucede en época de estiaje; - mediante obras de regulación.

Lo segundo, se consigue aplicando los procesos que se conocen como "tratamiento de aguas residuales".

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. La operación de eliminar la materia contenida en las aguas negras se dificulta por encontrarse una parte en solución y la otra en suspensión, en forma de sólidos que pueden ser sedimentables o no. Para realizarla existen diversos procedimientos que al aplicar se aislados o en conjunto permiten obtener diferentes grados de purificación de las aguas tratadas.

El tratamiento de las aguas negras debe equilibrarse con la capacidad de purificación natural de las aguas receptoras, de modo que el proceso resulte económico y útil.

Dado lo complejo del problema que representa el tratamiento de las aguas negras, resulta evidente que su consideración correspondiente exclusivamente a personal especializado en esta rama de la ingeniería.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Los procesos utilizados para el tratamiento de aguas negras se resúmen en el cuadro XXII.

TRATAMIENTO PRIMARIO	SE UTILIZAN	PARA
	rejillas gribas tritadores mecánicos.	remover materia gruesa flotante y en suspensión.
	Tanque de flotación o desnatado- gras tanques sedimentadores.	remover grasas y aceite.
	desarenadores tanques sedimentadores de acción simple, química tanque séptico tanque imhoff.	remover materias sedimentables.
TRATAMIENTO SECUNDARIO	bombas y tuberías para irrigación superficial tanques con arena.	remover estabilizar materia por dispersión y filtración verdadera.
	lechos de contacto sobre, madera, piedra filtros rociadores lodos activados.	remover y estabilizar materia en condiciones aerobias y mediante contacto con organismos vivos.
PROCESOS COMPLEMENTARIOS	Digestores calentadores precipitadores	acondicionar los lodos.
	lechos de secado incineradores	disponer finalmente los lodos.

TRATAMIENTO PRIMARIO. Las aguas negras suelen llevar arena y otras substancias inorgánicas, que hay que eliminar antes de continuar su tratamiento.

-1.- Rejillas:

- a) **Rejilla gruesa.** Es una rejilla de forma sencilla y conveniente, que consta de una parrilla de barras planas formadas por elementos rectos y paralelos, colocada en posición inclinada a través del canal e fluente. Las barras tienen entre sí espacios abiertos que miden de 1.5 a 2.0 cm. y se fijan en sus dos extremidades por medio de soldaduras a otras barras transversales, que se apoyan, respectivamente, en el fondo del canal y en una plataforma, perforada para drenaje, a donde se puede rastrellar la materia detenida por la reja.- Ayuda a la limpieza del montaje si se encorvan las extremidades superiores de las barras, como se ve en el croquis. Las barras, con dimensiones menores hacia arriba, deben tener una sección, de acuerdo con su longitud, tal que puedan soportar las fuerzas de manejo y de la corriente, además de la presión que causa la pérdida de carga al pasar el agua a través de ellas.

El área de la superficie sumergida debe ser tal, que la velocidad de la corriente a través de las luces no supere un metro por segundo. La materia removida es enterrada o quemada.

Las instalaciones grandes, donde sería muy pesada la labor de limpiar frecuentemente las rejillas a mano, están dotadas de mecanismos automáticos de rastrillo, impulsados por motor,. Hay otras donde la rejilla misma consta de cadenas sin fin, formadas de eslabones sueltos que pueden atravesar las ruedas dentadas en cada extremidad de su corrida. Al sumergirse estos eslabones, la materia detenida se levanta hasta la rueda superior, donde se remóvida por chorros de agua y cepillos auxiliares. Estas máquinas funcionan a voluntad o en forma automática, mediante mecanismos de reloj, si se quiere, o al alcanzar la pérdida de carga un valor prefijado. (fig. 52.).

b) Rejilla fina, (cedazos). Con las rejillas finas, o cedazos, se logra extraer de cualquiera suspensión cuantos se puede, --

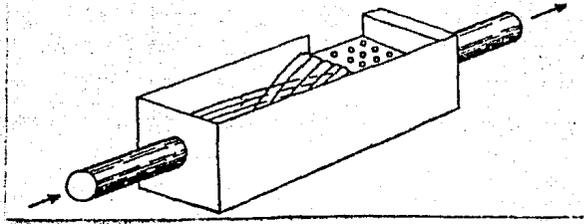


FIG. 52. Filtro grueso limpiado a mano

por métodos mecánicos. Constan de chapas ranuradas que, corrientemente, se hacen en forma de cilindro o disco, según el tipo. Este con eje inclinado, o aquél con eje horizontal, se sostiene y se refuerza con una armadura, la cual está apoyada sobre cojinetes en las paradas del canal, de modo que el montaje queda parcialmente sumergido en el flujo. Mientras los sólidos son sacados del líquido al pasar las luces bajo el nivel del líquido, por fuerza motriz, levantando así los sólidos detenidos hacia arriba. En la cima de su curso, la superficie se desprende de su carga por acción enjaugadora y la de varios cepillos auxiliares, completando un ciclo de su trabajo continuo. Los sólidos se dirigen a un depósito. Los cantos del cedazo se deslizan a juego suelto con el fondo del canal, de modo que está libre.

de mover el mecanismo, mientras que el líquido tiene que atravesar las luces de la superficie del ceño, sea éste un cilindro o un disco.

Con todo esto, el rendimiento de las rejillas finas no llega a más de 10 a 15 % de remoción de sólidos suspendidos de las aguas negras. Por eso, su adopción se limita a aquellos sitios en donde una clarificación pobre bastaría para fines locales. Las rejillas finas se usan con mayor frecuencia en ciertas industrias, cuyos desperdicios, llevados por las aguas servidas, muestran una alta carga de sólidos suspendidos, ya sedimentables o nadantes. Así, bien sea para el recobro de tales sólidos o para su disposición en cualquier forma, se ve la importancia de las rejillas finas en industrias de conservas, empacadoras, en fábricas de papel, de caucho sintético, en trapiches y otras muchas.

2.- Trituradores:

Hace algún tiempo empezaron a aparecer, conjuntamente con las rejillas, otros aparatos suplementarios con el propósito de moler o triturar los sólidos detenidos por las rejillas, de modo que pudieran ser devueltos al

flujo antes clarificado. Así, en tamaño reducido, eran destinados al tratamiento, en vez de disponerlos por separado. Pero todo esto necesitaba un ciclo complejo y costoso - en vista de la maquinaria auxiliar, de modo que tales dispositivos se han reemplazado mayormente por máquinas capaces de desempeñar el doble papel de rejillas y molinos a la vez. Estas se denominan trituradores, o se conocen por otros nombres descriptivos.

Un buen tipo de triturador es el denominado "conminutor" (fig. 53). Su elemento primario es un cilindro de chapas ranuradas, o de aros de ajuste apretado. Se le establece en el canal de entrada con su eje vertical y su canto inferior contra el fondo, sin fijarlo a él.

Las aguas negras, al pasar en sentido radial por las aberturas del cilindro, siguen clarificándose. Dentro del "conminutor", las aguas dan una vuelta hacia abajo y se vuelven al canal aguas abajo del aparato a través de una vuelta en U con poca pérdida de carga. De esa manera queda sumergido el cilindro y no se produce una velocidad excesiva a través de las aberturas. Mientras pasan las aguas, el cilindro se hace girar por fuerza motriz a buena velocidad. Por la fuerza de la corriente y por la acción en remolino, los sólidos retenidos se hallan apretados contra la

la acción en remolino, los sólidos retenidos se hallan apretados contra la superficie del cilindro y de un engranaje de dientes agudos que encajan en las luces, de modo que mucha materia va cortándose y disminuyendo de tamaño, hasta que puede pasar. Los sólidos que no pueden triturarse, y se pueden sacar del flujo para una disposición cualquiera.

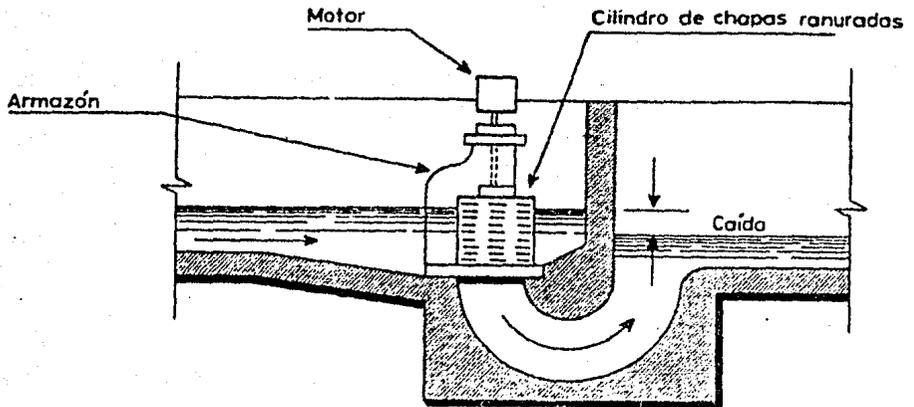


FIG.53. Triturador. Tipo COMMINUTOR.

3.- Tanques desarenadores:

Se hallan mucha materia arenosa o granular, en las aguas negras de sistemas colectores, bien unitarios separados, aunque es de esperar que la cantidad será menor en los sistemas separados bien contruidos. Esta materia debe ser extraída de modo que no cause incomodidades - tales como desgastes, obstrucciones, interrupciones y aun formaciones duras y compactas en los cienos, y deben tomarse las debidas provisiones para su disposición.

Con este propósito se construyen los desarenadores, los cuales constan de un estanque de sedimentación, donde, por control de la velocidad, la materia orgánica, que es de menor gravedad específica, se sostiene en suspensión - mientras la materia mineral, por ser de mayor gravedad, se deposita en el fondo.

Teóricamente, una partícula de alta gravedad específica suspendida en el agua se sedimenta a velocidad constante, según la ley de Stokes, que está gobernada por la fuerza de la gravedad y la resistencia debida a la viscosidad del líquido. Supongamos que, como en el croquis de la (fig. 54)., una partícula P caiga -

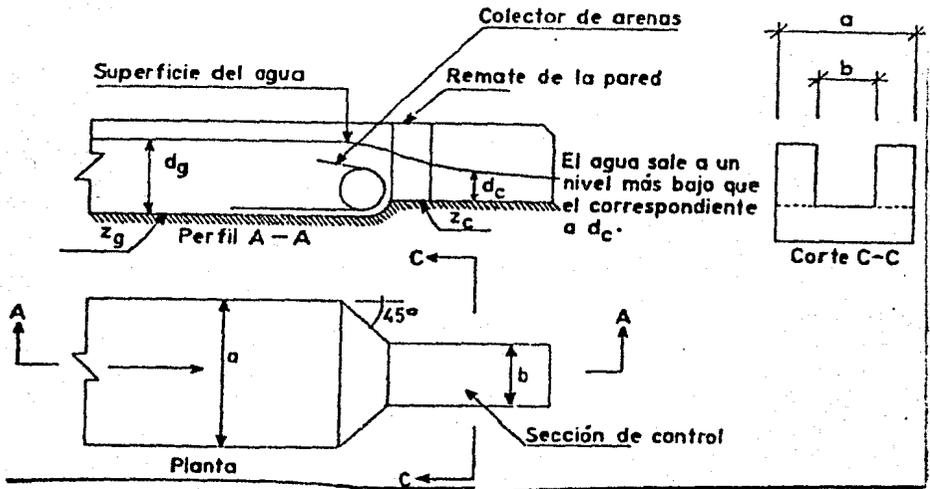


FIG. 54. Sección de control para un decantador.

una distancia d en un tiempo t con una velocidad de caída R , mientras hace la travesía l por ser llevada con una velocidad horizontal V , que corresponde al cociente Q/bd , siendo ésta la velocidad promedio a lo largo del estanque de sedimentación indicado.

Tenemos que:

$$Q = Vdb$$

$$= bdl/t$$

$$d = Rt$$

y finalmente

$$Q = Rbl.$$

Así, la teoría indica que mantenimiento Q - constante para cualquier valor de R (que es tardá fijado por el diámetro de las partículas que queremos remover), habrá una superficial bl inversamente proporcional.

O sea: el área bl será necesariamente mayor si se seleccionan partículas más pequeñas para ser extraídas, y viceversa. Además, no hace falta que la profundidad del estanque sea mayor que la que corresponde a la distancia vertical que ha de caer la partícula durante el período de su travesía o retención.

En la práctica, hay que tomar en cuenta muchos otros factores además de los teóricos. Después de todo, no podemos diseñar un estanque de dimensiones tales que varíen con el valor variable de Q , ni dejar de hacer caso de la desigualdad de las velocidades a través de la sección, en términos de la velocidad promedio, ni de la distribución casual de las partículas en el flujo ni pasar por alto muchas condiciones que distan mucho de ser las meramente ideales.

La experiencia enseña que un tanque desarenador de poca profundidad, de una sección y una longitud tales que la velocidad promedio del flujo esté comprendida entre 0.15 y 0.3 m/s., y el período de retención sea de un minuto aproximadamente, servirá bas-

tante bien para la remoción por gravedad de las partículas pesadas de un diámetro efectivo de 0.20 mm, o más. Es decir: puede depositarse mucha de la materia inerte y dejar pasar la materia suspendida que debe destinarse a los procesos de tratamiento.

Por cierto, no hay ninguna línea fija de división entre la materia de una u otra clase, ya que cada clase contiene sustancias minerales y orgánicas; pero es mucho mejor evitar dificultades mayores eliminando del flujo aquella materia que sea de condiciones relativamente inofensivas y fácil de manejar.

4.-Tanques de sedimentación primaria:

La sedimentación consiste en hacer pasar las aguas negras a través de un tanque de tamaño adecuado para que aminore la velocidad. Este proceso ha sido usado universalmente como tratamiento preliminar o único, cuando, para la eliminación definitiva de las aguas negras, se dispone de un copioso volumen de agua.

Los tanques funcionan en forma continua, y el período de retención de las aguas negras varía desde 30 minutos a tres horas, según su carácter y el tratamiento posterior que haya de dárseles. (gráfica No. 3). El cieno

o lodo puede ser eliminado o continuamente, con ayuda de palas mecánicas o aspirando a intervalos, de las tolvas del fondo. Los tanques sépticos y los de Imhoff son cámaras de sedimentación especiales.

a) La sedimentación simple. Con digestión separada del lodo, se usa mucho actualmente. Los tanques son rectangulares o circulares. Por lo regular, se construyen con mecanismos del lento movimiento, provistos de cangilones o paletas que extraen el lodo sedimentado y lo vierten en una tolva situada al canto o al extremo del tanque.

El mecanismo de extraer el lodo puede funcionar continuamente o en forma intermitente, como el operador juzgue necesario. Por lo regular, se incluyen también espumadores para eliminar o remover la espuma. El lodo pasa por gravedad o es bombeado a un tanque de digestión separado. Las obligaciones del operador de un tanque de esta clase son sencillas.

Ha de cuidarse que el mecanismo trabaje adecuadamente y que la extracción del lodo se haga con la debida frecuencia. El lodo viejo acumulado en el fondo del tanque tiende a levantarse y salir con el afluente del tanque.

Por otro lado, hay que tener cuidado que

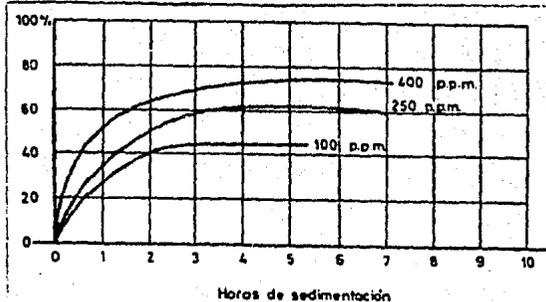
el bombeo del lodo se detenga cuando ya no haya lodo en el tanque, pues es altamente inconveniente extraer gran volumen de aguas negras al tanque de digestión del lodo. Las figuras 55 y 56 ilustran dos clases de mecanismos para extraer lodo.

b) La sedimentación química. El método consiste en agregar ciertos agentes a las aguas, antes que éstas entren en el tanque de sedimentación. Tales agentes tienen la propiedad de formar grumos densos y gelatinoso que sedimentan rápidamente, capturando y arrastrando la mayor parte de los sólidos suspendidos. Se usan cal, alumbre, sulfato ferroso y, sobre todo, cloruro férrico.

La cal se usa fundamentalmente para aumentar la alcalinidad de las aguas negras. La predipitación química tiene la ventaja de aumentar mucho la eficacia de la sedimentación, pero es costosa, requiere cuidadosa vigilancia química y produce lodo de gran volumen.

Ocasionalmente se utiliza en comunidades pequeñas.

Gráfico No.3. Remoción de
materias suspendidas
por sedimentación



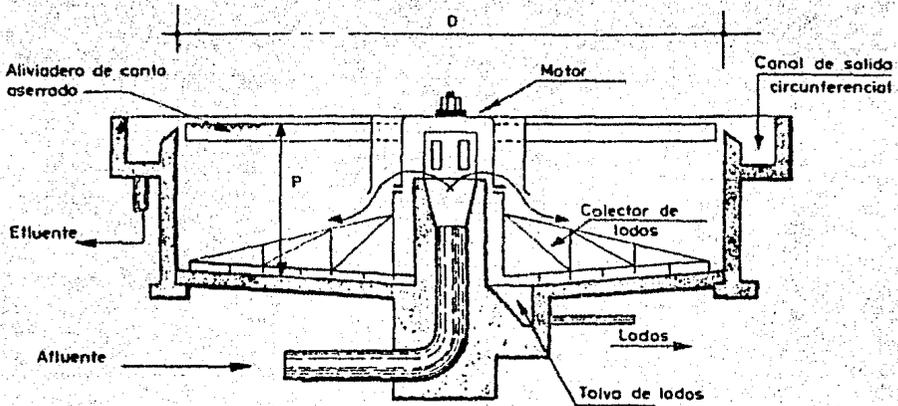


FIG.55. Tanque de sedimentación circular.

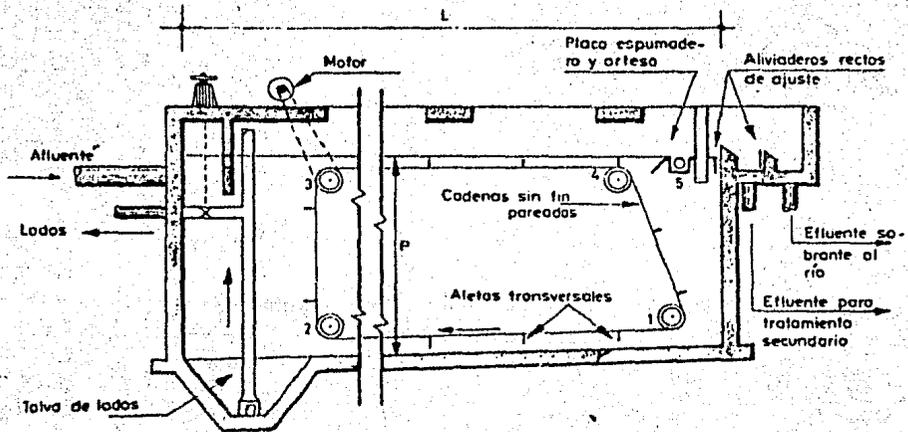


FIG.56. Tanque de sedimentación rectangular.

5.- Tanques sépticos:

Como ya hemos visto son usados, en las comunidades rurales. Estos tanques se proyectan para un período de retención de aguas negras de 8 a 12 horas y con una capacidad de retención de lodos de 60 a 90 dm³ por persona, pue en dicena rse con fondo en forma de tolva y tubos de salida que permiten la fácil extrac ción del lodo; en dicho caso, éste hab brá de ser removido por medio de una - bomba de diafragma. La evación parcial del lodo a intervalos de 4 a 6 meses - es más conveniente que el vaciarlo com pletamente, ya que si esto sucediese - tendría que ser "sembrado" con lodos - de otros tanques.

6.- Tanque Imhoff:

En la historia del saneamiento se ha es crito indeleblemente el nombre del in- geniero Karl Imhoff, por haber conce- bido el tipo de tanque de doble objeti vo que se conoce por su apellido.

Pueden verse tanques Imhoff de muchas - formas, rectangulares y hasta circula- res, pero siempre propocionan una o dos cámaras superiores, por las cuales pa- san las aguas.

negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior, donde la materia recibida por gravedad, permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica. De la forma del tanque se obtienen varias ventajas 1) los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo; 2) la forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerzan a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora. Los sólidos de las aguas negras se sedimentan en el fondo de la cámara superior, en el punto inferior de la cámara de flujo hay una hendidura, a través de la cual los sólidos sedimentados caen en la cámara inferior; esta última está provista de una trampa de gases, dispuesta en forma tal que los gases generados en la cámara de lodo en digestión no pueden penetrar en la cámara de flujo; la ventilación para gases está conectada con la cámara de lodos; el período de retención en la cámara superior es corto, pero no menos de 2 horas. La capacidad de la cámara inferior se calcula para que dé unos 90 dm^3 por habitante.

Alrededor de 1925, la digestión separada con calefacción ya había demostrado ser conveniente y económica, y en la actualidad ésta se emplea en todas las grandes plantas junto con tanques de sedimentación, con remoción continua de los lodos para la digestión; los tanques requieren mayor espacio de digestión en los climas fríos,. A veces, la ventilación del gas se obstruye por una espuma negra, en volumen tal, que tapona la cámara de flujo; esta espuma suele desprender malos olores, lo que en parte puede corregirse echándole cal, por los tubos ventiladores, aunque este procedimiento no suprime la formación de la espuma; esta operación se lleva a cabo como sigue: hay que añadir diariamente de 2 a 5 kilogramos de cal hidratada por cada millar de personas, hasta que se aprecie la mejoría, lo que podrá ser cosa de semanas; pero la corrección permanente se logra con extracción de cierta cantidad de lodo y luego lavado a presión, con manguera, de los tubos de ventilación; en algunos casos han dado resultado vaciar en las ventilas de gas, estiércol de caballo fermentado y estabilizado. El mismo procedimiento se pondrá en práctica si el tanque ha sido vaciado por completo.

El lodo del tanque se extrae a intervalos de cuadro a seis semanas; pero solo se extraen las capas inferiores, que ya habrán sido descompuestas por completo, dejando cierta cantidad de lodo para que sirva de siembra de bacterias anaerobias. El operador del tanque debe remover toda la espuma de la cámara de sedimentación, a intervalos por lo menos de una vez al día, - la mejor manera de eliminar la espuma es - colocarla en el interior de las ventilas de gas; a diario hay que agitarlas energícamenté, por medio de un dispositivo de - madera en forma de T, empujando hacia abajo la espuma parcialmente seca y liberando el gas retenido en la superficie de la ventila, si no se hace así, se forma un denso y profundo tapón de espuma en las - ventilas, que sería después difícil de eli - minar.

Hay que prestar cuidadosa atención a los - detalles señalados para aumentar la eficiencia de la planta y disminuir la producción de malos olores.

Estos tipos de tanque tienen su propio lu - gar en el tratamiento primario de las aguas negras, especialmente debido a la simplici - dad en su operación; en algunas situaciones normales, esta ventaja sola puede pesar más que cualquier otra.

Como todo dispositivo para un tratamiento primario, el tanque puede ser una parte de una planta para el tratamiento completo, y en el tal caso su compartimiento de digestión debe tener una capacidad tanto para los lodos secundarios, como para los que recibirá de la cámara sedimentación, sobre puesta.

En la figura 57 se muestra una forma de tanques Imhoff, con canales de entrada y salida tales que pueda, a voluntad, invertirse el sentido de flujo a través de las cámaras de sedimentación. Esta característica da como resultado mejor distribución de la materia sedimentable en el compartimiento inferior, donde los lodos tienden a acumularse en la tolva cabezal, según el sentido del flujo.

Las aguas negras entran por el canal de entrada "a". Abiertas las válvulas de entrada en un extremo del tanque y bajados los vertederos de ajuste en el otro, las aguas negras pueden dirigirse a través de las cámaras de sedimentación "A" en cualquier sentido; y, después de unas cuantas semanas de operar así, se invierte el sentido. Depositados los sólidos sedimentables, las aguas negras salen clarificadas por el canal de salida "b". Los sólidos se sedimentan deslizándose por las superficies lisas de las paredes inclinadas, atravesando la ranura estrecha hacia abajo, para -

depositarse en la cámara de digestión "B" donde permanecen, hasta que sean bien digeridos., más o menos treinta días. Los gases provenientes de la digestión suben por las ventosas de gas "D", debido a que las paredes solapadas impiden su paso a través de las cámaras de sedimentación asegurando así mejor rendimiento. Los sólidos digeridos se extraen bajo carga estática por las válvulas de lodos a través de los tubos laterales, en tiempo conveniente. Se dejan abiertos los extremos superiores de estos tubos, de modo que fluyan libremente los lodos y para limpiar los tubos a voluntad.

Procedimiento de operación: Al entrar en operación, un tanque Imhoff debe sembrarse para poner en marcha el proceso de la digestión, utilizando lodos digeridos de otro tanque, o a falta de éstos, materia nutritiva, como unas paladas de abono o estiércol. Como ya se indicó puede desarrollarse una espuma o nata excesiva, como resultado de condiciones ácidas, teniendo que aplicarse medios correctivos, tales como adiciones de cal, a fin de ajustar el pH hasta el punto. En su funcionamiento normal, un tanque debe ser vigilado diariamente, aunque el hacerlo no exige mucho trabajo en su manejo ni muchas herramientas. Al subir los gases para salir por las ventosas, llevan algunos sólidos a la superfi

cie, y pueden formar espuma o nata gruesa flotante. Los gases pueden levantar masas sobrenadantes aun hasta rebosar las paredes, estorbando así el paso normal de cellos, haciendo que pasen hacia arriba a través de la ranura de las cámaras de sedimentación, a pesar de las medidas tomadas para evitarlo. Si los sólidos permanecen en la superficie de las paredes inclinadas de las cámaras de sedimentación, se vuelven sépticos, pueden prevenirse la mayoría de las dificultades o mal funcionamiento del tanque por medios sencillos. La espuma o nata se dispersa y se le obliga a bajar por medio de chorros de aguas con mangueras, y los sólidos de la cámara de sedimentación se obliga a bajar utilizando una cadena pesada, suelta, de rastro. Hay que conocer el nivel de los lodos de cuando en cuando, para lo cual se usa un palo y placa o una bomba de mano con manguera, para mantener este nivel bajo control, sacando mensualmente los lodos digeridos, o cuando se requiera, para obtener buen resultado. Los lodos se descargan sobre lechos de arena para sacarlos. El destino de los lodos se tratará más adelante.

En igualdad de las demás condiciones, las misma profundidad y complejidad de un tanque pueden regir a veces en contra de su elección.

Es obvio que la mayoría de los emplazamientos para las estaciones de puradoras han de estar en tierras bajas, o sea, cerca de un río o lago, que sería el cuerpo receptor para los efluentes; por eso deben tenerse presentes los problemas de diseño y de construcción que se plantean debidos a las presiones desequilibradas de las aguas freáticas, del enconfrado y muchos otros factores.

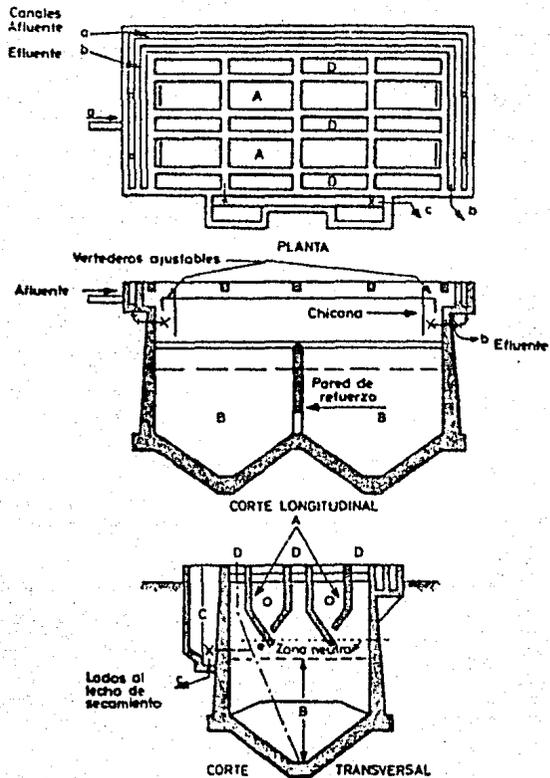


FIG.57. Tanque del tipo Imhoff.

- TRATAMIENTO SECUNDARIO Y COMPLETO. Se llama tratamiento secundario al proceso de purificación suplementario por medio de procesos biológicos, además de la clarificación posterior cuando ésta sea necesaria, a que son sometidos los efluentes de un tratamiento primario, denominándose tratamiento completo al conjunto de tratamiento primario y secundario.

Ya se ha dicho que puede escogerse la descomposición aeróbica o la descomposición anaeróbica para llevar a cabo los cambios de la materia orgánica contenida en las aguas negras, hasta cualquier punto que sean necesario antes de que dichas aguas sean dispuestas. Desde luego, los subproductos inmediatos o consiguientes de los dos tipos de descomposición son muy distintos, como se muestra en el cuadro XXIII.

En breve, pues, los subproductos de la descomposición aeróbica son estables e inofensivos. En cambio, los de la descomposición anaeróbica son en parte inestables, y en parte molestos y poco agradables. La descomposición anaeróbica debe explotarse dentro de un sistema cerrado y se aplica más en el acondicionamiento de los lodos o, digamos, en aquellos casos en donde la materia orgánica es bastante concentrada además de ser de una naturaleza conveniente. Por lo tanto, el tratamiento secundario es, casi invariablemente, del tipo aeróbico. Los dispositivos más aprovechables para el tratamiento secundario aeróbico son: 1) los

filtros de arena; 2) los filtros percoladores de piedra, ya sean del tipo estándar o del tipo de alta capacidad, y 3) - tanques de aeración para el proceso de los lodos.

CUADRO XXIII

SUBPRODUCTOS DE LOS PROCESOS DE DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA EN LAS AGUAS NEGRAS.

Procesos aeróbicos		Procesos anaeróbicos	
CO ₂	dióxido carbónico	H ₂ S	hidrógeno sulfurado
NO ₂	nitritos	CH ₄	metano
NO ₃	nitratos	NH ₃	amoníaco
SO ₄	sulfatos	H	hidrógeno
		N	nitrógeno
		C ₈ H ₇ N	indol
		C ₉ H ₉ N	scatol
		C ₆ H ₅ SH	mercaptano
		N ₆ H ₁₄ N ₂	cadaverino

1.- Filtros intermitentes de arena.

- a) El proceso de los denominados "filtros intermitentes de arena", es en cierto modo, un desarrollo natural de la disposición de las aguas negras en el suelo, ya que no basta éste para cubrir las necesidades crecientes de los sistemas de alcantarillados, aunque estos sean de poco alcance.

En efecto, los filtros de arena, debidamente construidos y explotados, ofrecen un tratamiento sencillo que puede producir efluentes de altísima claridad y estabilidad (cuadro XXIV) y que no necesitan ninguna sedimentación posterior. Debe proveerse un tratamiento primario adecuado con los filtros, a fin de que ni la labor de limpiar la superficie de los lechos ni la pérdida consiguiente de la arena en cantidades excesivas resulten, por su frecuencia, una molestia. Pero este tipo de tratamiento -- tiene que restringirse al acondicionamiento de las aguas negras de poco caudal provenientes de pequeños sistemas cloacales, ya que no puede aplicarse sobre los lechos en dosis intermitentes. ebido a que los filtros de arena, además de las estructuras complementarias, ocupan mucho espacio,

no pueden ser utilizados sino donde han de servir a pequeñas poblaciones. (fig. 58).

- b) **Funcionamiento de los filtros de arena.** La acción de los filtros de arena es en parte mecánica y en parte biológica. Para cargarlos, se vierten de los tanques de dosificación, mediante válvulas o sifones automáticos en conjunto con los canales o tubos distribuidores, dosis convenientes del líquido a ser tratado; éste se hace chocar con salpicaderos, de donde se propagan rápidamente por filtro, formando una capa uniforme de una profundidad de 6 a 12 cm, según al ciclo elegido; el ciclo puede cumplirse en una, dos y hasta tres dosis por día a intervalos iguales y con prolongados periodos de descanso entre cada una, cada dosis debe desaparecer a través de la superficie en su pasaje hacia abajo en treinta minutos. Los sólidos y gran parte de la materia coloidal, además de las bacterias, se quedan en la superficie o un poco por carpeta que no solamente ayuda al proceso de filtración, sino que también presta la mejor oportunidad, en conjunto con la arena, para la acción bioquímica. La columna de agua, en - - -

su lento movimiento desplazándose como un émbolo hacia abajo, desaloja el aire viejo, permitiendo un nuevo suministro de aire con cada dosis, manteniendo así condiciones aeróbicas. Cuando, con el tiempo, los sólidos llegan a acumularse o comprimirse hasta provocar inundaciones inconvenientes del lecho durante períodos prolongados, es necesario rastrear la superficie del lecho a fin de remover la materia excesiva sin permitirle penetrar en el lecho, lo cual perjudicaría mucho su funcionamiento; y desde luego, hay que añadir al filtro, de cuando en cuando, cuanta arena le faltare después de varios rastreos sucesivos.

- c) Construcción. A menos que los lechos sean de dimensiones muy reducidas, se construyen de dos o más unidades, dotadas de sus correspondientes mecanismos de dosificación, facilitando así la distribución del líquido y el manejo de las unidades. Pueden ser construidos en excavaciones, disponiendo la materia desplazada en diques bajos que los linda, o que separan las diferentes unidades de un grupo. Los lados y los fondos son acabados en condiciones lisas sin revestimiento. A los fondos se

les da una forma como de artesas o acanalamientos bajos paralelos, colocando en cada uno, en una zanja, un desagüe inferior. Los desagües, con una ligera pendiente, descargan el líquido filtrado en un tubo colector transversal, que lo lleva hacia un punto de descarga debidamente situado. Sobre los desagües y sobre el fondo entero se coloca en capas, cuidadosamente, grava limpia de tamaño seleccionada; y finalmente, por encima de todo, se coloca la arena, también de un tamaño y uniformidad aprobados.

También pueden construirse los lechos de arena en forma circular, con paredes de hormigón y pilar central del mismo material, el cual sostiene un mecanismo giratorio que distribuye los afluentes con mayor eficacia. Por eso, en algunas partes se acepta una razón de aplicación del afluente mayor que en otros tipos de filtro, razón que llega a ser hasta 150% de la que se puede aprobar para aquellos filtros dotados de puntos de alimentación fijos.

CUADRO XXIV

EFICACIA DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE ESTACIONES
DEPURADORAS.

T I P O S	% Remoción.	
	Sólidos Suspendidos	DBO
Sedimentación + filtros de arena	90-98	85-95
Sedimentación + filtros percoladores	75-90	80-95
Lodos activados	85-95	85-95
Tratamiento primario(con aditivos químicos)	65-90	45-80
Tratamiento primario	40-70	25-40

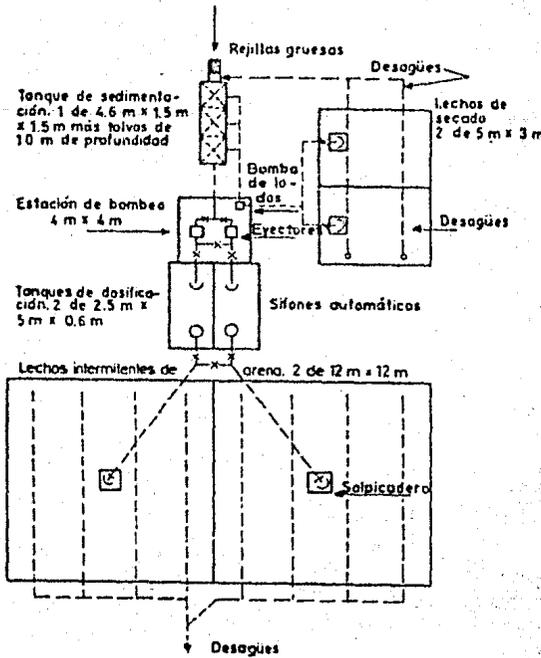


FIG. 25. Filtro intermitente de arena.

2.- Filtros percoladores.

- a) Descripción. Los filtros percoladores con sisten en una capa de piedra picada o de escoria o grava gruesa, a través de la — cual se hacen pasar los afluentes de las aguas negras previamente clarificadas mediante un tratamiento primario, para su — tratamiento secundario. Por contacto con el líquido, la superficie del material — filtrante se siembra de una variedad de — organismos y adquiere películas gelatinosas de una naturaleza zoología y biológica en donde van realizándose, en condicio nes aeróbicas, los cambios que al fin y — al cabo son, el objeto del acondicionamiento del líquido y de su contenido de mate ria orgánica. Los filtros percoladores — pueden tratar dosis frecuentes de los e— fluentes en cantidades mucho más grandes, aunque los resultados no sean precisamente comparables.

Por ser muy abiertos, los filtros percolado res descargan al azar los sólidos retenidos. Estos se aglomeran y se flocculan — en las superficies de las piedras, hasta que, por su propio peso y por la acción en juagadora del agua, se desprenden de las

mismas para salir en los efluentes. El filtro es así, un filtro autolimpiador; en cambio, y en contraste con un filtro de arena, para un tratamiento completo deben proveerse tanques de sedimentación secundarios para una clarificación final en conjunto con aquél.

Tanto en el presente como anteriormente, a veces los líquidos a tratar por los filtros percoladores se hacen pasar por el filtro sólo una vez, en dosis intermitentes frecuentes, con pequeños intervalos de tiempo entre sí. Un filtro así empleado se llama "filtro percolador estándar". Mediante este método puede lograrse una remoción de la DBO de 72% a 85%, según los casos, lo que bastará en muchos sitios. También se encuentra con frecuencia una aplicación muy distinta, donde se hace pasar el líquido a través del mismo filtro dos o más veces, y por este método de explotación el filtro llega a ser un "filtro de alta capacidad", removiendo mayor proporción de la DBO, según el ciclo elegido. La aplicación de este sistema, en aquellos sitios donde se requiere mejor rendimiento en el sentido citado, resultará en unidades de menores dimensiones para afluentes iguales, --

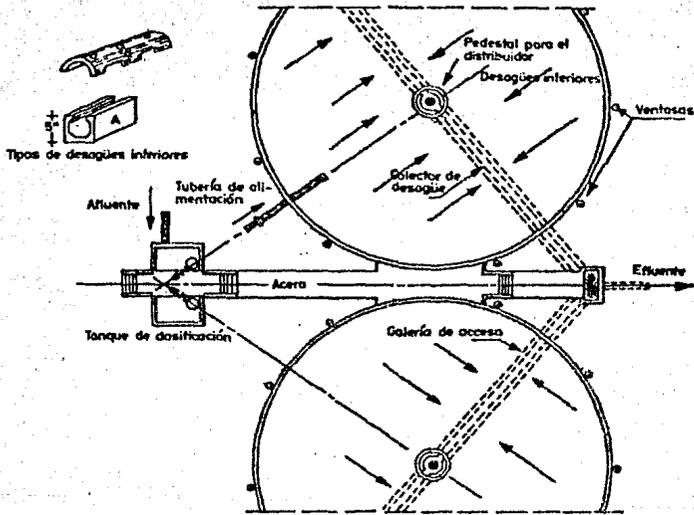
pero a la vez existe un costo adicional - del equipo de bombeo para la recirculación y de los otros dispositivos necesarios. Sin embargo, el filtro de alta capacidad tiene sus propias ventajas para ciertos fines.

- b) Construcción. Cualquiera que sea su aplicación, un filtro percolador cabe, por lo general, en un tanque destapado de hormigón - armado, cuyas paredes y fondo puedan sostener dentro el peso de la piedra, además del agua de llenado. Generalmente, en la actualidad son construidos tales filtros en forma circular, y con aparatos distribuidores giratorios, para asegurar mejor distribución del líquido aplicado (fig. 59). Los sistemas de distribución de tubería y de boquillas de salida del tipo fijo, en tanques rectangulares, no se construyen hoy, y los mecanismos rociadores móviles de acción en línea recta no se ven sino en Europa.

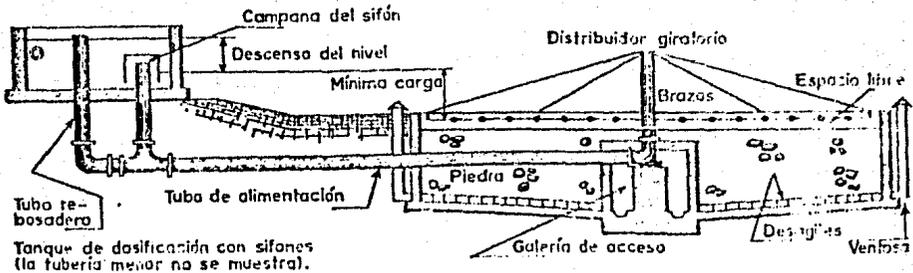
El fondo del tanque circular se hace inclinado para su drenaje, en dos sentidos hacia un diámetro, en donde se coloca un canal colector, cuya salida, en un extremo puede cerrarse mediante una válvula para permitir la inundación completa del filtro, lo cual es necesario para el control de las moscas

(*Psychoda alternata*) que, a veces, se --
crian en la superficie de la piedra, cau-
sando molestias. El canal colector se cie-
rra a lo largo de todo el diámetro con pa-
redes y techo para formar una galería de -
acceso. El fondo entero del filtro, entre
las paredes de la galería de acceso y las
exteriores, se cubre de bloques o tubería
de barro cocido, de uno de los varios ti-
pos aprobados y fabricados con este propó-
sito único, constituyendo así un falso --
fondo o enrejado de desagües inferiores.-
Estos desagües en sus extremos inferiores
ensamblan en las paredes de la galería de
acceso, mediante salidas abiertas; y algu-
nos, en sus extremos superiores, se conec-
tan con ventosas verticales, dispuestas -
alrededor de la pared circular exterior y
extendiéndose hasta el nivel del relleno,
fomentando una buena circulación del aire
a través del filtro.

La piedra u otra materia filtrante, de ta-
maño entre, más bien grande que pequeña -
y uniforme, debe colocarse sobre los desa-
gües inferiores hasta llenar el tanque sin
producir fractura de la materia ni ocasio-
nar daño a la estructura o tubería. En su
etapa final debe presentar un lecho bien
uniforme, limpio y libre de fragmentos y
polvo.



Filtros percoladores (planta).



Filtro percolador (corte).

FIG. 59 Filtro percolador.

3.- Lodos activados.

a) Tratamiento de lodos activados. El tercer método para el tratamiento secundario de las aguas negras que nos queda por desarrollar es el denominado método de los lodos activados. En realidad, este proceso varía tanto en sus aplicaciones como todos los otros en conjunto, por ser muy flexible, con troble y capaz de diseñarse para cualquier fin. Esto ha dado como resultado el que muchísimos ensayos hayan sido realizados tanto en los procesos unitarios que lo componen como en los estudios de los datos disponibles de la operación de su conjunto en muchas estaciones depuradoras, grandes y pequeñas. Han dado también buenos resultados en muchas aplicaciones industriales en donde la cargá de la DBO de las aguas servidas es muy alta.

Las plantas de lodos activados ocupan mucho menor espacio que las de los filtros percoladores y exigen menos inversiones iniciales. Y, a pesar de que son altamente mecanizadas y además de ser consumidoras de bastante potencia para su funcionamiento, las estaciones depuradoras de lodos activados han desplazado, con los años, a otros tipos de plantas en el servicio de las gran-

des metrópolis del mundo, no obstante que los otros tipos no por eso dejan de tener sus propias aplicaciones en ciertas condiciones.

b) Definiciones y conceptos. Se define el proceso de lodos activados, según la asociación Americana de Salud Pública, así:

"El proceso de lodos activados consiste en la agitación de una mezcla de agua residual con 15% más, de su volumen de lodo líquido, bacteriológicamente activo en presencia de una amplia cantidad de oxígeno atmosférico, durante el tiempo preciso para coagular una sedimentación adecuada para lograr la separación del lodo floculado; el lodo activo se produce previamente por la aereación de sucesivas cantidades de agua residual y se mantiene en actividad por una aereación adecuada, bien de él solo o bien mezclado con las aguas negras."

Semeja en cierto modo la acción de los lodos activos a la que se efectúa en los filtros percoladores. En ambos procesos se establece el mecanismo requerido para efectuar los cambios bioquímicos que son necesarios en un tratamiento secundario, como ya se ha explicado.

establece el mecanismo requerido para efectuar los cambios bioquímicos que son necesarios en un tratamiento secundario, como ya se ha explicado. En los filtros, las aguas aplicadas pasan por las películas gelatinosas que las esperan sobre las superficies de la materia filtrante. En los tanques de aereación de lodos, impulsados por las corrientes fuertes del líquido y del aire que suministran los sopladores o aireadores, pasan repetidamente como masas floculentas y esponjosas a través del líquido mezclado, y así barren y coagulan la materia orgánica, ya sea suspendida o coloidal, y hasta disuelta para su asociación y conservación.

Se ha tratado aquí, de lo complejo y sensible que son los dos procesos a los muchos factores que los afectan, y a la vez, del grado en que se pueden regular. En los filtros, el mecanismo intermedio de las películas se va formado al azar, y generalmente fuera de la voluntad del operador; en cambio, en los lodos activados, el mecanismo correspondiente pueden regularse a voluntad, a medida que sea requerido, bien en el diseño o en el funcionamiento del proceso. En esto consiste la superficie del proceso, para muchos fines.

4.- Lagunas de estabilización.

Se llaman de oxidación. Si las aguas de albañal se retienen en un estanque, embalse durante tiempo suficiente, su demanda bioquímica de oxígeno será satisfecha en gran parte y dejarán de ser putrescibles. Esta alteración se logra por las bacterias aerobias, las cuales usan oxígeno de la atmósfera y de la acción de las algas, las cuales contribuyen en gran anhídrido carbónico producido en el ciclo del carbono a partir de los hidrocarbonados de las aguas negras, después de lo cual en plen el carbono para producir más hidratos de carbono y liberar oxígeno en el agua. Generalmente, las aguas negras sedimentadas son llevadas al estanque; por lo regular, hay estanque por cada 50Kg de demanda de oxígeno que haya de ser satisfecha cada día. Por ejemplo: la corriente de aguas de albañal es de 800 000 litros por día y su demanda bioquímica de oxígeno después de la sedimentación es de 110 p.p.m. La demanda de oxígeno en kilogramos que ha de ser satisfecha diariamente sera: $800\ 000 \times 4.0 \times 110 \div 1\ 000\ 000$, o sea, 352 Kg. Este peso de ---

oxígeno requiere 1.5 hectáreas. Un método aproximado es calcular una hectárea de superficie de estanque por cada 2 200 personas. (fig. 63).

Su principal aplicación es el tratamiento completo de aguas negras y ciertos desechos industriales. Tienen las siguientes ventajas:

- 1.- Costos mínimos de operación y mantenimiento.
- 2.- Tratamiento eficaz en alto grado.
- 3.- Bajas inversiones de capital.

Cuando se diseñan para recibir desechos pre tapados o se usan como tratamiento secundario, después del tratamiento primario convencional, se las llama "Lagunas de Oxidación".

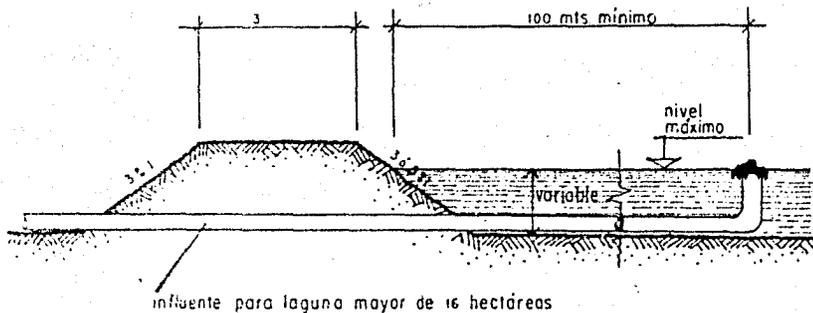
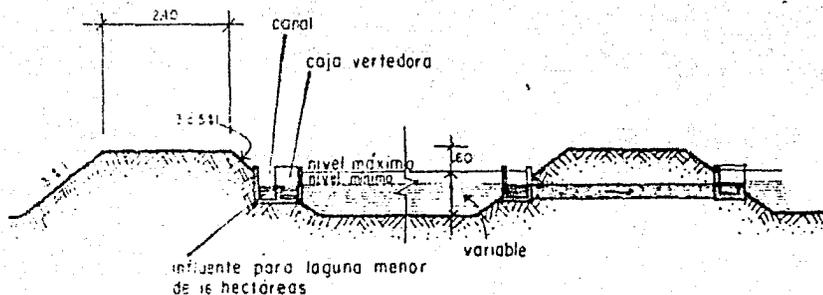
Las lagunas de oxidación se constituyen con diques de tierra; en ocasiones se usan varios diques dispuesto en paralelo o en serie. Hay que proyectarlos adecuadamente. Los estanques superficiales, poco profundos permiten penetrar la luz solar a todas las partes de las aguas negras y estimulan el -

-crecimiento de las algas. Por otro lado, las plantas acuáticas enraizadas pueden causar trastornos y favorecer la crianza de mosquitos. Una profundidad de 90 cm. sería un valor intermedio aprovechables. Se acostumbra descargar la corriente de entrada en medio del estanque, de forma que las corrientes de aire, produzcan cierta mezcla; por otra parte, la concentración de la corriente de entrada podría causar mal olor. En ciertas plantas es posibles cambiar los puntos de entrada para evitar tales concentraciones.

La operación es sencilla y hay poco que hacer, aparte de cambiar los puntos de entrada de las aguas negras, cuando esto sea posible y conveniente; hay que eliminar las hierbas que pueden crecer en los diques en la línea de contacto con el agua; también deben eliminarse los mosquitos. Estos no darán ninguna molestia si se eliminan las hierbas marginales y cuando éstas últimas se desarrollan, hay que aplicar algunos de los métodos descritos anteriormente. En climas secos y calientes, donde la tierra sea porosa, la evaporación y la filtración podrían eliminar las aguas negras. El efluente, si de lo hubiere, podría usarse para irrigación o ser vertido en corriente.

bordo exterior

bordo interior



NOTA :
dimensiones en metros

FIG. 60 Lagunas de estabilización.

Desde el punto de vista de la Salud Pública, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Deberá evitarse el contacto humano con el contenido de las lagunas. Debe prohibirse cualquier uso de las lagunas con fines recreativos.

El ganado no debe tener acceso a las lagunas.

Debe evitarse el desarrollo de mosquitos por el control adecuado del crecimiento de plantas, tanto en las orillas como dentro de la laguna.

Debe evitarse la proximidad de las aguas a los abastecimientos de agua y a otras fuentes o instalaciones susceptibles de contaminación.

De ser posible, deberá impedirse su localización en zonas de suelo poroso y formaciones de roca fisurada o bien tomarse precauciones especiales para lograr un sellado efectivo del piso y bordos.

-Desde el punto de vista de la salud pública, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Evitar el contacto humano con el contenido de las lagunas. Debe prohibirse el uso de las lagunas con fines recreativos.

El ganado no debe tener acceso a las lagunas.

Evitar el desarrollo de mosquitos por el control adecuado del crecimiento de plantas, tanto en las orillas como dentro de la laguna.

Evitar la proximidad de las aguas a los abastecimientos de agua y a otras fuentes o instalaciones susceptibles de contaminación.

De ser posible, deberá impedirse su localización en zonas de suelo poroso y formaciones de roca fisurada, o bien, tomarse precauciones para lograr un sellado efectivo del piso y bordos.

5.- Como no es posible confiar en los métodos -
descritos de tratamiento de aguas negras pa-
ra eliminar todas las bacterias patógenas,-
la Secretaría de Salubridad y Asistencia --
exigir que las mismas sean desinfectadas an-
tes de descargarse a una corriente. La ac-
ción y uso del cloro en distintas formas pa-
ra la desinfección, se ha descrito anterior-
mente. Un método análogo es utilizado para
desinfectar las aguas negras, salvo que es -
necesario emplear mayores cantidades de clo-
ro, porque la presencia de materia orgánica
en abundancia neutraliza su acción.

Generalmente, no se obtiene cloro residual.
La dosificación puede regularse determinan-
do la reducción de coliformes o del total -
de bacterias. Por ejemplo: Una reducción de
del 99.9 % de los colibacilos indicaría ha-
ber sido eliminadas las bacterias patógenas
menos resistentes. Las cantidades recomenda-
das, en peso y partes por millón, son las -
siguientes:

Aguas negras que han sido solamente sedimen-
tadas, incluyendo el efluente del tanque de
Imhoff, diez o más.

Efluente de filtros de goteo, de 3 a 7.

Efluente de filtro de arena intermitente,
2.

Efluente de lodo activado, 5.

Para la dosificación se utiliza un tanque de contacto como el mostrado en la figura 47.

6.- Disposición del lodo.

En los tanques de Imhoff y en los tanques separados de digestión de lodo ocurre un proceso semejante; es conveniente una digestión rápida, y se consigue cuando la temperatura del lodo es de 37°C , y cuando la acidez y la alcalinidad de éste se encuentran en equilibrio adecuado; es decir cuando la reacción del lodo es ligeramente alcalina. Algunos tanques de digestión se calientan por medio de serpentines por los que circula agua caliente, mientras se conserva la ligera alcalinidad del que ya bien digerido del tanque. Para asegurar la adecuada capacidad, los tanques deben proyectarse en forma que se disponga para cada persona servida de 60 a 180 dm^3 . Importa en cada caso un estudio de ingeniería, para determinar los valores adecuados; sin embargo, no debe extraerse demasiada cantidad del lodo digerido, porque afectaría el equilibrio

ocasionando malos olores y formación de espuma. El tanque de digestión separado plantea otro problema. Al bombear el lodo a su interior, una cantidad igual del líquido, - llamado sobrenadante es desplazado por rebosamiento. Este, más transparente pero muy espeso, puede ocasionar trastornos en la corriente. Por lo regular se le retorna a la planta con las nuevas aguas negras; pero aun así la carga para la planta es pesada. Su volumen debe conservarse lo más reducido posible, mediante una cuidadosa regulación del bombeo del lodo.

El lodo digerido suele colocarse en lechos de arena para que se seque. Al secarse deja una materia porosa de color pardo oscuro - que se puede utilizar como fertilizante o para relleno de terrenos bajos. El lodo producido por activación, a menos que sea digerido, no seca bien en los lechos. Si hay tierra disponible, se descarga en puntos bajos del terreno donde forman un estanque; -- mediante filtración al vacío y tratamiento químico es fácil deshidratar este lodo, -- puede aprovecharse su valor fertilizante -- que es muy superior al lodo obtenido por otros procesos.

El gas de la digestión del lodo se compone generalmente de 65% de metano, 30% de anhídrido carbónico y el resto de hidrógeno y nitrógeno. Su composición, análoga a la del gas natural puede utilizarse como combustible. Como se producen unos 18 dm³. por día y persona, la cantidad es considerable, por lo que es recomendable que las plantas municipales de tratamiento de aguas negras usen este gas para calentar el agua utilizada en los serpentines que estimulan la digestión del lodo.

7.- Tanques finales de sedimentación.

Teniendo en cuenta la carga volumétrica extra de los lodos activados sobrepuesta al flujo primordial, las normas de diseño para tanques de sedimentación final no hacen distinción alguno entre los tanques para cualquier servicio. Desde luego, en los tanques finales raras veces se proveen dispositivos para la remoción de lodos y espuma como los tanques primarios.

Este diseño es discutible por aquellos que conocen las diferencias entre los lodos primarios y los lodos activados. Justamente son estos, por su alto contenido de sólidos y su gravedad específica, capaces de comportarse

como corrientes de densidad. Tales corrientes pueden correr como nubes de polvo o como corrientes de agua fría al entrar en un volumen de agua caliente, de modo que se sedimenta en el fondo del tanque, ocurriendo la concentración máxima cerca del extremo aguas abajo del tanque como se muestra en la (fig. 61), en lugar de hacerlo en el extremo opuesto.

Por lo tanto, la ubicación, más indicada para las tolvas del lodo es el extremo aguas abajo del tanque y no en el de aguas arriba, según la práctica más recomendable. A la vez, varios ensayos han indicado que pueden lograrse efluentes más claros colocando los vetederos un poco aguas arriba de la pared del extremo aguas abajo del tanque, en donde la concentración de los lodos suspendidos es mínima. También es recomendable efectuar la recolección de los lodos como en los tanques de sedimentación primaria.

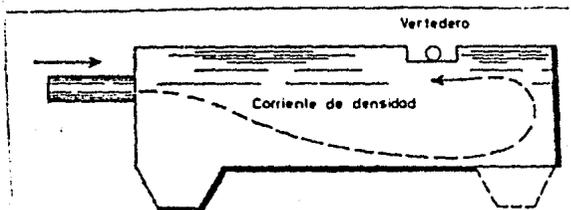


FIG. 61. Tanque de sedimentación final para lodos activados.

CONCLUSIONES. El tratamiento de las aguas negras tienen varios propósitos.

1.- Hacerlas inofensivas, en lo que respecta a los peligros y molestias que pudieran ocasionar.

2.- Evitar la destrucción de peces y otros organismos de las aguas receptoras.

3.- Aminorar o suprimir el peligro de contaminar las fuentes de recreo.

En la medida en que se consiguen estos fines se previene la contaminación de las corrientes de agua. Hay diversos factores que influyen en la solución del problema;

1.- Las corrientes o depósitos de agua que reciben agua negra, tratadas crudas, tienen un poder de autopurificación.

2.- El agua que se usa con finalidades públicas exige, cierto tratamiento cuando procede de fuentes superficiales, suprimiendo considerablemente la contaminación.

3.- El costo del tratamiento de las aguas negras y del agua de provisión debe conservarse a niveles razonables; el grado del tratamiento afecta directamente el costo.

La decisión, en cuanto a la intensidad del tratamiento que haya de aplicarse a las aguas negras,

exige la opinión de ingenieros sanitarios competentes. Hay que cumplir con los reglamentos de salud pública - y éstos se fundamentan en conocimientos y experiencia de la ingeniería sanitaria.

COMENTARIOS. Los métodos anteriormente descritos son básicamente producto de la experiencia, debe -- quedar entendido que no toda solución es posible de ser efectiva, cuando los procedimientos no se han ejecutado en orden, o sea han tomado a la ligera, en las condiciones presentadas para cada tema o capítulo se dan las alternativas de cada procedimiento.

Aunado a lo anterior podemos asegurar que si los métodos tratados no son 100% efectivos para abatir lo más posible la morbilidad o la mortalidad, si son mejores que no aplicarlos.

BIBLIOGRAFIA.

- DANIEL LOPEZ ACUNA. La salud desigual en México. Editorial Siglo XXI. México.
- ESTADISTICAS VITALES DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. Dirección de Bioestadística, S.S.A. México.
- GEORGE E. BARNES. Tratamiento de aguas negras y desechos industriales. UTEHA. México.
- HAROLD E. BABBIT y E. Robert Bauman. Alcantarillado y tratamiento de aguas negras. CECSA. México.
- HERMAN SAN MARTIN. Salud y Enfermedad. La Prensa medica Mexicana. México.
- HILLEBOE, H.E. y G.W. Larimore. Medicina Preventiva. Interamericana. México.
- MANUAL DE SANEAMIENTO. Vivienda y Derechos. D.I.S. S.S.A. México.
- MANUAL OF INDIVIDUAL WATER SUPPLY SYSTEMS. Public Health Service. U.S.A.
- MANUAL OF SEPTIC TANK PRACTICE. Public Health Service. U.S.A.
- SIMPOSIO SOBRE TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES E INDUSTRIALES. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria. S.C. México.