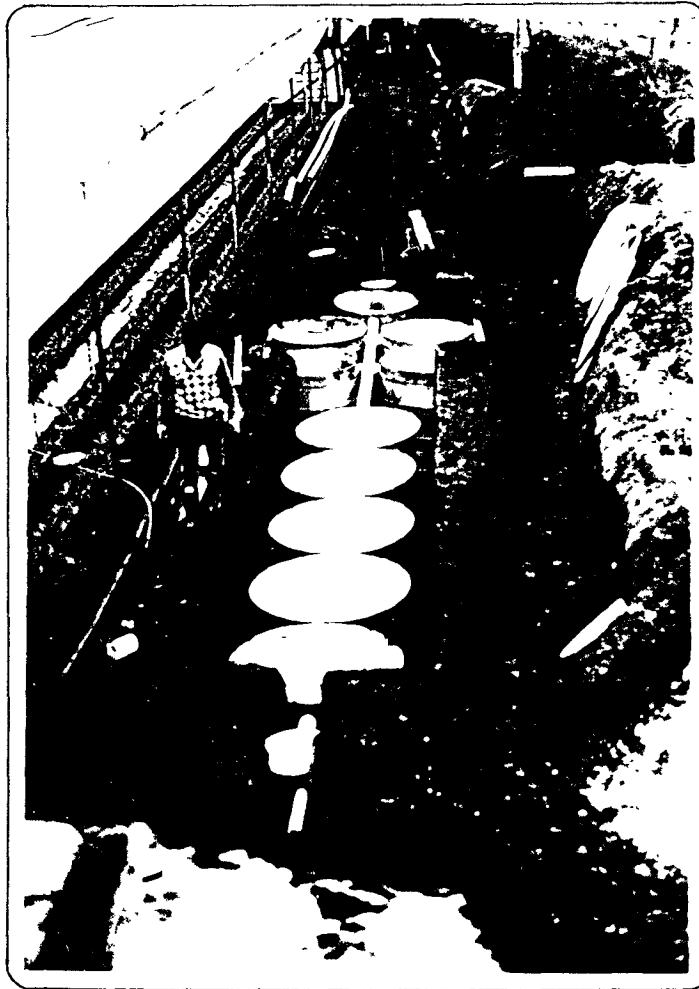


EL SISTEMA ANAEROBICO MULTIPLE MIXTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ORGANICAS



Sistema para cafetería
industrial de 50 personas

Contenido	Pág.
1. Presentación	1
2. Ventajas	2
3. Descripción	4
4. Iniciación y Operación del Sistema	14
5. Mantenimiento del Sistema	16
6. Costos	17
7. Ilustraciones	18
8. Conclusión	23

Bogotá, Enero de 19

EL SISTEMA ANAEROBICO MULTIPLE MIXTO

El **Sistema Anaeróbico Múltiple Mixto** es un método para el **tratamiento** del **agua residual orgánica**; ya sea ésta, doméstica, municipal o industrial con el objeto de lograr una degradación controlada de la materia orgánica para obtener un agua compatible con la de cuerpos naturales de agua, la cual ha de verterse el agua tratada.

1. PRESENTACION

Este es un sistema de **etapas consecutivas**, adaptándose así a las **fase consecutivas** del proceso natural de descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

En su **primera etapa** se basa en los principios **mecánicos** de sedimentación, flotación y retención; mediante **trampas de grasas** o **rejillas**, para lograr un **efecto de separación** del material no biodegradable.

En su **segunda etapa** se basa en los principios de **lodos activados** mediante un **digestor anaeróbico de baffles**, para lograr las fases de hidrólisis y acidulación del material orgánico, con la correspondiente retención de sólidos biodegradables durante más tiempo que el material orgánico presente en forma disuelta o coloidal.

En su **tercera etapa** se basa en los principios de los **filtros percoladores**; mediante un **filtro percolador anaeróbico**, para lograr la fase de metanización o descomposición final de la materia orgánica carbonosa.

En su **cuarta etapa** se basa en los principios de las **lagunas de estabilización**; mediante un **filtro fitopedológico facultativo**, para lograr parcialmente la remoción final de nutrientes y tóxicos, a niveles aceptables.

La descripción conceptual del **sistema** se ilustra en el cuadro No. 1. Donde se indica: la secuencia de las etapas, las unidades digestoras que utiliza cada etapa; las fases del proceso general de descomposición orgánica; y los diferentes procesos que generan cada fase. Se describen las características de los elementos o unidades digestoras correspondientes a cada etapa. Y se indican: la forma como están presentes los sólidos orgánicos en cada etapa; los principales productos finales es decir aquellos que se desprenden del **sistema**, en cada una de las etapas; y el **pH** aproximado del efluente de cada etapa.

2. VENTAJAS

Entre las muchas ventajas del sistema vale la pena destacar:

- **Remoción del 80% de la carga orgánica** medida en concentración de **DBO₅** y **SST**, tal como lo exige el **decreto 1594/84**.
- **Confiabilidad del sistema** a variaciones de concentraciones o de caudal, de más del 50% del promedio de diseño, esta resiliencia

CUADRO No. 1.

Descripción del Sistema Anaeróbico Multiple Mixto

Substratos: Aguas orgánicas: domésticas, industriales, o municipales.

Etapas	Elemento o unidad digestora	Fase	Proceso	Características del elemento o unidad digestora	Forma como están presentes los sólidos orgánicos.	Principales productos finales (no para uso posterior en otra etapa)	pH del efluente (aprox.)
1	Trampa de grasas, o rejillas.	Remoción mecánica.	Flotación y sedimentación.	Captador y sedimentador. Flujo subcrítico.	Suspendidos. Coloidales. Disueltos.	Sólidos : Sólidos no biodegradables. Sólidos biodegradables lentamente, tales como celulosa, grasas, humus. (deben ser retirados frecuentemente.)	7.0
2	Pozo Digestor de bariles	Hidrolización, Acidulación, Metanización incipiente.	Acción osmótica. Fermentación bacteriana. Sedimentación. Digestión anaeróbica.	Digestor de 2 o más cámaras, de medio bacteriano suspendido. Volúmenes diferentes de digestión y de sedimentación. Flujo similar a flujo en pistón.	Suspendidos. Coloidales. Disueltos.	Gases: CO ₂ , CO, H ₂ , CH ₄ Sólidos: lodos no biodegradables. Humus. (deberán ser retirados periódicamente).	7.3
3	Filtro Anaeróbico	Acidulación final. Metanización.	Digestión Anaeróbica.	Digestor de medio bacteriano fijo. Percolador de flujo ascendente en pistón.	Coloidales. Disueltos.	Gases: CH ₄ , CO ₂ , CO, H ₂	7.5
4	Filtro Fitopedológico.	Depuración. Eliminación de N. Oxidación.	Digestión facultativa. Asimilación fitológica. Adsorción.	Digestor de medio bacteriano fijo. Percolador de flujo horizontal en pistón.	Disueltos. Coloidales.	Gases: NH ₃ , CO ₂ , N ₂ . Iones: NH ₄ ⁺ , S ₂ ⁻ . Agua (que para ser potable ha de hervirse, pues contiene organismos patógenos)	7.2

Durante todo el proceso no hay emisión de olores, pues el pH > 7.2, mantenido por la presencia de NH₃, resultado de la digestión anaeróbica del N orgánico, impide la formación de H₂S.

Todos los digestores deben ser estancos y mantenerse tapados y sin luz. El filtro fitopedológico tendrá en su superficie pasto.

del sistema, se debe al efecto autocompensatorio de las eficiencias de los diferentes elementos o unidades consecutivas del sistema.

- Automaticidad de la operación. Sin necesidad de consumo de energía externa, ni del uso de piezas mecánicas ya que el proceso es biológico, generado por bacterias anaeróbicas. Sin emisiones de ruido, humo, u olores. Sin la necesidad de ser atendido o supervisado por nadie. Esto significa economía y ningún impacto ecológico.
- La flexibilidad de aplicación que hace posible aplicarlo a soluciones **individuales** unifamiliares o multifamiliares de cualquier tamaño o a soluciones **colectivas**.
- La poquísimas producción de lodo estabilizado, lo que hace su mantenimiento muy económico, el cual se hace además con personal no calificado.
- La seguridad de su diseño, que garantiza los resultados esperados de eficiencia en remoción de carga orgánica.
- La vida útil del sistema es indefinida. Si la operación se intermite puede reiniciarse. La falta de mantenimiento se anuncia por sí sola mediante bloqueo automático y emisión de olor.
- El muy poco espacio que ocupa; además que sus diferentes elementos o unidades pueden colocarse en diferentes lugares, no necesariamente concentradas, lo que permite adaptarse a las diversas condiciones topográficas del terreno.
- La solución **modular** de los elementos del **sistema** se adapta especialmente a la posibilidad de ensanches sucesivos de capacidad instalada evitándose las grandes inversiones iniciales en capacidad ociosa.
- El hecho, de que todas sus partes se instalan bajo el nivel del suelo, sin generar contaminación visual, y que no hay emisión alguna de olores; permite instalar los sistemas en las zonas verdes, casas, hoteles, hospitales o **barrios**. Esto hace posible el tratamiento urbano sectorizado en cuencas pequeñas, lo cual evita la necesidad de grandes colectores e interceptores, ya que el agua residual una vez tratada puede conducirse conjuntamente con los alcantarillados de aguas lluvias.
- La no producción de olores hace que sea posible tener una planta de tratamiento en zona urbana, sin desvalorizar las áreas circundantes.
- Al hacer tratamientos individuales o sectorizados se disminuyen los costos de conducción, pues el agua tratada puede conducirse por alcantarillados o cauces de aguas lluvias, o también por alcantarillados especiales sin sedimentación de sólidos, o de pequeño diámetro; soluciones que resultan más económicas que los alcantarillados convencionales.
- El hecho de que las bacterias anaeróbicas apropiadas se consig

en el estiércol de ganado, hace muy fácil su siembra e iniciación; pues además su autoselección natural, se produce rápidamente durante el período de iniciación del sistema, entre medio mes y mes y medio, lo cual hace muy versátil al sistema.

- Todo lo anterior redunda en **menores costos**, en: **instalación, operación**, y como consecuencia del tratamiento, en **conducción**.

3. DESCRIPCION

La disposición física de las diferentes unidades del sistema, se describe en forma general en las siguientes figuras:

Figura 1. El sistema completo con los elementos para las cuatro etapas, su secuencia y partes principales.

Figuras 2, 3, 4 y 5. Los elementos individuales de cada una de las cuatro etapas; presentando, alternativas de rejillas o trampas de grasas para la primera etapa; y alternativas de cámaras circulares o rectangulares para las etapas segunda y tercera. Se indica en cada figura, las relaciones geométricas y limitaciones máximas y mínimas que deben cumplir las diferentes dimensiones de cada unidad.

En cuanto a la condición básica del diseño de cada unidad, o sea su **volumen útil, V_{dr}** este depende:

- A) Del **caudal promedio** durante un período crítico de máximo caudal Q_{hr} , cuya duración sea igual al tiempo deseable de retención, o de tránsito a través del digester correspondiente, θ ; este caudal máximo se calcula basándose en consideraciones hidrológicas.
- B) Del **tiempo de tránsito** a través del digester, pues se utilizan conceptos del análisis de reactores de flujo en pistón, denominado también comunmente **tiempo de retención, θ** ; el cual es de alrededor de: 6 hrs. para la segunda etapa y de 4 hrs. para la tercera y cuarta etapas; para la obtención de una eficiencia específica esperada, en cada etapa. Pero θ también es función de la temperatura y de la concentración orgánica del agua a tratar.

Todos estos aspectos se diseñan de acuerdo a procedimientos sencillos, basados en consideraciones teóricas y experimentales, que garantizan un comportamiento predecible a partir de un análisis racional, el cual no vale la pena describir aquí, pero que FIBRIT a través de su departamento técnico podrá ofrecérselo.

Otros rasgos importantes de las características físicas de las unidades del sistema, que cabe destacar son:

- Todas las unidades deben ser estancas, esto es, impermeables, salvo el filtro fitopedológico (4a. etapa).
- Todas las unidades deberán estar tapadas y sin luz, desde luego que no para el caso del pasto del filtro fitopedológico. El

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL POR EL SISTEMA ANAEROBICO MULTIPLE MIXTO (SAMM)

FIGURA 1

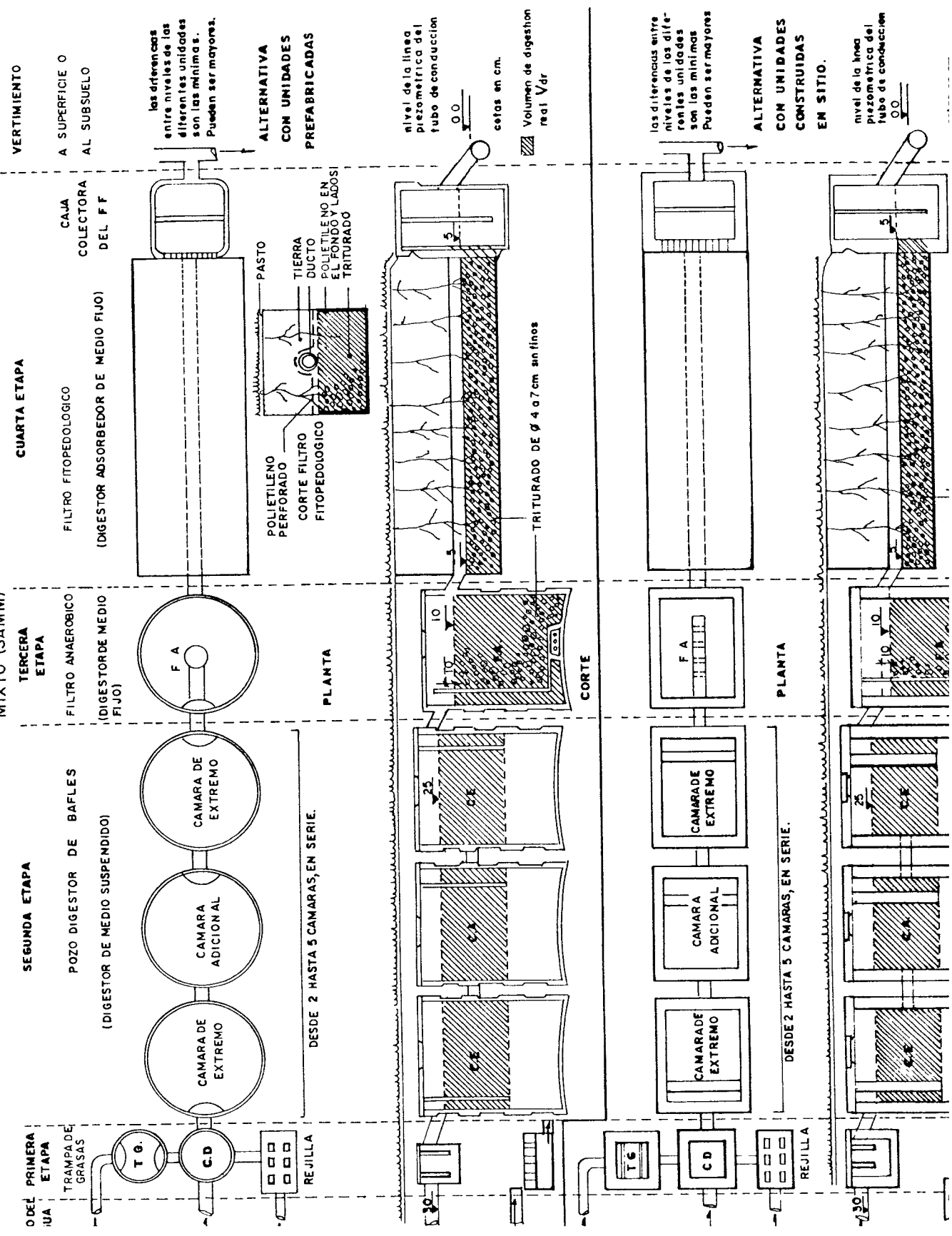
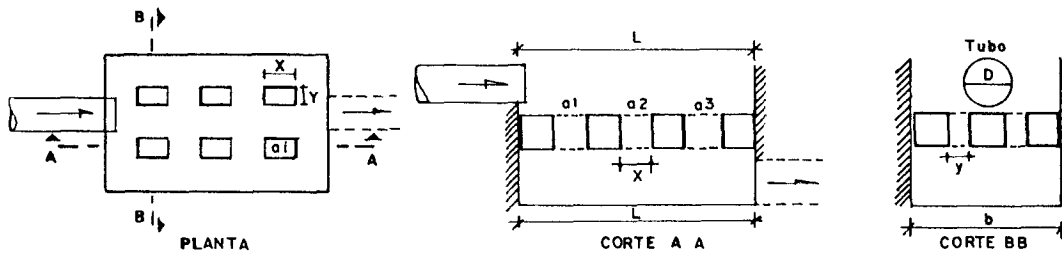


FIGURA 2

PRIMERA ETAPA

REMOCION MECANICA
SEDIMENTACION Y FLOTACION

REJILLA

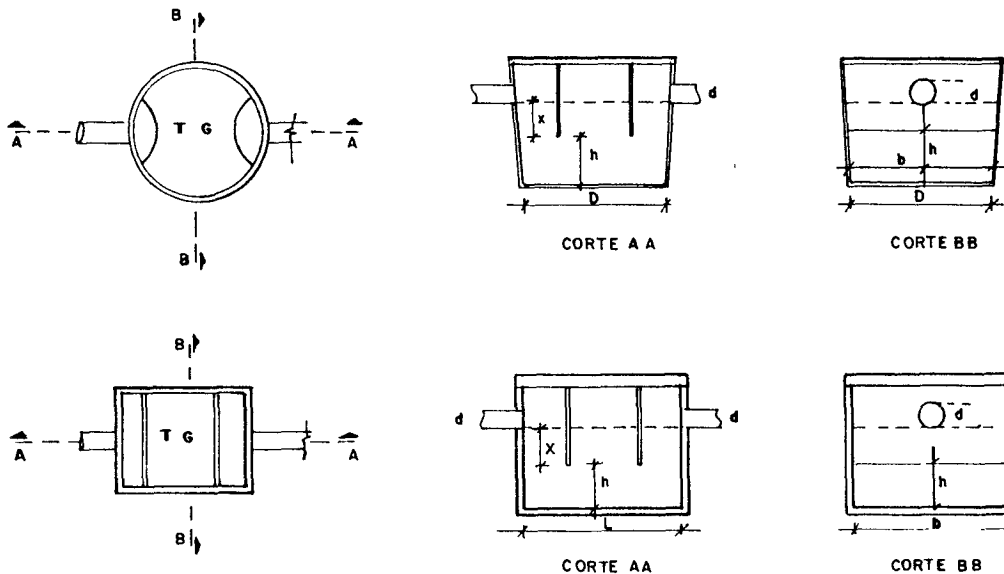


CONDICION. $Ar = VD^{1.5}$

PROPORCION $Ar \leq a1$
 $a1 = XY$
 $lb > 3Ar$
 $D < b < 3D$

LIMITACION $X > 3cm$
 $Y > 1cm$

TRAMPA DE GRASAS



CONDICION. $\frac{Q}{hb} = v \leq 0.05 m/s$

PROPORCION. $h > \frac{b}{4}$
 $\frac{h}{2} < X < h$
 $d < X$
 $L \geq b$

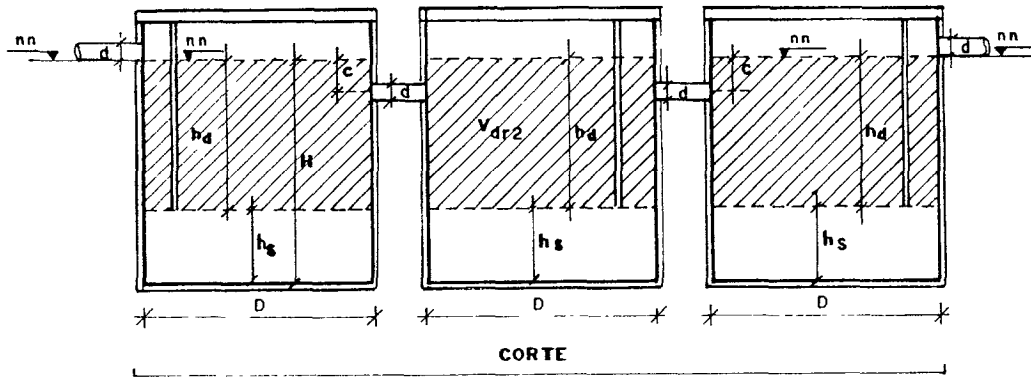
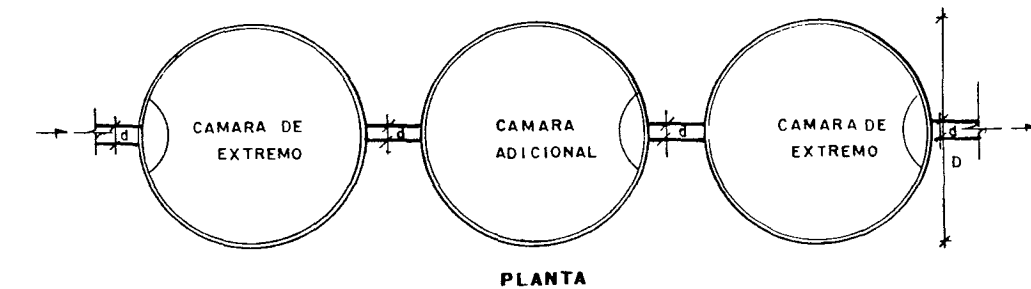
para trampas de grasa circular
 $D = L = b$

LIMITACION: NO HAY
 las dimensiones reales deberán
 cumplir todas las relaciones de
 proporcion

FIGURA 3

POZO DIGESTOR DE BAFLES

(DIGESTOR DE MEDIO SUSPENDIDO)



DESDE 2 HASTA 5 CAMARAS, EN SERIE.

CONDICION $V_{dr2} = Q_{dr} \theta$

PROPORCION $C = 0.25 h_d$

$h_d = 0.76 H$

$h_s = 0.24 H$

En cámaras c1

$V_{dr2} = \pi \frac{D^2}{4}$

$D = L = a$

$H \leq D \leq 1.5 H$

En cámaras r1

$V_{dr2} = L a h_d$

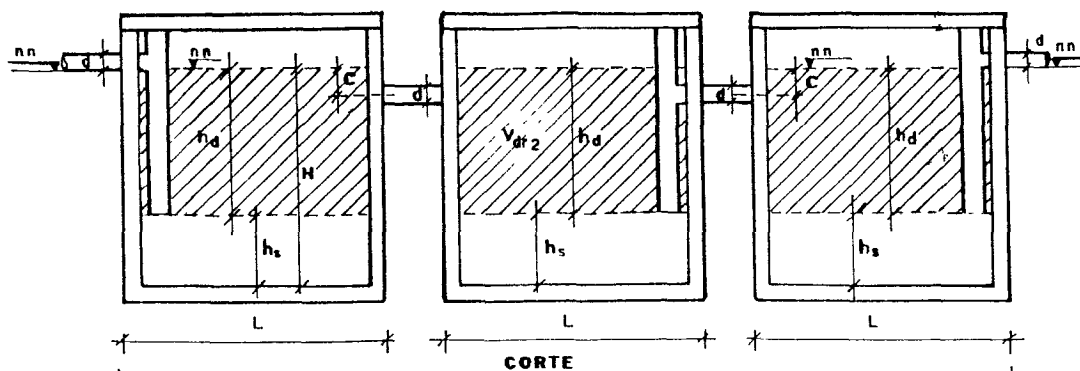
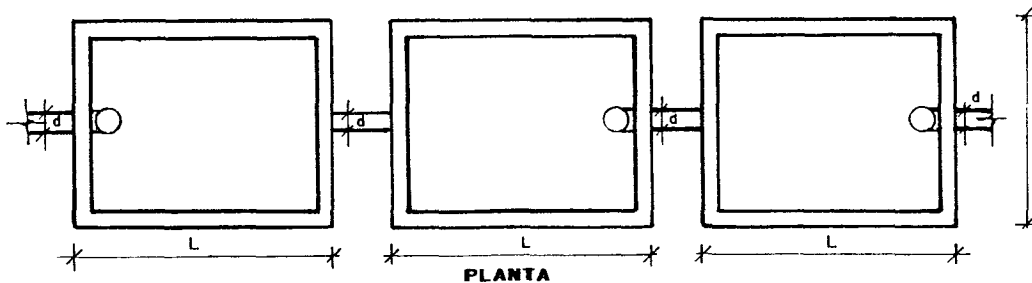
$L \geq 1.5 a$

$H \leq L \leq 2 H$

LIMITACION $0.4 \leq h_d \leq 1$

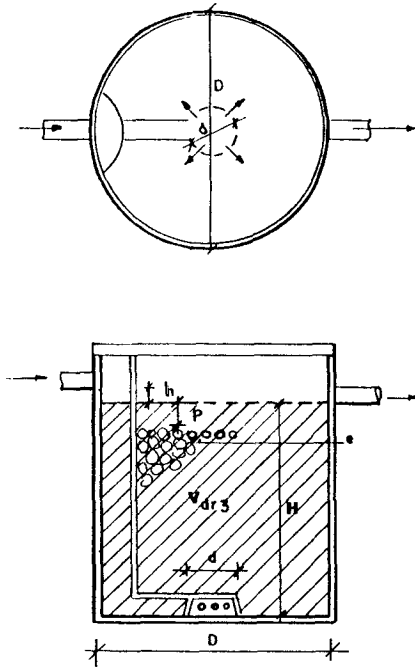
$d \geq 4'' \text{ o } 10$

Las dimensiones reales deberán obedecer todas las relaciones de proporción.



DESDE 2 HASTA 5 CAMARAS, EN SERIE.

FIGURA 4
 FILTRO ANAEROBICO
 (DIGESTOR DE MEDIO FIJO)



CONDICIONES $V_{dr3} = Q(4hr) \div 3$
 $V_{dr3} = 0.66 V_{bruto}$
 POROSIDAD $e = \frac{V_{libre}}{V_{bruto}} = 0.66$
 para triturado ϕ 4 a 7 cm

PROPORCIONES

$h = 0.10 H$
 $P = 0.15 H$
 $V_{dr3} = 0.66 A_{base} H$
 Para filtros circulares
 $A_{base} = \frac{\pi D^2}{4}$
 $D \leq 2 H$
 $D = 3 d$
 Para filtros rectangulares.
 $A_{base} = L b$
 $b \leq L \leq 3 b$
 $L \leq 2 H$
 $L = (L - 5b)$ y ϕ de L coincide con ϕ de L

LIMITACION: $0.6 m \leq H \leq 1.80 m$

Las dimensiones reales deberán cumplir todas las relaciones de proporcion.

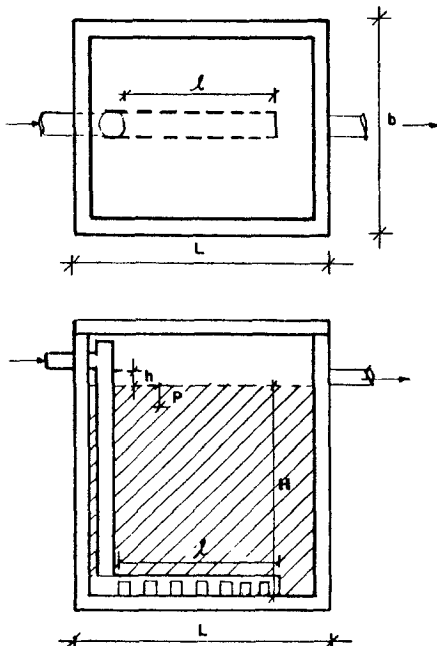
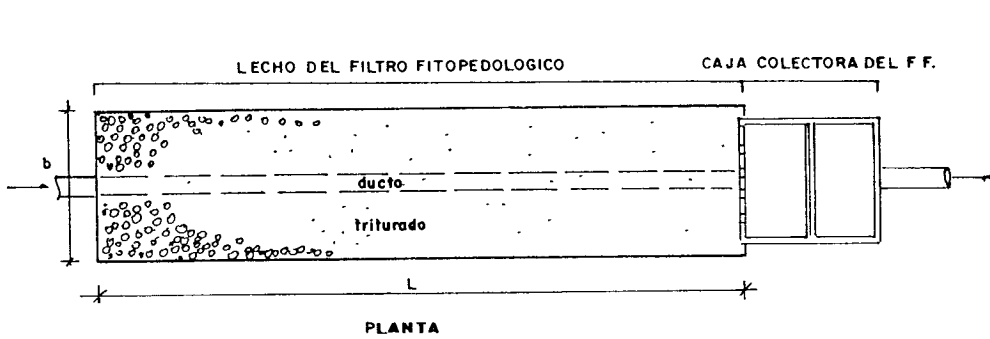


FIGURA 5

FILTRO FITOPEDOLOGICO

(DIGESTOR ADSORBEDOR DE MEDIO FIJO)



CONDICIONES: $V_{dr4} = Q(4hr) \cdot \phi^4$

$V_{dr4} = 0.66 V_{bruto}$

POROSIDAD $e = \frac{V_{libre}}{V_{bruto}}$

para triturado ϕ 4 a 7 cm

PROPORCIONES: $\leq a_i = 0.7b$

$f = 0.2H$

$0.2Hb \leq f b' \leq 0.66Hb$

$b \leq 3H$

$L \geq 6b$

LIMITACIONES $0.20 m \leq H \leq 2.0 m$

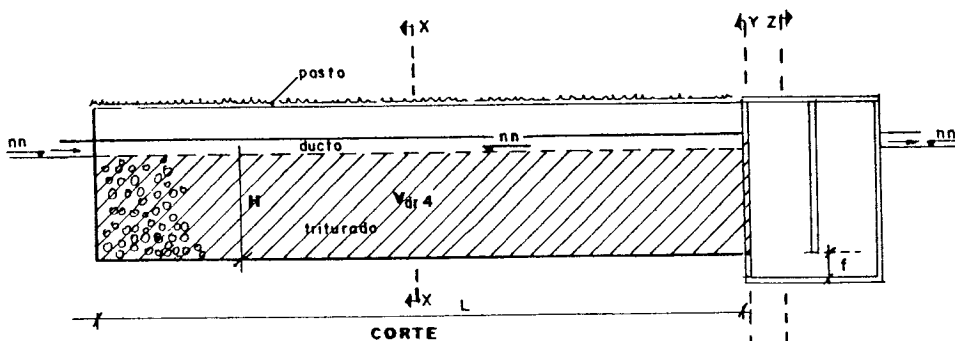
$0.10 m \leq h \leq 0.60 m$

$P \leq 1.80 m$

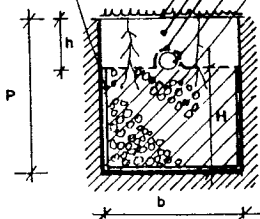
$a_i \leq 4 cm$

$\frac{Q(4hr)}{0.66Hb} \leq 0.01 m/seg$

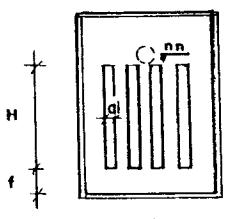
las dimensiones reales deberán cumplir todas las relaciones de proporcion.



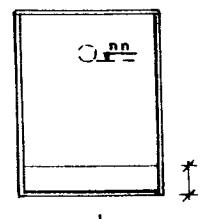
polietileno de re-vestimiento del lecho
 pasto
 tierra vegetal
 polietileno perforado solamente sobre el ducto y el lecho de triturado.
 ducto
 triturado



CORTE X X
 CORTE DEL LECHO



CORTE Y Y
 VISTA DE LA REJILLA



CORTE Z Z

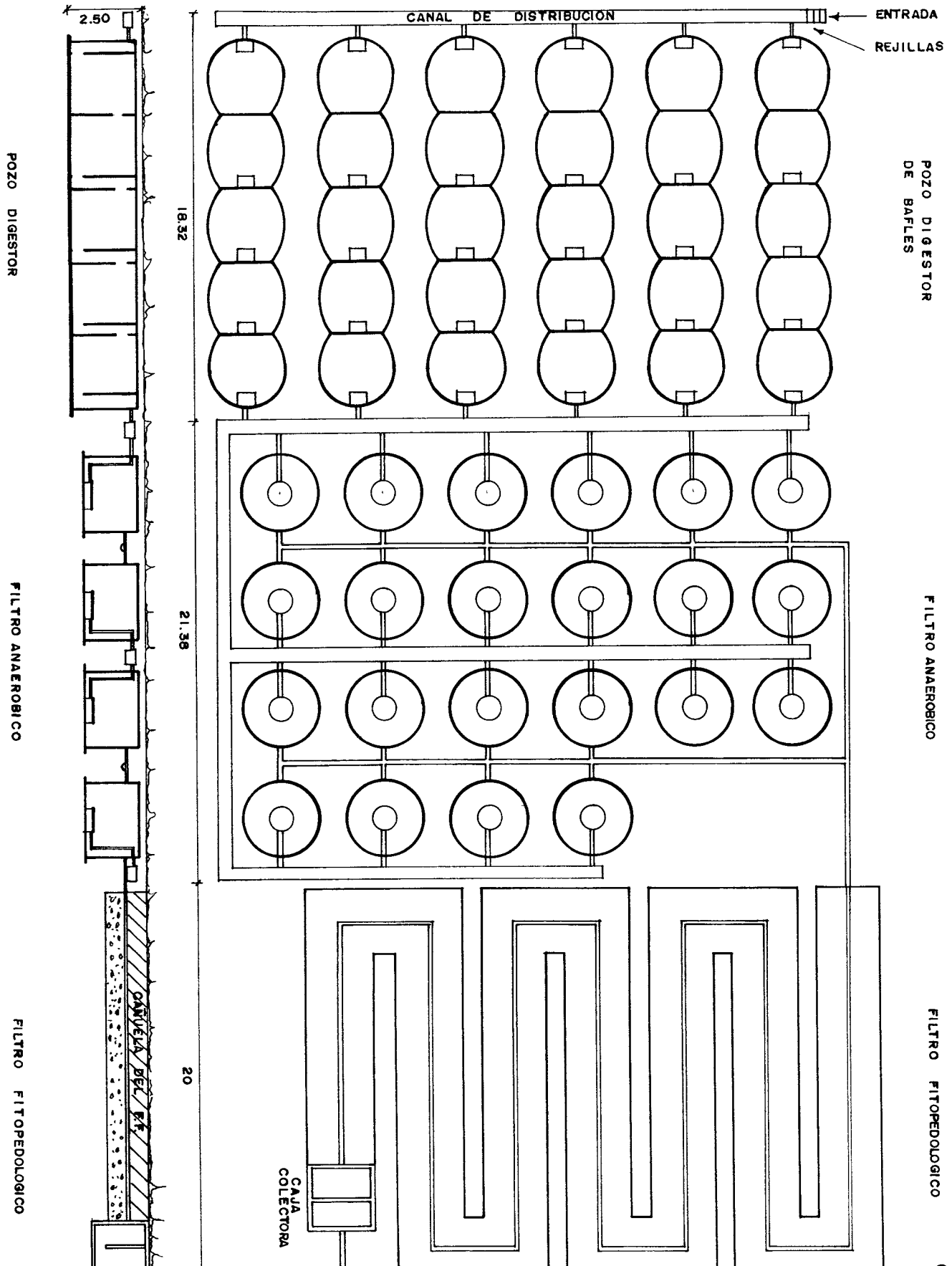
aire puede y debe estar en contacto con los volúmenes de digestión, pues a través de él escapan los gases finales, pero ningún digestor por el hecho de estar tapado es hermético, los gases salen por las tuberías, y por las rendijas de ajuste de las tapas y de la tierra con pasto. Los gases son inoloros, y además se filtran en su trayecto hacia la atmósfera sin representar ningún peligro ni molestia.

- Las tapas de las unidades deberán tener tapas de mover para facilitar la inspección del interior de los digestores. Todos los digestores son contenedores artificiales, salvo el lecho del filtro fitopedológico, el cual se construye directamente dentro de una zanja en el suelo, teniendo como revestimiento tan solo, un filme de polietileno, continuo en el fondo y paredes, y perforado en la parte de encima para permitir a través de esas perforaciones la entrada de las raíces del pasto dentro del lecho del filtro.
- Las cortinas de las trampas de grasas, de las cámaras del pozo digestor y de la caja colectora del filtro fitopedológico, deberán subir hasta el nivel de las respectivas tapas para impedir la salida de natas flotantes.
- Las limitaciones dimensionales de las unidades hacen que a veces el caudal a tratar no pueda ser tratado en una sola unidad, a pesar de construir esta a sus dimensiones máximas, se tiene entonces que **dividir** el caudal, y tratarlo en dos o mas unidades del mismo tipo, instaladas con conexión en **paralelo**.

Para esto lo mas recomendable es dividir el caudal en **n partes iguales**, distribuyéndolo a través de **n** tubos del **mismo diámetro** colocados al **mismo nivel**, que parten todos de un mismo ducto, donde las condiciones de flujo son prácticamente las de un reservorio a presión atmosférica. Entre etapa y etapa los caudales pueden o no volver a unirse y a repartirse, si se unen se tendrá un **sistema** mas homogéneo y resilente, ver figura 8.

Para sistemas de tratamiento **individuales**, tales como una vivienda, un hotel, un colegio, etc, las unidades que constituyen el **sistema**, pueden ser **prefabricadas**, como las que ofrece **FIBRIT**, que tienen la ventaja de estar debidamente proporcionadas; ver figura 6, correspondiente a un sistema para **una** unidad de vivienda básica, o figura 7, correspondiente a un servicio de baños para industria de 50 personas. Desde luego también pueden ser construidos en sitio.

Para sistemas de tratamiento **colectivos** como los de un barrio o una población, ver figura 8; las unidades que constituyen el **sistema** deberán construirse en sitio, bien con materiales tradicionales, o con elementos de **construcción industrializada** como los que ofrece **FIBRIT**; ver figura 8, correspondiente a un sistema para 2700 personas, o sea el equivalente a un barrio de 450 viviendas.



CADA UNIDAD DE BAFLES MIDE 1.50 X 1.50 M.

4. INICIACION Y OPERACION DEL SISTEMA

4.1 Primera Etapa.

No existe un proceso de iniciación propiamente, para esta etapa, la operación consistirá en limpiar las trampas de grasas, las rejillas, según sea el tamaño de la instalación, para retirar sedimentos o posibles natas flotantes. Para efectuar esta operación, se destapa la trampa o el canal de rejillas, y con una pala se retiran los sólidos, los cuales se disponen como basura sólida en rellenos sanitarios, o se incineran para uso en producción de compost.

4.2 Segunda Etapa.

Desde el momento de la construcción hasta cuando va a iniciarse el servicio del sistema, todas las cámaras del **pozo digestor de baffles** deberán estar llenas de agua y tapadas, aisladas de la luz.

La iniciación del **pozo digestor de baffles** consiste: en verter **2 kg. de estiércol** (una palada) de caballo o vaca, diluidos en un balde (10-12 lts), por cada **100 lts.** de volumen de digestión real de cada cámara del pozo digestor. La iniciación deberá hacerse unos 3 a 4 días antes de entrar en funcionamiento el sistema; durante las primeras dos semanas de operación deberá gastarse un caudal reducido a la mitad del de diseño aproximadamente.

La operación del **pozo digestor de baffles** es automática y no requiere ninguna supervisión en el caso de sistemas colectivos. Para sistemas individuales es importante tomar algunas **precauciones** para que el funcionamiento del sistema no se vea obstruido.

Estas precauciones son :

- No utilice **desinfectantes en el agua**, si se quieren desinfectar aparatos o superficies, frótese estos con un trapo humedecido en el desinfectante, pero no trate de desinfectar el agua, ya que esto no sucederá ni le quitará los olores, pero si **matará** todas las bacterias activas degradadoras de la materia orgánica, y **suspenderá** el proceso de tratamiento del sistema.
- No use "**Diablo Rojo**" u otros derivados de soda cáustica o ácido clorhídrico, pues se producirá el mismo efecto de suspensión del proceso.
- No permita que haya un exceso de gasto de agua, como el producido por una válvula rota, pues se "lavarían" las bacterias activas.
- Se pueden utilizar jabones, detergentes y papel toilet sin ningún problema.

4.3 Tercera Etapa.

La iniciación del **filtro anaeróbico** es similar a la del pozo digestor, el inóculo de estiércol diluido, de 2 kg. de estiércol en 10 lts. de agua por cada 200 lts. de volumen real de digestión puede colocarse en el agua antes de poner el triturado, durante el período de construcción; después cuando ya el filtro vaya a entrar en funcionamiento no será necesaria más activación.

La operación es también automática y no requiere ningún cuidado; las precauciones que han de tomarse para su correcto funcionamiento son similares a las referentes al pozo digestor de baffles.

4.4 Cuarta Etapa.

El **filtro fitopedológico** requiere que su capa de pasto esté desarrollada, para su correcto funcionamiento; esto toma unos dos meses desde su construcción. Antes de sembrar el pasto debe saturarse el lecho con agua, al igual que llenarse de agua la **caja colectora del filtro fitopedológico**; si esta agua se pierde debido a que la impermeabilización con el polietileno no es perfecta, no importa, el filtro funcionará bien así y con el tiempo ganará la impermeabilidad necesaria. Si transcurre un tiempo largo entre la construcción y el uso del filtro, este comenzará a operar inmediatamente, y en el curso de dos semanas habrá obtenido rendimientos normales.

5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

5.1 Primera Etapa.

Para la primera etapa, **trampas de grasas o rejillas, las actividades de operación** son las mismas de mantenimiento; es decir que con la simple operación correcta, ya está hecho el mantenimiento. Es importante anotar que personal no calificado, como puede ser un ayudante de jardinería, puede hacer estos trabajos de operación y mantenimiento.

5.2 Segunda Etapa.

El **pozo digestor de baffles** sedimenta sólidos digeridos o mineral y sólidos orgánicos en proceso de digestión, cuando los sólidos llegan al nivel inferior de la cortina o tubo interior de la primera cámara, la entrada se obstruye y se **suspende** el flujo; hay entonces que **remover** parte de los sólidos sedimentados.

Es muy importante notar que cuando esto va a suceder, se aprecia un **reflujo** en el caudal de entrada, se piensa entonces que está taponado y se recurre a verter **"Diablo Rojo"** (soda cáustica) por la cañería. **No haga eso.** Si lo hace mata el sistema y

mantenimiento será mas complicado. El **flujo lento** en las cañerías es **indicación** de que debe hacerse el **mantenimiento inmediatamente**.

Para hacer el mantenimiento, destápanse las tapas de inspección de las tapas de las cámaras. Con un palo tome el nivel del lodo y empújelo hasta el fondo para saber la profundidad total de la cámara. Con un balde amarrado a un lazo, y con la ayuda del palo hunda el balde hasta el fondo de la cámara. El lodo que debe sacarse es el mineralizado que está en el fondo.

Con la ayuda del palo voltee el balde, empújelo, tire del lazo y el balde lleno de lodo sáquelo y viértalo sobre una carretilla.

Repita la anterior operación hasta que no quede sino un 20%, la quinta parte, del lodo que había inicialmente. No agite o revuelva intencionalmente el contenido de sólidos y líquidos de la cámara, la agitación tolerable será solamente la que naturalmente se produzca al sacar el lodo. Repita esta limpieza en cada una de las cámaras del **pozo digestor**. La operación anterior también podrá hacerse con una bomba de lodo, cuidando de recibir el lodo en canecas para su uso final en la producción de compost o en rellenos sanitarios.

Si el sistema se ha **muerto** por haberlo "desinfectado", además de colmatarse rápidamente, emitirá muy malos olores. Para revivir lo habrá que sacar el lodo, "lavar" el sistema haciendo pasar por el pozo digestor, un volumen de agua igual a $2V_{dr}$, y sembrar un inóculo o semilla de estiércol, como cuando se inició el sistema.

El **pozo digestor de baffles** es un digestor anaeróbico, por tanto deberá mantenerse lleno de agua, tapado sin luz; durante las operaciones de mantenimiento debe tenerse en cuenta ésto: no desocupar el agua para sacar el lodo, y dejar debidamente tapadas las tapas de inspección.

Todas las operaciones de mantenimiento son muy sencillas y pueden ser realizadas por personal no calificado como pueden ser ayudantes de jardinería.

5.3 Tercera Etapa.

El **filtro anaeróbico** no requiere mantenimiento bajo condiciones normales de funcionamiento.

Solamente en el caso de **muerte** de las bacterias, por choque tóxico con desinfectantes, se puede producir un "colapso" del funcionamiento del filtro. En este caso el mantenimiento consiste en: sacar el triturado de anclaje, lavarlo ligeramente para retirar lama desprendida y volver a colocar el triturado, previamente habiendo limpiado el tanque y vertido en él, agua limpia y semilla

de estiércol diluido tal como se describió atrás para el proceso de iniciación del filtro anaeróbico.

5.4 Cuarta Etapa.

El **filtro fitopedológico** requiere dos operaciones de mantenimiento:
a) Cortar el pasto del lecho cuando consideraciones estéticas lo recomienden. b) Revisar la **caja colectora del FF** cuando se haga el corte de pasto, para retirar posible sedimentación que se haya acumulado en fondo de dicha caja, en tal caso, efectuar una operación similar a la limpieza de la trampa de grasas.

6. COSTOS

Se han calculado los costos del sistema, en sus versiones individual y colectiva, expresándolos en dos parámetros equivalentes: el costo per cápita, o por persona servida; y el costo por capacidad de caudales promedios a tratar.

Los costos son totales, incluyen: los elementos **FIBRIT**; los materiales varios como concreto, cemento, hierro, triturado, etc; costos de excavación, transportes, y mano de obra; y AIU, o sea administración imprevistos y utilidad del constructor.

Se ofrece un rango de costos y un promedio, el promedio corresponde a una "**persona equivalente**" de 200 ^{lt}/per - día de consumo y concentración orgánica de 200 mg/lt de **DBO5**, los límites superior e inferior a gastos per cápita de 150 ^{lt}/per-día y 250 ^{lt}/per-día respectivamente. El nivel de remoción de carga orgánica contemplado es del 80%.

Para mantener la información de costos, válida a través del tiempo, estos se expresan en **US\$** dólares americanos. Los costos se basan en costos reales totales de proyectos ejecutados y el cambio considerado en la fecha, Enero de 1990, es de 445 Col\$/US.\$

La variación de los costos es mayor en el sistema individual, debido a que en éste, pueden separarse las aguas **orgánicas** de las **de lavado** lográndose así mayor eficiencia y economía, comparativamente con el tratamiento de aguas orgánicas mezcladas. En el caso del sistema colectivo, la variación de costos es menor, ya que no se contempla sino el tratamiento de aguas orgánicas mezcladas, la única forma posible.

Se incluye también el área requerida para el sistema, incluyendo espacios de operación y circulación, indicando el valor unitario de área necesaria por persona servida con el tratamiento, en ^m2/per.

Los costos y áreas se describen en el cuadro No. 2. No se incluye el costo del terreno.

CUADRO No. 2

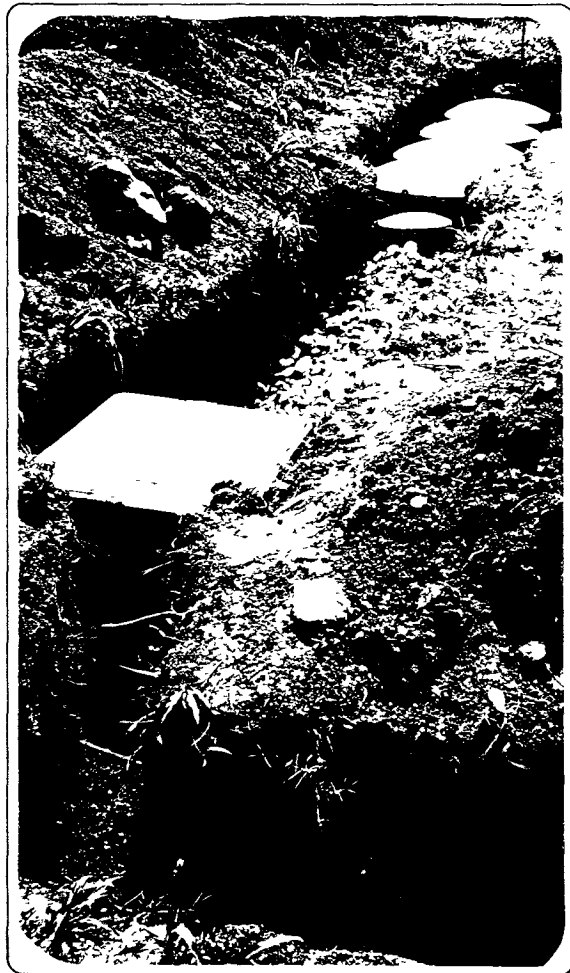
Sistema	SAMM Individual	SAMM Colectivo
Costo de instalación por persona servida. Límite inferior-promedio-límite superior	49 - $\overline{70}$ - 90 US\$/per.	25 - $\overline{34}$ - 42 US\$/per.
Costo de instalación por caudales promedios a tratar. Límite inferior-promedio-límite superior.	18 820 - $\overline{20 160}$ - 20 740 US\$/(1t./seg)	9 000 - $\overline{9 300}$ - 9 600 US\$/(1t./seg)
Area bruta requerida incluyendo espacios mínimos de operación	1.5 - 2 m ² /per.	.40 - .62 m ² /per.

7. ILUSTRACIONES

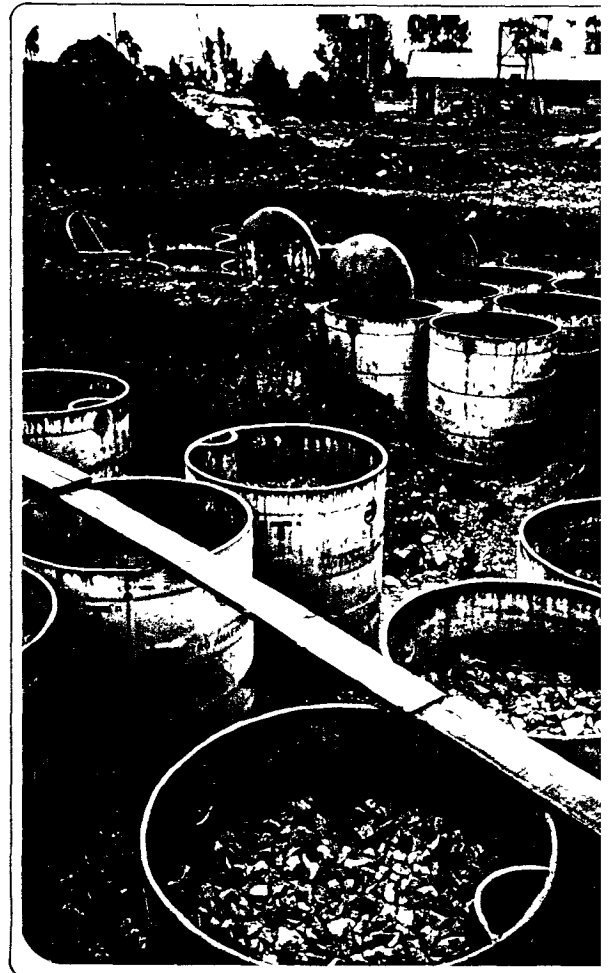
Se presentan a continuación algunas ilustraciones del Sistema de Tratamiento, de diferentes tamaños. En la parte A., sistemas hechos con elementos prefabricados de **FIBRIT**; y en la parte B, sistemas hechos con elementos de construcción industrializada, es decir paneles de **FIBRIT**.

Parte A.

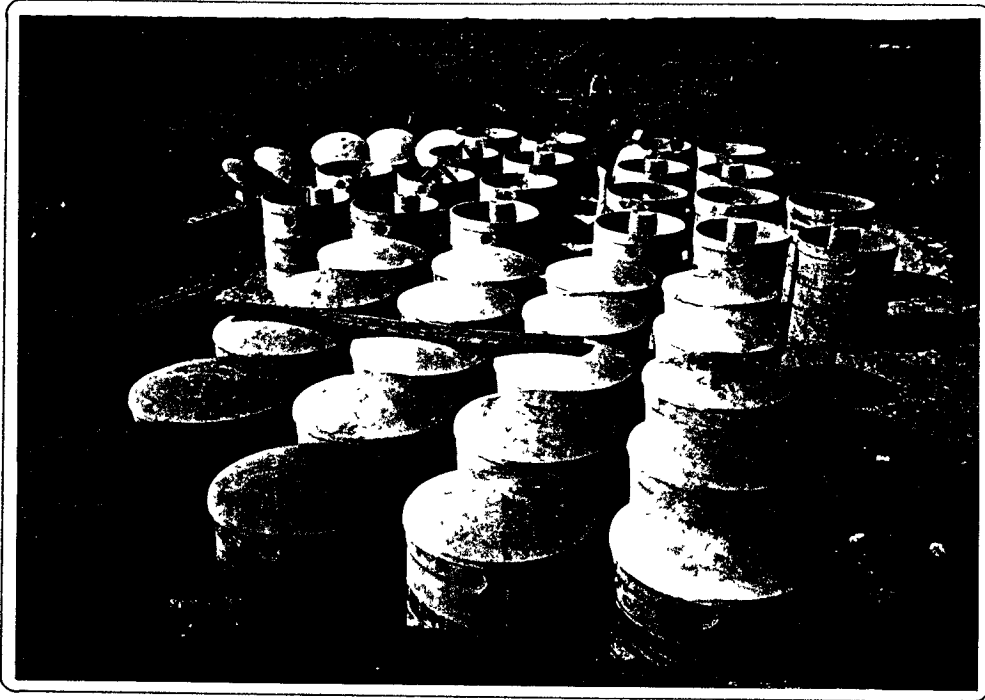
Sistemas **individuales**, construidos con elementos prefabricados.



Sistema para una vivienda de 6 personas.



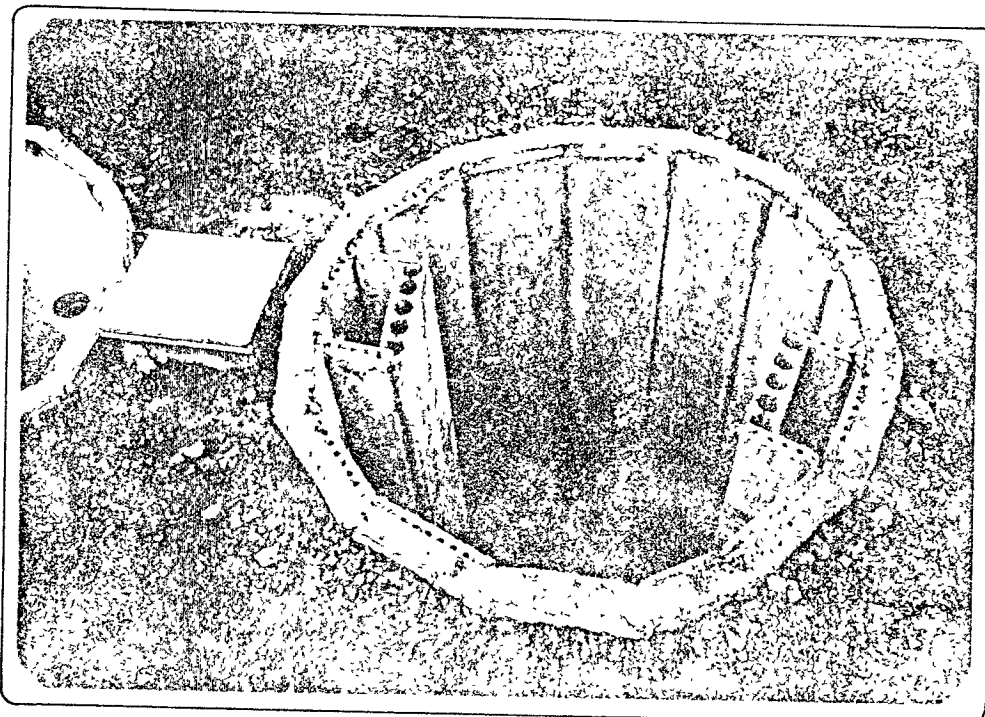
Sistema para un club de 400 personas.



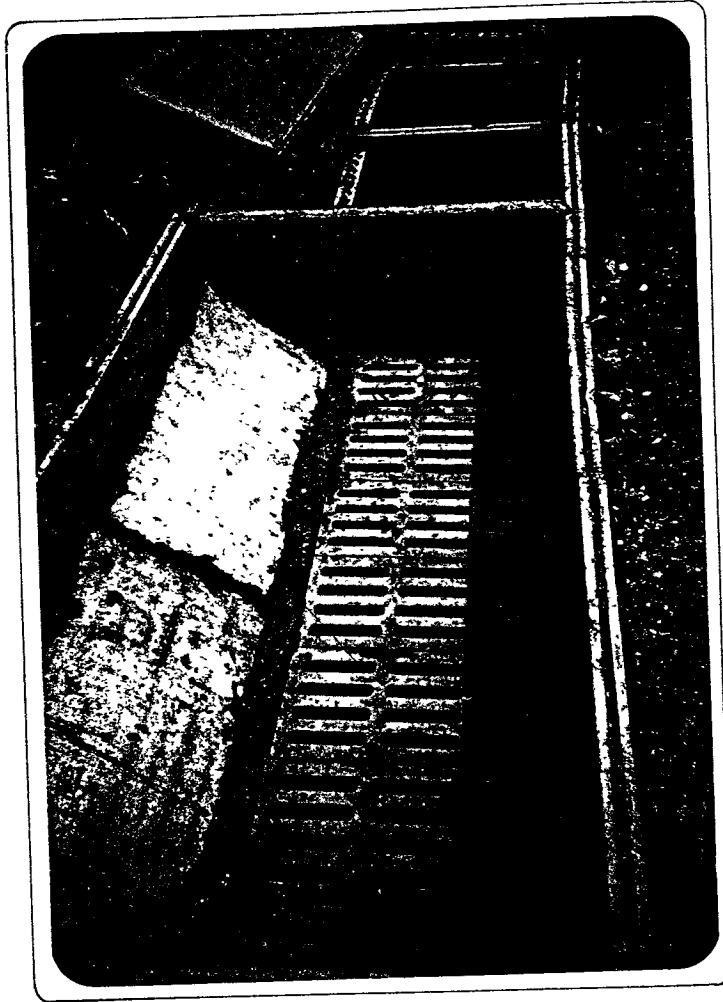
Sistema para un internado de 220 personas.

Parte B.

Sistemas **colectivos** construidos con elementos de **construcción industrializada.**



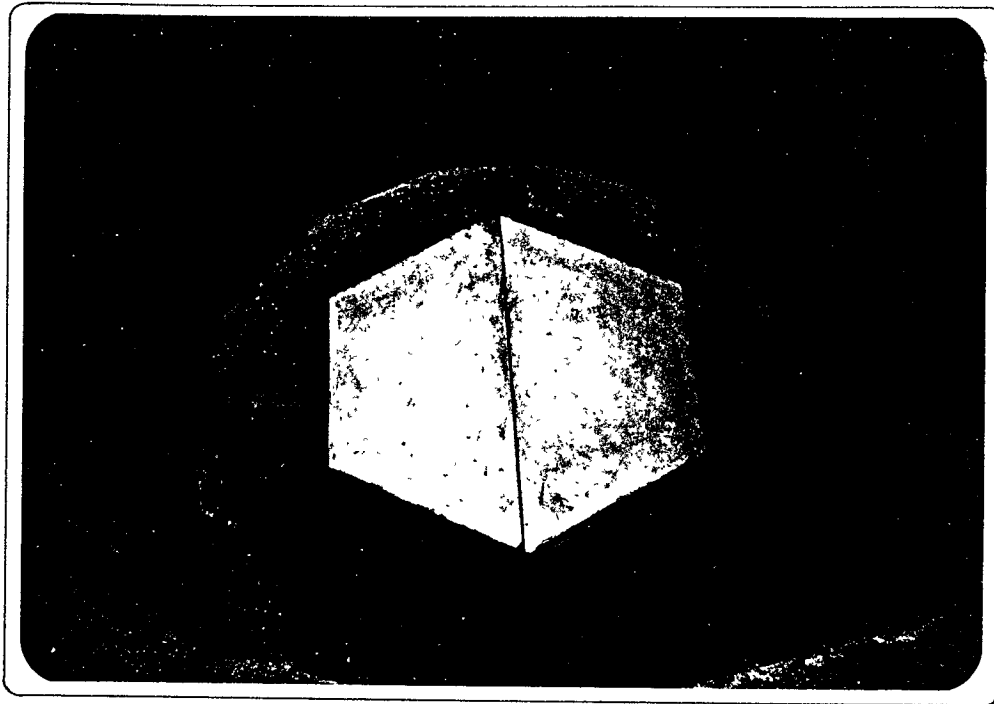
Digestor de baffles construido con paneles prefabricados de **FIBRIT.**



Rejillas de la primera etapa.



Detalles de las cortinas o baffles de una de las camaras de un Digestor de Baffles.



Filtro anaeróbico construido con p neles prefabricados FIBRIT, detalle del difusor.



Detalle del ducto colector.
de un Filtro Anaeróbico.

8. CONCLUSIONES

El **Sistema Anaeróbico Múltiple Mixto**, se basa en principios tradicionales de la tecnología del tratamiento de aguas residuales orgánicas. No constituye materia patentable y puede construirse con cualquier material.

El **Sistema Anaeróbico Múltiple Mixto** es el método más económico de tratamiento de aguas residuales hoy día en el mundo. Comprobado ampliamente en la zona tropical. Es además el sistema de **mas fácil** operación y mantenimiento. Por no emitir olores y reunir todas las ventajas descritas anteriormente, se constituye en la respuesta mas accesible a los problemas del impacto ecológico generado por las aguas residuales.

FIBRIT LTDA, basado en su experiencia en diseño, construcción y manejo de estos sistemas. Puede ofrecerle: la ingeniería de diseño; y el suministro de los elementos para construcción, prefabricada, o industrializada, de las unidades del sistema.

Consulte con nuestro departamento técnico y gustosos le ofreceremos nuestros servicios.

F I N