

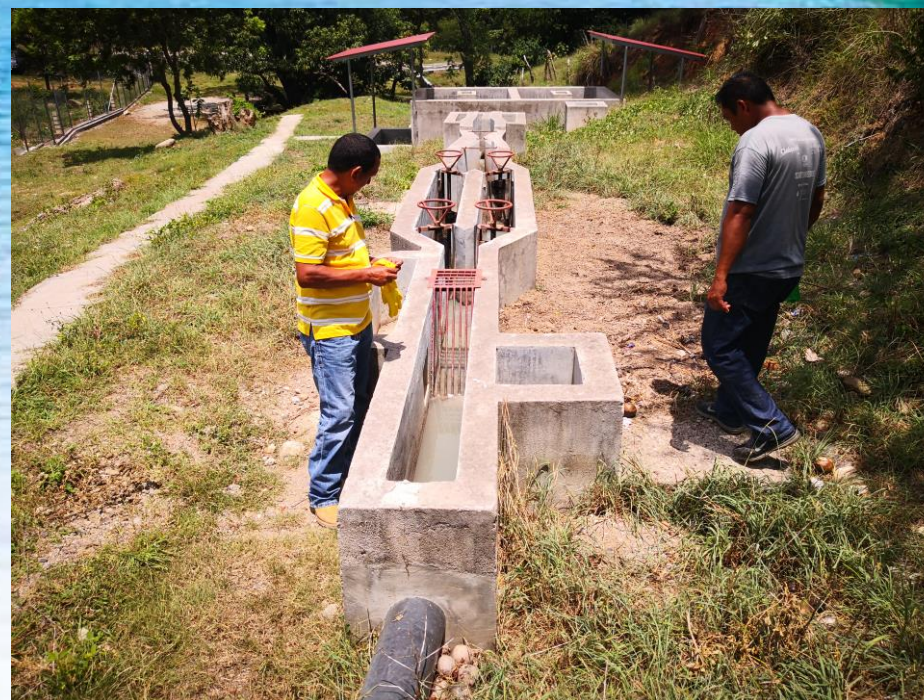


CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento



para todos
por siempre
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN HONDURAS

Operación y mantenimiento Planta depuradora de San Antonio del Norte, La Paz



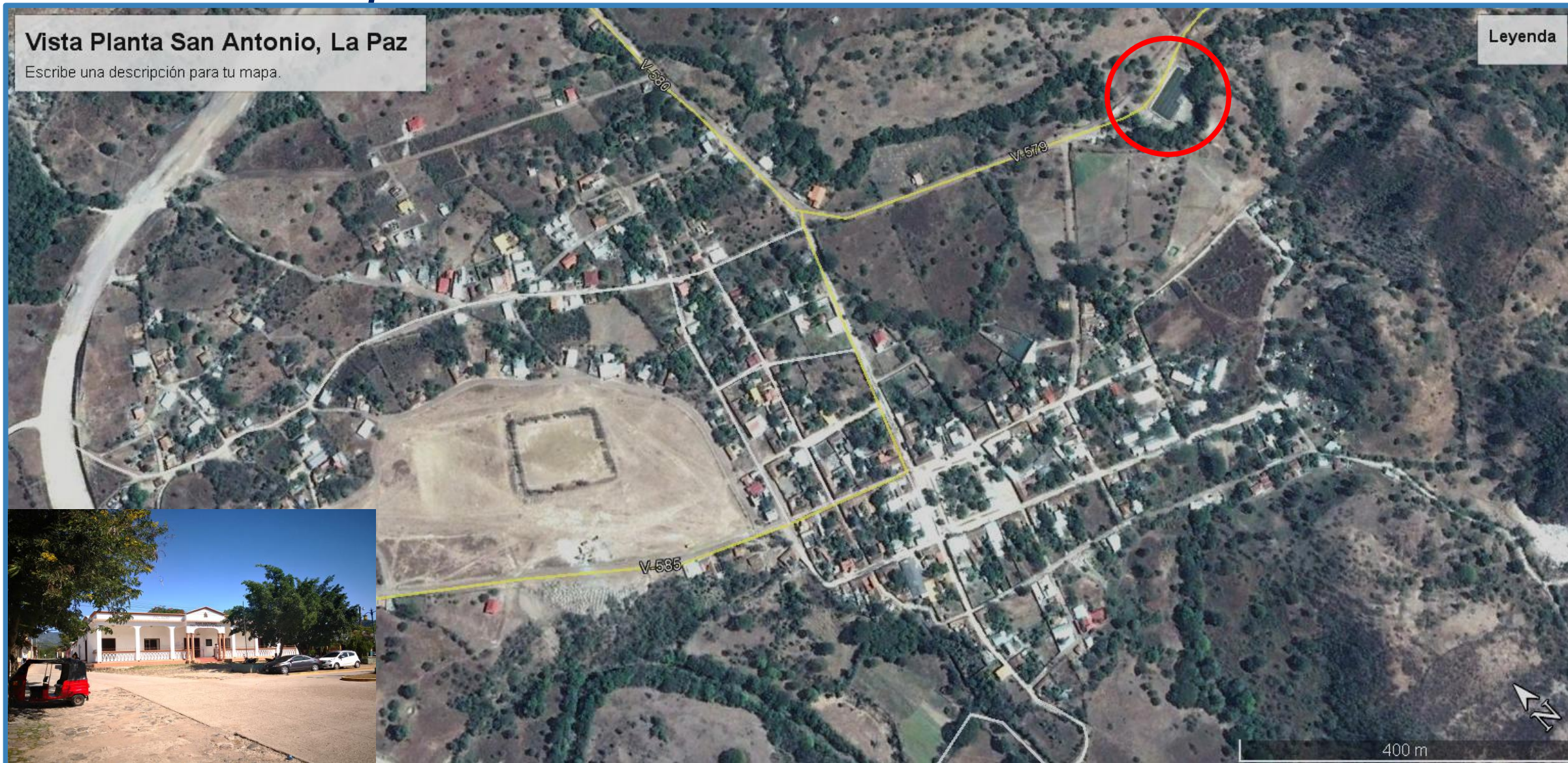
Ing. Pedro E. Ortiz B.

Septiembre 2020

Municipio de San Antonio del Norte, La Paz

Vista Planta San Antonio, La Paz

Escribe una descripción para tu mapa.



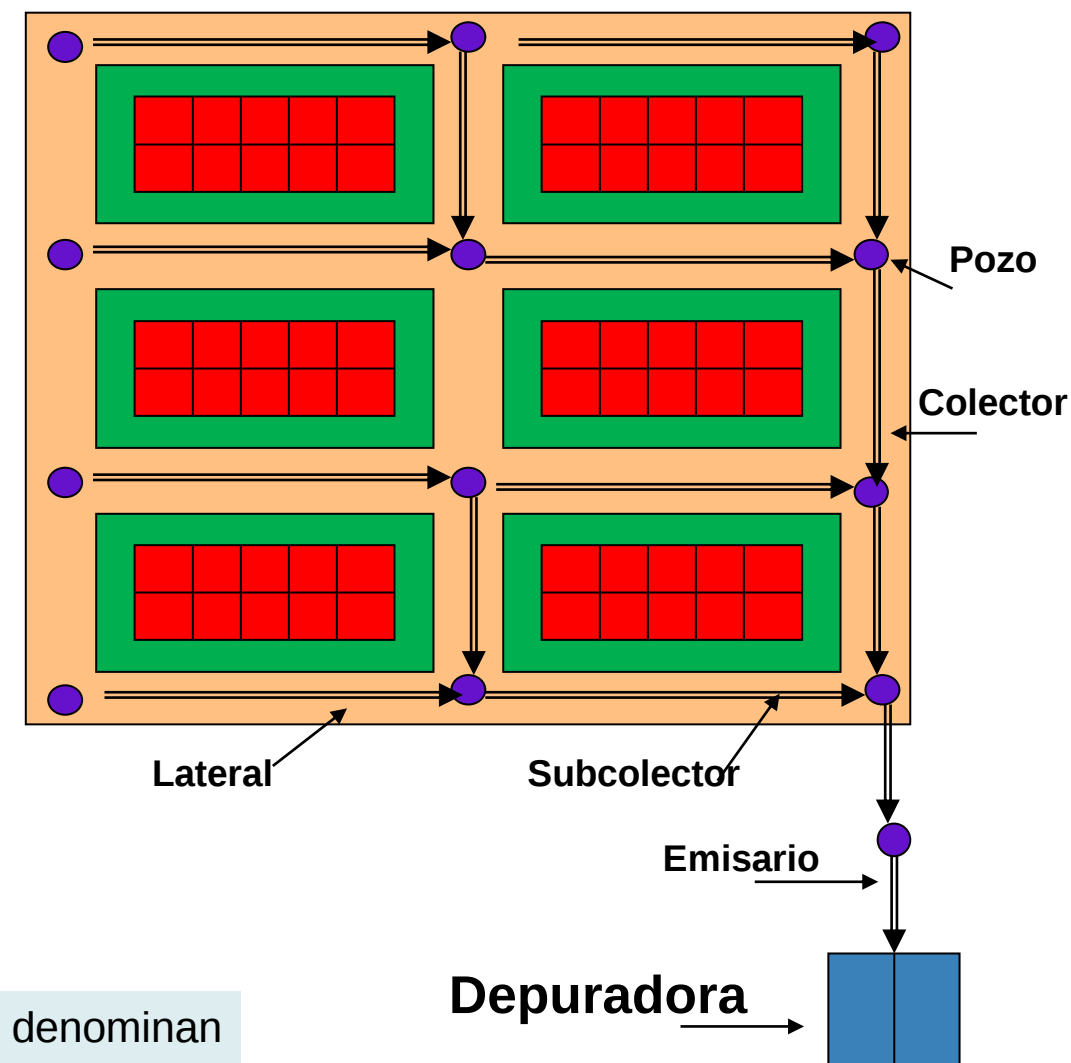
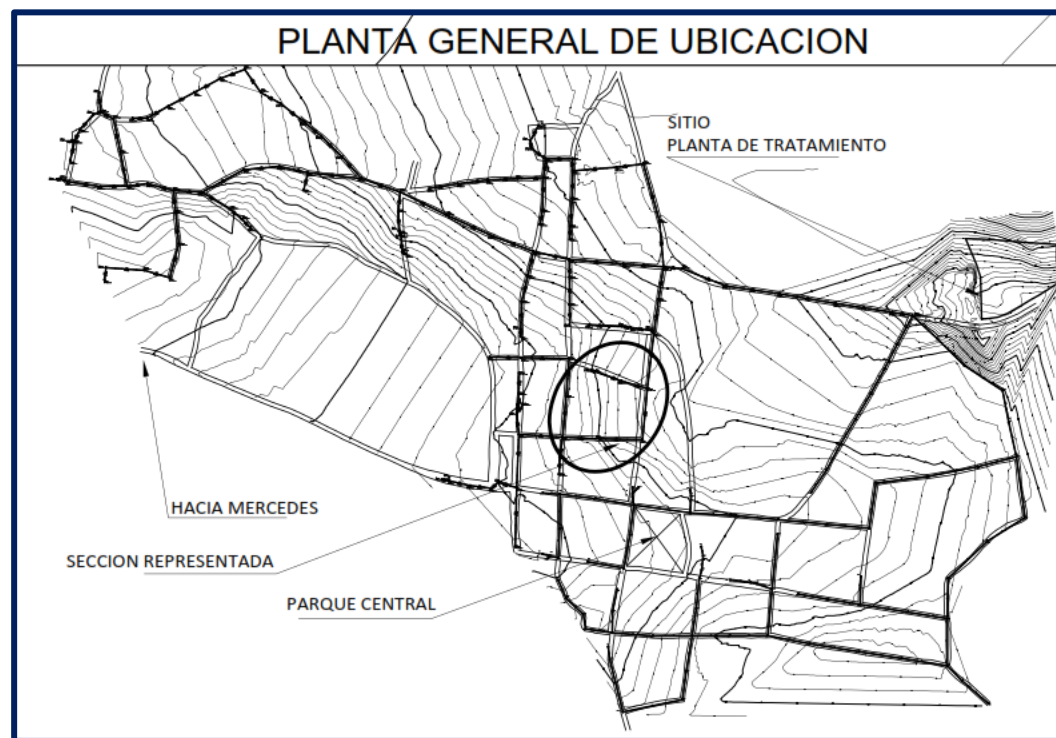
Leyenda



Sistema de alcantarillado sanitario y sus componentes

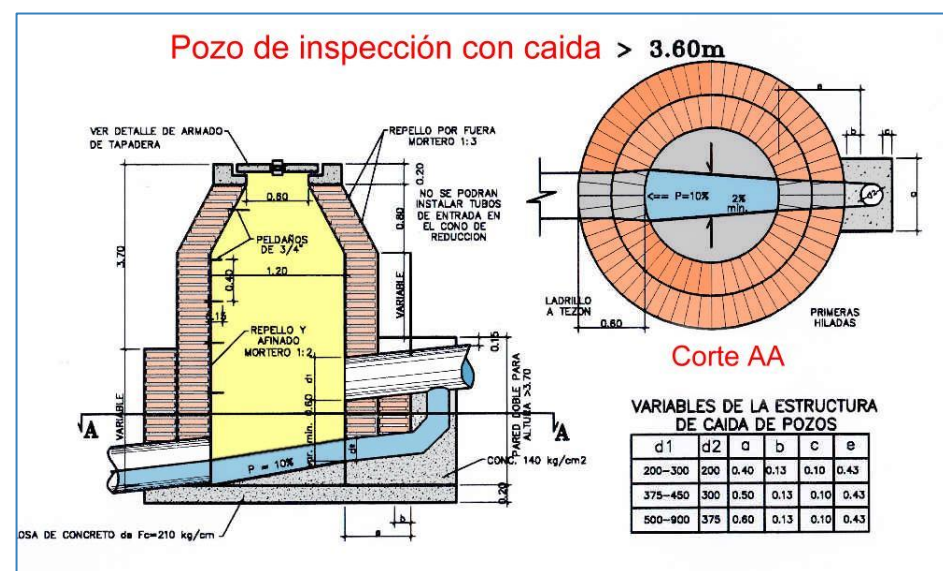
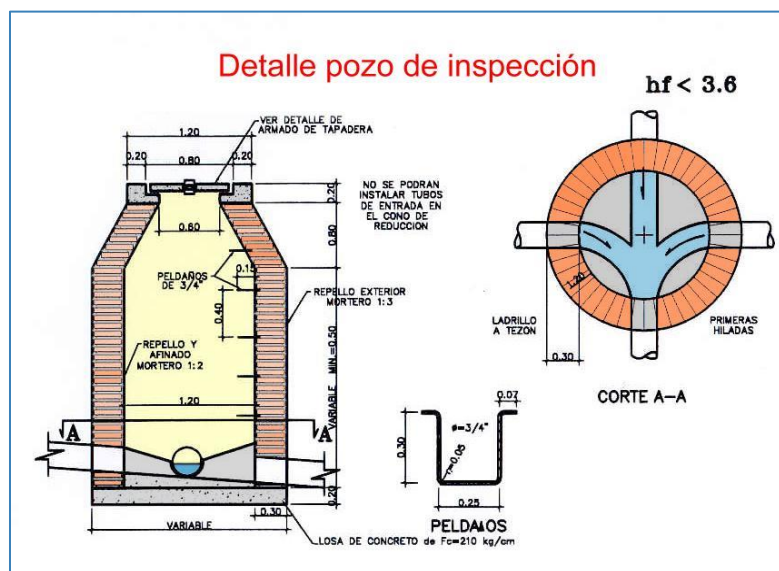
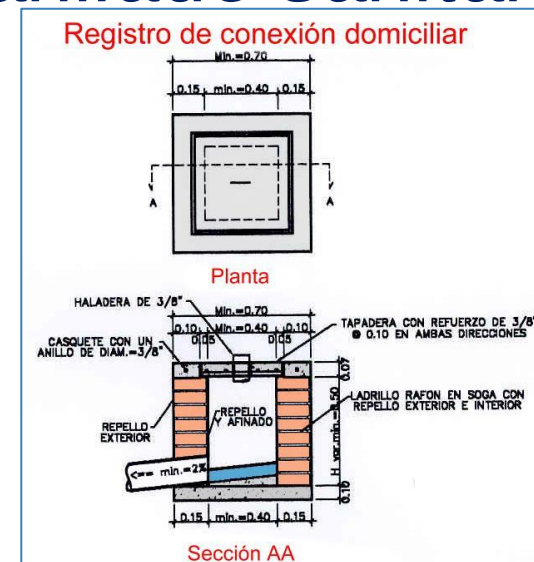
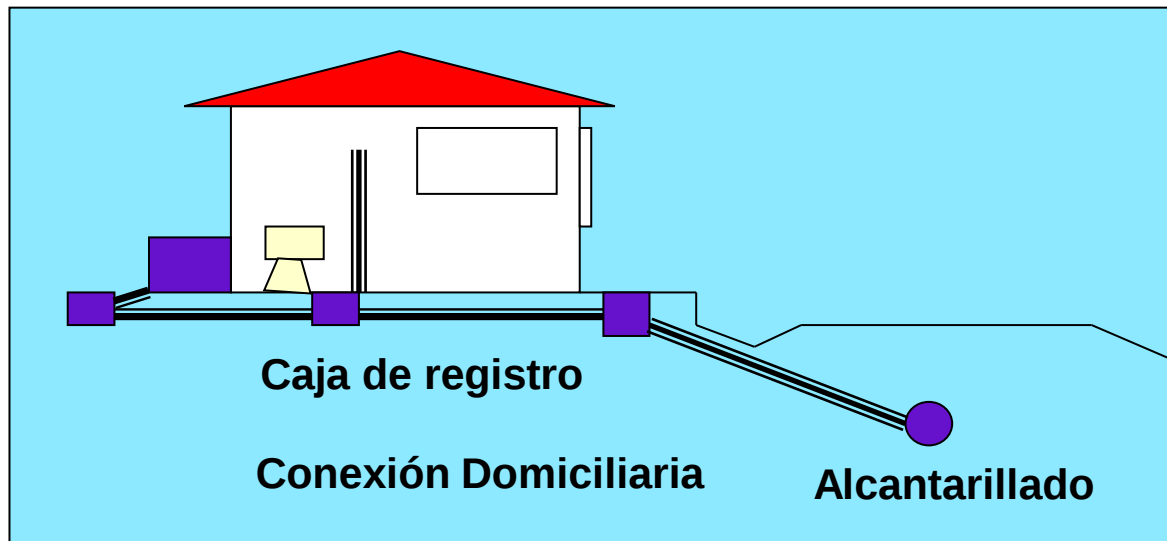
Datos de la comunidad y del sistema

- Población actual = 2,100 hab.
- No. de Viviendas 350
- No. de conexiones previstas = 298 (85%)
- No. de conexiones habilitadas = 235



Los conductos que recogen y transportan el agua residual se denominan alcantarillas y el conjunto de las mismas constituyen la red de alcantarillado

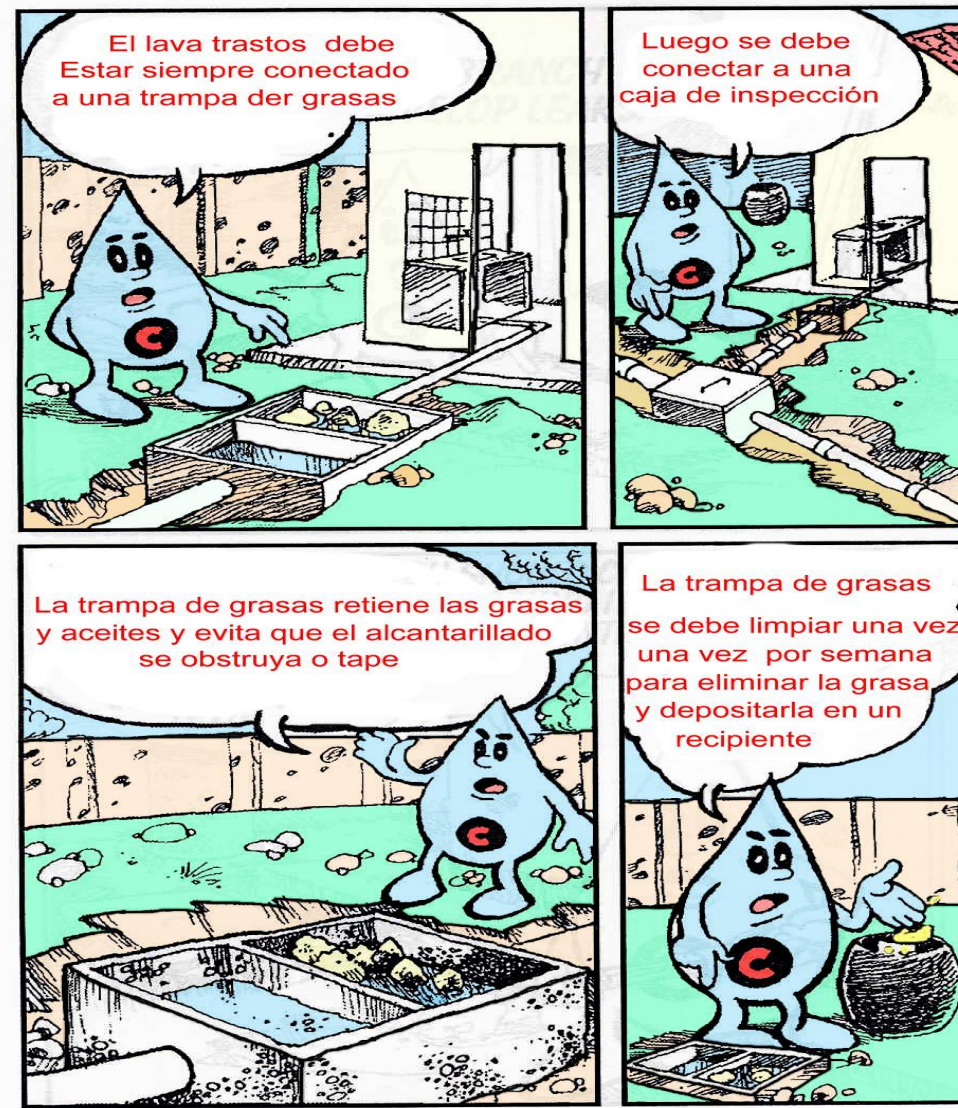
Detalles de componentes del alcantarillado sanitario



Uso apropiado del alcantarillado sanitario

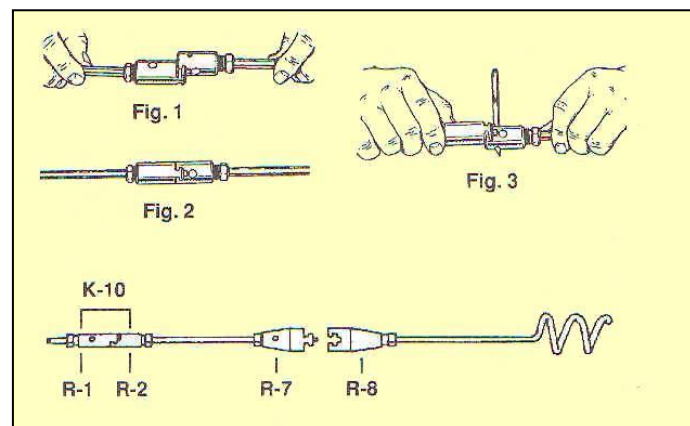
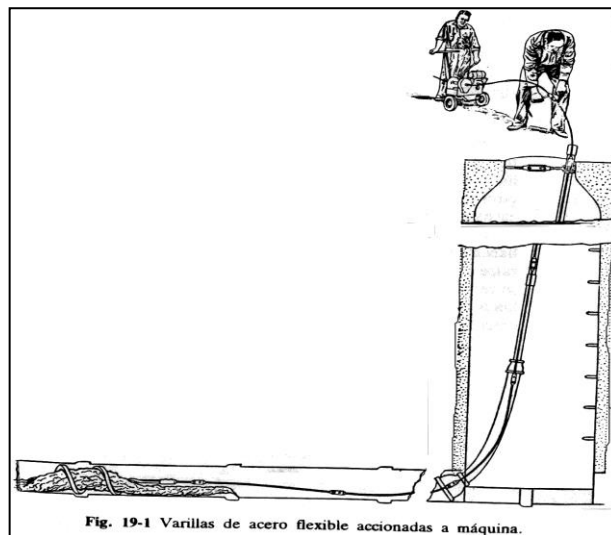
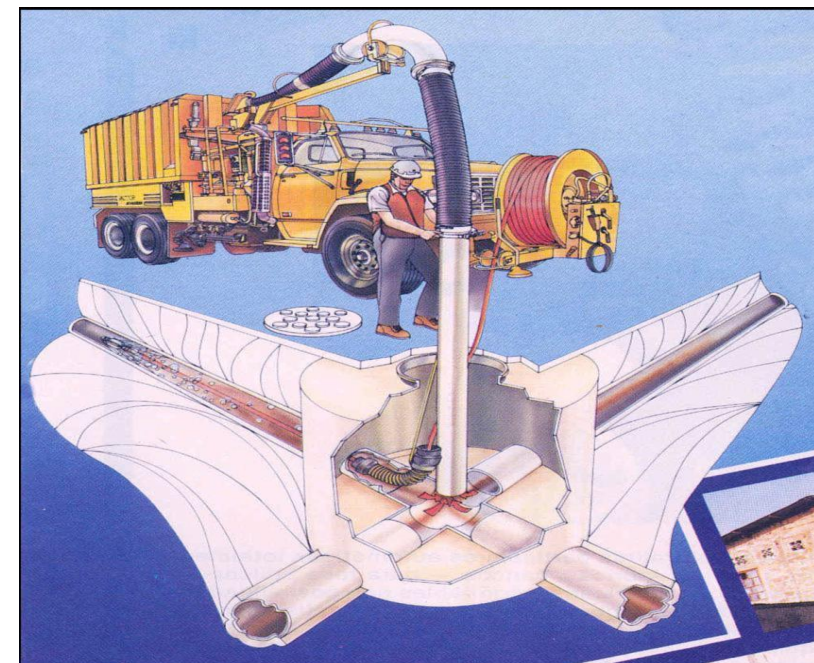
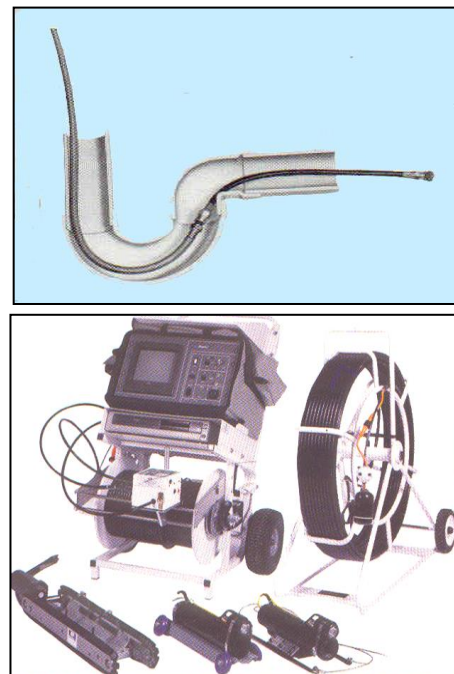
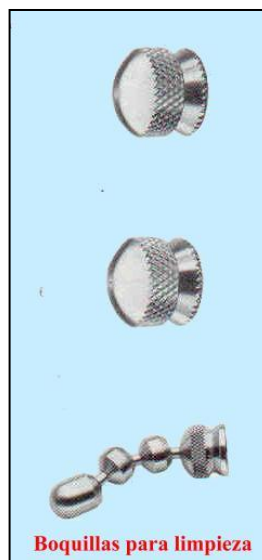


5

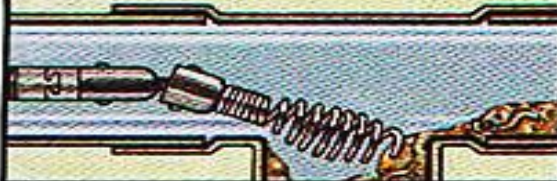
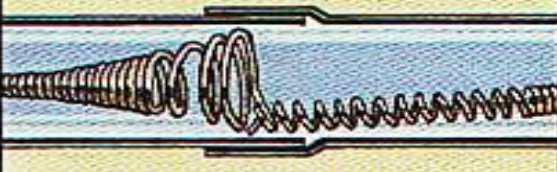
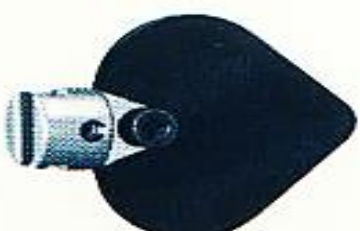
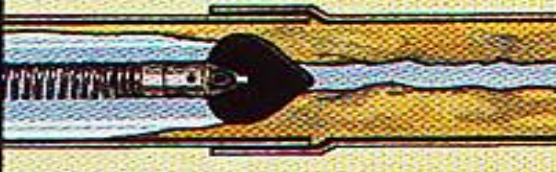
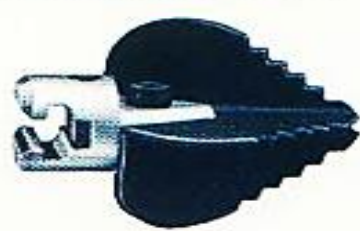


7

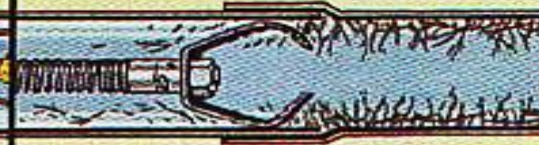
Equipos de Limpieza para alcantarillas



Barrenas y cortadoras para limpieza de alcantarillas

Barrena Articulada Para limpiar unidades montadas espalda a espalda, es decir para sumideros en los que el cable tiene que ser introducido al tubo de bajada.  	Barrena Recta Para su empleo en la exploración y para soltar atascos o para retornar muestras a la superficie para así determinar la herramienta correcta.  	Barrena de Embudo Para su empleo como herramienta secundaria en líneas de tubos. Alloja atascos dejados por el sintín recto.  	Barrena de Gancho Se emplea en atascos pesados causados por raíces en tubos que requieren enganche y alojamiento.  
Barrena Recuperadora Para búsquedas, para cables que se han roto en la línea.  	Cortadora de Pala Para atascos causados por materiales endurecidos, tales como depósitos químicos.  	Cortadora de Cuatro Hojas Con Dientes de Sierra Para repasar el trabajo de los sintines y para desatorar desagües de piso.  	Cortadora de Grasa Para abrir líneas que han sido contaminadas con grasa de detergentes.  

Cortadoras para limpieza de alcantarillas

Cortadora de Sierra Espiral Para la limpieza de cualquier atasco, tal como raíces, trapos, palos, etc.  	Cortadora de Diente de Sierra Para limpiar líneas que han sido bloqueadas por raíces. Su diseño único permite extraer la cortadora del tubo dañado sin que el mismo se agarrote.  	Cortadora de Barra Espiral Para desagües principales bloqueados por raíces, desechos de hojas, palos, aserrín, trapos, costales.  	Cortadora de Diente de Tiburón Para su empleo en la limpieza de tubos con atascamiento de material general adherido a las paredes del tubo.  
Cortadora de Grasa "C" Para atascos de grasa en líneas que conducen de la máquina de desecho de basura o del tubo de deserdicios.  	Cortadora Expansible de Acabado Para la eliminación final de materiales adheridos a las paredes y de ciertas raíces de naturaleza fibrosa.  	Golpeadora de Cadena Para su empleo en situaciones en las que se requiere una acción vigorosa para la limpieza de escamas en tubos y calderas.  	Escobilla Para Tubos de Humo Para la limpieza final de tubos de calderas y de intercambiadores de calor.  

Objetivos del tratamiento de agua

- ➡ Proteger la salud humana.
- ➡ Proteger el recurso agua en sus diferentes usos.
- ➡ Proteger el ambiente.

Importancia del tratamiento

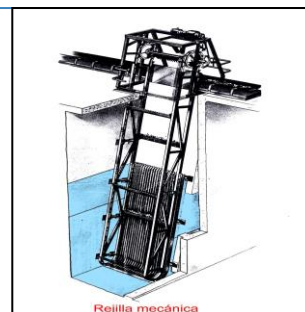
- ✿ Reduce los gastos por enfermedades hídricas.
- ✿ Se reduce el gasto por eliminación de plagas.
- ✿ Evita la Disminución de la productividad por muertes y enfermedades.
- ✿ Evita la pérdida de recursos piscícolas por la destrucción de la fauna y flora.
- ✿ Reduce los gastos de Potabilización necesario para los usos posteriores a los vertidos.
- ✿ Se conservan los lugares para deportes y esparcimiento, y el valor de las tierras.
- ✿ Evita la pérdida de divisas generadas por el turismo.
- ✿ Evita las pérdidas de cosechas y la disminución de la fertilidad del suelo agrícola.
- ✿ Recuperación de materias y sustancias valiosas utilizadas en los procesos industriales
- ✿ Recirculación y reúso del agua en las Plantas industriales.



Pretratamiento



LA LIMPIEZA DEL AGUA



1 PARA LOS DESPERDICIOS Y LOS PAPELES



Un simple colador basta.



2 PARA LA ARENA Y OTRAS PARTÍCULAS PESADAS



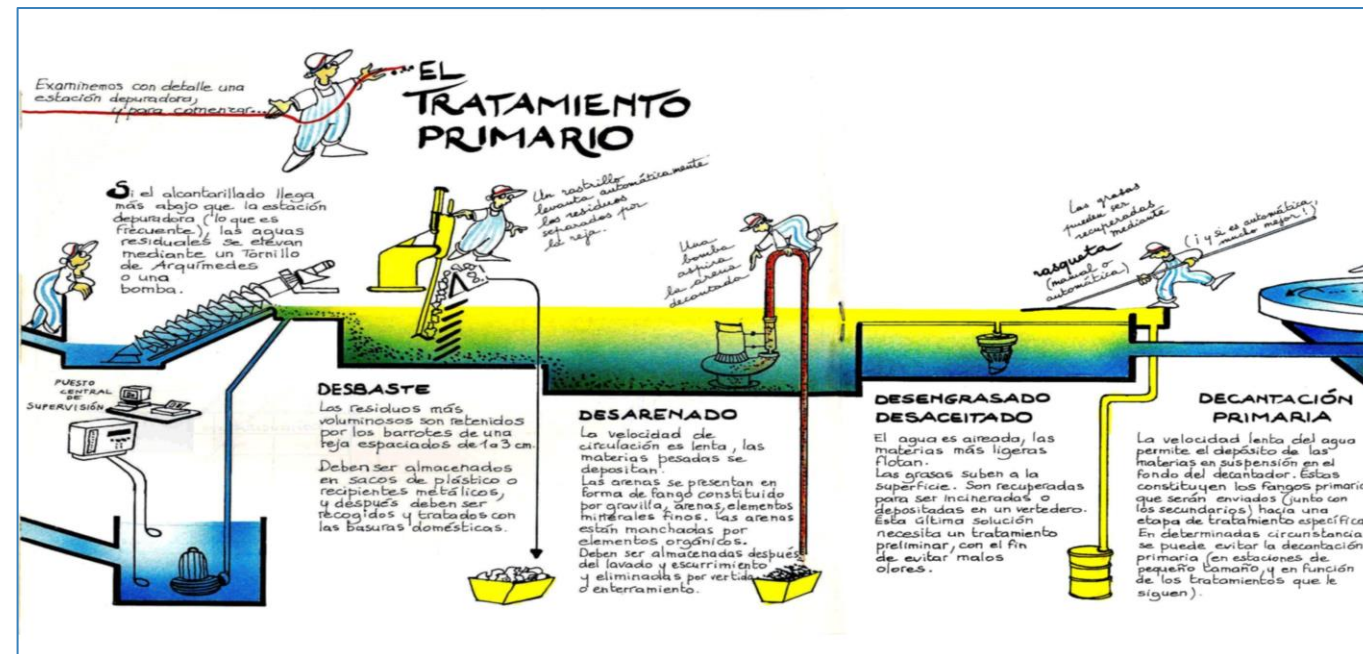
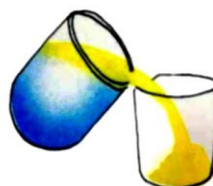
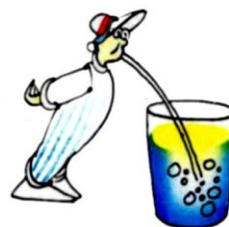
Si hacéis circular el agua len... ta... men... te... caerán al fondo.



3 PARA EL ACEITE... Y LAS GRASAS

Como son más ligeras que el agua, flotan.

Si además sopláis en el agua, se acentúa el fenómeno.

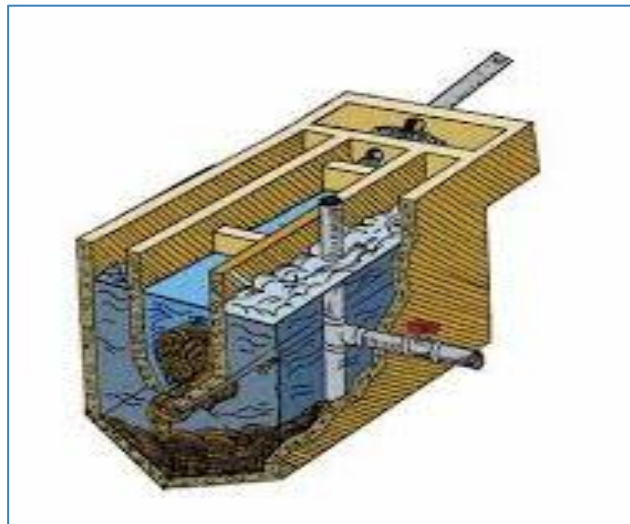
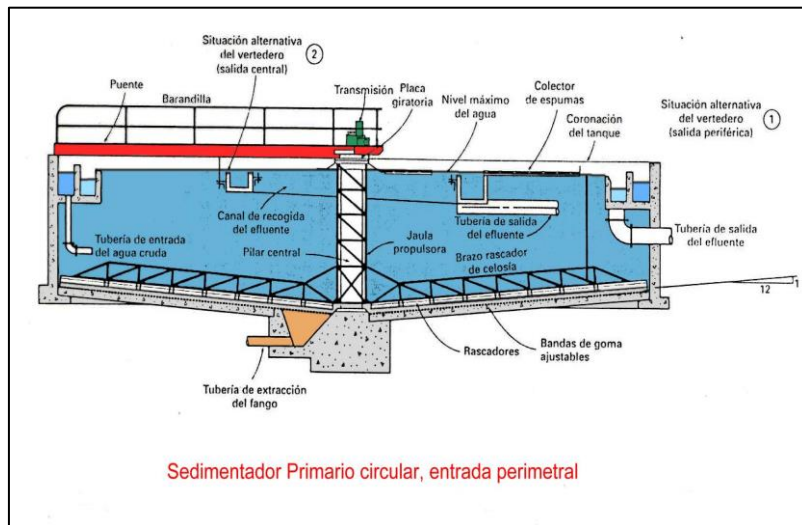


Tratamiento Primario

Elimina una fracción de los **Sólidos Suspendidos** y de la **Materia Orgánica** del agua residual.-
Esta eliminación suele llevarse acabo mediante operaciones físicas tales como:

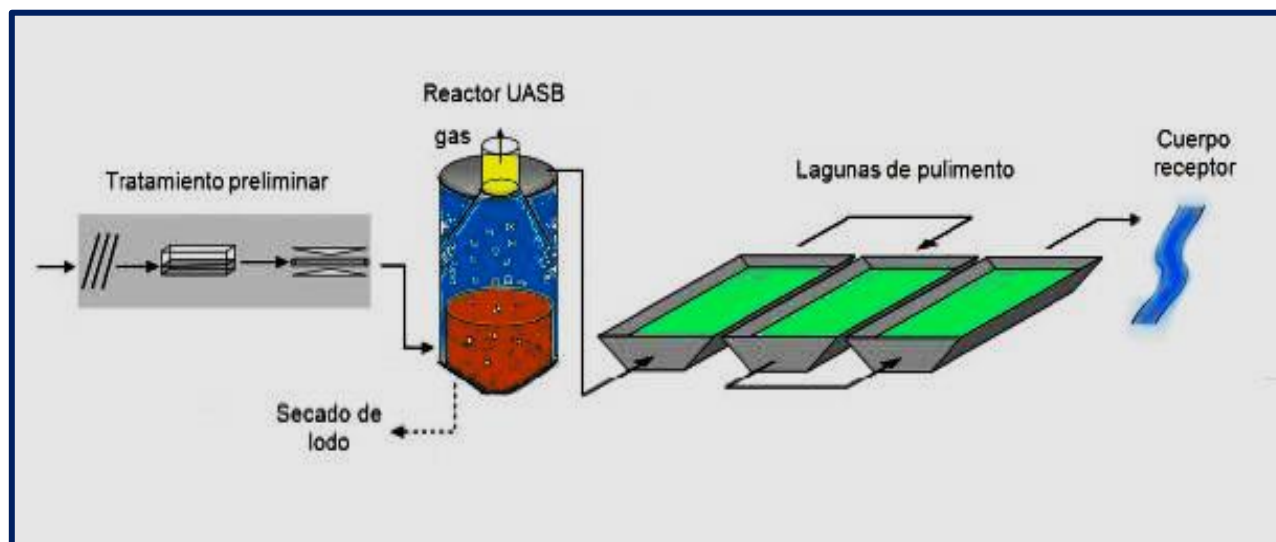
- ☐ **Tamizado**
- ☐ **Sedimentación**

El efluente resultante contiene una cantidad considerable de: **Materia Orgánica y alta DBO**



Tratamiento Secundario Convencional

Está principalmente encaminado a la eliminación de los Sólidos en Suspensión y de los Compuestos Orgánicos Biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario

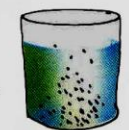


4 PARA LAS MATERIAS EN SUSPENSIÓN

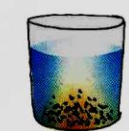
Pues bien, se deja decantar...



Al cabo de 1 a 2 horas...



las más pesadas* están en el fondo.



* Para las más ligeras, habrá que recurrir a la quinilla para lastimarlas y hacerlas más pesadas..



5 PARA EL VINO, EL AZÚCAR Y LA LECHE... que están disueltos en el agua.

¿Lo habéis encontrado? Difícil ¿eh?

La lógica no bastaba: tenían la palabra los biólogos...

¿Os acordáis de los microorganismos que limpiaban el agua de los ríos?

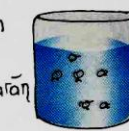
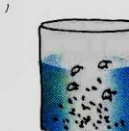
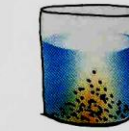
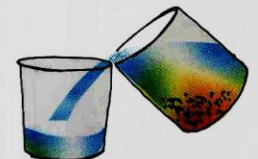
Pues bien, si metéis algunas de estas bacterias en el agua...



Les dais oxígeno para que puedan desarrollarse.



Se "comerán" las materias disueltas, las digerirán y las transformarán en ... en suspensión, lo que nos lleva al problema anterior.

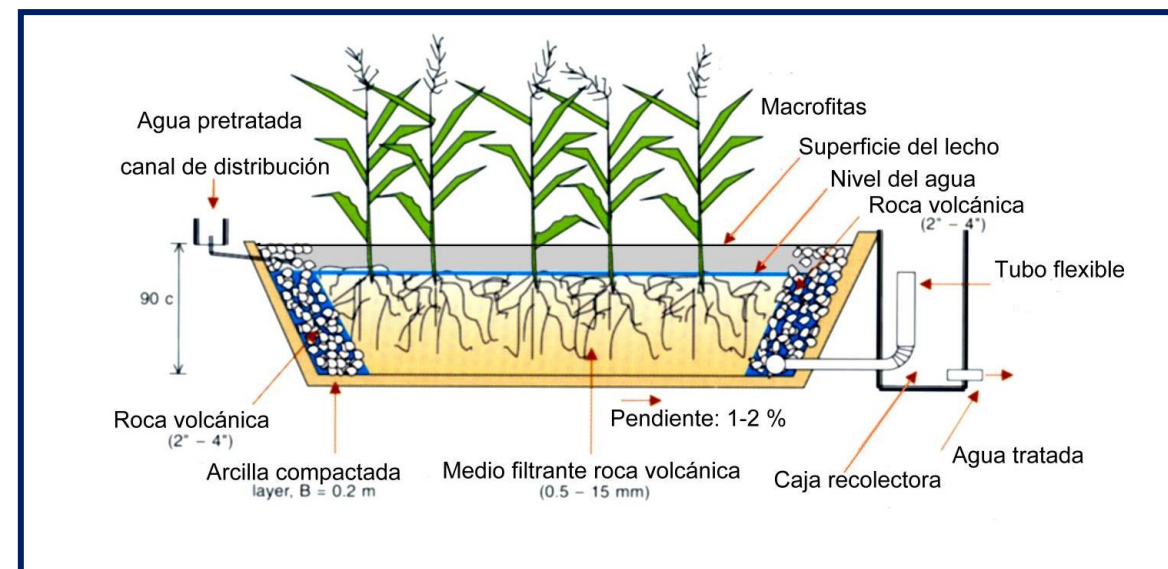





Tratamiento Terciario o Avanzado

Es el nivel de tratamiento necesario, después del tratamiento Secundario Convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención como los: Nutrientes, Compuestos Tóxicos, excesos de Materia Orgánica y Sólidos en Suspensión.

Ejemplo de estos procesos son:

- Eliminación de nutrientes
- Coagulación Química, Floculación, Sedimentación y Filtración y carbón activado
- Intercambio Iónico
- Osmosis Inversa



Operación, control y mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Para mantener la eficiencia y las buenas condiciones en las que una PTAR trabaja, se necesita realizar los siguientes puntos:

- ✓ Operación adecuada de la PTAR.
- ✓ Control continuo.
- ✓ Mantenimiento regular.



Componentes de la Planta de San Antonio del Norte, La Paz

Pretratamiento

- Rejas
- Desarenador

Medición de caudal

- Canal Parshall

Tratamiento Primario

- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Tratamiento Secundario

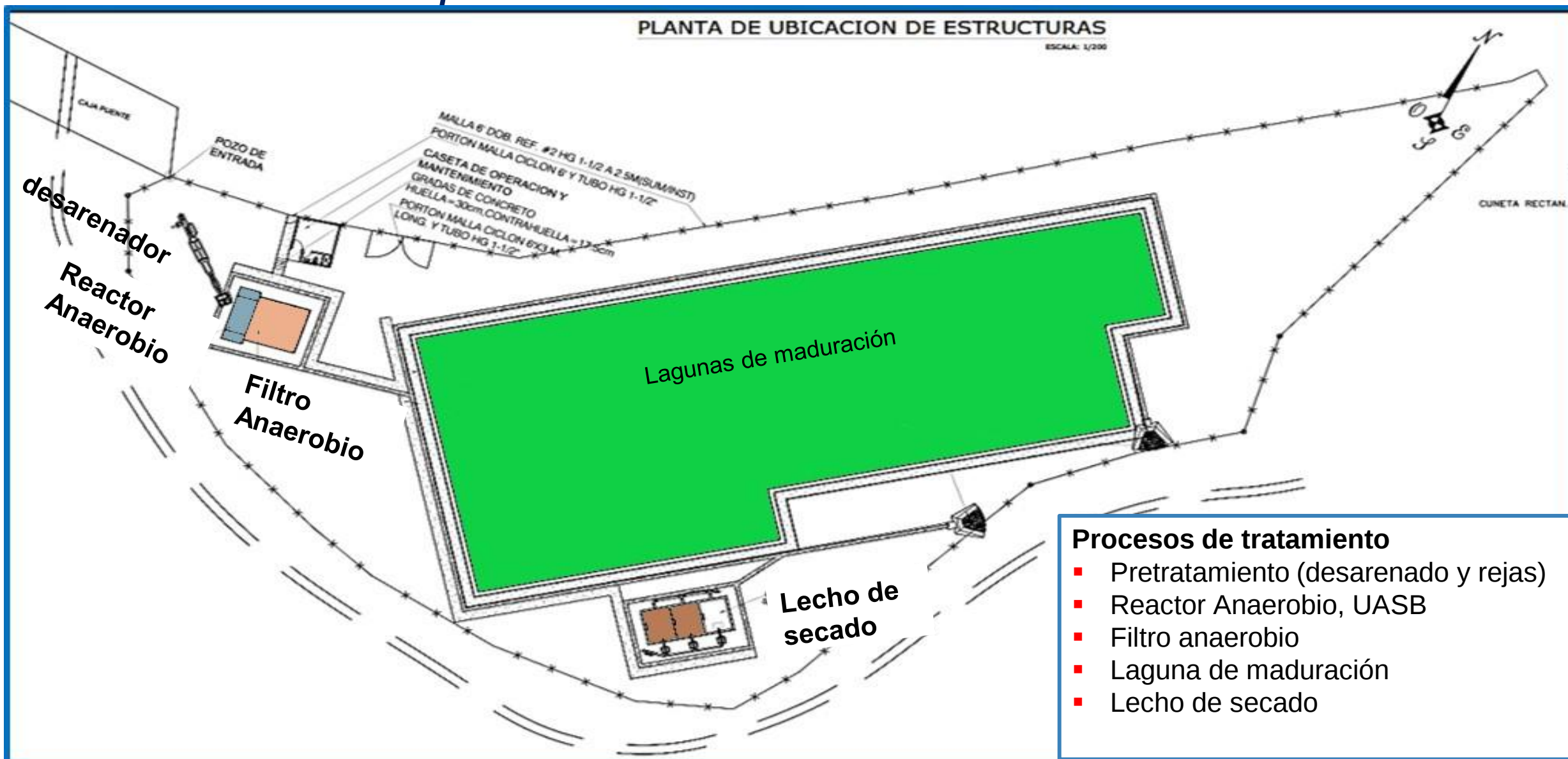
- Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)
- Lechos de Secado

Tratamiento Terciario

- Laguna de maduración con fables (flujo pistón)

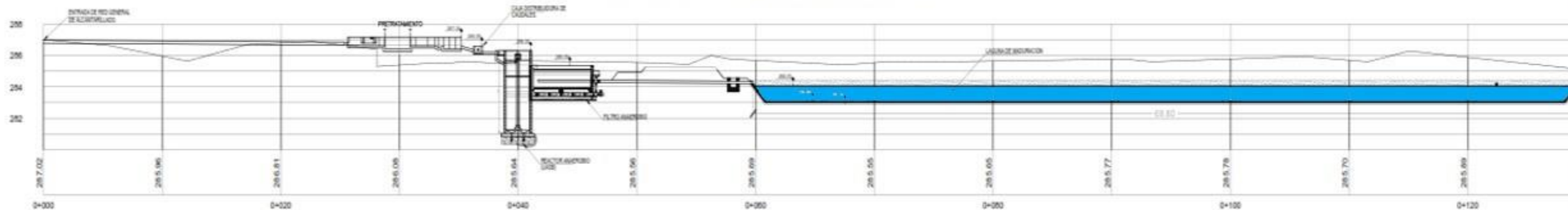


Esquema Planta de tratamiento

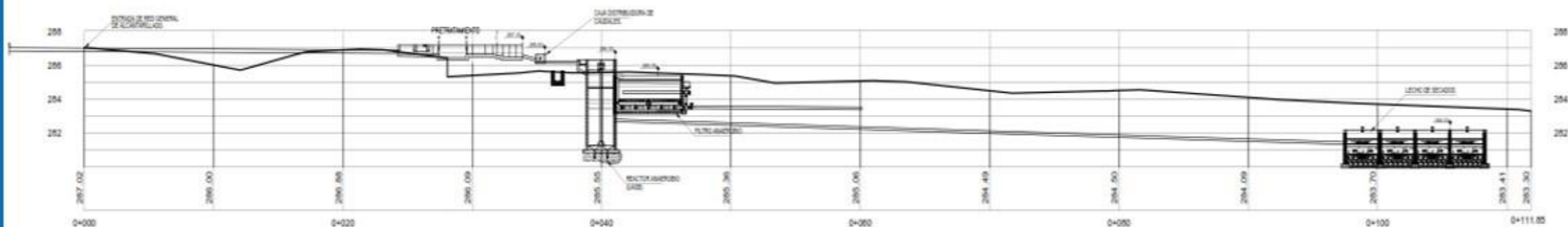


Perfil de la planta de tratamiento

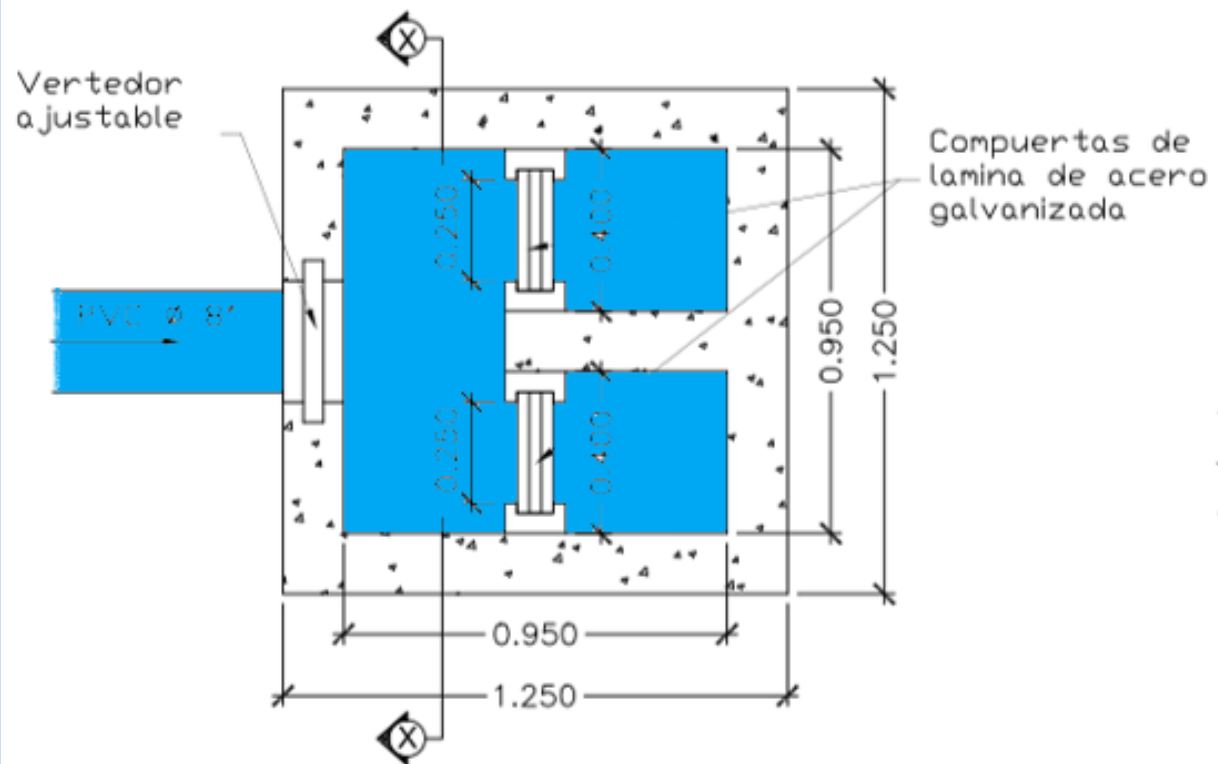
PERFIL HIDRÁULICO PLANTA SAN ANTONIO X-Y



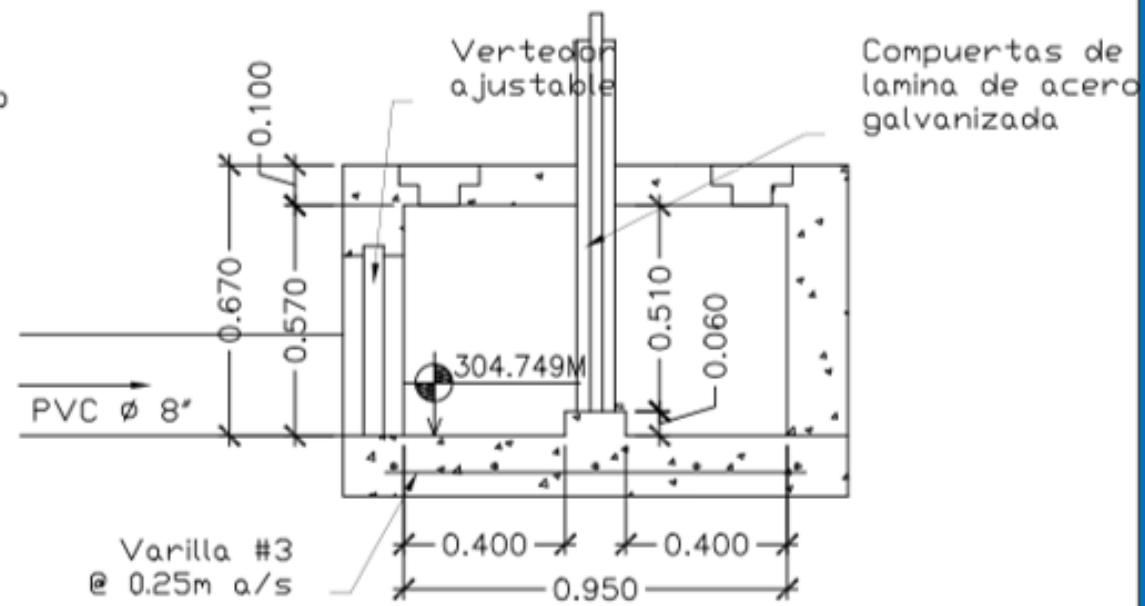
PERFIL HIDRÁULICO DE LECHO DE SECADOS X-Z



Caja distribuidora de caudal

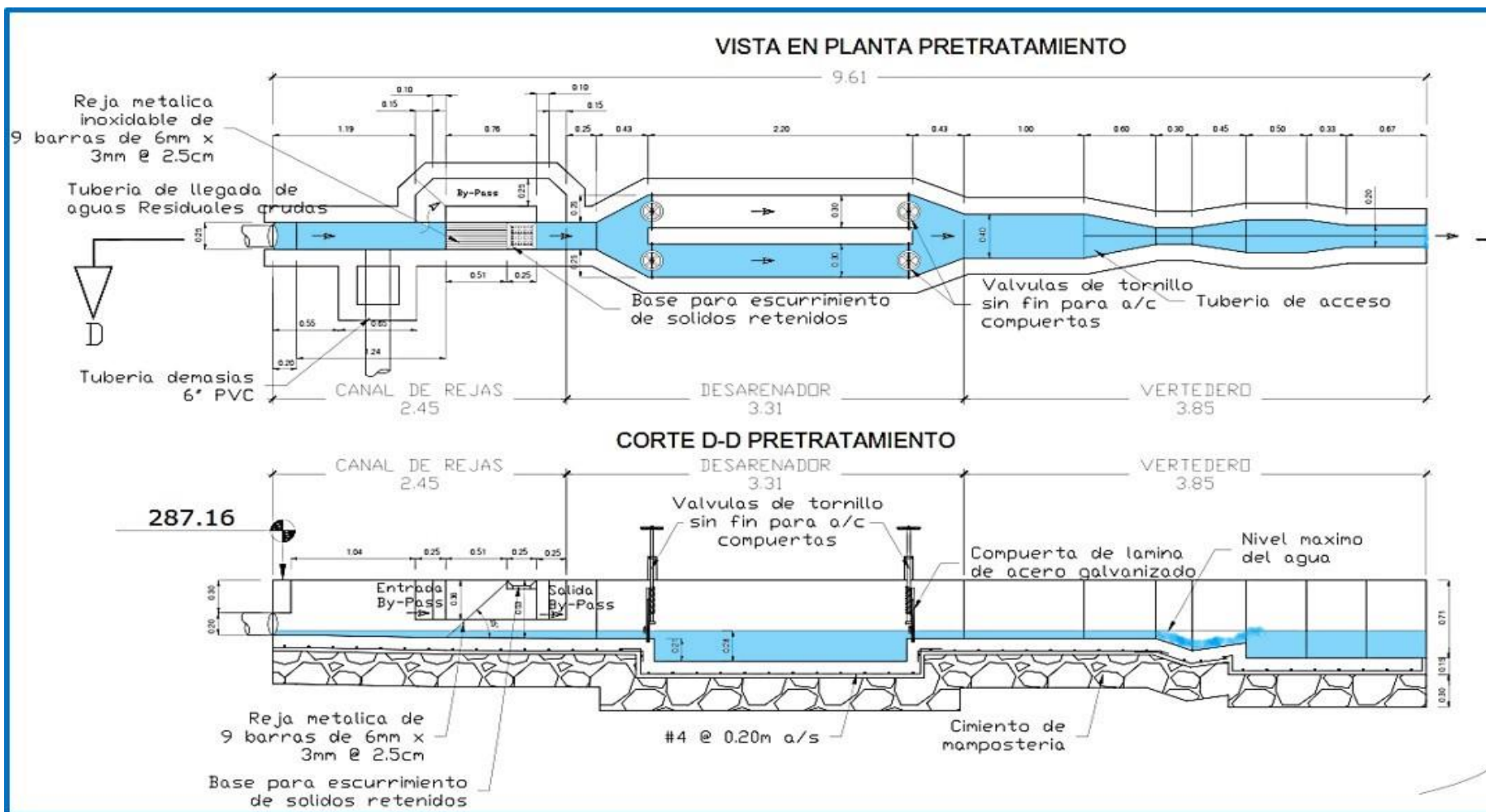


CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL
 (PLANTA)



CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL
 (PERFIL)

Pretratamiento y medición de caudal



Rejas (Desbaste)

Consiste en la separación del agua residual de sólidos tales como: Piedras, ramas, plásticos, trapos etc. mediante rejas o tamices.

Tiene como objeto:

- Eliminar los objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la planta.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficiencia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.

En las rejas, la separación de los sólidos se realiza mediante barrotes, su limpieza se hace en forma manual empleando un rastrillo, esta labor se realiza en forma periódica y los objetos rastrillados previamente a su eliminación se escurren sobre una placa perforada situada sobre el canal, posteriormente se depositan en un hoyo excavado en el terreno y ubicado las inmediaciones a la reja.



Operación de rejas

LIMPIEZA DE LA REJILLA Para la limpieza de la rejilla se debe seguir los siguientes pasos:

1. Realizar dos limpiezas al día, una al mediodía y otra a las seis de la tarde. En el caso que haya pocos sólidos, la limpieza podría hacerse eventualmente.
2. Cerrar lentamente la válvula de ingreso
3. Utilizar los equipos de protección personal, y las herramientas necesarias para realizar esta actividad (rastrillo, balde y una pala cuadrada).
4. Utilizar el rastrillo y la pala cuadrada para desprender el material retenido en la rejilla, dejarlos escurrir en la plataforma sobre el canal recoger en un balde o en una caretila y transportarlos al sitio de disposición final
5. Antes de su traslado se pesará la cantidad de material recolectado con una balanza de mano romana.
6. La basura recolectada será llevada por el personal de operación.
7. Esta actividad se la debe realizar diariamente.
8. Limpiar las herramientas utilizadas.
9. Registrar en el Formulario de Control Operativo, la ejecución de esta actividad en las fechas que se realizó, de igual manera cualquier novedad presentada.



Fotos Mantenimiento de rejas

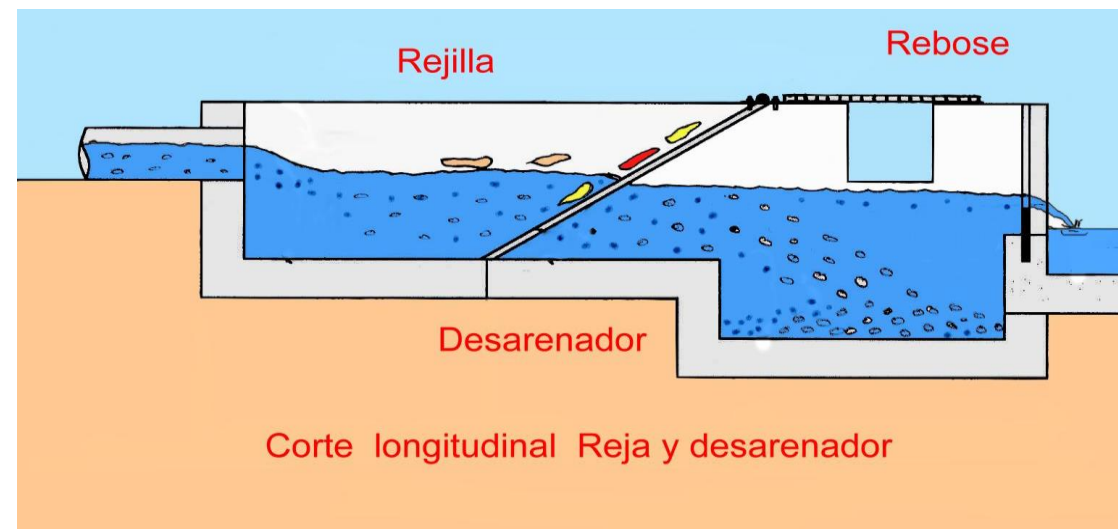
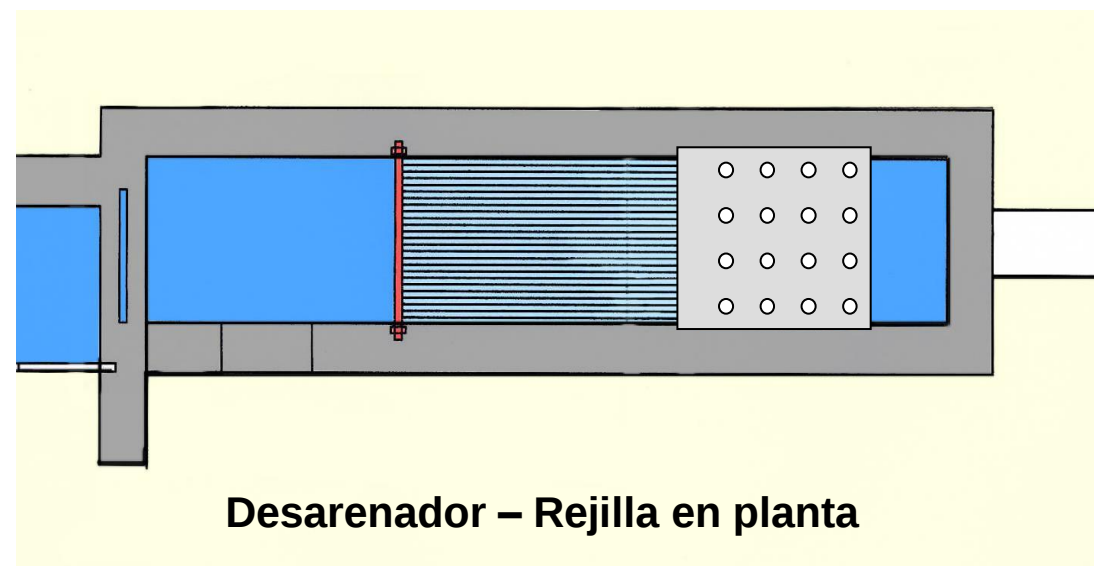


Desarenador

Tiene por objeto eliminar las materias más pesadas que el agua y mayores que 2 milímetros, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y tuberías, proteger las bombas del desgaste y evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes.

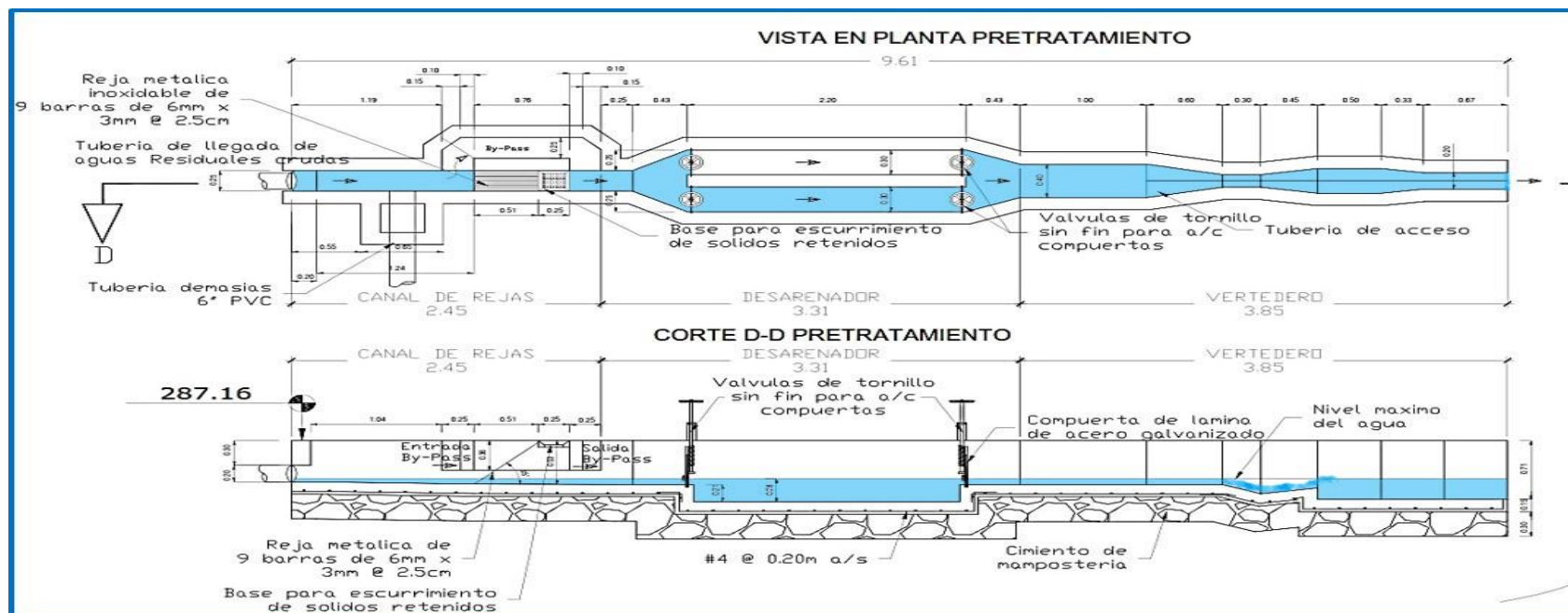
Aunque su propósito es eliminar arenas (incluyendo gravas y partículas minerales), también se eliminan otros elementos de origen orgánico, no putrescible, como: granos de café, semillas, huesos, cáscaras de frutas y de huevos, etc.

El mantenimiento de los desarenadores tiene que ser por lo menos semanal y cada dos días debe hacerse un barrido o limpieza de fondo para liberar el material orgánico retenido entre el material granular, evitando así la descomposición del mismo.



Funciones del desarenador

- ✓ Protección de equipos mecánicos contra la abrasión
- ✓ Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales.
- ✓ Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en los procesos siguientes (fosas sépticas, filtros anaerobios, reactores anaerobios).
- ✓ Minimizar la perdida de volumen en tanques de tratamiento biológico.
- ✓ Protección de centrifugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragma de alta presión.



Operación del desarenador

- Medición dos veces a la semana el nivel de arena acumulado.
- Aislamiento del desarenador si el volumen de arena ocupa $\frac{2}{3}$ del volumen.
- Drenaje del agua residual de la cámara de sedimentación.
- Remoción de arena.
- Estimar la cantidad de arena removida y registrarla en el libro de operaciones.
- Transportar el material removido al sitio de disposición.
- Lavado del desarenador para utilizarlo nuevamente.
- Analizar la muestra de arena en términos de sólidos volátiles y efectuar la correcciones si hay alto contenido de estos.
- Verificar la cantidad de arena en la unidades siguientes.



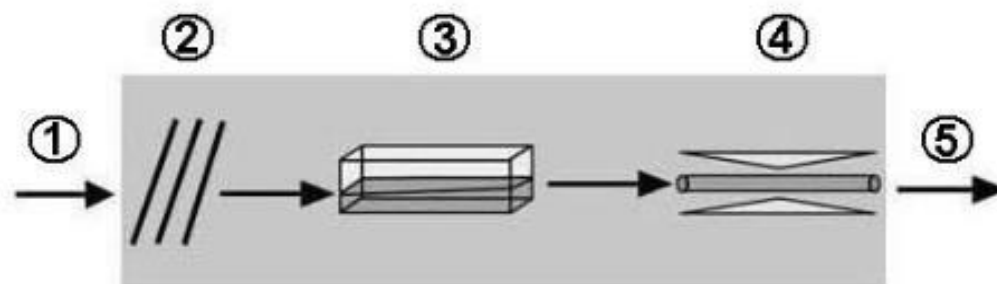
Cámaras de rejas, desarenador y medidor de caudal

Problema	Causa	Solución
Malos olores	■ Agua residual en estado de septicidad. ■ Manejo inadecuado de los residuos sólidos almacenados en el contenedor.	✓ Clorar el agua cruda en la obra de legada. ✓ Evacuar más seguido los residuos retenidos ✓ aplicarles cal viva.
Proliferación de insectos	■ Manejo inadecuado de los sólidos almacenados en el contenedor	✓ Evacuación mas seguida de los residuos sólidos. ✓ Adición de cal viva a los residuos



Programa de monitoreo del sistema

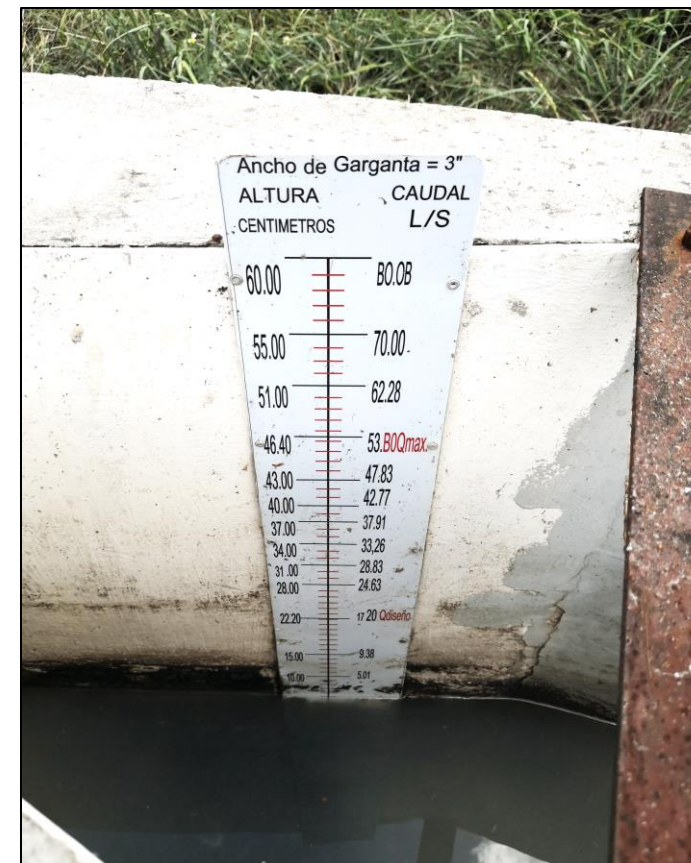
Monitoreo y operación del tratamiento preliminar



Parámetro (1)	Unidad	Puntos y frecuencia de muestreo				
		1	2	3	4	5
Caudal	L/s	-	-	-	diaria	-
Volumen de sólidos	L/s	-	diaria	-	-	-
Volumen de arena	L/d	-	-	diaria	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	diaria
pH	-	-	-	-	-	diaria
Sólidos sedimentables	mL/L	diaria	-	-	-	diaria

Fuente: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil

Medidor de caudal

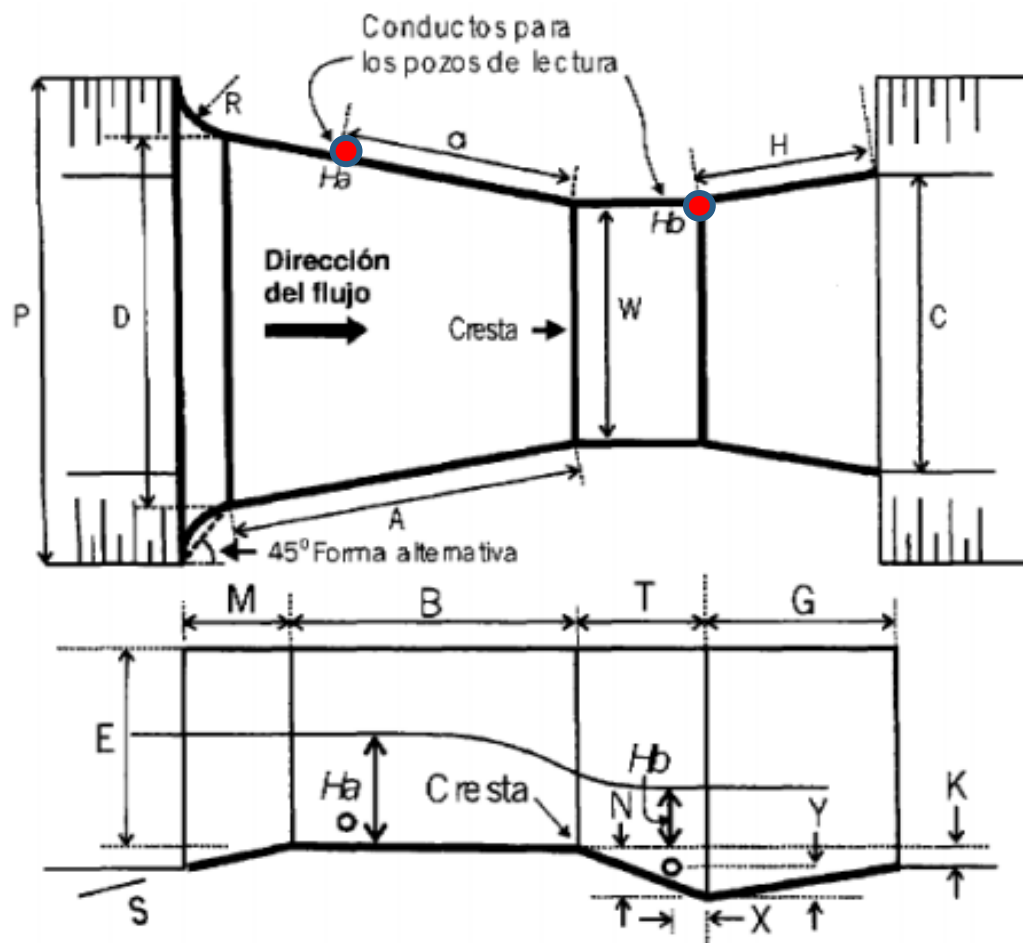


Observación

La escala de medición de caudal esta en la parte interna del canal, lo que no permite una lectura precisa y se requiere limpiar frecuentemente la escala.

Medidor Parshall

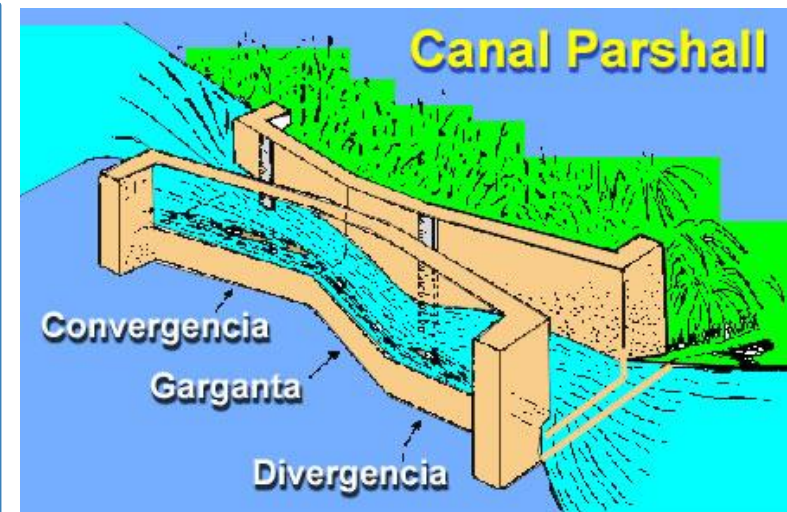
NOMENCLATURA DE LAS PARTES DEL AFORADOR PARSHALL



NOMENCLATURA

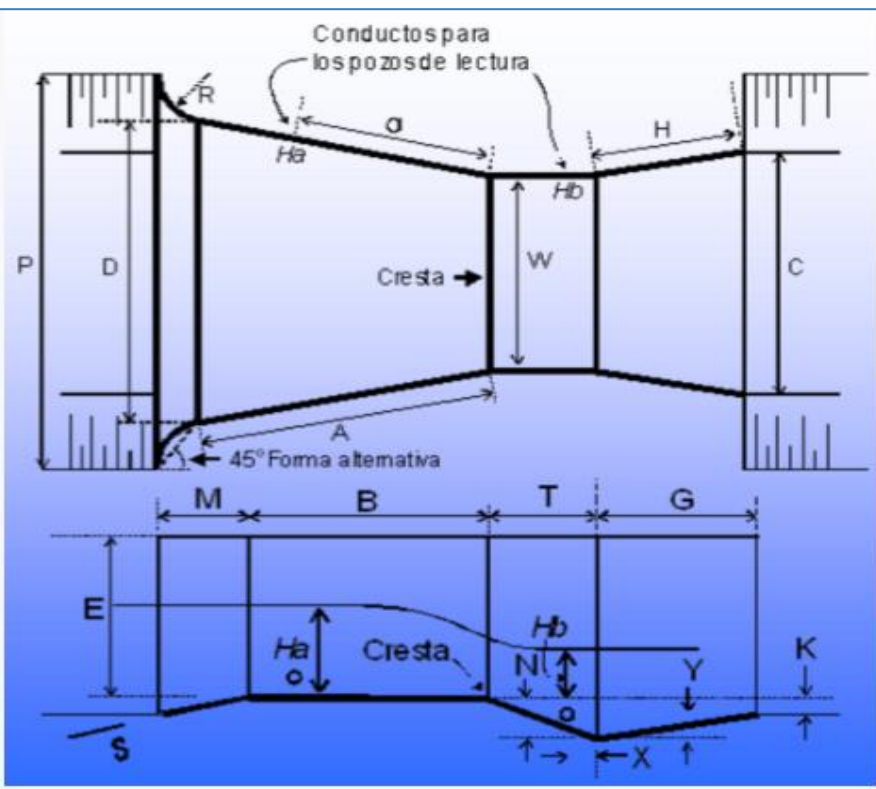
W= Ancho de la garganta
A= Longitud de las paredes de la sección convergente
a= Ubicación del punto de medición **H_a**
B= Longitud de la sección convergente
C= Ancho de la salida
D= Ancho de la entrada de la sección convergente
E= Profundidad total
T= Longitud de la garganta
G= Longitud de la sección divergente
H= Longitud de las paredes de la sección divergente
K= Diferencia de elevación entre la salida y la cresta
M= Longitud de la transición de entrada
N= Profundidad de la cubeta
P= Ancho de la entrada de la transición
R= Radio de curvatura
X= Abscisa del punto de medición **H_b**
Y= Ordenada del punto de medición

Respecto a la tabla 1, se aclara que los valores de **M**, **P** y **R** no se reportan en algunos casos, ya que es posible que se realice una transición entre el canal y el aforador con una pared vertical a 45° respecto del eje horizontal del aforador, tal como se observa en la figura 3.



Ancho de Garganta W		Caudal Q (l/s)	
pulg	cm	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.85	53.8
6"	15.2	1.52	110.4
9"	22.9	2.55	251.9
1'	30.5	3.11	455.6
1 1/2'	45.7	4.25	696.2
2'	61.0	11.89	936.7
3'	91.5	17.26	1426.3
4'	122.0	36.79	1921.5
5'	152.5	62.8	2422.0
6'	183.0	74.4	2929.0
7'	213.5	115.4	3440.0
8'	244.0	130.7	3950.0
10'	305.0	200.0	5660.0

Dimensiones medidor Parshall



Dimensiones de medidor Parshall en milímetros														
in	W mm	A	2/3 A	B	C	D	E	T	G	H	K	N	P	t e
1"	25	363	242	356	93	167	229	76	203	206	19	29	25	6 3
2"	51	414	276	406	135	214	254	114	254	257	22	43	25	6 3
3"	76	467	311	457	178	259	610	152	305	309	25	57	25	6 3
6"	152	621	414	610	394	397	610	305	610	622	76	114	38	10 6
9"	229	879	587	864	381	575	762	305	457	464	76	114	38	10 6
12"	305	1370	914	1343	610	845	914	610	914	927	76	229	76	12 6
18"	457	1447	965	1419	762	1026	914	610	914	927	76	229	76	12 6
24"	610	1525	1016	1495	914	1207	914	610	914	927	76	229	76	12 6
36"	914	1677	1118	1645	1219	1572	914	610	914	927	76	229	102	12 8
48"	1219	1829	1219	1794	1524	1937	914	610	914	927	76	229	102	12 8
60"	1524	1982	1321	1943	1829	2302	914	610	914	927	76	229	102	12 8
72"	1829	2134	1423	2092	2134	2667	914	610	914	927	76	229	102	12 8
84"	2134	2286	1524	2242	2438	3032	914	610	914	927	76	229	102	14 8
96"	2438	2438	1626	2391	2743	3397	914	610	914	927	76	229	102	14 8
120"	3048	4352	1829	4267	3658	4756	1219	914	1829	1854	152	343	102	14 8
144"	3658	4973	2032	4877	4470	5607	1524	914	2438	2472	152	343	102	14 8

Cálculo del caudal

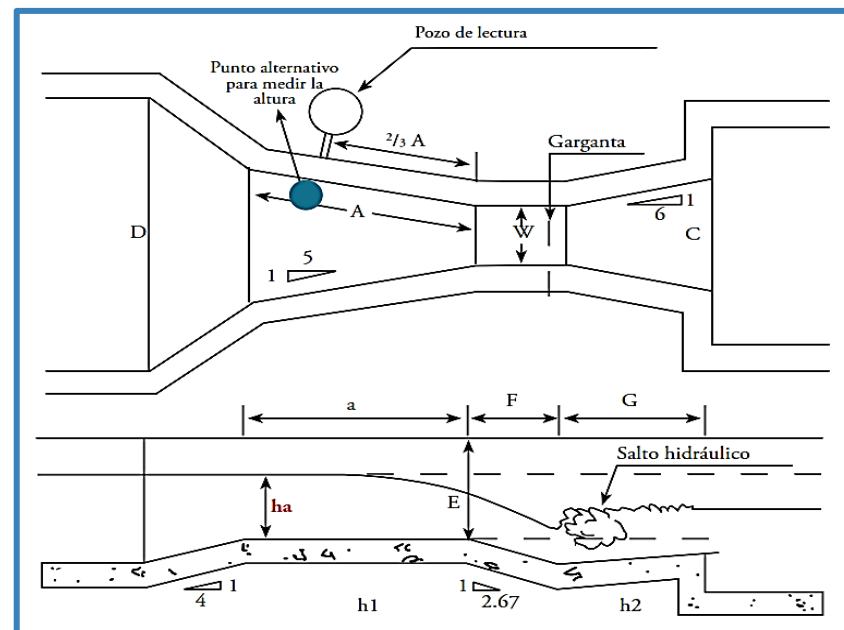
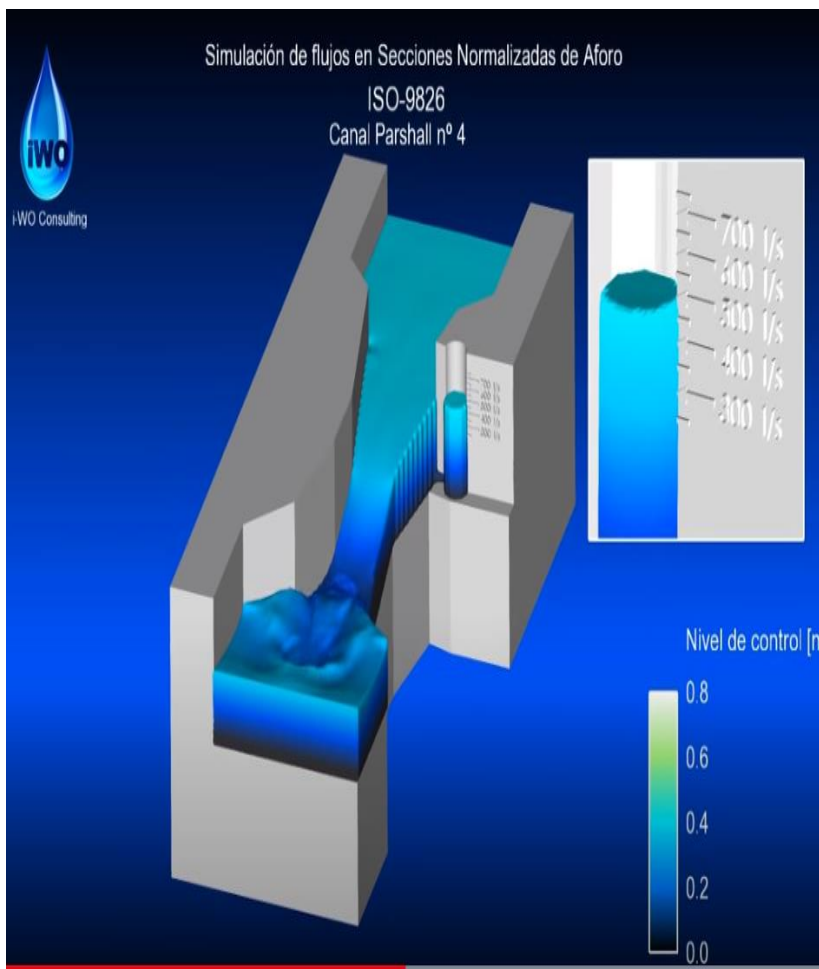
$$Q = C * (H_a)^n$$

Ancho de garganta, W mm	Ecuación de Caudal, Q L/s
25.4 (1")	$Q = 0.001352 H_a^{1.55}$
50.8 (2")	$Q = 0.002702 H_a^{1.55}$
76.2 (3")	$Q = 0.003965 H_a^{1.55}$
152.4 (6")	$Q = 0.006937 H_a^{1.50}$
228.6 (9")	$Q = 0.013762 H_a^{1.53}$

Ancho de garganta, W m	Ecuación de caudal Q m³/s
0.3048 (12")	$Q = 0.6909 H_a^{1.52}$
0.4572 (18")	$Q = 1.056 H_a^{1.538}$
0.6096 (24")	$Q = 1.428 H_a^{1.55}$
0.9144 (36")	$Q = 2.184 H_a^{1.566}$
1.2192 (48")	$Q = 2.953 H_a^{1.578}$
1.5240 (60")	$Q = 3.732 H_a^{1.587}$
1.8288 (72")	$Q = 4.519 H_a^{1.595}$
2.1336 (84")	$Q = 5.312 H_a^{1.601}$
2.4384 (96")	$Q = 6.112 H_a^{1.607}$

Observaciones:

- Con caudal libre se mide únicamente el nivel h_a , Nivel de agua antes de la garganta
- En la parte de salida, la única exigencia es que el flujo discorra libremente.
- $h_b < 0.7 \times h_a$ o bien 5 veces la garganta.



Validez de los caudales

Estas medidas de caudal son válidas si el canal Parshall trabaja a descarga libre, es decir, que la relación entre los calados en zona convergente (H_a) y garganta (H_b) se encuentra por debajo de estos valores:

Ancho de la garganta, W (mm)	Sumergencia máxima permitida, S (%)	Ancho de la garganta, W (m)	Sumergencia máxima permitida, S (%)	Ancho de la garganta, W (m)	Sumergencia máxima permitida, S (%)
25.4	50	0.3048	70	2.4384	70
50.8	50	0.4572	70	3.0480	80
76.2	50	0.6096	70	3.6580	80
152.4	60	0.9144	70	4.5720	80
228.6	60	1.2192	70	6.0960	80
		1.5240	70	7.6200	80
		1.8288	70	9.1440	80
		2.1336	70	12.1920	80
				15.2400	80

Cuando se superan esos umbrales, se dice que la descarga entra en sumergencia lo cual repercute en una reducción de los caudales según la siguiente relación:

Donde:

$$Q_s = Q - Q_e$$

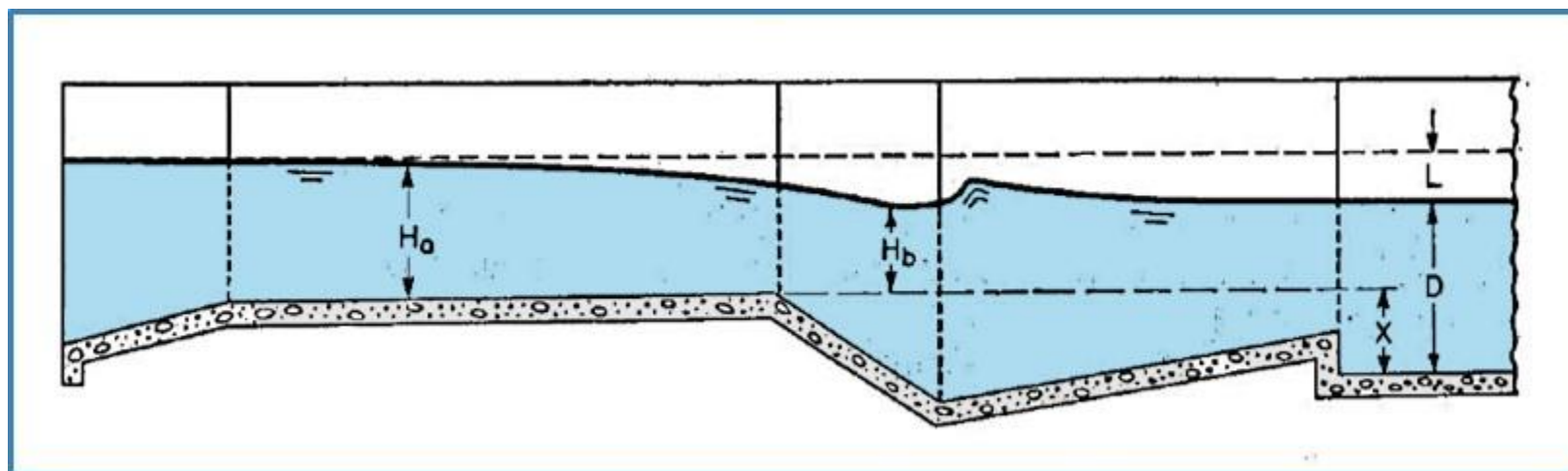
Q_s es el caudal aforado bajo condiciones de sumergencia,
 Q el caudal teórico de la expresión matemática general y
 Q_e el caudal de corrección

Sumergencia de la canaleta parshall

Es un parámetro que clasifica la descarga en libre o ahogada. Cuando la sumergencia excede los límites indicados (Ver Tabla) el flujo se vuelve sumergido.

$$s = \frac{H_b}{H_a}$$

El efecto de la sumergencia es de reducir el caudal. En este caso el caudal calculado mediante las ecuaciones anteriores debe corregirse mediante una cantidad negativa.



Correcciones de caudales

Ecuación para caudal sin sumergencia:

$$Q = 0.00396H^{1.55}$$

Sumergencia límite: **50%**

Ha, mm	Q, L/s
20	0.41
30	0.77
40	1.20
50	1.70
60	2.26
70	2.87
80	3.53
90	4.23
100	4.99
110	5.78
120	6.61
130	7.49
140	8.40
150	9.35
160	10.33
170	11.35
180	12.40
190	13.48
200	14.60
210	15.74
220	16.92
230	18.13

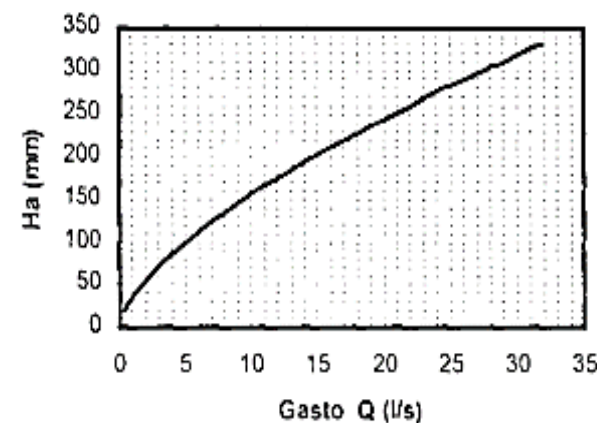


Figura A.7. Gasto sin sumergencia.

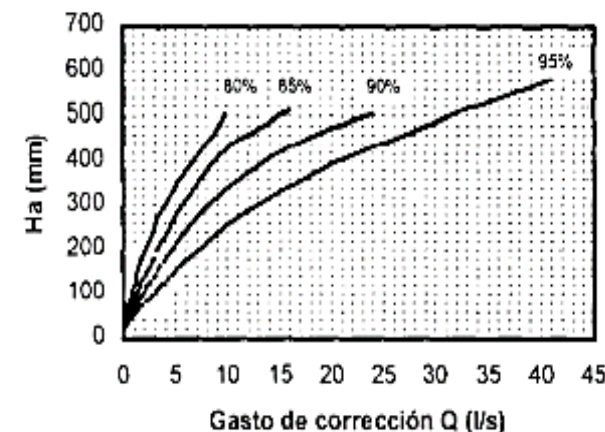


Figura A.9. Corrección de gasto para sumergencia de 80 a 95% (W= 76.2 mm)

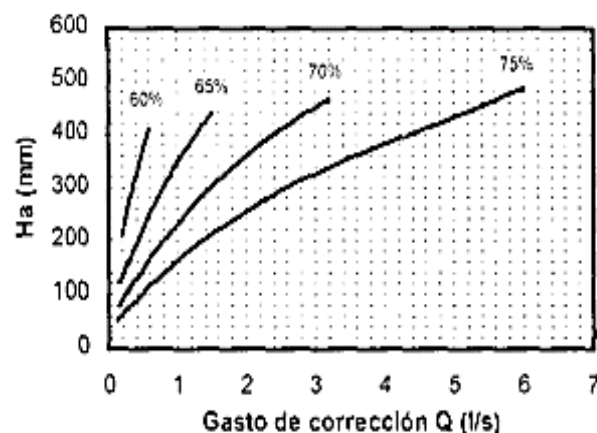


Figura. Corrección de caudal para sumergencia de 60 a 75% (W= 76.2mm).

Caudales en canaletas Parshall

FLUJOS (GASTO) DE AGUA PARA PARSHALL DE 1", 2" y 3"

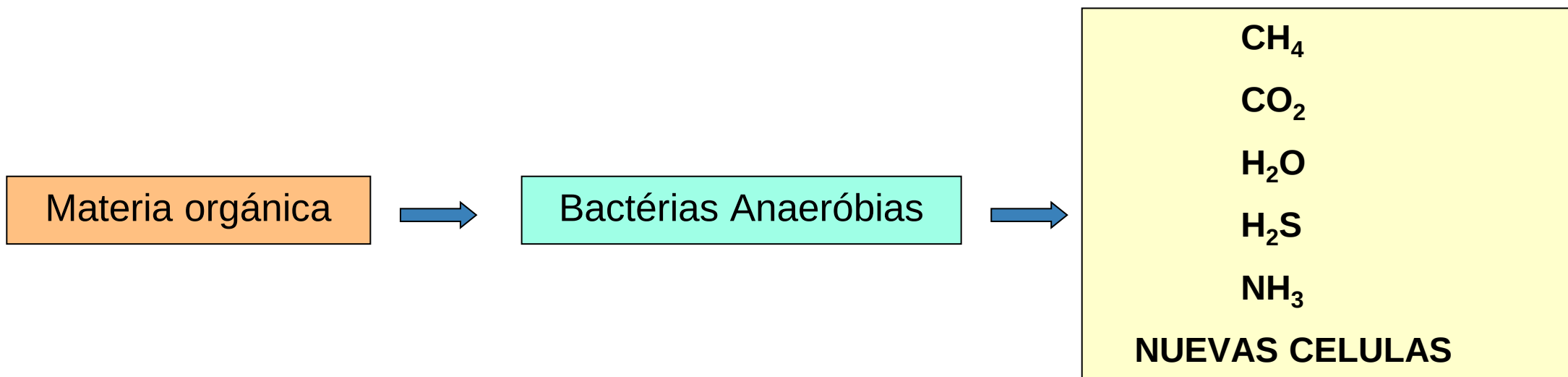
PARSHALL 1"		PARSHALL 2"		PARSHALL 3"	
Ha (mm)	Q (l/s)	Ha (mm)	Q (l/s)	Ha (mm)	Q (l/s)
10	0.05	10	0.10	50	1.70
20	0.14	20	0.28	100	4.99
30	0.26	30	0.53	150	9.36
40	0.41	40	0.82	200	14.62
50	0.58	50	1.16	250	20.66
60	0.77	60	1.54	300	27.40
70	0.98	70	1.96	350	34.80
80	1.20	80	2.41	400	42.80
90	1.45	90	2.89	450	51.37
100	1.70	100	3.40	500	60.48
110	1.97	110	3.94	550	70.11
120	2.26	120	4.51	600	80.24
130	2.56	130	5.11		
140	2.87	140	5.73		
150	3.19	150	6.38		
160	3.53	160	7.05		
170	3.87	170	7.74		
180	4.23	180	8.46		
190	4.60	190	9.20		
200	4.98	200	9.96		
210	5.38	210	10.74		
220	5.78	220	11.55		
230	6.19	230	12.37		

FLUJOS (GASTO) DE AGUA PARA PARSHALL DE 6", 9" y 12"

PARSHALL 6"		PARSHALL 9"		PARSHALL 12"	
Ha (mm)	Q (l/s)	Ha (mm)	Q (l/s)	Ha (m)	Q (m3/s)
50	3.35	50	5.47	0.05	0.01
100	10.03	100	15.80	0.10	0.02
150	19.03	150	29.38	0.15	0.04
200	29.98	200	45.63	0.20	0.06
250	42.65	250	64.20	0.25	0.08
300	56.89	300	84.85	0.30	0.11
350	72.58	350	107.43	0.35	0.14
400	89.62	400	131.78	0.40	0.17
450	107.96	450	157.80	0.45	0.20
500	127.51	500	185.40	0.50	0.24
550	148.23	550	214.50	0.55	0.28
600	170.08	600	245.05	0.60	0.32
		650	276.97	0.65	0.36
		700	310.23	0.70	0.40
		750	344.77	0.75	0.45
				0.80	0.49
				0.85	0.54
				0.90	0.59

Digestión Anaerobia

Es un proceso que se realiza en ausencia de oxígeno, en el cual la materia orgánica compleja es convertida en : Metano, dióxido de carbono, agua, sulfuro de hidrógeno y amonio además de nuevas células bacterianas.



Fases del proceso

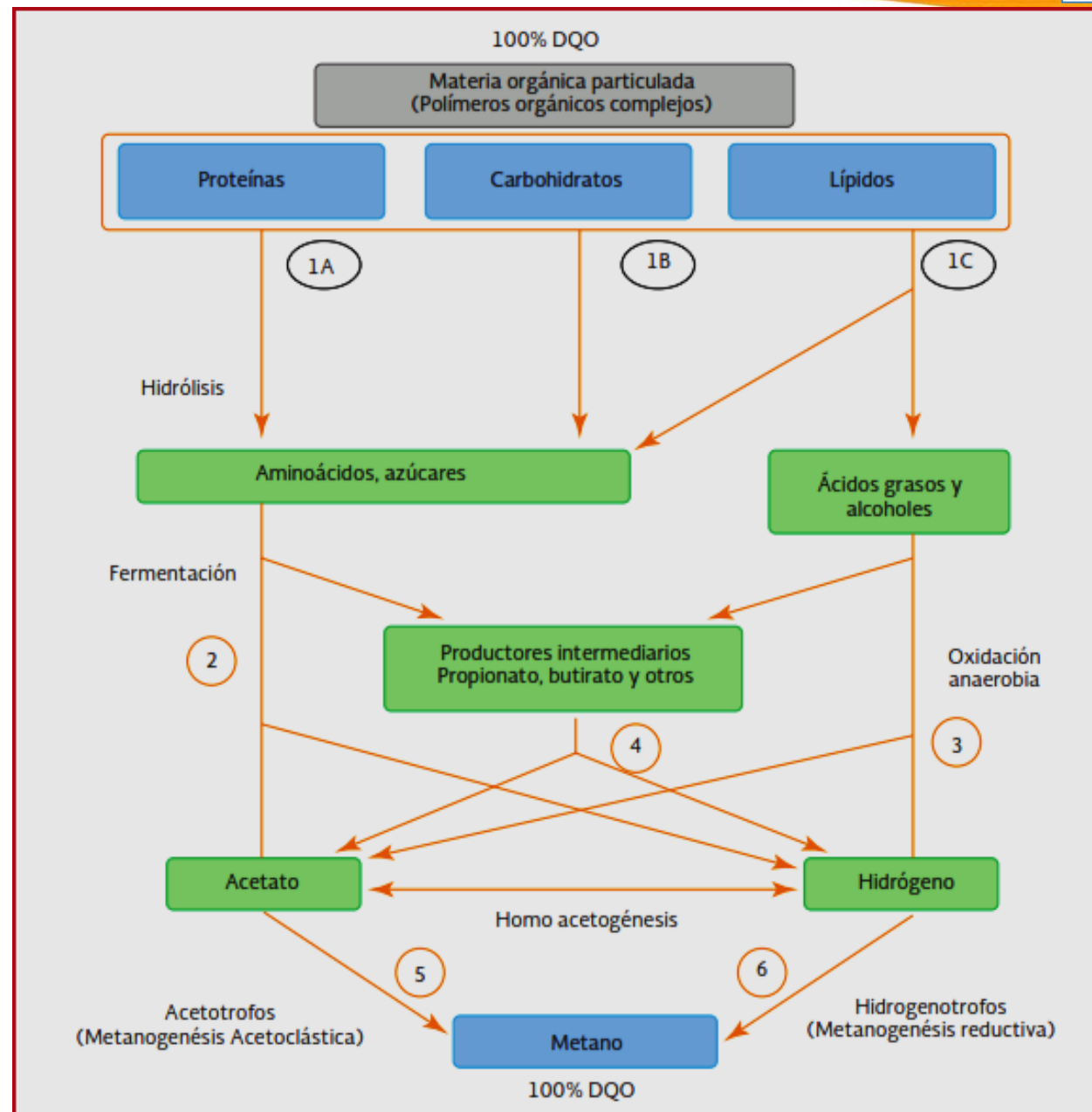
- ❖ Hidrólisis de compuesto orgánicos complejos
- ❖ Producción de ácidos
- ❖ Producción de metano (CH_4)

Procesos de conversión en la digestión anaerobia

(Gujer & Zehnder, 1983)

Los procesos de conversión son:

1. Hidrólisis de biopolímeros (proteínas, carbohidratos y lípidos)
2. Fermentación de aminoácidos y azúcares
3. Oxidación β -anaerobia de ácidos grasos de cadena larga y alcoholes
4. Oxidación anaerobia de productos intermedios, como ácidos volátiles (excepto acetato)
5. Conversión de acetato a metano
6. Conversión de hidrógeno a metano



Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

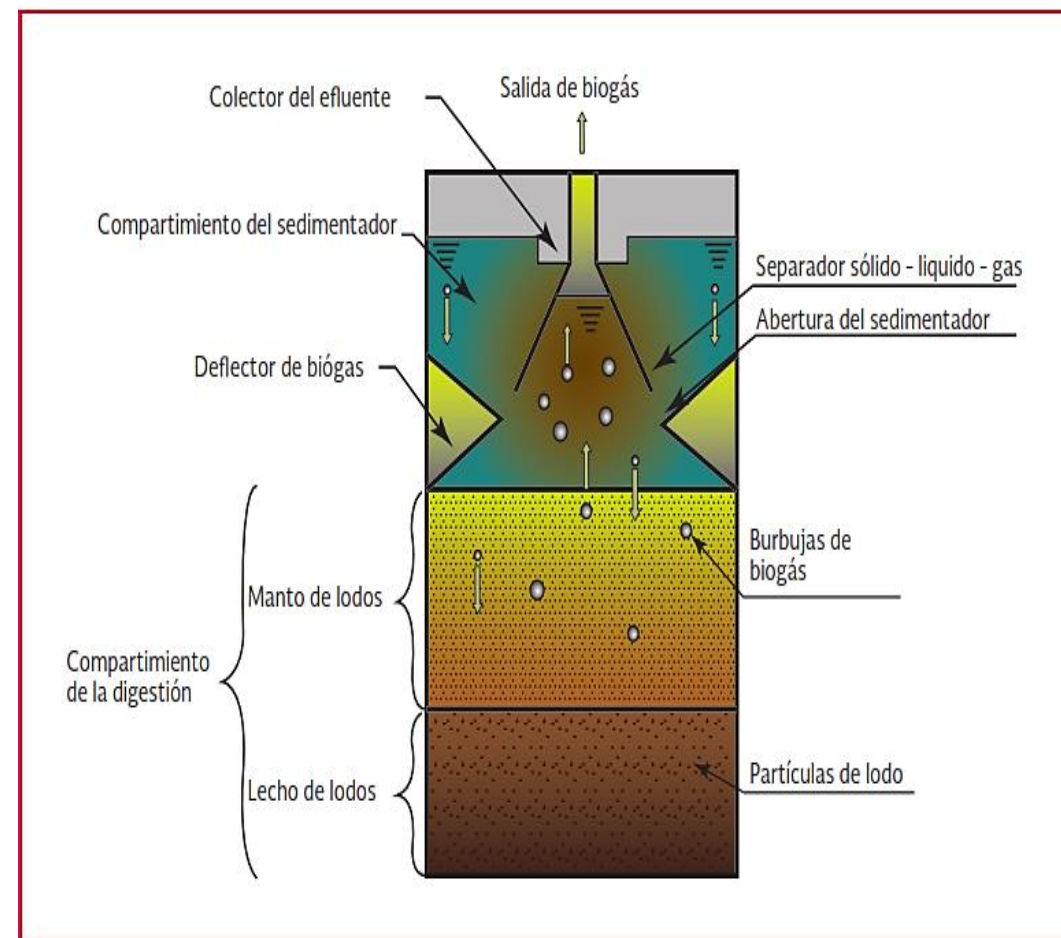
En el reactor anaerobio de flujo ascendente, el agua residual llega a la parte superior del reactor, posteriormente es conducida hacia el fondo del mismo por medio de un sistema de tuberías.

El afluente fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodos (microorganismos anaerobios) llevándose a cabo de esta forma el tratamiento del agua residual.

El biogás producido en condiciones anaerobias (principalmente metano y dióxido de carbono) genera una circulación interior (mezclado). El biogás, el lodo y el líquido tratado ascienden a la parte superior del reactor, en donde pasan por unos con deflectores que permiten la separación del biogás y la sedimentación del lodo.

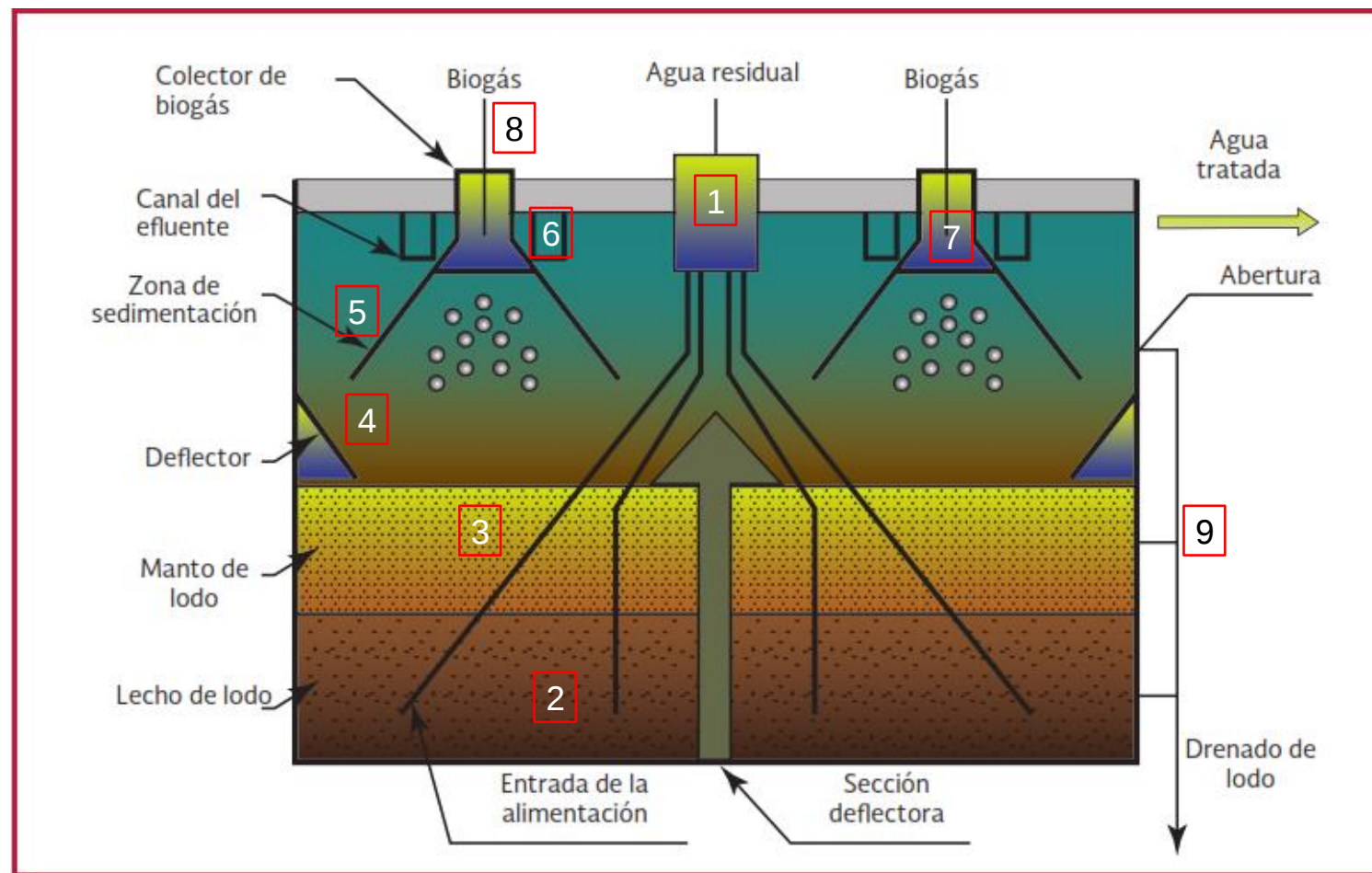
El biogás es capturado en la campana de recolección que se encuentran en la parte superior del reactor.

El líquido tratado (efluente) sale por la parte superior.

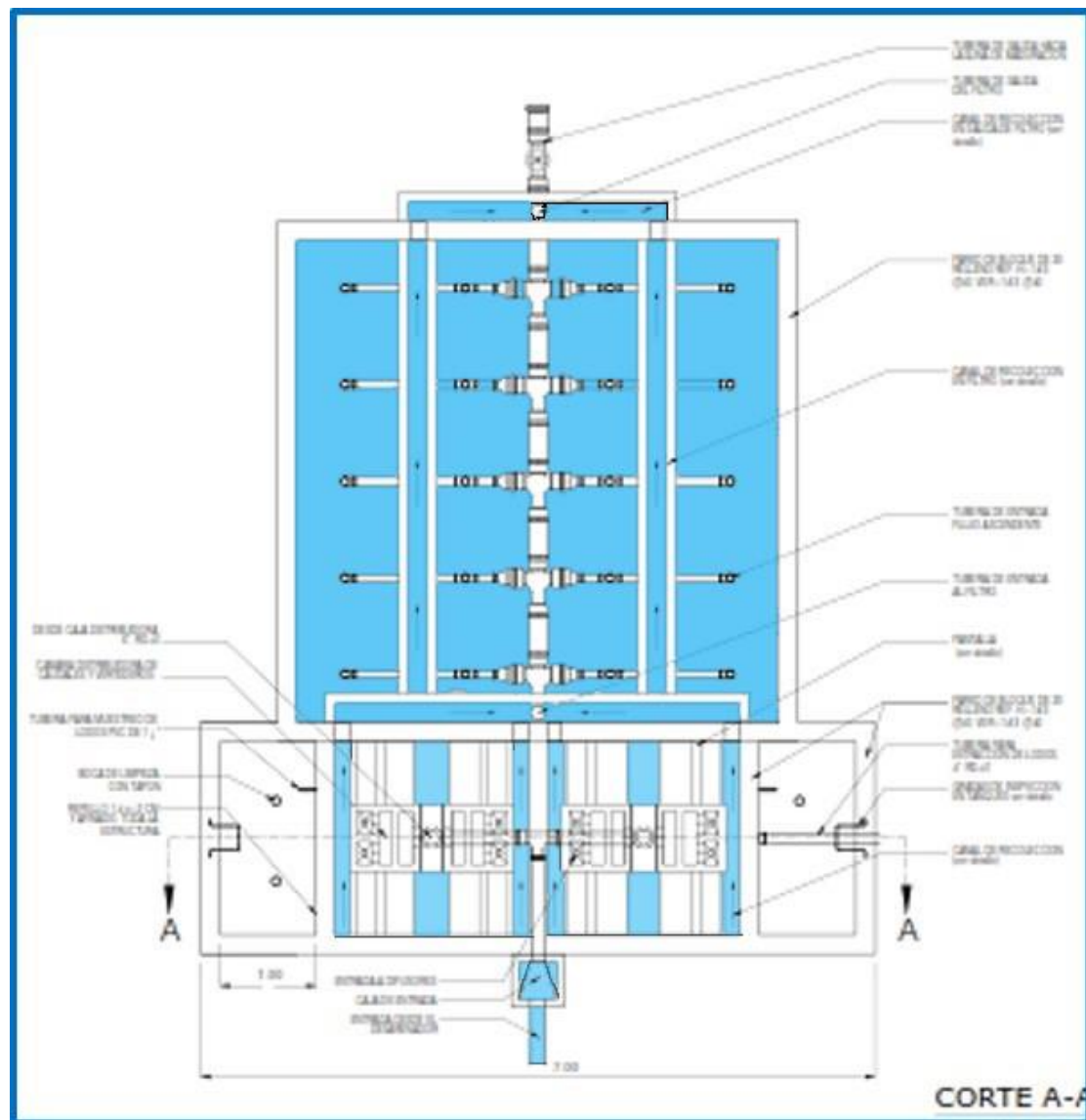


Reactor anaerobio RAFA (UASB), componentes

1. Caja de distribución
2. Tuberías de entrada
3. Zona de digestión
4. Deflector
5. Zona de sedimentación
6. Canal de recolección de efluente
7. Colector de biogás
8. Tubería para recolección de biogás
9. Tuberías para muestreo y drenaje de lodos

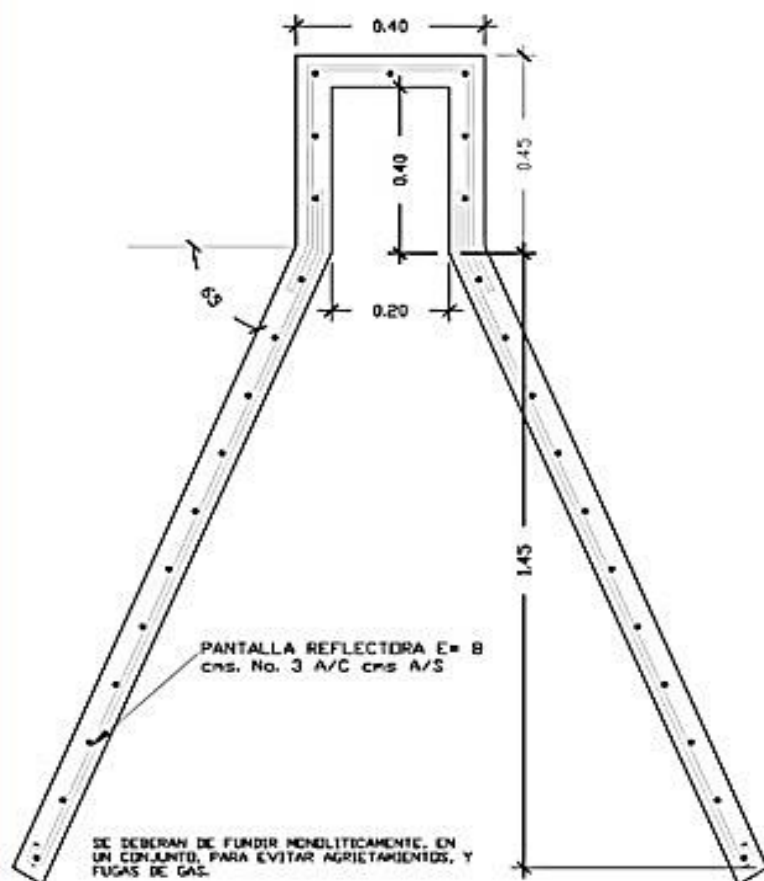


Vista en Planta de Reactor Anaerobio

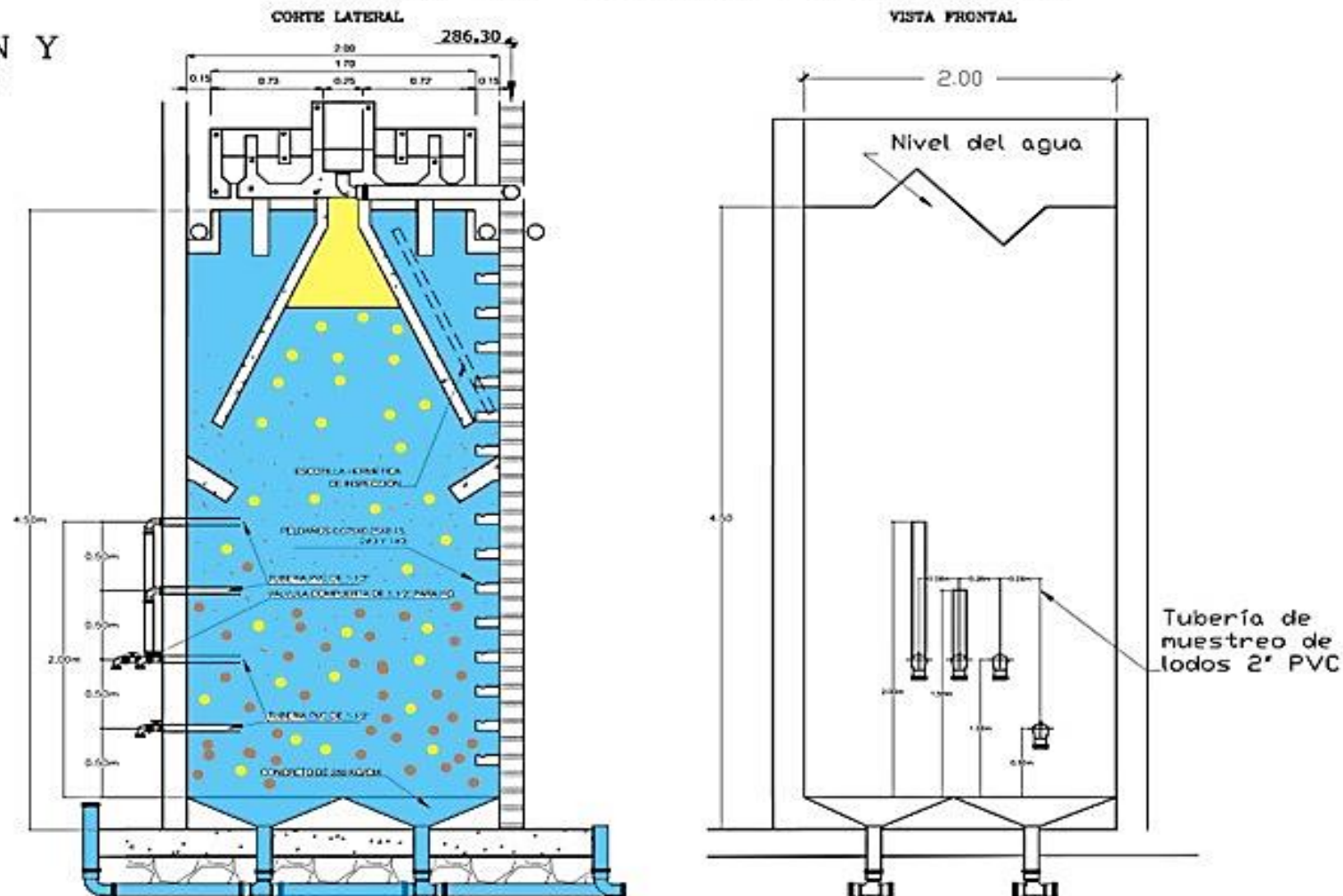


Detalles Reactor Anaerobio

SEPARADORES TRIFASICOS SECCION Y
ARMADO EN REACTOR ANAEROBIO

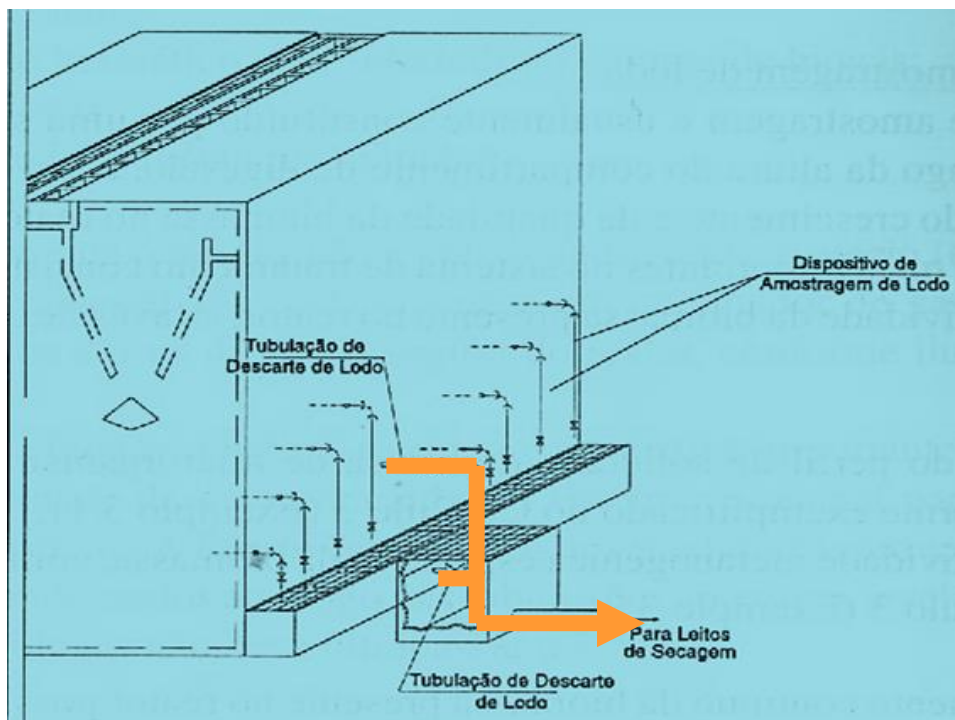


TUBERIAS Y VÁLVULAS PARA EXTRACCION DE
LODOS EN REACTOR ANAEROBIO



Sistema de muestreo

- En forma periódica se realiza la purga del lodo en exceso presente en el reactor, y del material inerte sedimentado en el fondo de la unidad.
- Se colocan dos puntos de purga (tuberías de $\phi \geq 100\text{mm}$):
 - ✓ En el fondo del reactor.
 - ✓ 1-1.5 m encima del fondo



Formación y acumulación de nata (espuma)

La nata puede contener grasa, aceites, ceras, jabones, restos de alimentos, cáscaras frutas y vegetales, cabello, papel y algodón, colillas de cigarrillos, materiales plásticos, materiales similares (Sousa, 2006).

En reactores UASB, la formación de nata puede ocurrir en dos lugares distintos:

- i) al interior del separador trifásico, *en la interfase de liberación de los gases formados durante la digestión anaerobia*; y
- ii) en la superficie del decantador, Independiente del lugar donde la nata llegue a formarse o a acumularse, la cantidad y sus características van a depender, esencialmente, de las características del agua residual efluente *en términos de la presencia de sólidos en suspensión y de la cantidad de aceites y grasas.*

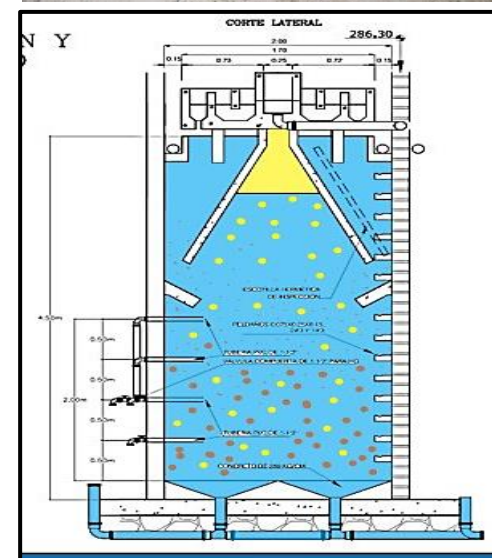
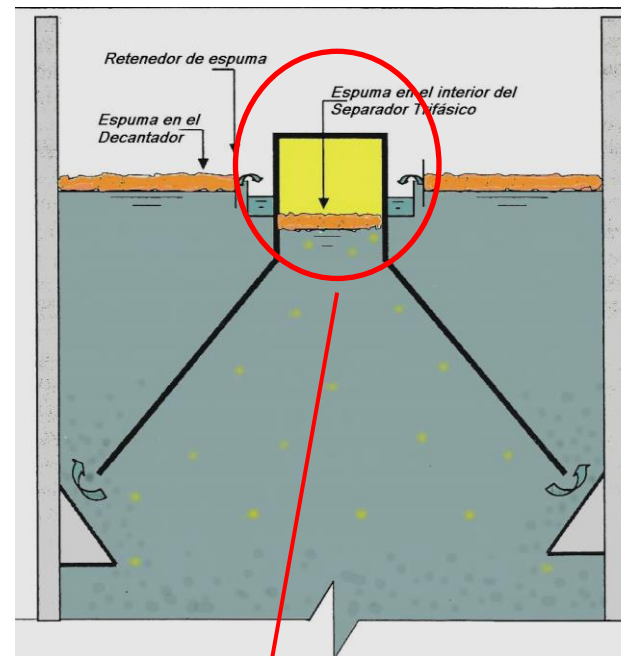
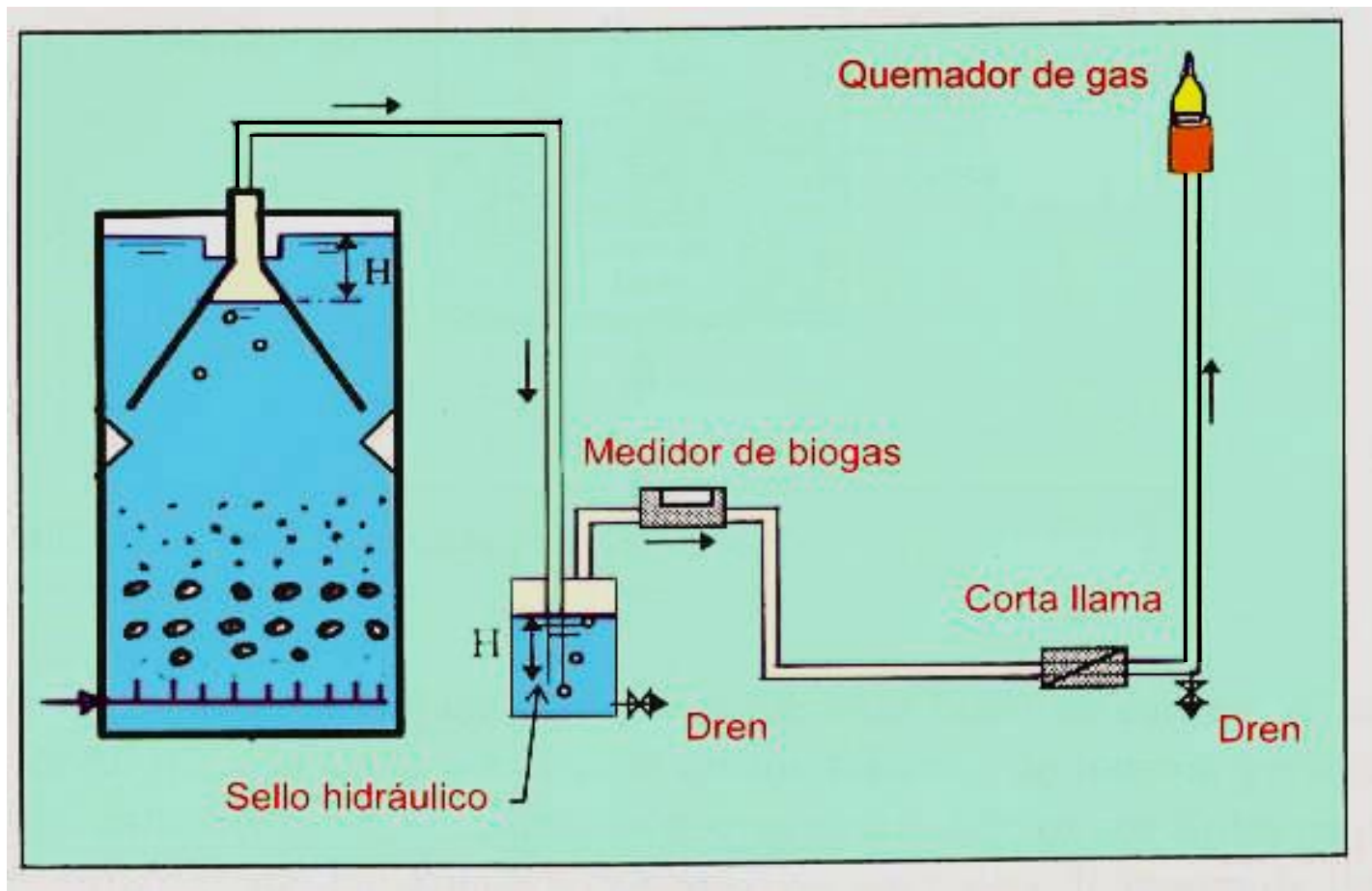


Diagrama de un sistema de gases para reactores UASB de pequeño tamaño

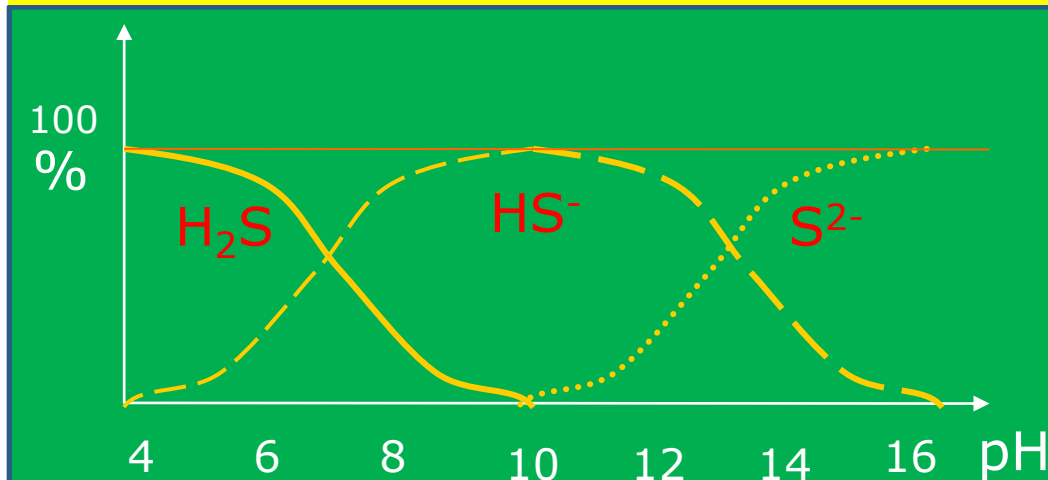


Problemas ocasionados por el sulfato

MSc. Ing Rosa Elena Yaya Beas

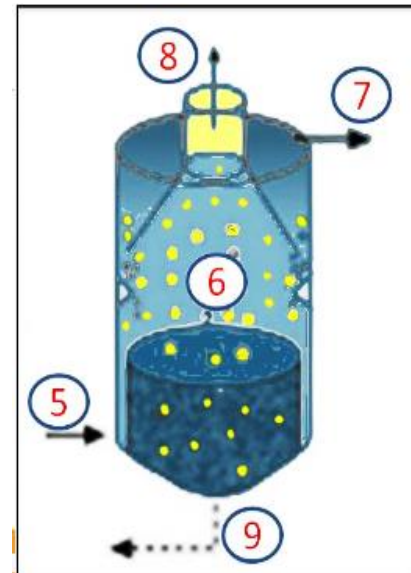
La Producción de H_2S

- ✓ Tóxico para los organismos metanogénicos, acidogénicos e incluso las mismas bacterias sulfato reductoras (SRB).
- ✓ Parte del sustrato va ser utilizado para el crecimiento de las bacterias SRB, en lugar de producir metano.
- ✓ Se empeora la calidad del biogás, entonces se debe remover el H_2S
- ✓ Este gas tiene mal olor y puede causar problemas de corrosión muy altos lo que significa que los costos de O&M se incrementarán.
- ✓ Disminuye la eficiencia en remoción de DQO



Programa de monitoreo del RAFA

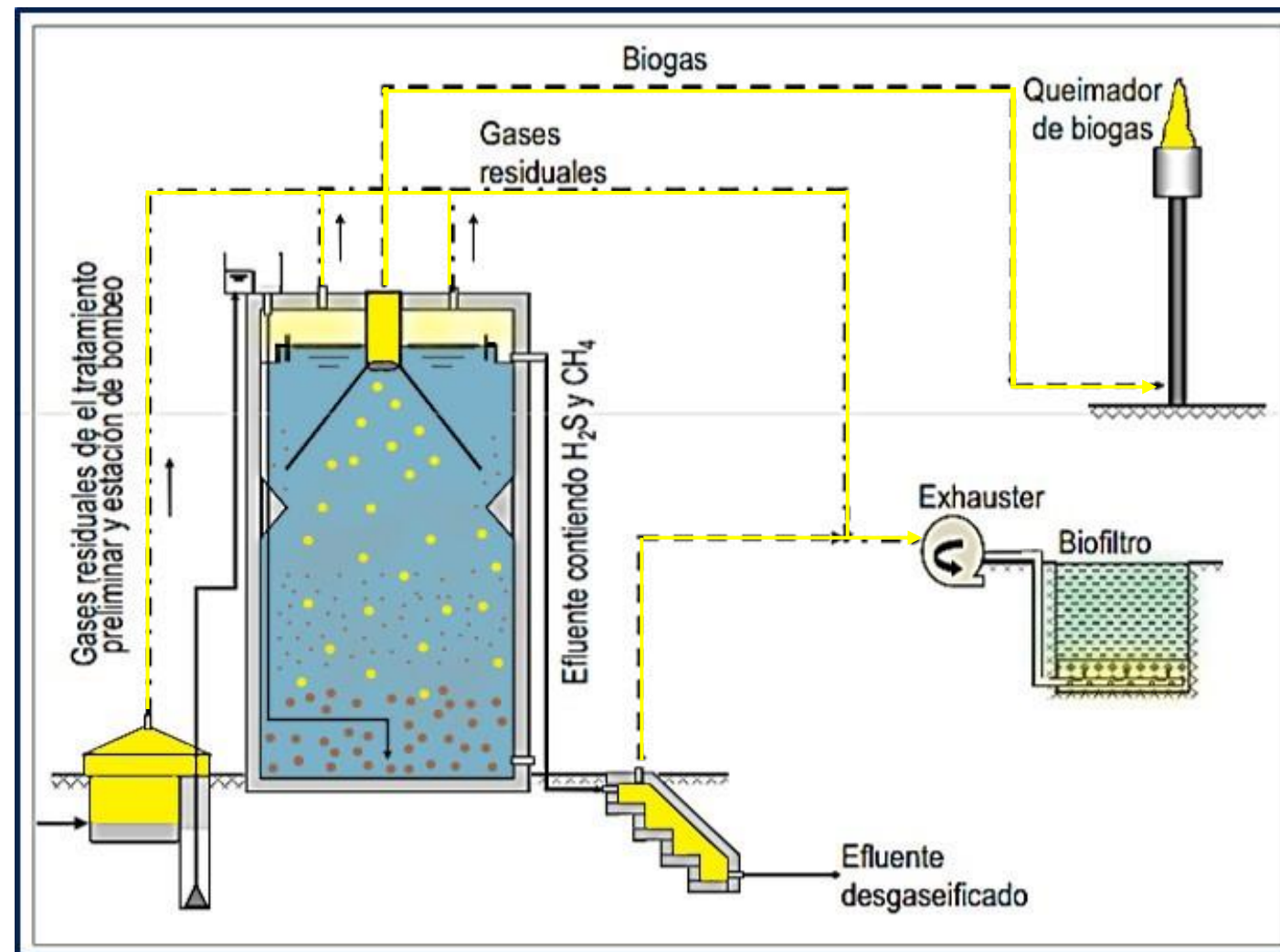
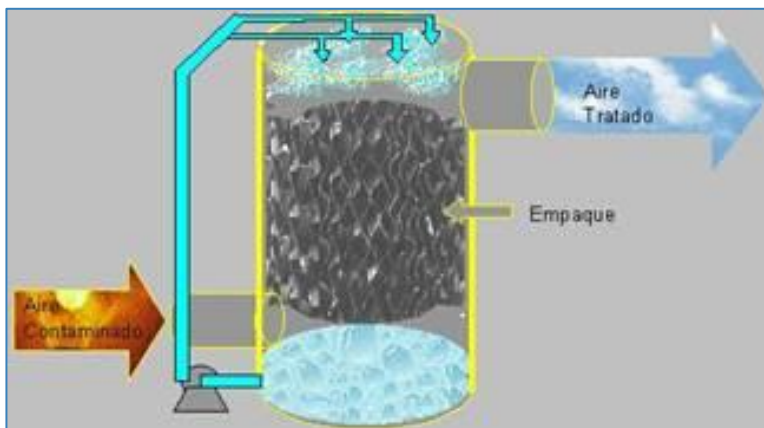
Parámetro	Unidad	Puntos y frecuencia de muestreo				
		5	6	7	8	9
Eficiencia de tratamiento						
Sólidos sedimentables	mg/L	diaria	-	diaria	-	-
Sólidos suspendidos totales	mg/L	semanal	-	semanal	-	-
DQO total	mg/L	semanal	-	semanal	-	-
DBO total	mg/L	quincenal	-	quincenal	-	-
Producción de biogás	mg/L	-	-	-	diaria	-
Escherichia coli	N/100ml	quincenal	-	quincenal	-	-
Huevos de helmintos	N/L	quincenal	-	quincenal	-	-
Estabilidad Operacional						
Temperatura	°C	diaria	diaria	-	-	-
pH	-	diaria	diaria	-	-	-
Alcalinidad	mg/L	semanal	-	semanal	-	-
Ácidos orgánicos Volátiles	mg/L	Semanal	-	semanal	-	-
Composición de biogás	% CO ₂	-	-	-	mensual	-
Cantidad y calidad del lodo						
Sólidos totales	mg/L	-	-	-	-	semanal
Sólidos totales volátiles	mg/L	-	-	-	-	semanal
Actividad metanogénica específica	gDQO/gSV.d	-	-	-	-	mensual
Estabilidad del lodo	gDBO/gSV.d	-	-	-	-	mensual
Índice volumétrico de lodo (diluido)	mg/L	-	-	-	-	mensual



Representación de una posible alternativa para control de emisiones en reactores UASB

Para la mezcla de gases contenida en la parte superior del compartimiento de decantación con alto contenido de H_2S , el proyecto deberá incorporar dispositivos para su recolección y tratamiento, con el objeto de lograr la remoción/oxidación del H_2S .

Una alternativa simplificada de tratamiento son los biofiltros



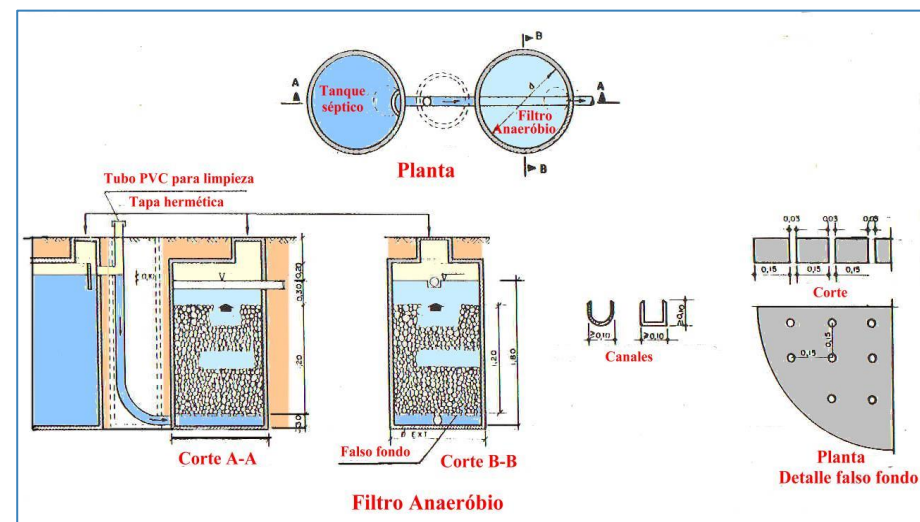
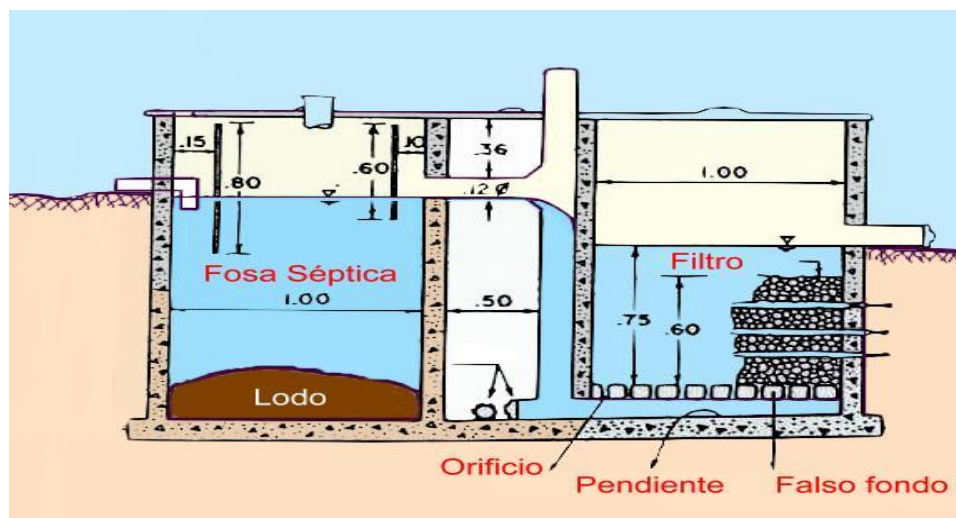
Filtros Anaerobios

Aplicación

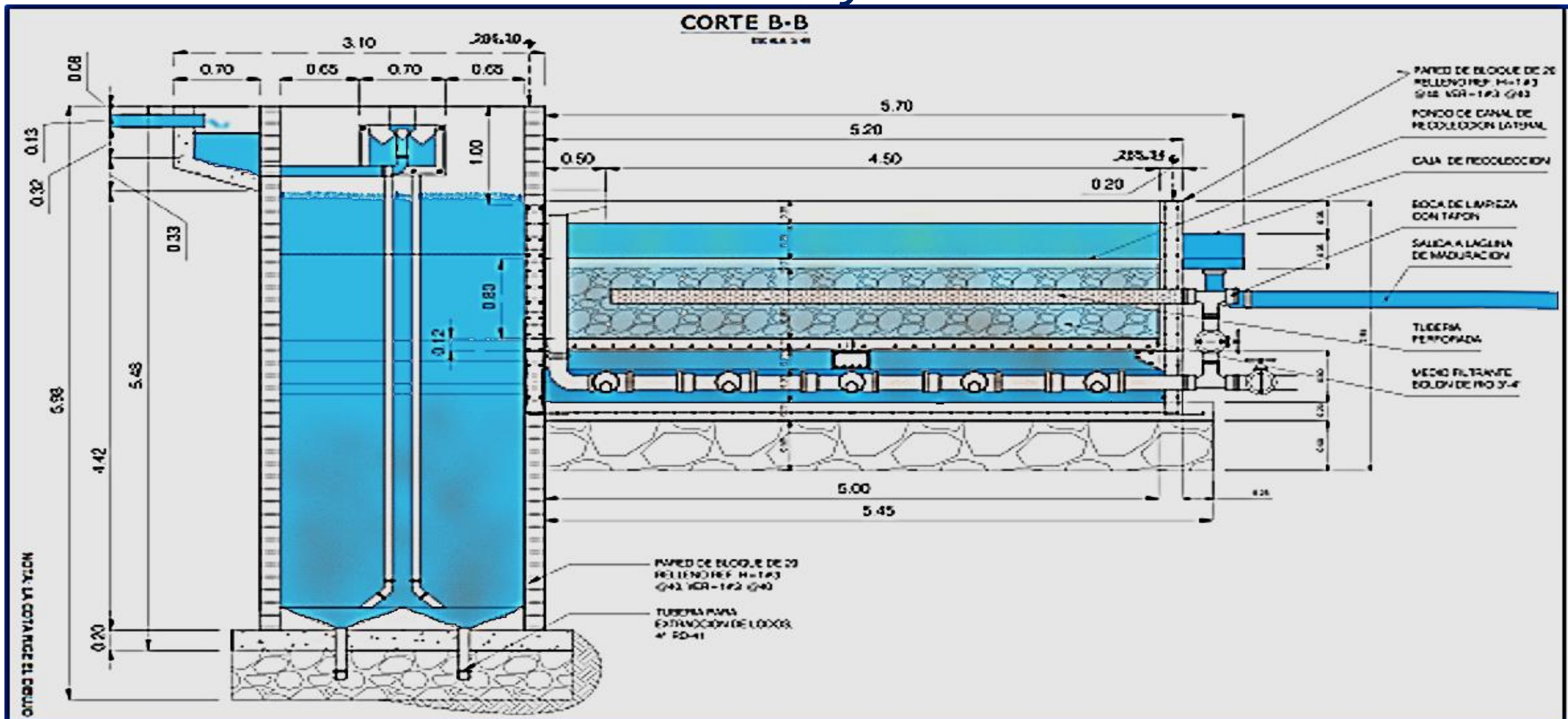
Cuando no es posible infiltrar en el suelo el efluente de la fosa séptica o hay necesidad de una **tratamiento adicional**, porque se quiere disponer el efluente en un cuerpo de agua, el tratamiento puede realizarse en un filtro anaerobio, que es una **alternativa interesante por su facilidad constructiva y operacional**

Características

Consisten en tanques generalmente de forma cilíndrica, que contienen en su interior un material granular donde se desarrollan los microorganismos responsables del tratamiento, éste material está apoyado en un falso fondo perforado por donde asciende el líquido proveniente de la fosa séptica, que luego descarga por la parte superior del filtro.



Corte reactor UASB y filtro anaerobio

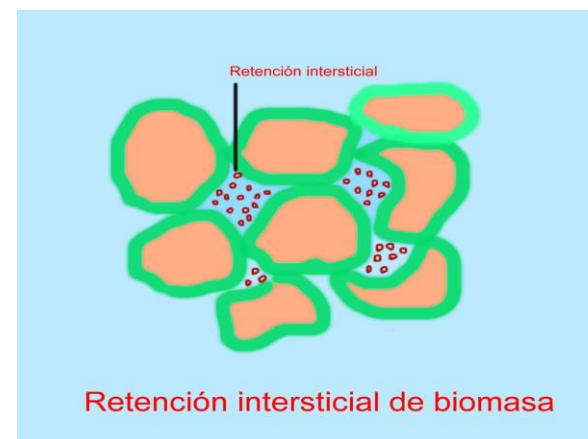
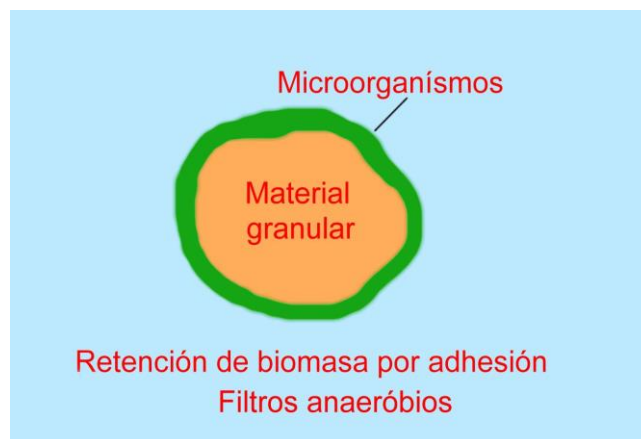


Funcionamiento del Filtro anaerobio

El filtro anaerobio ascendente es básicamente una unidad de contacto, en la cual el agua residual pasa a través de una masa biológica contenida dentro del reactor. La biomasa (microorganismos) retenida en el reactor se puede presentar en tres formas:

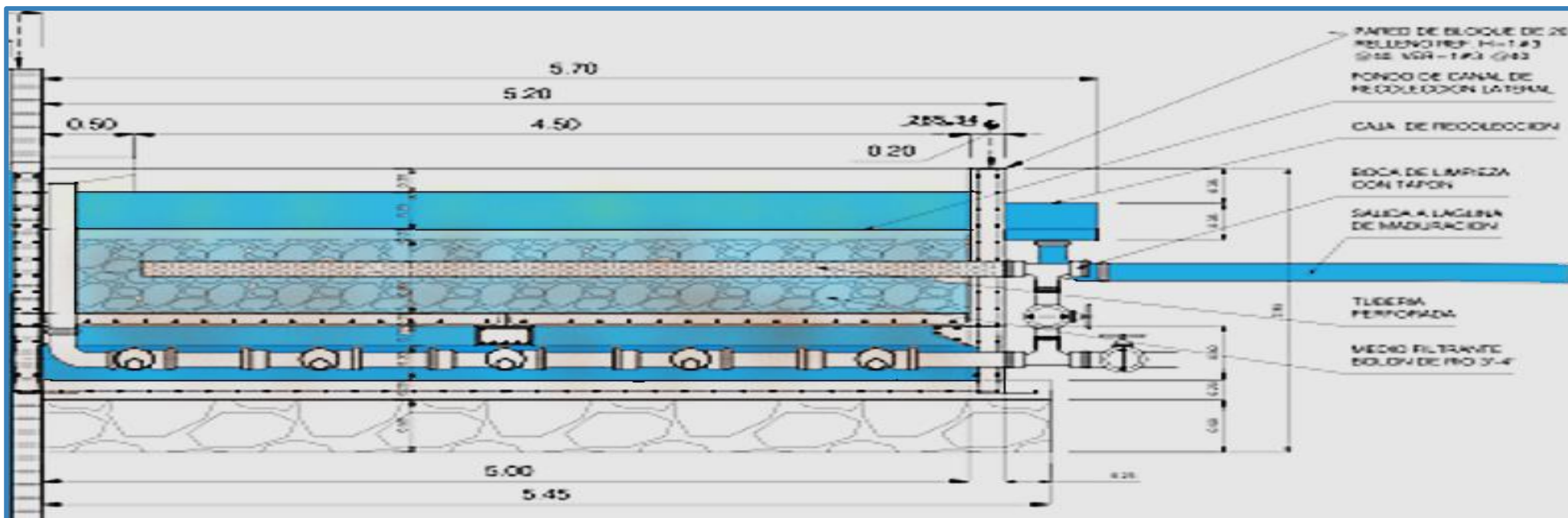
- Película biológica fina adherida al material
- Biomasa dispersa retenida en los vacíos (poros) del material granular.
- Flóculos o granos retenidos en el falso fondo, bajo el material de soporte.

Los compuestos orgánicos solubles contenidos en el agua residual afluyente entran en contacto con la biomasa, difundándose a través de la superficie del biofilme o el lodo granular, donde es convertido en productos intermediarios(ácidos Grasos volátiles) y finales específicamente metano(CH_4) y dióxido de carbono(CO_2).



Componentes del filtro Anaerobio

- **Tubería de Entrada**
- **Falso fondo**
- **Tubería de Limpieza**
- **Material filtrante**
- **Canales de recolección**
- **Tuberías de Ventilación (cuando es cerrado).**



Tuberías de salida y limpieza FAFA



Observacion

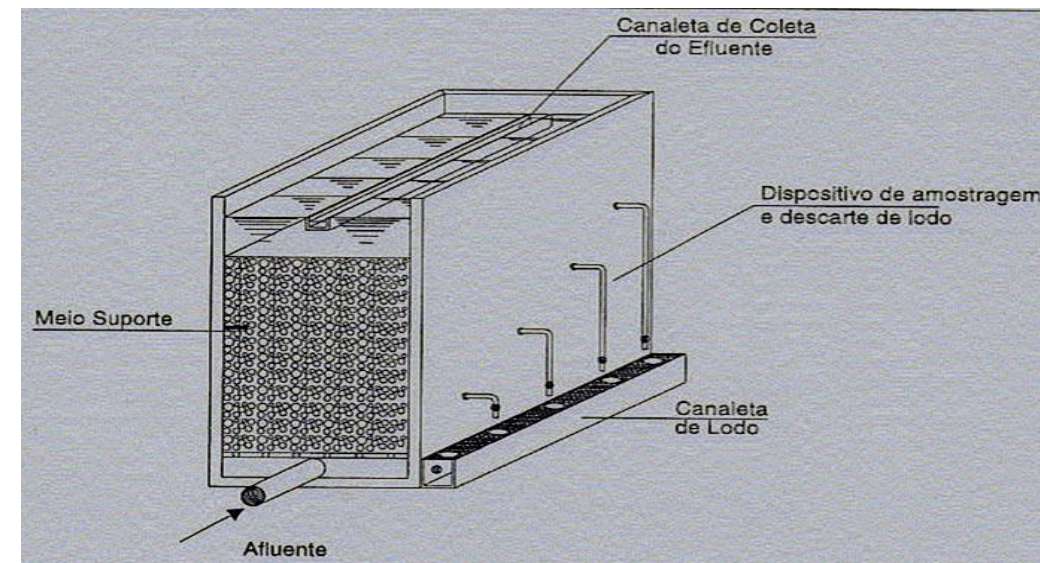
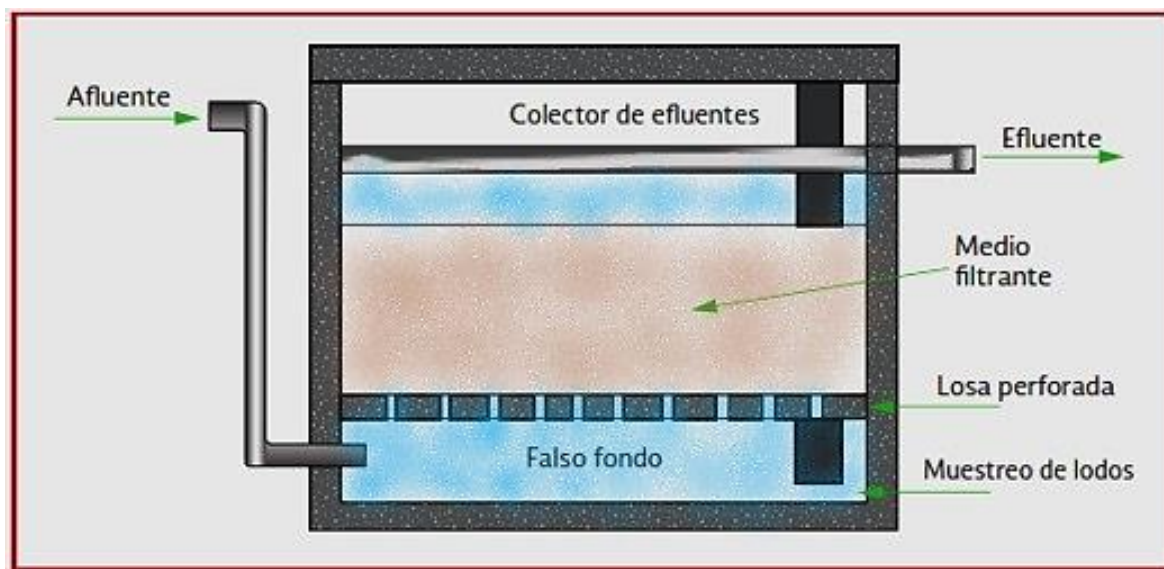
la tubería de salida de la caja recolectora de agua de lavado del FAFA, es muy pequeña y la caja se inunda dificultando su operación.



Finalidad del Lecho filtrante

La finalidad del material filtrante es la de retener sólidos en el interior del reactor, ya sea a través del biofilme formado en la superficie del material de soporte o mediante la retención de sólidos en los intersticios del medio.- Las principales funciones de la camada de soporte son las siguientes:

- Separar los sólidos de los gases
- Distribuir uniformemente el agua residual en el reactor
- Evitar que los sólidos sean llevados fuera del sistema de tratamiento
- Permitir la acumulación de grandes cantidades de biomasa
- Mejorar el contacto de las aguas residuales con los sólidos biológicos contenidos en el reactor.



Operación de los filtros anaerobios

En los filtro anaerobios la acumulación de sólidos ocurre en el falso fondo y en la parte baja al inicio del material granular. Se recomienda descargar lodos a través de sistema de limpieza una vez que la concentración de lodos exceda el 5% en peso.

Posibles causas	Posibles soluciones
Malos olores	
Presencia de sustancias toxicas	Localizar y eliminar las fuentes
Elevada concentración de ácidos volátiles, alcalinidad reducida y caída de pH.	Adicionar cal hidratada para elevar la alcalinidad y mantener un pH entre 6.8 - 7.4
Elevadas concentraciones de compuestos de azufre	Investigar la posibilidad de reducir la concentraciones de sulfatos
Elevado contenido de sólidos	
Elevada concentración de sólidos en el afluente	Investigar la eficiencia de los reactores anteriores
Exceso de sólidos en el reactor	Realizar una purga de fangos en el reactor
Proliferación de insectos	
Presencia de espumas y aceites	Remover la capa de espumas
Baja producción de biogas	
Elevadas concentraciones de ácidos volátiles	Aumentar alcalinidad con cal hidratada

Limpieza del filtro anaerobio

Se recomienda revisar semestralmente las cajas de distribución del efluente del FAFA para observar que no exista acumulamiento de agua residual esta es una señal que el sistema está funcionando correctamente caso contrario si se observa la presencia de bolas; terrones de biopelícula se debe analizar la limpieza del material filtrante, para lo cual se debe hacer lo siguiente:

1. Utilizar los equipos de protección personal y las herramientas necesarias.
2. Destapar las tapas de inspección utilizando un pico, dejar que se ventilen por unos 15 minutos hasta que todos los gases se hayan desalojado.
3. Vaciar el filtro anaerobio de flujo ascendente, mediante el cierre de la válvula de ingreso
4. Lavar superficialmente la grava con el uso de agua a presión, se deberá introducir el agua por la parte superior del lecho haciendo que fluya hacia abajo, se puede utilizar una manguera con buena presión o una hidrolavadora.
5. En caso de persistencia sacar el material filtrante y lavarlo manualmente.
6. Si esto no funciona se debe reemplazar el material granular, que constituyen el material del lecho filtrante .

Operación y mantenimiento

Un filtro anaerobio requiere un periodo de puesta en marcha de seis a nueve meses para llegar a la capacidad de tratamiento total, ya que la biomasa anaerobia de crecimiento lento primero debe establecerse en el filtro. Para reducir el tiempo inicial, el filtro puede ser inoculado con bacterias anaerobias; por ejemplo, mediante la aspersion de lodos de la fosa séptica en el material del filtro. El flujo aumentará con el tiempo.

Debido a su delicado equilibrio biológico de funcionamiento, se debe tener cuidado de **no descargar productos químicos fuertes en el filtro anaerobio. Los niveles de espuma y lodo deben ser monitoreados** para garantizar que el tanque esté funcionando bien. Con el tiempo, los sólidos obstruirán los poros del filtro.

De la misma forma, la creciente masa bacteriana se espesará demasiado, se quebrará y llegará a obstruir los poros. **El filtro debe limpiarse cuando reduzca su eficiencia.** Esto se logra poniendo el sistema en reversa (retrolavado) o al remover y limpiar el material del filtro. Los tanques de filtros anaerobios deben revisarse periódicamente para garantizar que sigan siendo impermeables (TILLEY et al. 2018).

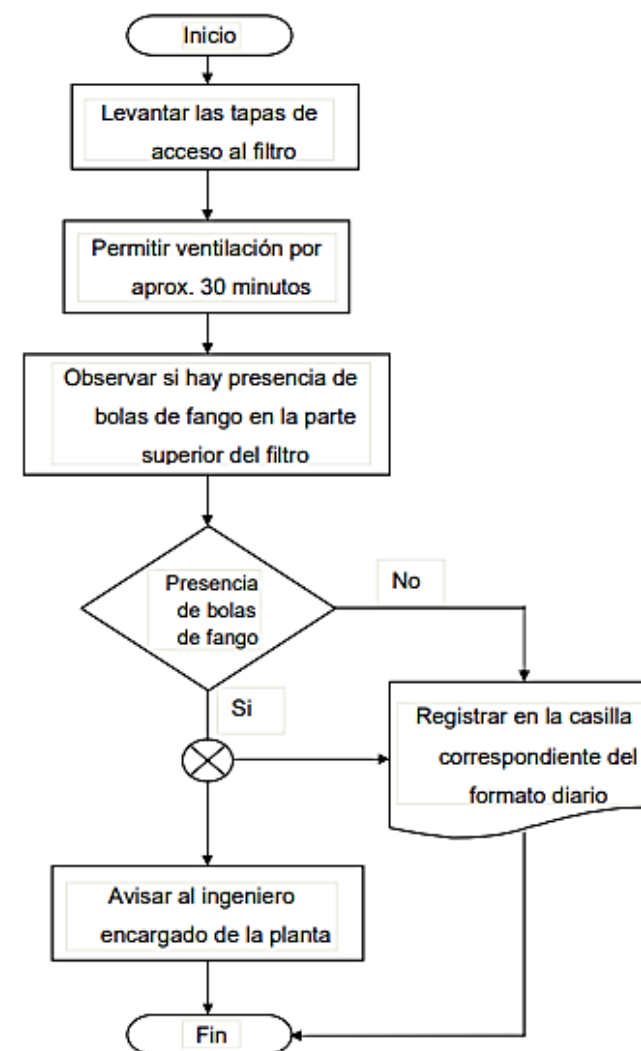


Procedimiento para limpieza de bolas de fango

PROCEDIMIENTO

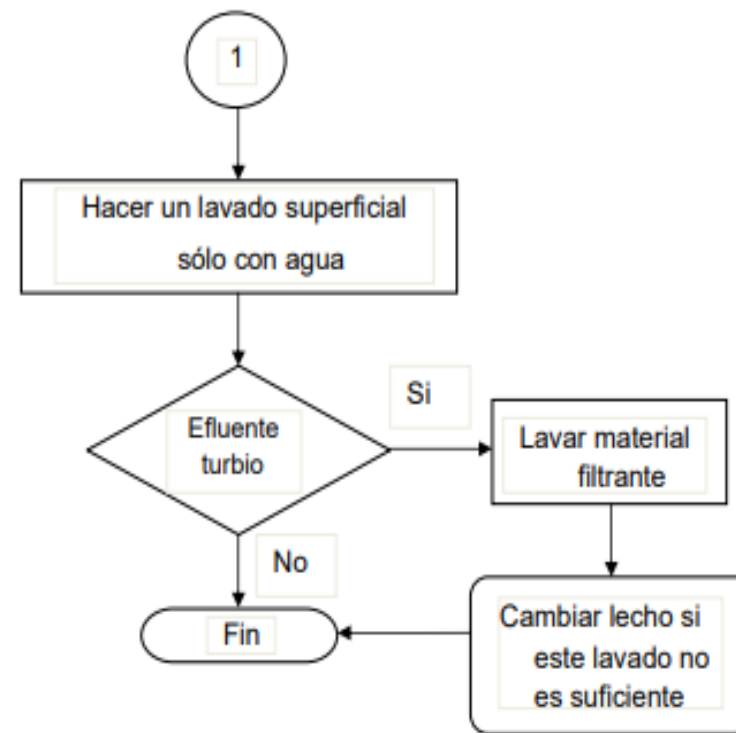
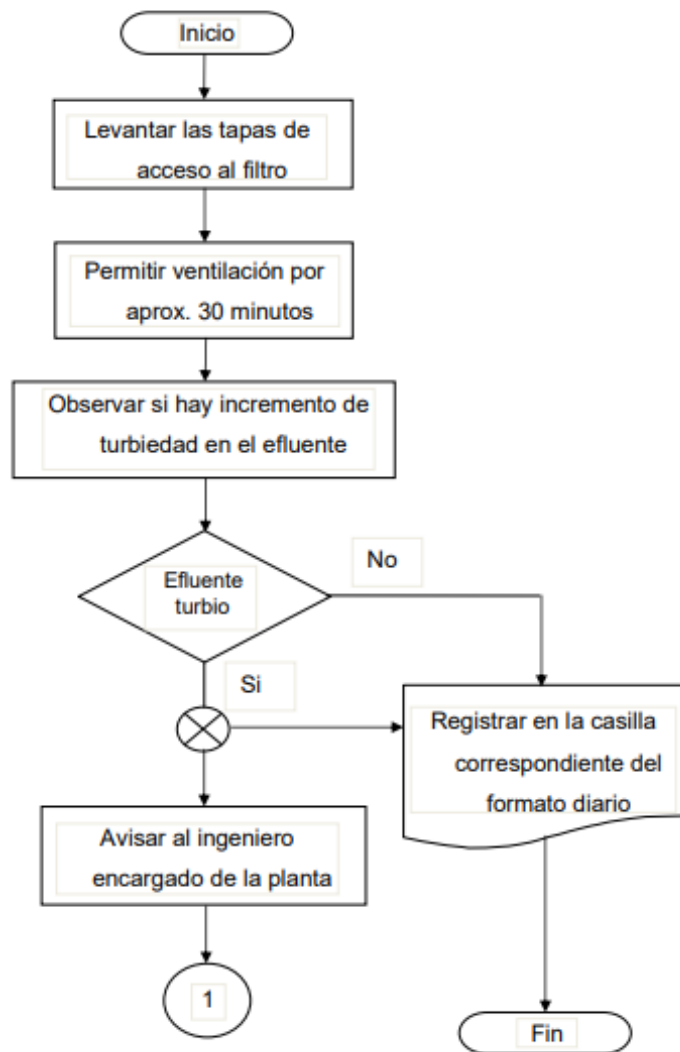
- Observe si hay presencia de bolas de fango en la parte superior del filtro y señale con una X en la casilla correspondiente en el registro diario y avise al Ingeniero encargado de la Planta.
- Preste atención a incrementos de la turbiedad en el efluente de la Planta y señale con una X en el registro diario. En caso de presentarse, avise inmediatamente al Ing. de Planta y haga lo siguiente:
- Haga un lavado superficial con agua únicamente.
- Si la situación sigue igual: Debe sacarse el material filtrante o lavarlo Si este lavado no es suficiente, el lecho se debe cambiar
- Para la limpieza retire los lodos acumulados del falso fondo:
 - Quite el adaptador de limpieza de la tubería que entra al filtro.
 - Inyecte agua a presión por esta tubería para inducir corrientes de agua ascendentes por entre el filtro y así efectuar la limpieza.

FLUJOGRAMA N° 1: Bolas de fango

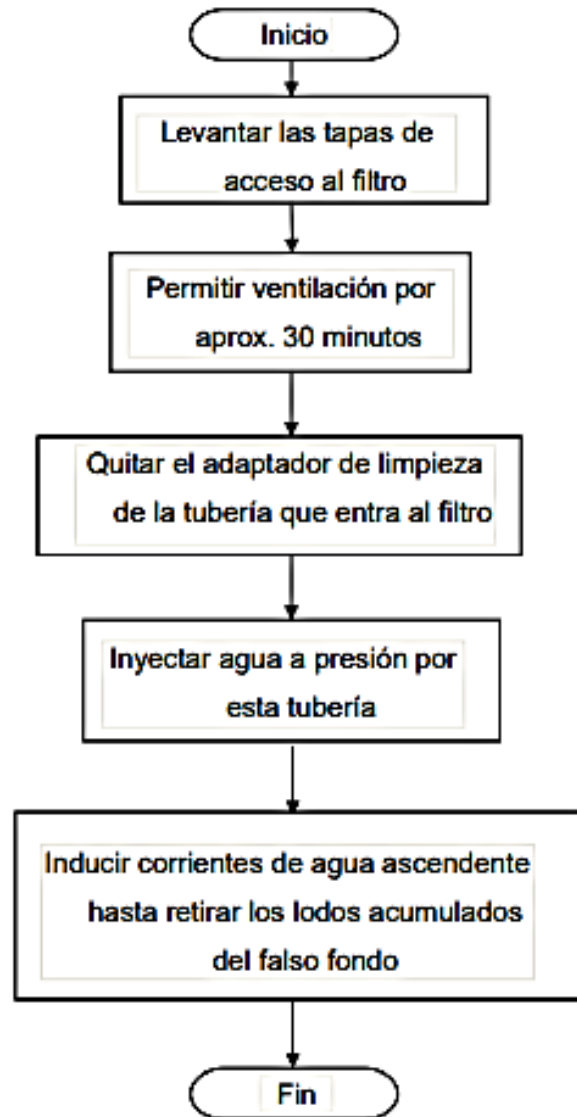


Revisión de la turbiedad de salida

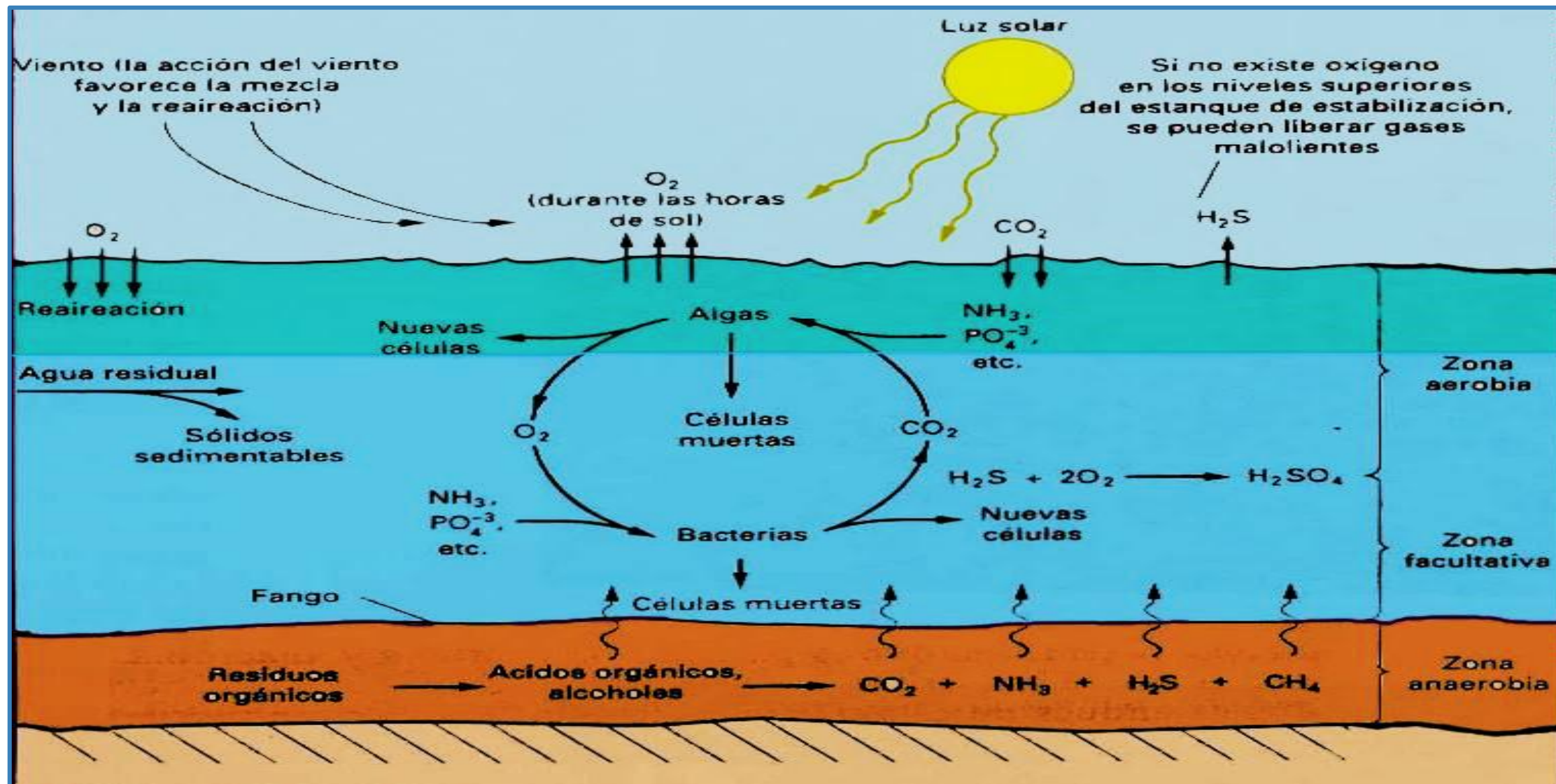
FLUJOGRAMA N° 2: Turbiedad



Flujograma de limpieza del filtro



Lagunas de estabilización, Funcionamiento



Lagunas de Maduración

Son frecuentes como tratamiento terciario después de una secuencia de lagunaje anaerobio + facultativo, con el objeto de mejorar la calidad del efluente principalmente reduciendo la concentración de patógenos, para lo cual su colocación en serie o con flujo pistón es más efectiva .

Los factores que intervienen en el proceso son: Sedimentación, escasez de alimento, rayos ultravioletas, predadores, competencia y toxinas producidas por algunas especies en el medio, altas temperaturas y valores de pH.

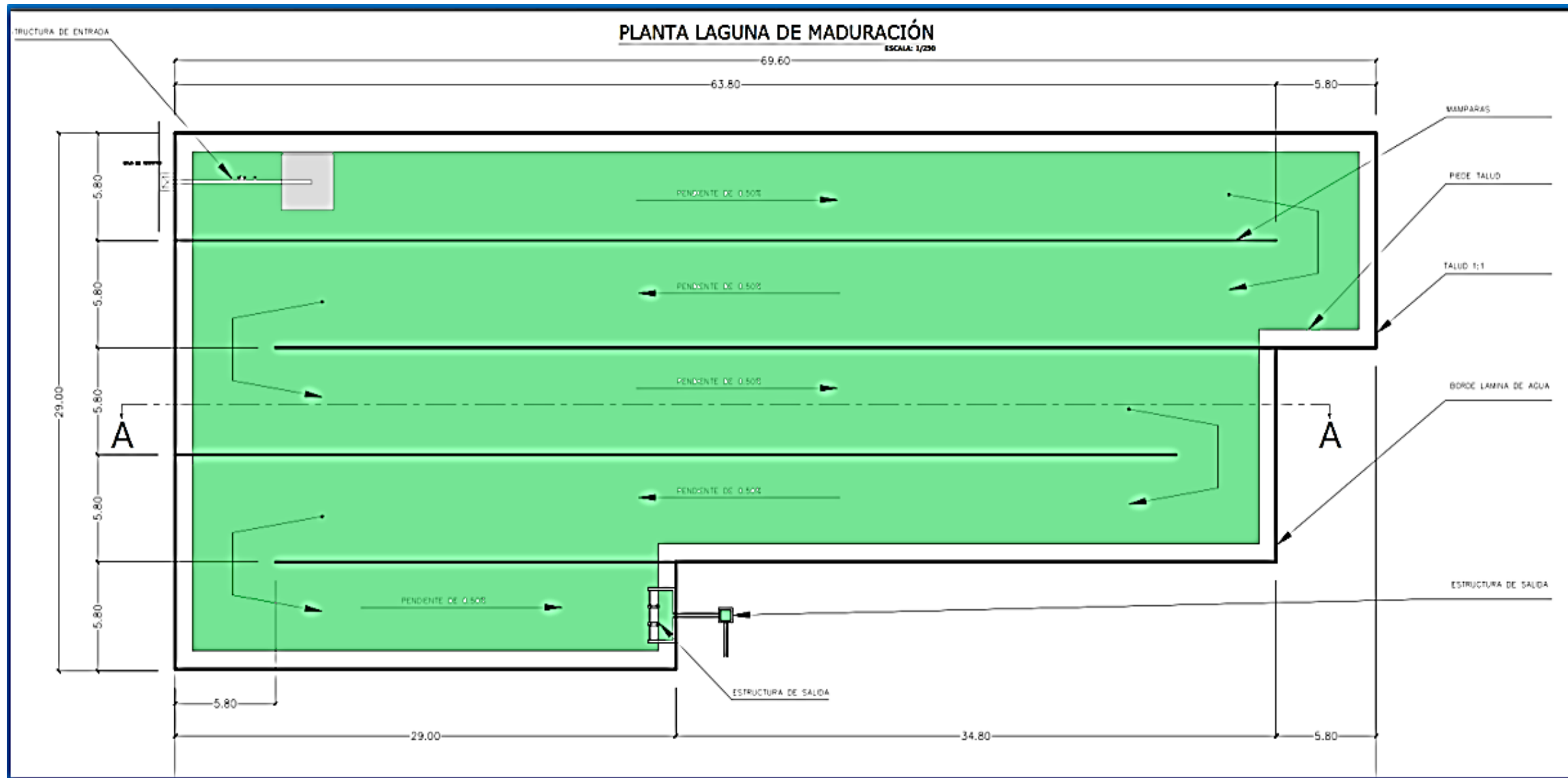
Los principales parámetros de diseño para una carga dada son: el régimen hidráulico adoptado y el tiempo de retención.

El régimen hidráulico tiene una gran eficiencia en la remoción de coliformes, en orden descendente la eficiencia es la siguiente:

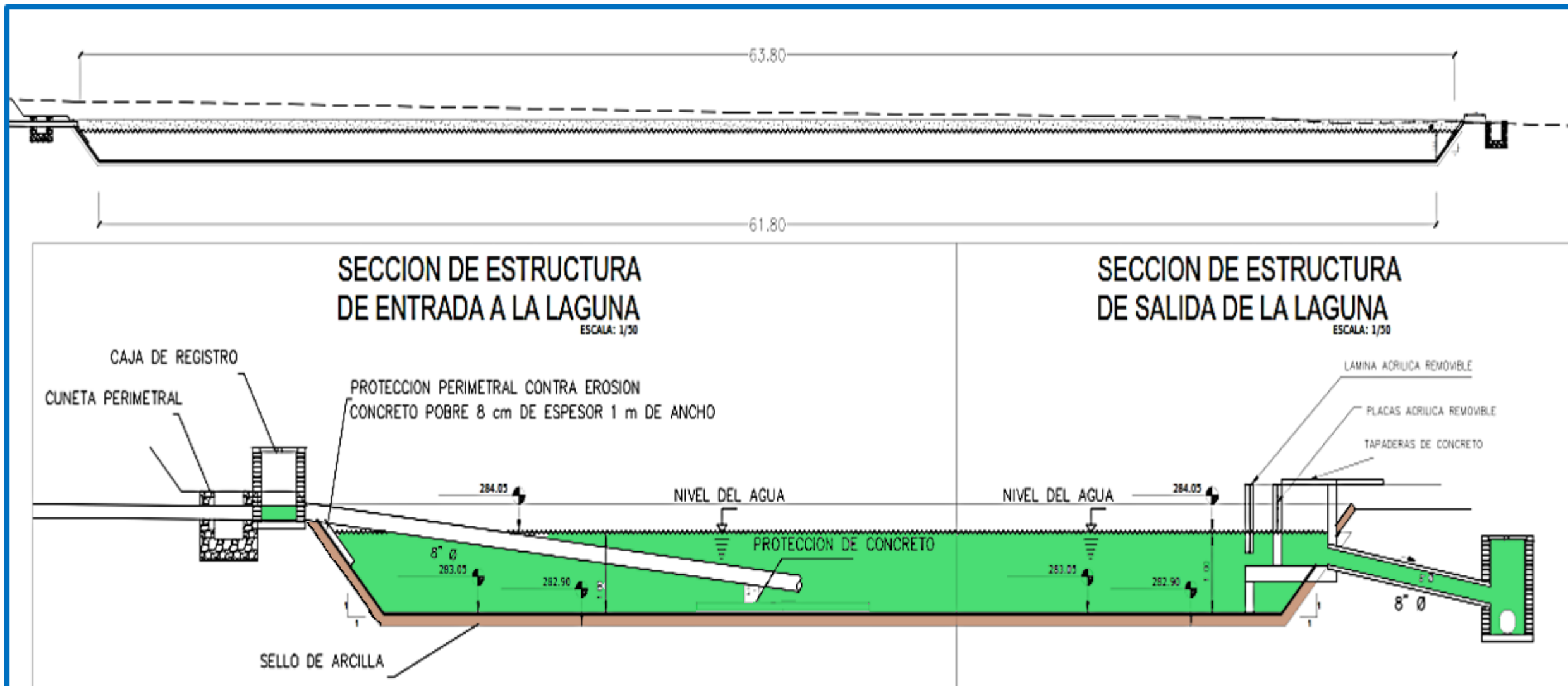
- ☐ Flujo pistón
- ☐ Lagunas en serie
- ☐ Flujo disperso
- ☐ Mezcla completa



Laguna de maduración de San Antonio



Estructuras de Entrada y salida de la laguna



Factores que influyen en la remoción de patógenos en una laguna de maduración

Físicos

- ✓ Temperatura
- ✓ Sedimentación

Físico Químicos

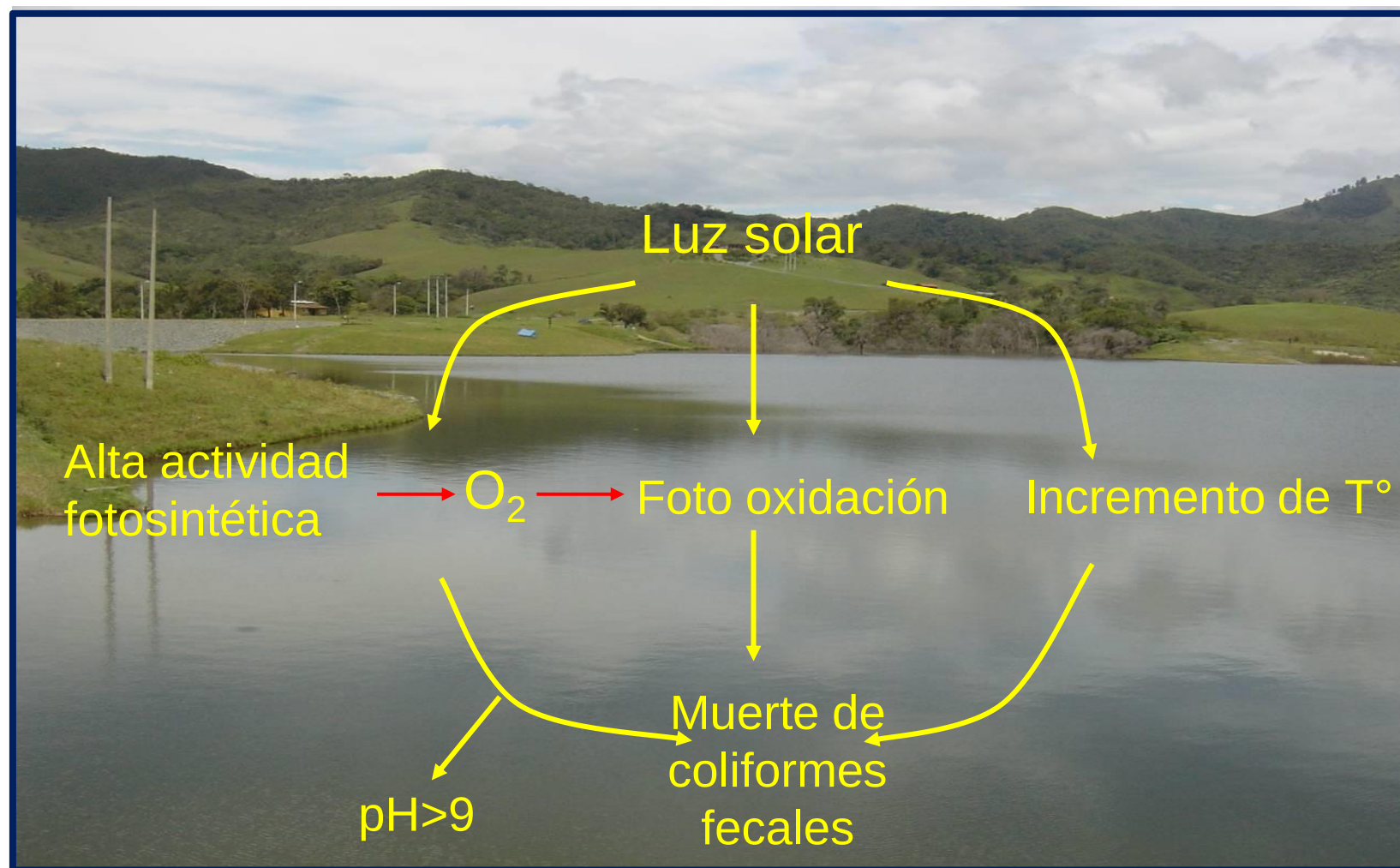
- ✓ Salinidad
- ✓ pH
- ✓ Oxígeno Disuelto
- ✓ Intensidad de la radiación solar

Bioquímicos

- ✓ Concentración de nutrientes
- ✓ Presencia de tóxicos

Biológicos

- ✓ Presencia de predadores
(protozoos, rotíferos y crustáceos)

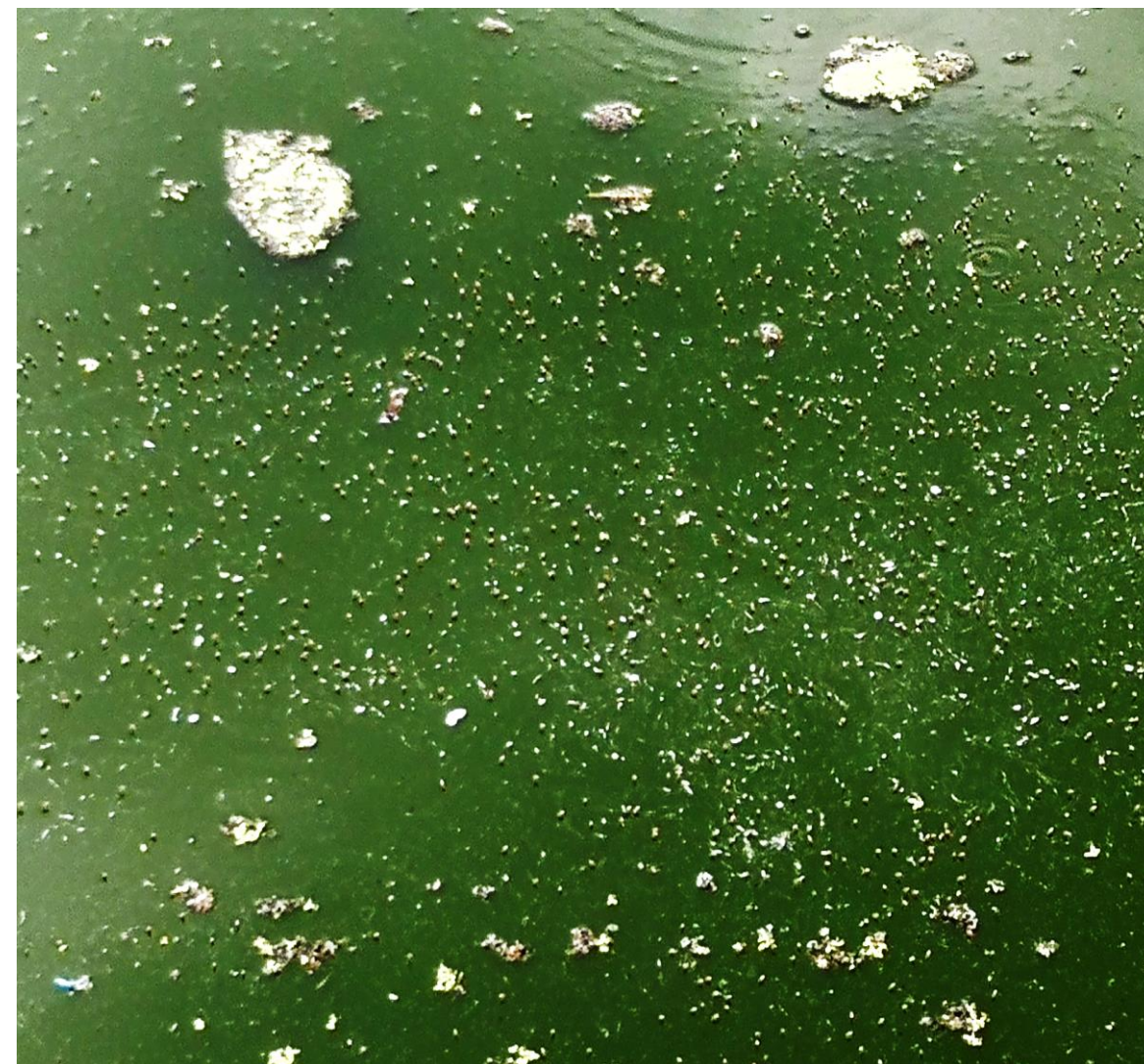


Mantenimiento de la laguna de maduración

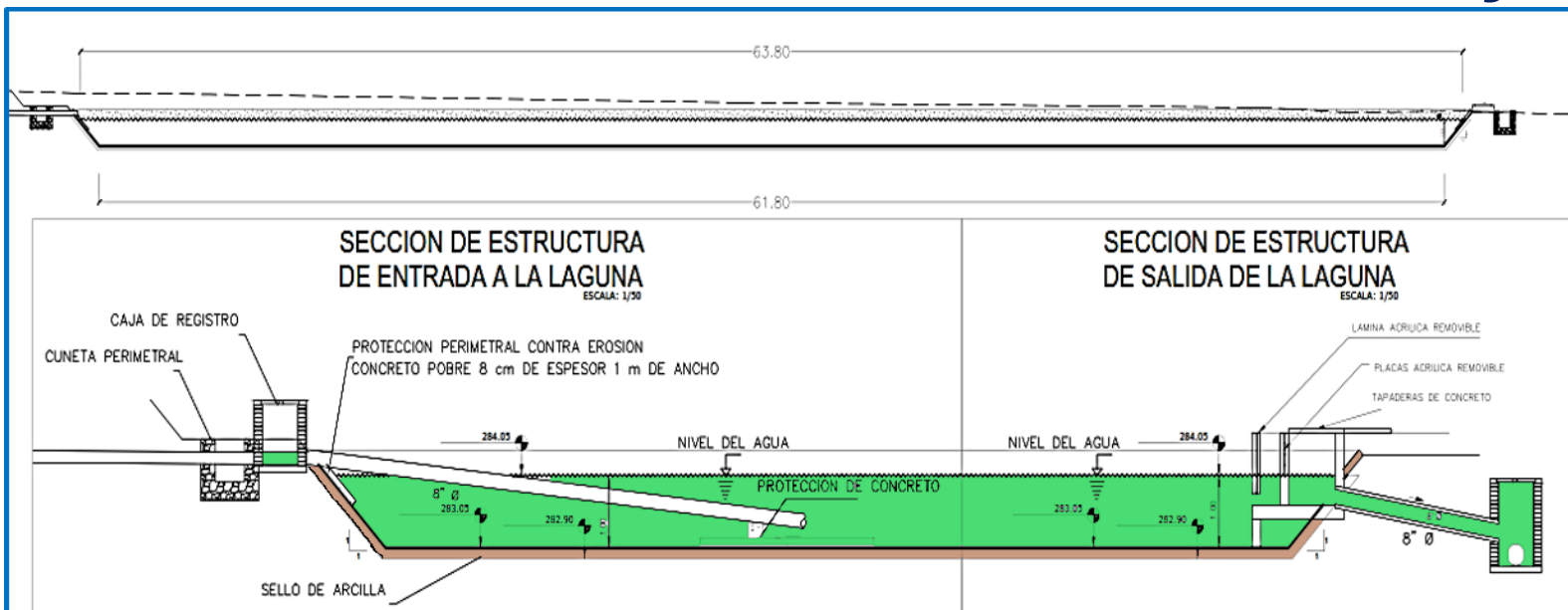


Observaciones:

1. Natas concentradas en la entrada y algas a lo largo de la laguna.
2. Gran cantidad de larvas de mosquitos y insectos, sobre el material flotante en la laguna
3. No cuentan con equipo para extracción de material flotante.

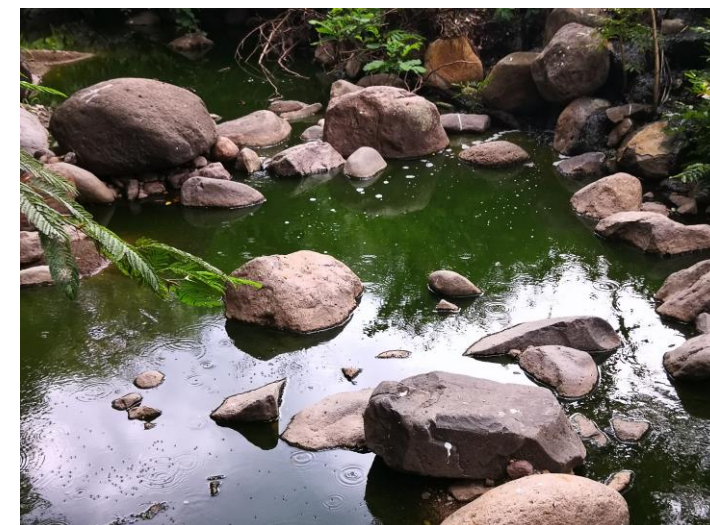


Problemas de la Entrada y salida



Problemas Encontrados

1. Zona muerta al inicio de la laguna por el punto de entrada a la misma, el flujo pistón nunca produce mezcla.
2. Los vertederos de salida están levantados (no funcionan) por lo tanto dejan salir una gran cantidad de algas tal como lo demuestra la imagen del cuerpo receptor, que tiene muy poco caudal.



Control Operacional

Identificación de la laguna..... Fecha / / Nombre del operador					
1. Acontecimiento				SI	NO
☐ Levantamiento de lodo en algún punto de la laguna..... ☐ Manchas verdes en la superficie de la laguna: ☐ Anaerobia ☐ Facultativa ☐ Manchas negras o cenicientas en la laguna facultativa ☐ Aparición de vegetales: ☐ en la laguna ☐ en los taludes ☐ Evidencia de erosión en los taludes ☐ Alguna filtración visible ☐ Cercados en orden ☐ Presencia de insectos ☐ Presencia de aves ☐ Aguas lluvias con canales limpios ☐ Medidor de caudal en funcionamiento ☐ Malos olores					
2. Parámetros Físico - Químicos					
Parámetro	Hora			Observaciones	
	07:00	12:00	17:00		
☐ Altura de la lámina en el medidor de caudal (cm)					
☐ Caudal (l/s)					
☐ Temperatura (°C)*					
Del aire					
De las aguas residuales					
☐ afluente					
☐ centro de la laguna					
☐ efluente					

☐ Nivel de la lámina líquida en la laguna (m)				
☐ pH				
☐ afluente				
☐ efluente				
☐ Sólidos sedimentables (ml / l)				
☐ en las aguas residuales brutas				
☐ en el efluente de la 1ª célula				
☐ OD, a 20 cm bajo la superficie líquida, Próximo al efluente de la laguna facultativa				
3. Condiciones meteorológicas (**)				
	Clasificación	Periodo		Observaciones
		07:00 a 12:00	12:00 a 17:00	
Tiempo	Sol brillante Semi nublado, con nubes Nublado, sin sol			
Precipitaciones	Ausente Llovizna Lluvia moderada Lluvia fuerte			
Intensidad de los vientos	Nulo Poco viento Vientos moderados Vientos fuertes			

Lagunas Problemas operacionales

Problema	Causa	Medida de prevención y control
Espuma y flotantes	▪ Súper floración de algas ▪ Vertido de material extraño ▪ Placas de lodo desprendido del fondo. ▪ Poca circulación de aire	▪ Deshacer espuma con chorros de agua o con rastrillo ▪ Remover espuma con paicón ▪ Desagregar o remover placas de lodo ▪ Remover obstáculos para permitir la circulación del viento
Malos olores causados por sobrecarga	▪ Sobrecarga de aguas negras, causando caída de pH, reducción de la concentración de Oxígeno Disuelto, cambio en el color del efluente de verde a verde amarillento, aparición de zonas Muertas junto al afluente y malos olores.	▪ Transformar la operación de serie a paralelo. ▪ Retirar temporalmente de operación la laguna problemática. ▪ Recircular el efluente en una relación de 1/6. ▪ Considerar entradas múltiples para evitar caminos preferenciales. ▪ Adicionar nitrato de Sodio, como complemento de fuente de Oxígeno combinado.
Malos olores causados por malas Condiciones atmosféricas	Largos períodos con tiempo nublado y temperaturas bajas	▪ Disminuir la lámina de agua ▪ Colocar una laguna en paralelo ▪ Instalar aireadores superficiales próximos a la entrada del efluente.
Malos olores causados por sustancias tóxicas	Substancias tóxicas provenientes de descargas industriales	▪ Realizar análisis Físico químicos completos para identificar el compuesto tóxico. ▪ Identificar dentro de la cuenca la industria

Indicaciones de buen funcionamiento de las lagunas de maduración

Se supone que una laguna facultativa o de maduración está funcionando adecuadamente cuando:

- El agua presenta una coloración verde pálido y está prácticamente libre de sólidos sedimentados. Las coloraciones verde – azuladas denotan la presencia de algas verde-azules (cianofíceas), que tienen efectos negativos por su menor productividad y tendencia a la formación de agregados que impiden la correcta iluminación de las lagunas;
- La superficie del agua está libre de toda materia sólida;
- Existe ausencia de plantas acuáticas y malas hierbas en los taludes.

Problemas de funcionamiento de las de maduración

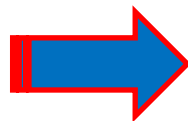
- Los problemas operativos más frecuentes en las lagunas de maduración son:
- La acumulación de materias flotantes,
- Aparición de malos olores,
- Desarrollo de coloraciones rosa o rojo,
- Anomalías de flujo,
- Crecimiento de malas hierbas y plantas acuáticas y
- Desarrollo de mosquitos y otros insectos.

Problemas y soluciones en lagunas de maduración

Problema

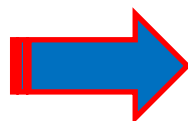
Solución

Anomalías de flujo



- Rediseñar las entradas y salidas, teniendo en cuenta el régimen del viento.
- Instalación de entradas y salidas múltiples.
- Eliminación de plantas acuáticas

Presencia de mosquitos y/o insectos



- Eliminación de todas las plantas acuáticas y otros posibles soportes de larvas

Crecimiento de plantas acuáticas y malas hiervas en los taludes



- Eliminación de todas las plantas en los taludes internos, eliminar o cortar las malas hiervas en los taludes externos



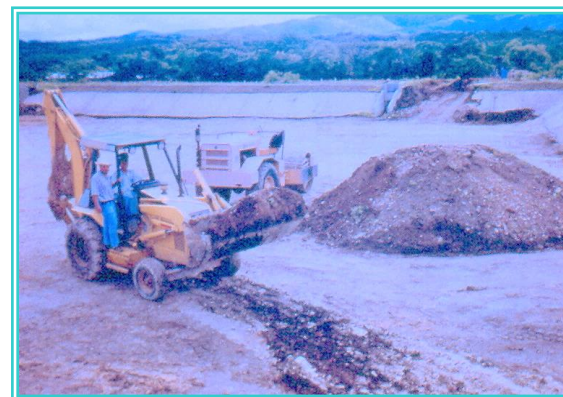
Las labores típicas de operación y mantenimiento

- Mantener limpia la rejilla en todo momento, remover el material retenido, desaguarlo y enterrarlo diariamente. Es recomendable medir el volumen diario de material dispuesto.
- Mantener controlada la vegetación de los diques impidiendo su crecimiento mas allá del nivel del triturado o grava de protección contra la erosión.
- Remover toda la vegetación emergente en el talud interior de las lagunas
- Inspeccionar y prevenir cualquier dalo en diques, cerca o unidades de entrada, interconexión y salida (Romero, 1999).



Operación y mantenimiento lagunas de maduración

- Medición del caudal.
- Llenado de las lagunas.
- Tendencia de la laguna a secarse.
- Desbordamiento de las lagunas.
- Extracción de lodos.
- Producción de malos olores.
- Problemas sobre los bordos.
- Variaciones en el color del agua.
- Exceso de sólidos en la salida.
- Exceso de espumas en la salida.
- Control de insectos.
- Eliminación de la vegetación no deseada.
- Lagunas con poca carga.
- Lagunas sobrecargadas.
- Registro de la información.
- Monitoreo de rutina.
- Equipos y herramientas para el mantenimiento.
- Requerimientos de personal.



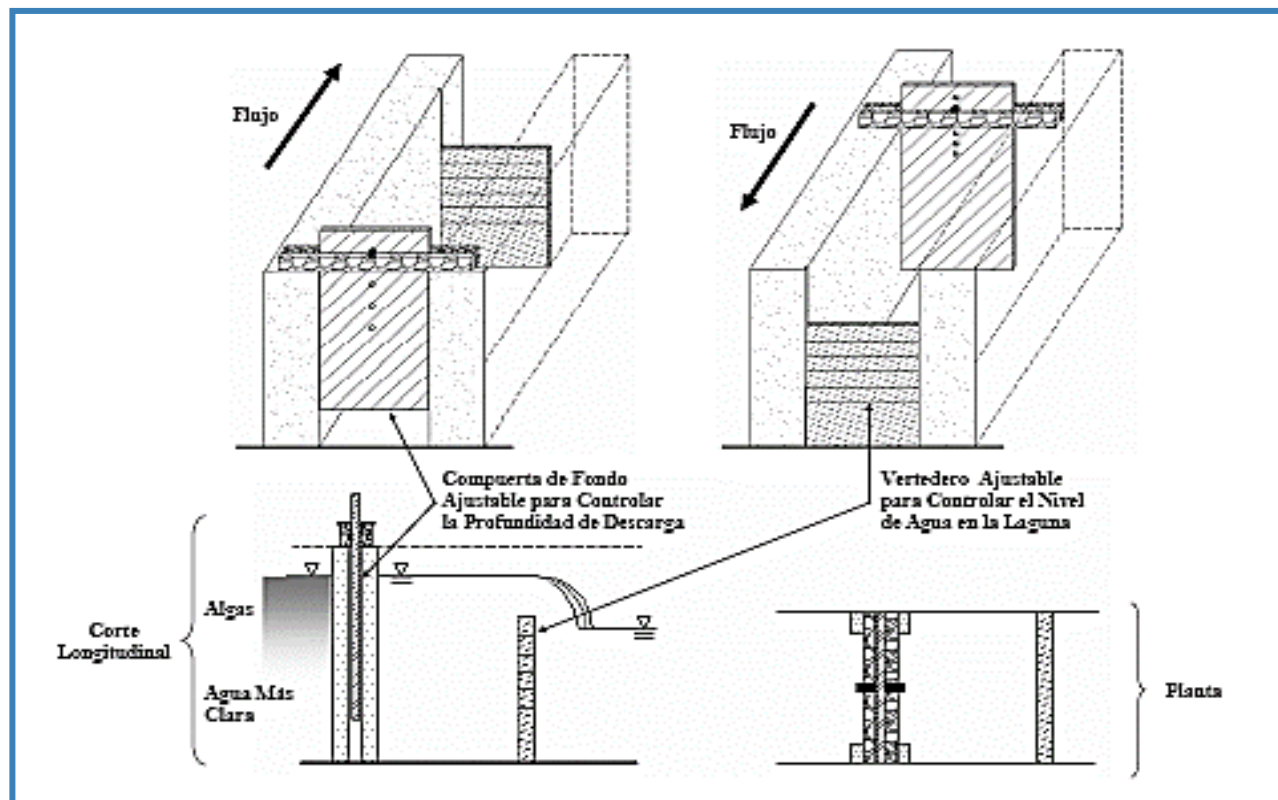
Programa de mediciones y análisis

Nota:
D = diario
S = semanal
Q = quincenal
O = ocasional

Fuente: adaptado de
WHO/EMRO (1987)

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Frecuencia
Caudal	L/s	X	X	D
Temperatura	°C	X	X	D
Oxigeno Disuelto (OD)	mg/L	X	X	D
pH	-	X	X	D
DBO ₅	mg/L	X	X	S
DQO	mg/L	X	X	S
Solidos suspendidos (SS)	mg/L	X	X	S
Sólidos sedimentables	mg/L	X	X	S
Sólidos volátiles	mg/L	X	X	S
Sólidos totales	mg/L	X	X	Q
Sólidos fijos	mg/L	X	X	Q
Nitrógeno total	mg/L	X	X	O
Fosforo total	mg/L	X	X	O
Coliformes fecales	CF/100ml	X	X	O
Huevos de Helminetos	unidad	X	X	O

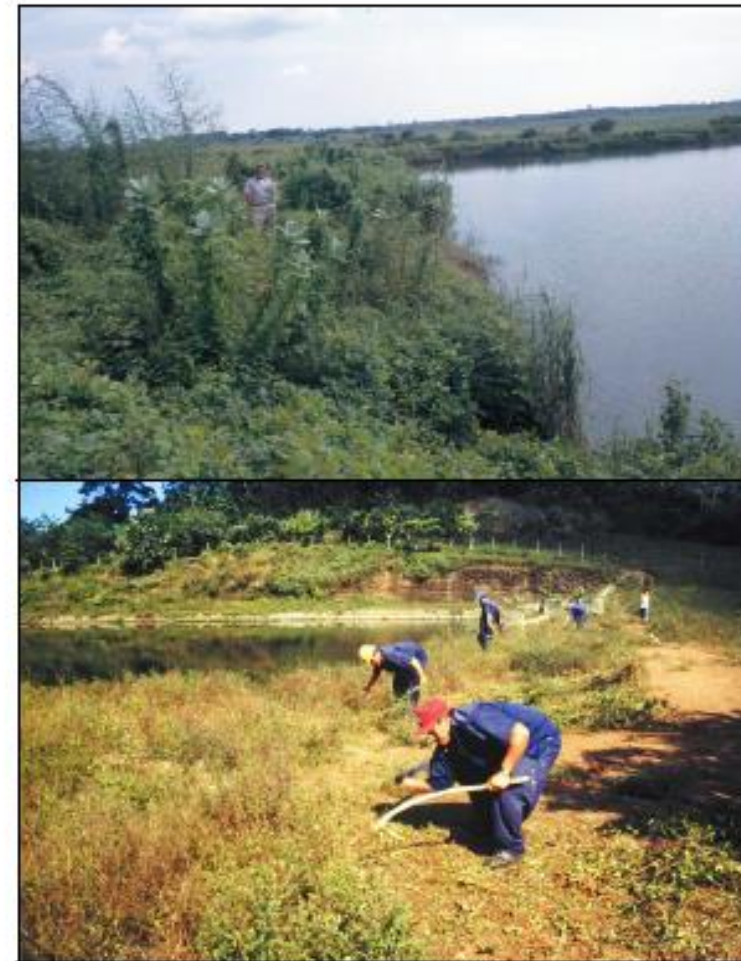
Detalle de salida



Mantenimiento de lagunas

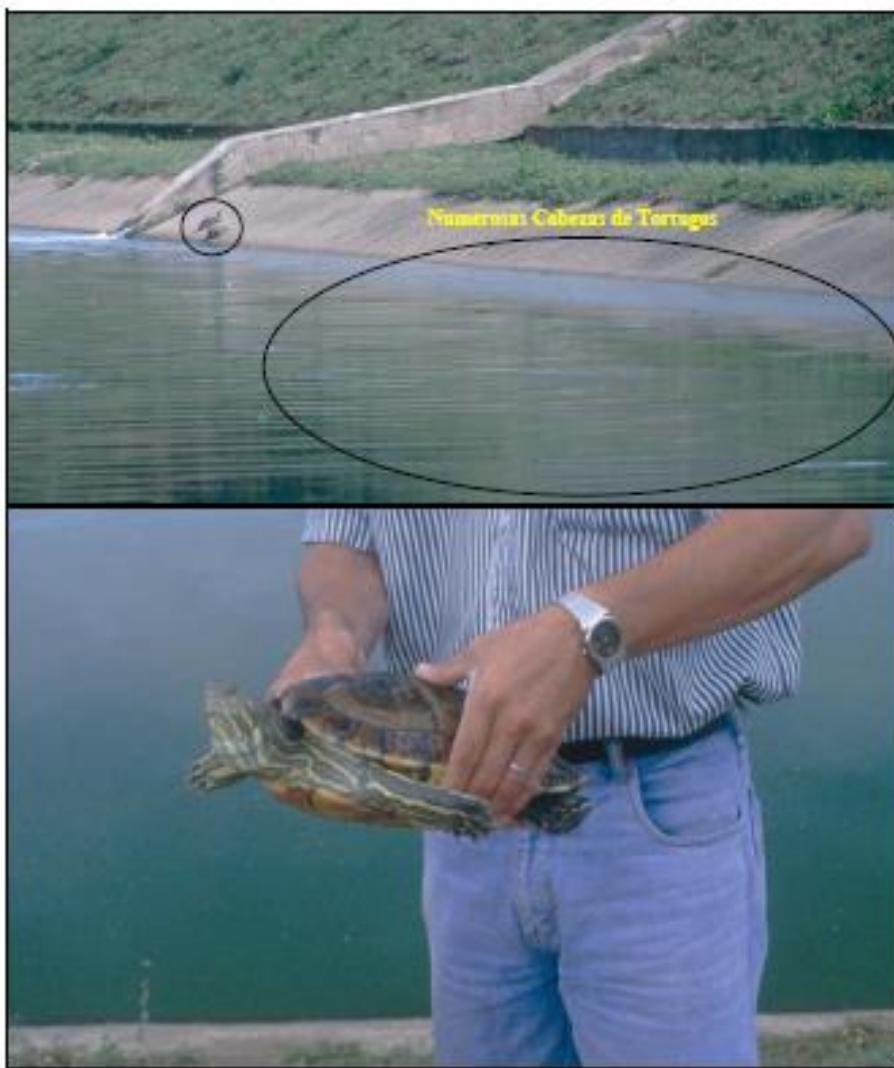


Fotos 7-6: Las natas y sólidos flotantes se acumulan en las esquinas de las lagunas, donde el operador puede sacarlos fácilmente con un desnatador y ponerlos en una carretilla. Después, se debe enterrarlos, o cubrirlos con una capa de suelo o cal. En la foto abajo los operadores ponen las natas recolectadas en un pozo y los cubren con cal para controlar olores. Cuando se llena la excavación se cubre con una capa de suelo. (Masaya, Nicaragua)



Fotos 7-7: En la foto arriba (Choluteca, Honduras) la laguna facultativa tiene problemas serios con el sobre-crecimiento de la maleza en la corona del terraplén y en la orilla. (Nótese el hombre en el centro de la foto.) Es un trabajo fundamental del operador a controlar el crecimiento de la maleza como se ve en la foto abajo donde una brigada de personal de la Administración Nacional de Agua y Alcantarillado (ANDA) de El Salvador corta las malezas en el terraplén de la laguna facultativa (Zaragoza, El Salvador)

Mantenimiento de lagunas



Fotos 7-10: Se encuentran poblaciones significativas de tortugas en la mayoría de las lagunas de maduración, y frecuentemente en las lagunas facultativas también. (Arriba: Danli, Honduras; abajo: León, Nicaragua)

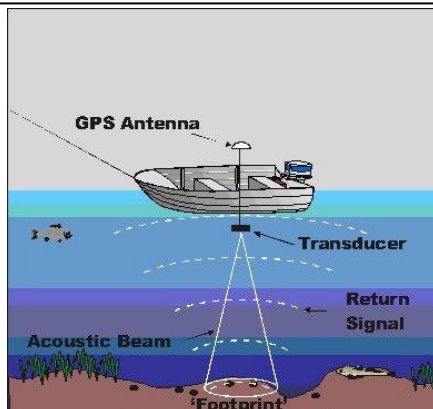
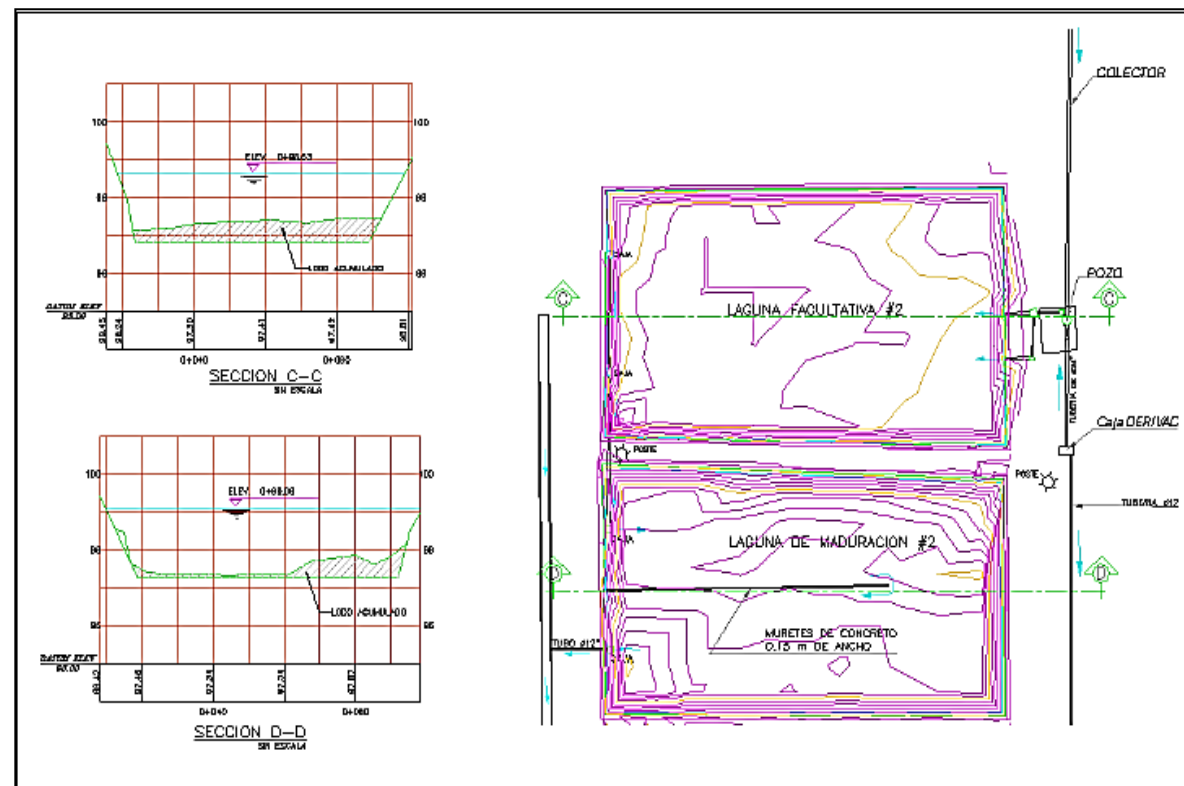
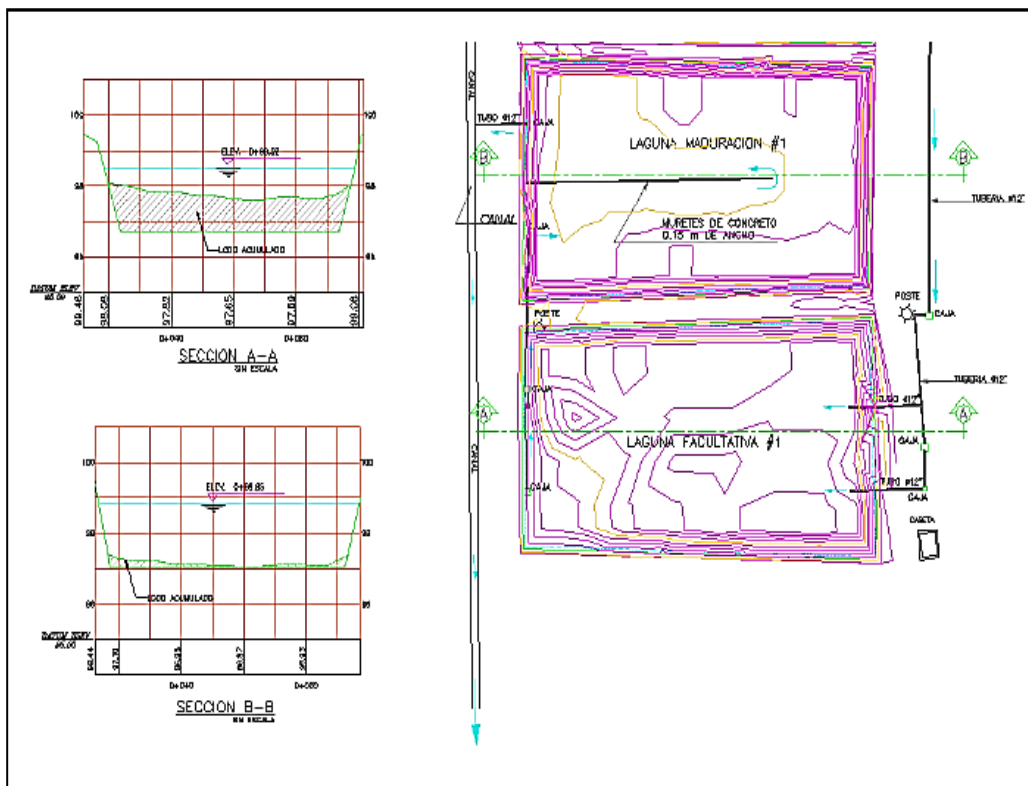


Fotos 7-11: Las tortugas pueden excavar atrás y abajo del revestimiento para depositar sus huevos. El operador debe monitorear la condición del revestimiento de rutina cuando hay poblaciones altas de tortugas. (Danli, Honduras)

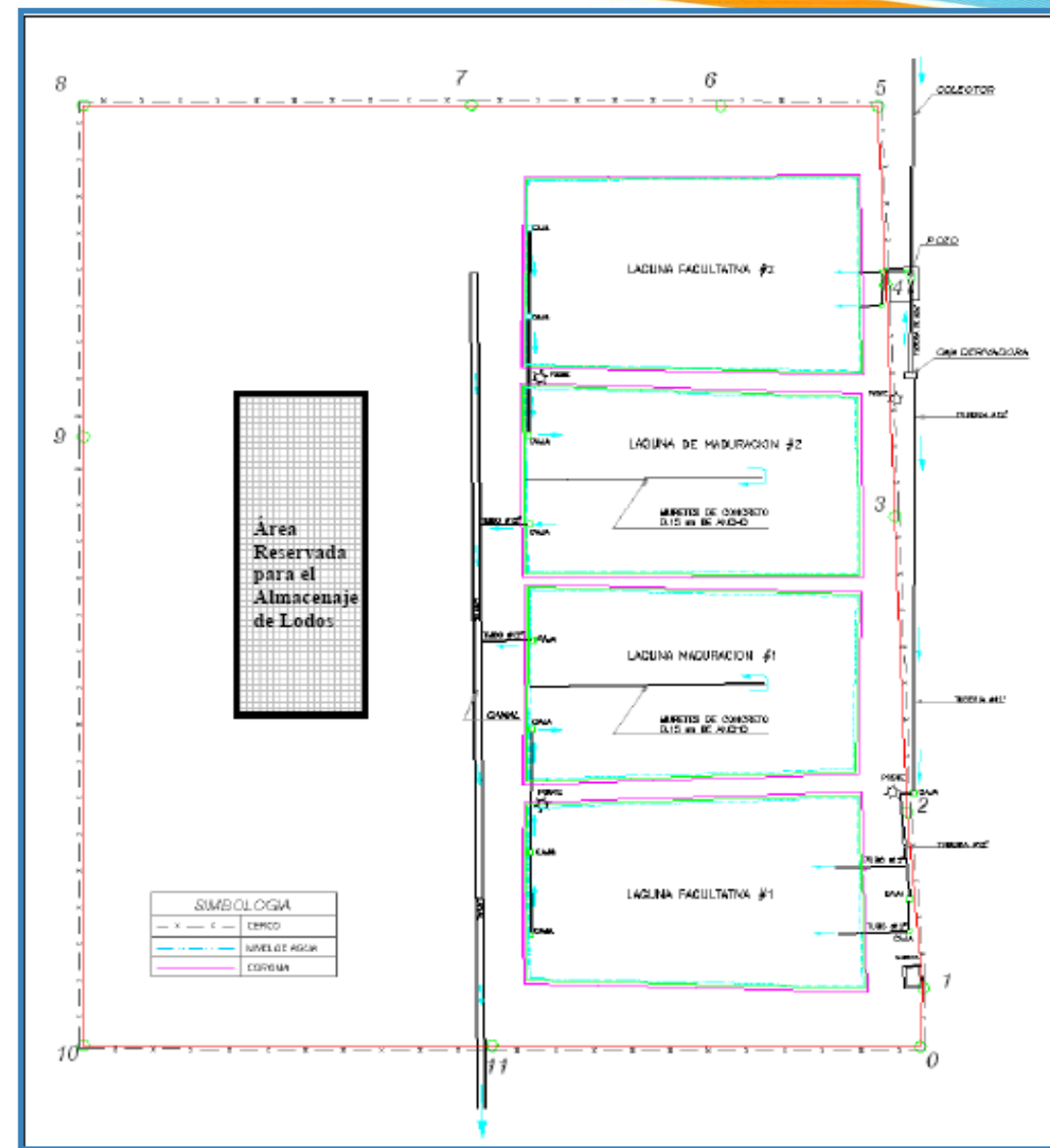


Foto 7-12: La presencia de cocodrilos es relativamente común en lagunas de maduración. Normalmente se encuentra solamente uno que vigila su territorio contra la llegada de más. Los cocodrilos cazan tortugas y, por lo tanto, pueden controlar la población de ellos. (Santa Cruz de Yojoa, Honduras)

Estudios de Batimetría



Extracción y almacenamiento de lodos



Manejo de lodos

Es común hablar del tratamiento de lodo cuando se refiere al secado y almacenamiento. Pero es importante aclarar que ese proceso no es un tratamiento, sino un manejo. El tratamiento implica que se reduce el contenido de la carga orgánica del lodo, algo que en el proceso de secado no se realiza.

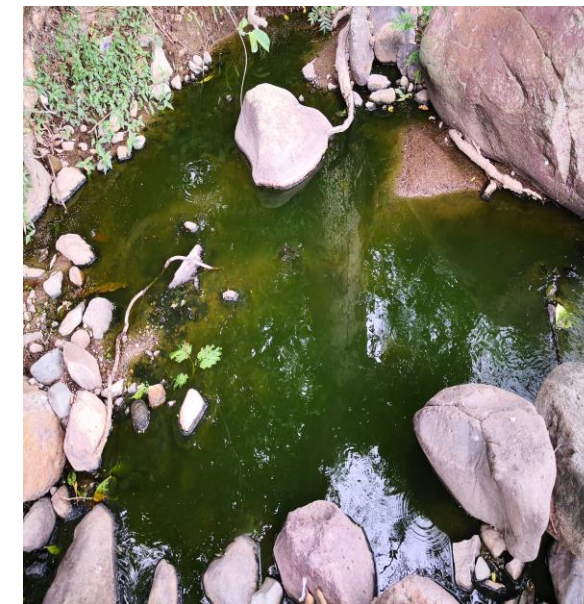
Un buen ejemplo de manejo se encuentra en la PTAR de Sucre, mismo que tiene un sistema mixto que consiste de tres lagunas y seis tanques de Imhoff. Ahí se acumulan grandes cantidades de lodo que se transportan hacia los 35 lechos de secado, a través de bombas.

En los últimos años, el lodo secado de la PTAR de Sucre sirve como fertilizante, gracias a que muchos agricultores lo compran y usan para sus campos con cultivos altos. Así, la PTAR gana entre Bs. 15 a 55 por metro cúbico.



FIGURA 26: LECHOS DE SECADO, PTAR SUCRE

Descarga del efluente



Observaciones

- El efluente descarga en una quebrada de poco caudal en verano, conteniendo una gran cantidad de algas.
- Esta quebrada es afluente del río Goascorán

El atractivo de reusar aguas residuales en la agricultura

- ✓ El agua residual contiene el 99.9% de agua.
- ✓ Suministro permanente independiente de la estación.
- ✓ No causa daños por acumulación de contaminantes.
- ✓ Contiene nutrientes y materia orgánica, beneficiosos para las plantas.
- ✓ La calidad del agua dependerá del tipo de cultivo.
- ✓ Previene la contaminación de los cursos de agua.

Tipos de reuso

- Riego agrícola
- Irrigación de jardines
- Riego forestal y pastos
- Acuacultura
- Recarga de acuíferos
- Industrial
- Recuperación de ríos
- Protección de áreas costeras.



Lechos de Secado

La deshidratación es una operación unitaria física (Mecánica) **utilizada para reducir el contenido de humedad** generalmente de los lodos digeridos.

El lodo se deshidrata la mayor parte por drenaje a través de la arena, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire y al sol.

El lodo se puede extraer después de que se haya secado y drenado suficientemente para ser paleado, este lodo seco tiene una textura gruesa y agrietada y es de color negro o marrón oscuro.

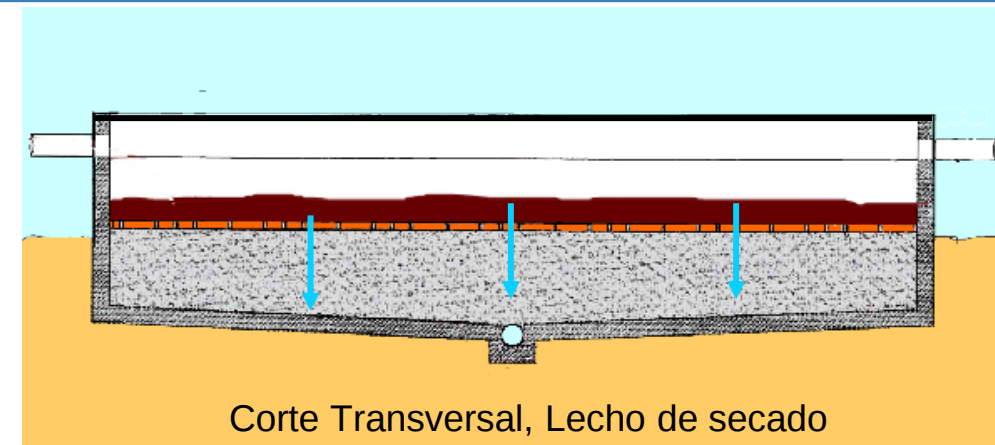
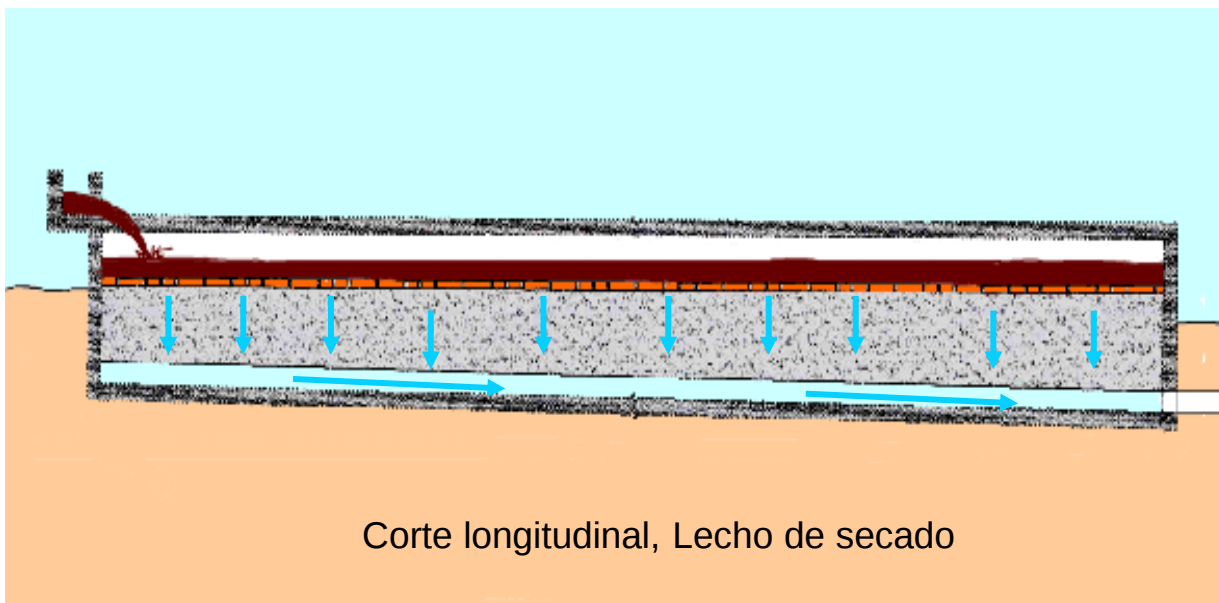
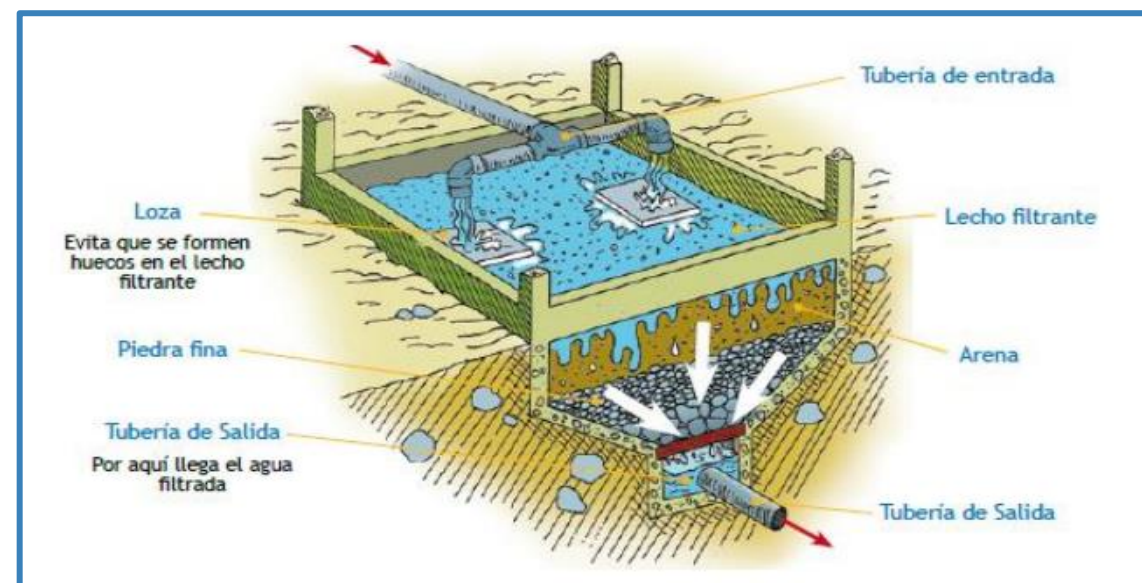
El contenido de humedad después de **15** días en condiciones favorables es del orden del **60 %**. La extracción del fango se realiza cargando manualmente con palas carretillas de mano.

El lodo seco se retira y se evacua a vertederos controlados o se utiliza como mejorador de suelos.

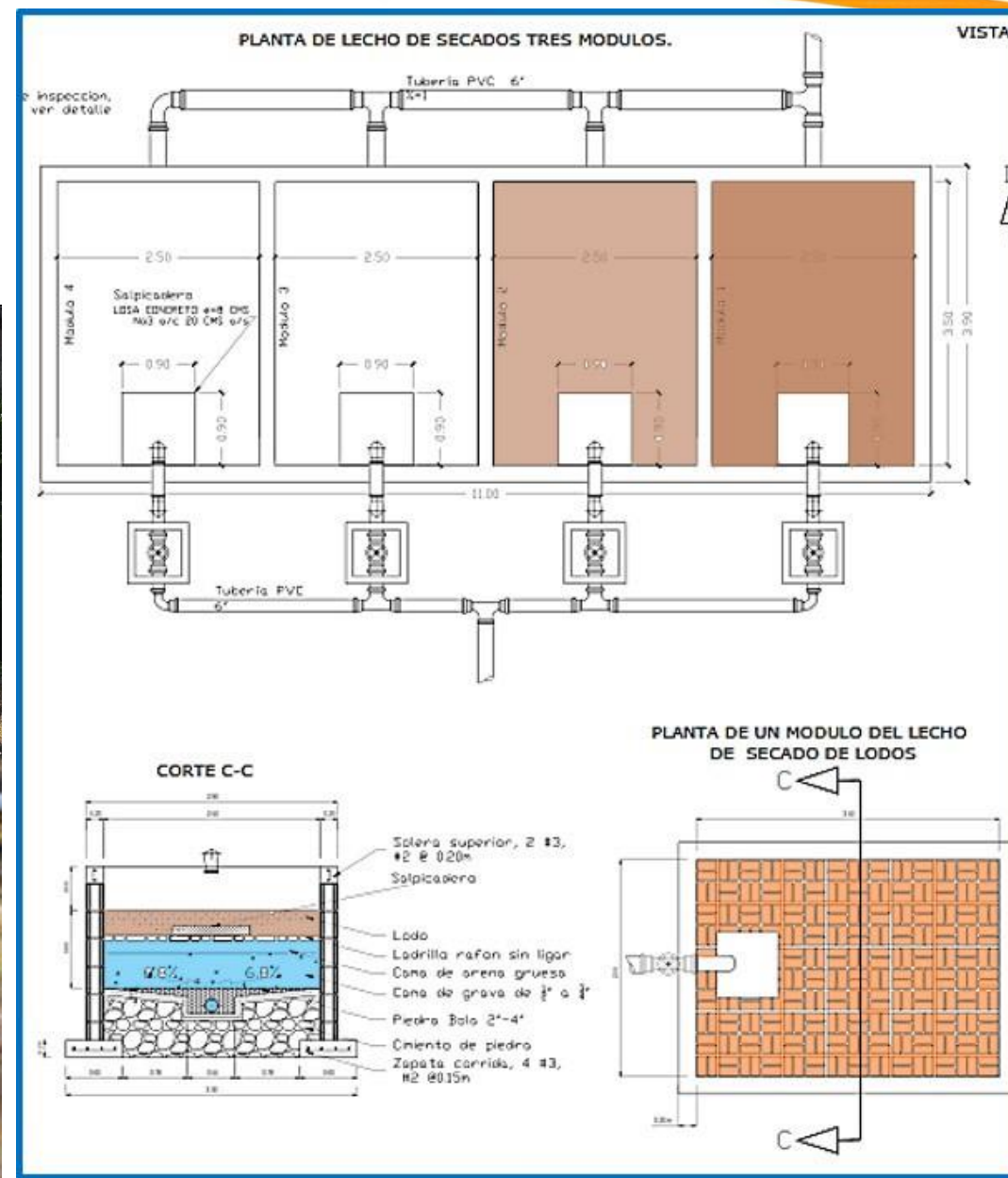


Componentes del Lecho de Secados

- ✚ Solera de drenaje
- ✚ Sistema de drenaje
- ✚ Material filtrante
- ✚ Camada de soporte



Detalles del lecho de Secado



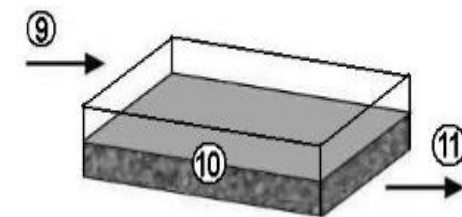
Objetivos de la deshidratación

- Reducir los costos de transporte
- Facilitar su manipulación
- Es necesaria para aumentar su poder calorífico previo a su incineración
- Antes del compostaje para reducir la cantidad de material de enmienda o soporte
- Para evitar la generación de olores y que el lodo sea putrescible.
- Para reducir la producción de lixiviados previo a la evacuación a vertederos controlados.



Monitoreo del lecho de secado

Parámetro ⁽¹⁾	Unidad	Puntos y frecuencia de muestreo ⁽¹⁾		
		9	10	11
Lodo de exceso aplicado				
Volumen de lodo descartado	m ³	En la descarga	-	-
Concentración inicial de lodo	gSV/L	En la descarga	-	-
Composición inicial del lodo	%SV	En la descarga	-	-
Carga aplicada	kgST/m ²	-	En la descarga	-
Coliformes termotolerantes	N/gST	En la descarga	-	-
Huevos de helmintos	N/gST	En la descarga	-	-
Lodo en el lecho y generación de percolado				
Altura de la lámina de lodo	cm	-	En la descarga	-
Tiempo de percolación	d	-	-	diaria ⁽²⁾
Volumen percolado	m ³	-	-	diaria
Tiempo de evaporación	d	-	-	diaria
Porcentaje de sólidos	%	-	2X semana	-
Composición de lodo	% SV	-	2X semana	-
DQO total	mg/L	-	-	2Xsemana
Nitrógeno (NTK)	% de los ST	-	(3)	-
Nitrógeno amoniacal	% de los ST	-	(3)	-
Fosforo Total	% de los ST	-	(3)	-
Ortofosfato	% Ptot	-	(3)	-
Coliformes termotolerantes	N/gST	-	(3)	-
Huevos de helmintos	N/gST	-	(3)	-



Fuente: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil

Operación de los lechos de secado

Problema detectado	Posible causa	Verificación	Solución
Ciclo de deshidratación elevado	Altura excesiva de lodo aplicado	La altura del lodo no debe ser mayor de 20cm	Cuando el lodo este seco, removerlo y limpiar el lecho de secado
Lodo muy fino siendo purgado del digestor	Problemas de separación de fases con remoción de agua		Reducción de la tasa (velocidad) de retirada del lodo del digestor
Aparición de moscas en la camada de lodo			Quebrar o romper la costra de lodo, usar larvicida (Borato de Calcio) o insecticida para matar moscas adultas
Olor cuando el, lodo es aplicado	Inadecuada digestión del lodo	Proceso de operación y digestión	Establecer correcta operación de digestión
Aparición de turrones y polvo de lodo	Exceso de secado	Humedad alcanzada	Remover el lodo cuando se obtiene una humedad entre 40 y 60%

Operación del Lecho de Secado

Para la operación del lecho de secado se debe seguir estos pasos:

1. Si es posible se dividirá el lecho de secado en dos secciones: una sección destinada para lodos primarios y la otra sección para lodos secundarios.
2. Se no hay piso de ladrillo, se escarificará la superficie de arena del lecho de secado con rastrillo o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo.
3. Remover todo el lodo antiguo cuando haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo. Nunca añadir lodo a una sección del lecho de secado que ya contenga lodo.
4. Descargar el lodo en un espesor de capa de lodo de 20 a 30 cm. Acondicionando y distribuyendo uniformemente el lodo en el área designada en el lecho.
5. El lodo primario del cribado se lo llevará manualmente cada semana y se lo dispersará de manera uniforme sobre la parte superior del lecho de secado.
6. El lodo secundario de la fosa séptica se lo llevará por gravedad o bombeo y se lo dispensará en toda el área del lecho de secado ya que tiene un volumen considerable, se recomienda que la extracción y secado de los lodos se deben realizar en verano por su radiación y el bajo caudal de ingreso que se presenta en esta época.
7. Después de la disposición del lodo se deben estabilizarlos con cal hidratada, para una carretilla se debe usar aproximadamente 1 kg de cal hidratada y para los lodos secundarios se utilizará 25 kg de cal hidratada, esta actividad se realizará con el fin de evitar que la biomasa se active y pueda haber un crecimiento de las bacterias, el lodo estabilizado puede ser dispuesto.
8. Se debe realizar semanalmente un reacomodo del lodo primario y secundario mediante un rastrillo metálico, de tal manera de poder cubrir la superficie total del lecho y dar mayor capacidad de deshidratación al lodo depositado.
9. Todas estas actividades se deberá registrar en el Formulario de Control Operativo. El formato presenta las fechas para la disposición inicial del lodo y su reacomodo superficial, se podrá determinar el peso/volumen del lodo.

Mantenimiento del lecho de secado

El mantenimiento del lecho de secado consiste en remover el lodo deshidratado para darle una disposición final.

- 1.El lodo deshidratado es seco, quebradizo y fácilmente manejable.
- 2.Utilizar una pala cuadrada y rastrillo para la remoción de los lodos.
- 3.Reacomodar el ladrillo de piso si se ha desacomodado
- 4.Depositar el lodo seco en costales o carretillas para entregarlos al personal encargado para su disposición final.
- 5.Remover las hierbas u otros restos vegetales que puedan proliferar en la capa del lecho de secado.
- 6.El personal encargado de los residuos sólidos dispondrá del lodo seco según la disposición final que se lleve a cabo.



Desinfección

Desde el punto de vista de salud, es la etapa más importante del tratamiento del agua residual. Se define como el proceso de destruir microorganismos patógenos mediante proceso físicos y químicos, su objetivos son prevenir la extensión de enfermedades y proteger los abastecimientos de agua potable, playas zonas recreativas y zonas de cultivos.

Tipos de microorganismos a eliminar

- Entero-bacterias (*Salmonella typhosa*, *Vibrio Cholerae*, *Shigella* sp, etc.)
- Virus (*Poliomelitis*, *Hepatitis infecciosa*, *Echovirus*, etc.)
- Protozoos (*Leptospira icterohemosp*, *Leishmania* sp, Huevos de gusanos, etc.).

Métodos disponibles:

- Agentes químicos (Cloro, bromo, yodo, ozono)
- Agentes físicos (calor, Luz ultravioleta)
- Medios mecánicos (tamizado, sedimentación primaria, desarenadores)
- Radiación (rayos gamma, cobalto 60)

Funciones del operador

- Supervisar la limpieza de las rejas en las horas de mayor o menor volumen de sólidos retenidos.
- Informar al jefe superior de los problemas que ocurran en la planta para tomar las medidas correctivas.
- Colaborar con el personal encargado de la evaluación e investigación .
- Garantizar la seguridad del equipo y las herramientas , el será el encargado de abrir y cerrar el almacén.
- Supervisar las labores realizadas por los obreros y asesorar a los mismos.



Funciones de los peones

- Mantener limpias las estructuras de llegada incluyendo las rejas y medidores de caudal.
- Mantener limpios los diques, vías de acceso y vías interiores de la planta.
- Realizar el mantenimiento de los taludes de los diques.
- Limpieza y mantenimiento de los jardines.
- Limpiar los alrededores de las edificaciones de la planta.
- Retirar las natas en el interior de la laguna.
- Remover el material u objetos que interfieren con la distribución del agua cruda y tratada.
- Limpiar y guardar el equipo de trabajo una vez terminado su trabajo.
- Apoyar en la toma de muertas
- Apoyar en el transporte de materiales y herramientas de trabajo.
- Comunicar al operador de turno cualquier problema ocurrido en la planta.
- Comunicar al operador sobre cualquier cambio en el aspecto de la laguna
- Mantener el estado de pulcritud todas las edificaciones de la planta.



Equipo de laboratorio requerido

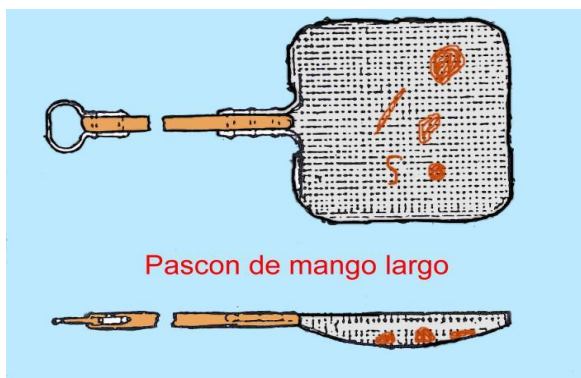
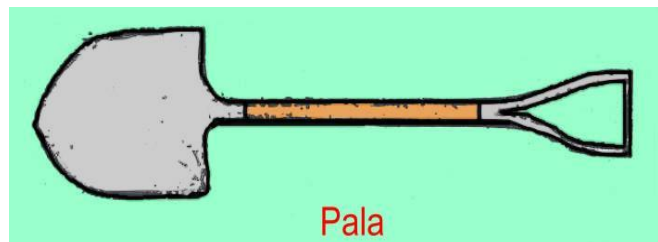
Para el control operacional se requiere como mínimo el equipamiento siguiente:

- Medidor de pH portátil
- Temperatura
- Medidor de Oxígeno Disuelto (OD)
- Demanda Química de Oxígeno (DBO)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Conos Imhoff
- Coliformes Totales y fecales



Equipo necesario para la operación de la planta

- Rastrillo
- Manguera de 1" de diámetro
- Pala plana
- Carretilla de mano
- Pzcón de 12" de mango largo
- Lancha o bote
- Motobomba
- Cepillo plástico de mango largo
- Cadena metálica larga(8.0m).



Requerimientos complementarios

- ✓ Agua potable a presión
- ✓ Contenedores para residuos sólidos.
- ✓ Productos Químicos (cal viva)

Medidas Higiénicas

A pesar que el operador sabe que esta trabajando en una planta depuradora de aguas residuales y que estas están contaminadas, es normal que con el paso del tiempo pierda el miedo y olvide el riesgo que su trabajo representa para su salud, si no se toman algunas precauciones básicas. Si eso sucede, la probabilidad de que surjan accidentes aumenta en gran medida.

Por esta razón, es recomendable colocar en algún lugar visible una lista de instrucciones higiénicas que sirvan de recordatorio de que existe un riesgo real que afortunadamente es fácil de prevenir.

Las medidas de seguridad que se indican a continuación han sido recomendadas por la Organización Mundial de la Salud.

1. Instalar un depósito de agua limpia, jabón y un recipiente para legía (desinfectante).
2. Utilizar toallas desechables de papel, las toallas de tela pueden permanecer mucho tiempo sin lavar, por la falta o el espaciado transporte.
3. El botiquín con el siguiente contenido
 - Esparadrapo
 - Algodón
 - Disolución detergente desinfectante
 - Tijeras
 - pinzas
 - Líquido repelente para insectos



Medidas Higiénicas

4. Prendas de vestir para el trabajo

- Guantes
- Botas de hule
- Casco de Trabajo
- Uniforme

5. Lavarse las manos antes de comer y comer solo en áreas específicamente designadas para ese uso.

6. Limpiar las herramientas con agua limpia después de utilizarlas.

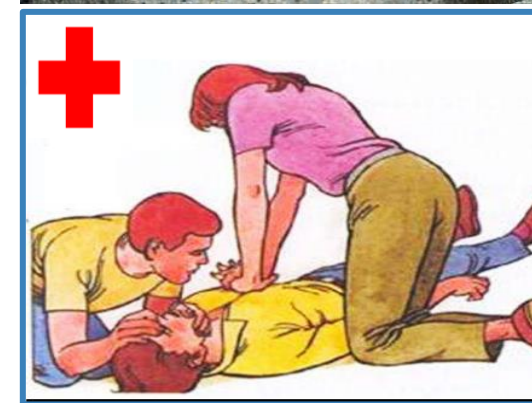
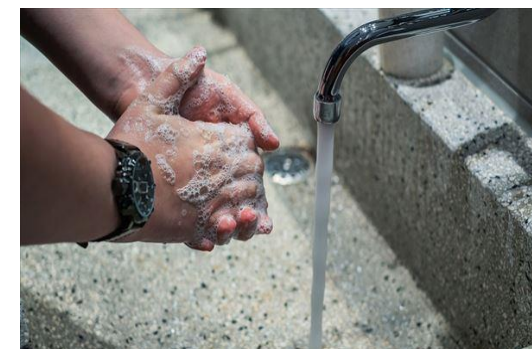
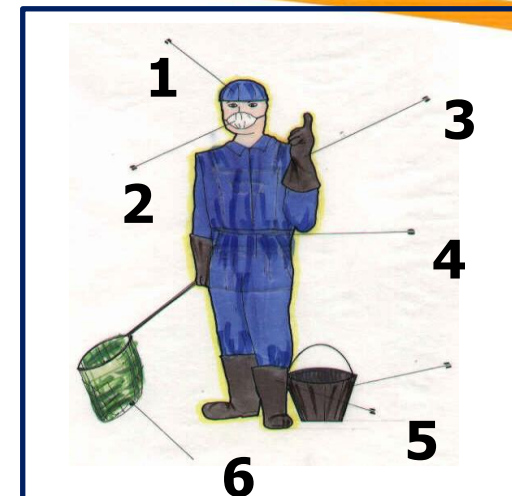
7. Desinfectar cualquier herida o cortadura.

8. Secarse cuidadosamente las manos, calzado y ropas antes de manipular equipos eléctricos,.

9. Utilizar solo herramientas especiales con aislamiento en los equipos eléctricos.

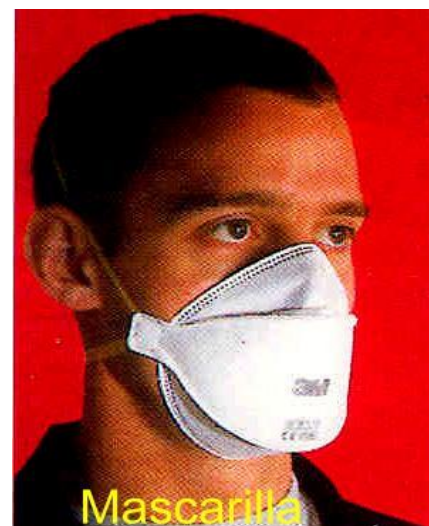
10. Vacunarse contra: tétanos, tuberculosis, tifoidea, salmonelosis, leptopirosis, hepatitis A y otras enfermedades que recomiendan las autoridades sanitarias.

11. Recibir instrucciones de primeros auxilios.



Vestuario

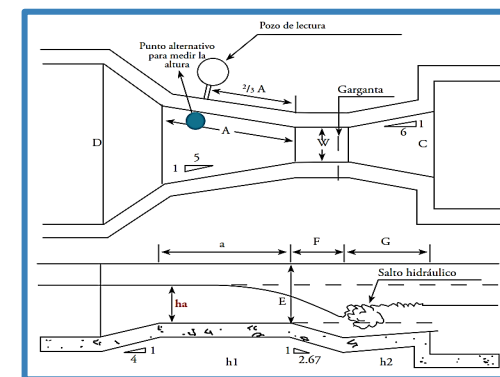
- ❖ Sobre todo(over all)
- ❖ Guantes de hule, altos
- ❖ Careta
- ❖ Botas de hule altas
- ❖ Casco



EQUIPOS DE SEGURIDAD	
Casco de seguridad	
Mascarilla de medio rostro con filtros para gases ácidos y vapores orgánicos	
Gafas de seguridad	

Recomendaciones de mejoras en rejillas desarenador y medición

1. Mejorar la bandeja para escurrimiento de los sólidos retenidos en la rejilla, colocándole una platina perforada con orificios de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.
2. Ajustar el rastrillo para limpieza de la rejilla porque no cabe en el canal
3. Colocar una rejilla en el By Pass (paso directo)
4. Construir un deposito en las cercanías de la rejilla para el deposito de los sólidos
5. Identificar un lugar dentro de la planta para el depósito de las arenas removidas
6. Limpiar la escala del medidor Parshall para tener una mejor precisión y de ser posible construir una cámara afuera para hacer la medición.



Recomendaciones de mejoras en el RAFA

7. Limpiar las espumas y natas en la zona de decantación, canales de salida y revisar la zona de gas para su limpieza si es necesario.
8. Realizar el muestreo en la tubería correspondiente para controlar la altura del manto de lodos y establecer el día en que se efectuara la limpieza.
9. Operar frecuentemente las válvulas de limpieza de lodo para facilitar su apertura.
10. Revisar y reparar la tubería recolectora de gas y el quemador



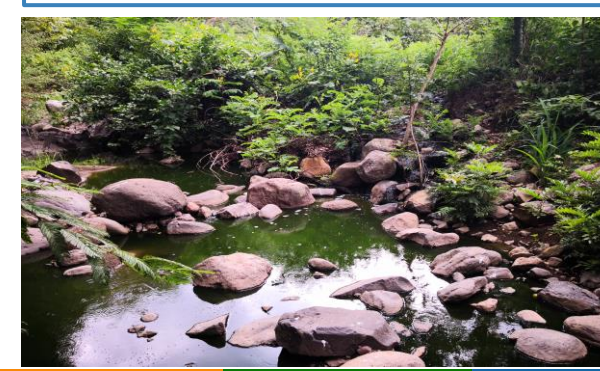
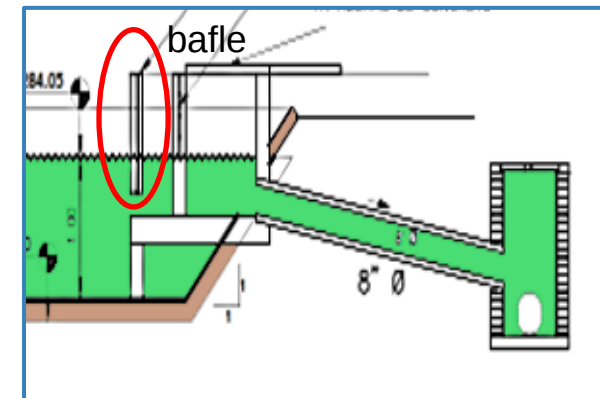
Recomendaciones de mejoras en el FAFA

11. Limpiar el lecho filtrante del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y revisar su granulometría.
12. Instalar una tubería de 2" de diámetro, comprar una manguera de 2" tipo incendio, para la limpieza de los filtros.
13. Tomar muestras en las tuberías correspondientes, para llevar un control de turbiedad y solidos suspendidos, para saber cuando hay que realizar la limpieza del filtro.
14. Hacer de inmediato una limpieza del filtro, abriendo la válvula de fondo, ya que el filtro esta completamente sucio, tal como lo muestra la foto del lecho filtrante.
15. Colocar una tubería paralela a la actual o sustituirla por una de mayor diámetro en la caja de recolección de lodos hacia el lecho de secados, porque no tiene capacidad y la caja se inunda.



Recomendaciones de mejoras en la Laguna

16. Modificar la entrada para que descargue cerca del talud a la entrada de la laguna.
17. Sacar todas la natas, tortas de algas y materiales flotantes de la laguna para evitar la proliferación de vectores y mejorar la penetración de luz en la laguna.
18. Instalar correctamente los vertederos de salida y colocar el fable o mampara para evitar la salida de las algas. Y consecuentemente los reclamos de propietarios de los terrenos cercanos a la quebrada receptora de los efluentes.
19. Llevar el control (medición de parámetros) en la laguna, según lo indicado en los cuadros mostrados anteriormente.
20. Capacitar a los operadores en operación y mantenimiento de la planta.





CONASA

Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento



para todos
por siempre
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN HONDURAS

¡Muchas Gracias!



Ing. Pedro E. Ortiz B.

www.conasa.hn