

CAPÍTULO VII - 3. TRATAMIENTOS PRELIMINARES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESARENADORES	2
2.1. OBJETIVOS DE SU APLICACIÓN	2
2.2. ZONAS QUE COMPONEN UN DESARENADOR	2
2.3. DISEÑO DE UN DESARENADOR	3
2.4. CRITERIO DE DISEÑO	5
3. SEDIMENTACIÓN SIMPLE O PRESEDIMENTACIÓN	10
3.1. RECOMENDACIONES DE DISEÑO.....	13
4. BIBLIOGRAFÍA.....	18

LISTA DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Velocidades teóricas de sedimentación 5

FIGURAS

Figura 1. Esquema de un desarenador	9
Figura 2. Esquema de un sedimentador simple	11
Figura 3. Detalles de sedimentadores simples.....	12
Figura 4. Sedimentador simple.....	15

1. INTRODUCCIÓN

Las partículas sólidas suspendidas en el agua a tratar, pueden sedimentar como partículas discretas o como partículas floculentas por acción de la gravedad, formando sedimentos (barros o lodos) o fase sólida de esa suspensión.

En el caso de partículas discretas se utilizan desarenadores para sedimentar material grueso que puede afectar a la aducción de agua cruda desde la fuente de agua por deposición de material inerte en el conducto o por abrasión de equipos mecánicos antes del ingreso a la planta de potabilización.

Cuando la turbiedad y los sólidos suspendidos del agua cruda contienen material más fino, mayormente no coloidal, se pueden instalar presedimentadores, denominados también sedimentadores simples, como pretratamiento para la filtración lenta y en algunos casos para optimizar el proceso de coagulación-floculación-sedimentación.

En el caso de los filtros dinámicos sin embargo el caudal requerido para la autolimpieza superficial del lecho filtrante y para la filtración hace muy costosa la instalación de un presedimentador.

Se denomina partícula discreta la que durante la sedimentación no cambia su tamaño, forma o masa específica en toda su trayectoria dentro de un tanque ideal, o sea que no influye la altura del mismo en sus características.

En el Capítulo VII Plantas de Potabilización - Numeral 8 Sedimentación, de la presente Fundamentación se desarrolla la teoría de la sedimentación de partículas discretas.

2. DESARENADORES

2.1. OBJETIVOS DE SU APLICACIÓN

Su instalación tiene por finalidad la separación de partículas minerales relativamente gruesas, especialmente arenas, que son transportadas en el escurrimiento del agua cruda que ingresa a la planta de potabilización desde la fuente superficial adoptada.

Las metas principales de su diseño deberán ser:

- Evitar que se produzcan sedimentos en la conducción desde la fuente de provisión del agua cruda.
- Proteger contra la abrasión los equipos de impulsión y otras instalaciones de la planta de potabilización.
- Evitar sobrecargas en las fases siguientes del tratamiento.
- Normalmente remover partículas discretas superiores a 0,2 mm.
- Cuando la instalación incluyere tamizado o microcernido (con mallas de 1 a 2 mm), deberá diseñarse previamente un desarenador.

2.2. ZONAS QUE COMPONEN UN DESARENADOR

Zona de entrada

Consiste en una transición que vincule el canal o conducto que transporta el líquido a desarenar. Tiene como función conseguir una distribución uniforme de los filetes del escurrimiento dentro de la unidad, a fin de lograr una velocidad media constante en la zona de desarenación.

Zona de sedimentación de las partículas gruesas: zona de desarenación

Es un canal en donde se realiza el proceso de depósito de las partículas separadas del escurrimiento horizontal, normalmente de sección rectangular. Debe tener pendiente de fondo para facilitar su limpieza.

Zona de salida

Está constituida por un vertedero horizontal con descarga libre, ubicado en todo el ancho de la zona de desarenación, diseñado para mantener una velocidad que no produzca resuspensión del material sedimentado.

Zona receptora del material depositado para su posterior derivación

Formada por una tolva con una pendiente suficiente para provocar el deslizamiento del material depositado hacia un canal transversal colector, desde el cual se derivará todo el

material recolectado a una cámara exterior, a través de una compuerta de igual sección que el canal.

2.3. DISEÑO DE UN DESARENADOR

Para el dimensionamiento de un desarenador deberán determinarse los siguientes parámetros de diseño:

- Tamaño de la partícula inorgánica, mediante análisis granulométrico, que predomina durante la mayor parte del año, especialmente en períodos lluviosos.
- Velocidad de sedimentación de las partículas minerales U_s (cm/s) a determinarse en ensayos con columna de sedimentación o adoptando fórmulas según sea el tamaño de las mismas.
- Velocidad de escurrimiento horizontal U_h en la zona de desarenación, que deberá ser función de la velocidad límite de arrastre U_a (cm/s).
- Velocidad de paso por el vertedero de salida o carga hidráulica unitaria q_v (m³/s . m), que deberá ser baja para causar la menor turbulencia y arrastre del material en la aproximación del flujo.
- Temperatura del agua predominante en períodos fríos (T°C).

Velocidad de sedimentación de la partícula mineral, U_s (cm/s)

- En caso de no poder realizar los ensayos de laboratorio, se deberá adoptar una fórmula de acuerdo a los tamaños predominantes en el análisis granulométrico efectuado.
- Para partículas minerales a sedimentar con tamaños entre 0,015 y 0,1 cm (0,15 y 1 mm) y correspondientes a arenas gruesas, se deberá aplicar la fórmula de Allen para régimen de transición (con número de Reynolds entre 1 y 1000).

$$U_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \cdot g \right)^{2/3} \cdot [d / (\mu / \rho)^{1/3}]$$

- Cuando los tamaños de las partículas minerales sean superiores a 1,0 cm (10 mm), correspondientes a gravas, se deberá utilizar la fórmula de Newton para régimen turbulento (con número de Reynolds mayor a 10000):

$$U_s = 1,82 \left[d \cdot g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \right]^{1/2}$$

- Solamente cuando se tengan partículas de arena muy finas de tamaño menor a 0,1 mm, se deberá aplicar la fórmula de Stokes para régimen laminar (con número de Reynolds igual o menor a 1).

$$U_s = \frac{1}{18} \cdot g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) \cdot d^2$$

Donde:

g = 981 cm/s²: aceleración de la gravedad

d = diámetro de la partícula (cm)

ρ_a = masa específica de la partícula (g/cm³)

ρ = masa específica del agua a temperatura T°C (g/cm³)

μ = viscosidad dinámica a temperatura T°C (g/s . cm)

$R_e = U_s \cdot d/\nu$ = número de Reynolds

ν = viscosidad cinemática a temperatura T°C (cm²/s)

Si en la expresión anterior se reemplaza:

$\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$ y $g = 981 \text{ cm/s}^2$

se tiene:

$$U_s = \frac{90 \cdot d^2}{\mu}$$

La sedimentación de arena fina ($d < 0,01 \text{ cm}$) se realiza en régimen laminar con valores del número de Reynolds menores de 1 ($R_e < 1$). Las partículas de arena gruesa sedimentan con valores de Reynolds entre 1 y 1000 en el régimen de transición y la grava ($d > 1 \text{ cm}$) con número de Reynolds mayores de 10000 en régimen turbulento.

Azevedo Netto recomienda los siguientes valores de la velocidad teórica de sedimentación U_s (cm/s) en función del tamaño d (mm de las partículas, para $T = 20$ °C = temperatura del agua y peso específico de la partícula de arena $\gamma = 2650 \text{ kg/m}^3$).

$d = 0,3 \text{ mm}$: $U_s = 4,3 \text{ cm/s}$ = $3175,20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d$

$d = 0,2 \text{ mm}$: $U_s = 2,4 \text{ cm/s}$ = $2073,60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d$

$d = 0,1 \text{ mm}$: $U_s = 0,9 \text{ cm/s}$ = $777,60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d$

$d = 0,01 \text{ mm}$: $U_s = 0,01 \text{ cm/s}$ = $8,64 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d$

d = (mm)	T °C	Re	Us (m/s)
0,15	5	1,14	0,01158
0,15	10	1,51	0,01315
0,15	15	1,92	0,01470
0,15	20	2,42	0,01630
0,20	5	2,53	0,01918
0,20	10	3,29	0,02156
0,20	15	4,17	0,02388
0,20	20	5,19	0,02622
0,25	5	4,57	0,02775
0,25	10	5,90	0,03093
0,25	15	7,40	0,03394
0,25	20	9,14	0,03692

Tabla 1. Velocidades teóricas de sedimentación

Velocidad media del escurrimiento horizontal en la zona de desarenación (zona de sedimentación de las partículas), U_h (cm/s)

- Deberá ser siempre menor que U_a , velocidad de arrastre de la partícula mineral que se previó retener en el diseño. La relación U_h/U_a conviene que sea igual o menor a 0,5. O sea:

$$\frac{U_h}{U_a} \leq 0,5$$

siendo $U_a = 125 \cdot [(\rho_s - \rho) \cdot d]^{1/2}$ velocidad de arrastre (cm/s) de la partícula de tamaño d (cm) considerada en el diseño para una dada temperatura del agua en T °C.

Para el caso de arena $\rho = 2,65$ la expresión anterior queda:

$$U_a = 160,56 \sqrt{d}$$

- Los siguientes valores de la velocidad media de escurrimiento horizontal, U_h (cm/s), son los máximos que habitualmente se consideran para minimizar la influencia de esa velocidad de arrastre, U_a (cm/s):

$$U_h = 8,0 \text{ cm/s para arena fina } (d \leq 0,01 \text{ cm})$$

$$U_h = 10,8 \text{ cm/s para arena gruesa } (d \text{ entre } 0,015 \text{ y } 0,100 \text{ cm})$$

2.4. CRITERIO DE DISEÑO

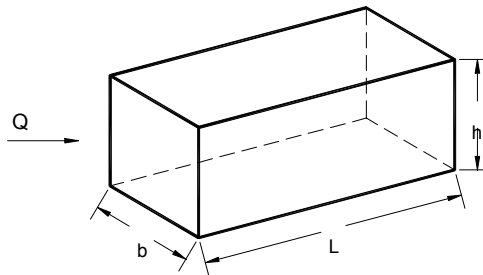
Para el dimensionamiento de los desarenadores se debe determinar la velocidad de sedimentación de las partículas más pesadas a ser retenidas en un 100 % antes del ingreso a los procesos de potabilización.

Se supone que esas partículas discretas entran en el desarenador con velocidad constante e igual a U_h de diseño, sin tener en cuenta las diferentes velocidades existentes en una sección transversal de la unidad. Por ese motivo, la corrección de eventuales perturbaciones del flujo entre el cálculo y la realidad, se realiza mediante un coeficiente de seguridad.

Se recomienda que la unión del canal o tubería de llegada al desarenador se efectúe mediante una transición, sin curvas ni ángulos bruscos, para asegurar la uniformidad de la velocidad en la sección transversal de la unidad, la cual influye sensiblemente en la eficiencia del proceso. Es conveniente que esta transición tenga un ángulo de divergencia no mayor de $12^\circ 30'$.

La velocidad media de escurrimiento horizontal U_{hm} , se puede expresar:

$U_{hm} = Q/b \cdot h$ = velocidad horizontal siendo b el ancho de la unidad y h = profundidad útil del desarenador



$t_h = L/U_{hm} = \frac{b \cdot L \cdot h}{Q}$ = tiempo que la partícula a remover, tarda en recorrer la longitud L del desarenador.

$t_v = h/U_s$ = tiempo para que la partícula a remover, con velocidad de sedimentación U_s recorra la profundidad útil h de la unidad

Haciendo $t_h = t_v$, se tiene:

$$\frac{b \cdot L \cdot h}{Q} = h/U_s \quad \text{O sea:} \quad U_s = \frac{Q}{b \cdot L} = \frac{Q}{A},$$

siendo:

$A = b \cdot L$ = área teórica en planta de los desarenadores

O sea que, en teoría, la profundidad del desarenador no influye en el proceso. Pero en la práctica existe una limitación en la velocidad del flujo en el desarenador, a fin de evitar el arrastre de las partículas sedimentadas.

Para compensar turbulencias es habitual calcular la longitud de la zona de desarena aplicando un coeficiente de seguridad del orden de 1,25 a 1,5.

Entonces:

$$L = 1,25 \text{ a } 1,5 \frac{t}{U_{hm}}$$

siendo t el tiempo de permanencia teórico.

En general los desarenadores se proyectan para sedimentar partículas de arena con tamaño igual o superior a 0,2 mm y una longitud real igual a 1,5 de la teórica como coeficiente de seguridad.

Otro aspecto a considerar es el número de unidades en paralelo, siendo el mínimo de dos, en cuyo caso cada una se debe calcular con el caudal total de diseño, con un ancho mínimo $b = 0,60$ m

Cuando se tiene un número mayor de unidades puede disminuirse el coeficiente de seguridad ya que tendrá menos incidencia sobre la velocidad horizontal el hecho de retirar una unidad de servicio para limpieza o reparación.

La velocidad de paso por el vertedero de salida no debe ser superior a 1 m/s para evitar causar turbulencias y arrastre de material.

Para el cálculo del tirante sobre el vertedero de salida puede utilizarse la fórmula de Francis sin considerar contracciones laterales.

$$h_v = \left(\frac{Q}{1,84 \cdot b} \right)^{2/3} = \text{tirante sobre el vertedero}$$

donde:

$$h_v = \text{m}$$

$$Q = \text{m}^3/\text{s}$$

$$b = \text{m}$$

Ejemplo

Diseñar un desarenador para un caudal

$Q = 100 \text{ l/s} = 0,100 \text{ m}^3/\text{s}$, para remover partículas de tamaño igual o superior a 0,2 mm.

Para

$$d = 0,2 \text{ mm} = 0,02 \text{ cm}$$

$$U_s = 0,021 \text{ m/s} \text{ velocidad de sedimentación para } T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$U_{em} = U_h = 0,10 \text{ m/s}$ velocidad media de escurrimiento horizontal, valor inferior al máximo correspondiente al tamaño entre 0,15 y 1,00 mm

Solución

$$A_{sup} = \frac{Q}{U_s} = \frac{0,100}{0,021} = 4,76 \text{ m}$$

Adoptamos dos unidades con $b = 0,70 \text{ m}$

$$L = \frac{A_{sup}}{N^\circ \text{ unidad} \cdot b} = \frac{4,76}{2 \cdot 0,70} = 3,40 \text{ m}$$

$$L_f = 1,50 \cdot L = 1,50 \cdot 3,40 = 5,10$$

$$h_u = \frac{Q}{U_{em} \cdot b} \text{ altura útil mínima}$$

$$h_u = \frac{0,10 / 2}{0,10 \cdot 0,70} = 0,71 \text{ m}$$

h_v = tirante sobre el vertedero de salida

$$h_v = \left[\frac{0,100 / 2}{1,84 \cdot 0,70} \right]^{2/3} = 0,114 \text{ m}$$

velocidad sobre el vertedero de salida

$$U_v = \frac{Q}{b \cdot h_v} = \frac{0,100 / 2 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,114 \text{ m} \cdot 0,70 \text{ m}} = 0,62 \text{ m / s}$$

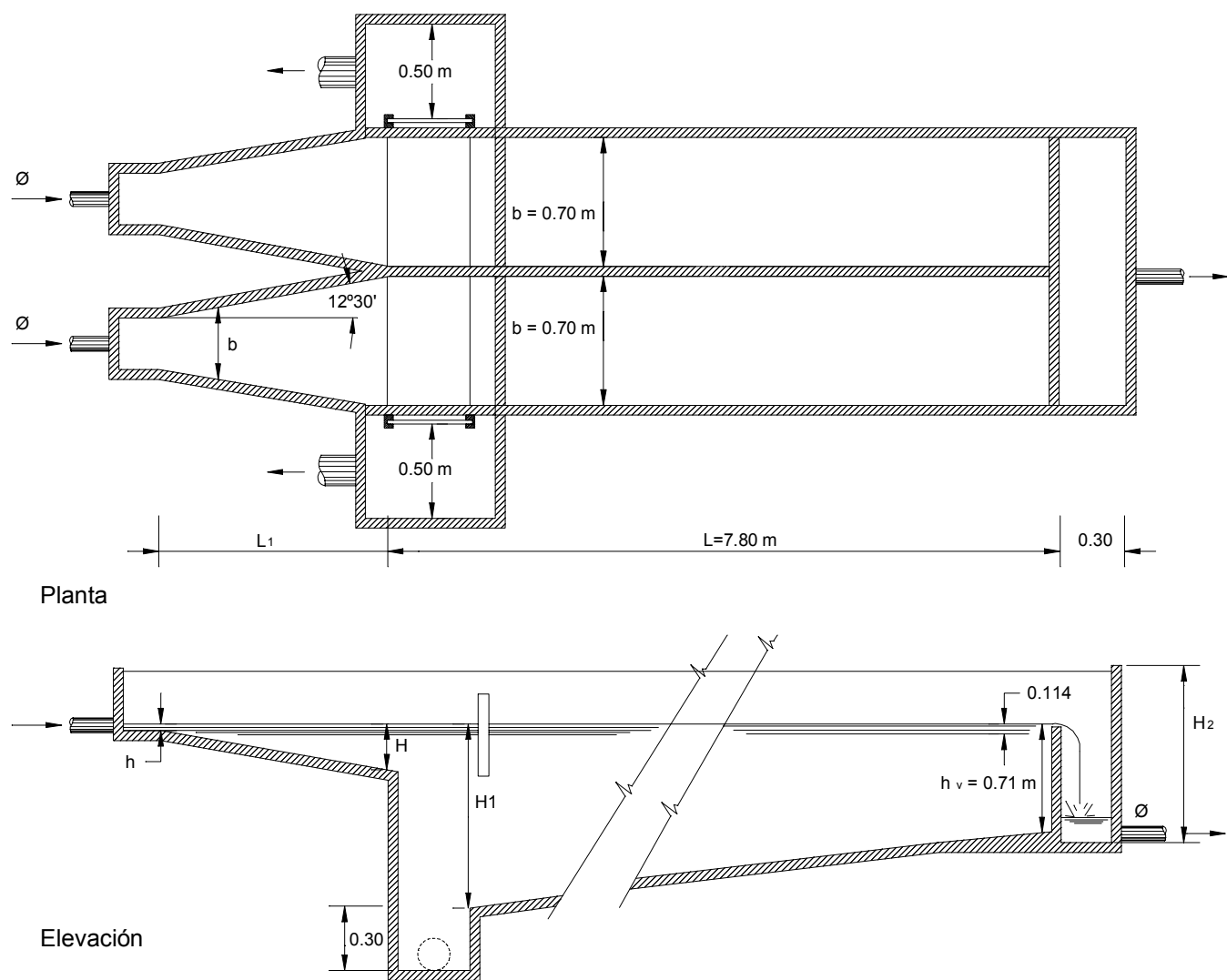


Figura 1. Esquema de un desarenador

3. SEDIMENTACIÓN SIMPLE O PRESEDIMENTACIÓN

La presedimentación sirve principalmente al propósito de reducir la turbiedad y de eliminar las sustancias en suspensión que pueden separarse, en un tiempo razonable, por la sola acción de la gravedad.

Generalmente en épocas lluviosas la turbiedad normal del líquido a tratar, se incrementa lo que dificulta el proceso de potabilización.

Se deben efectuar pruebas de campo en probetas graduadas cuando ocurre esa situación.

Si el material en suspensión se asienta rápidamente, formándose una interfase sólido-líquido, se considera que el líquido contiene material silíceo de tamaño reducido pero de masa específica elevada, que es la que produce ese fenómeno.

Generalmente las partículas discretas que sedimentan en ese corto tiempo, tienen un tamaño cercano a 0,01 mm y una masa específica aproximada de 2650 kg/m^3 , similar a la de la arena.

Al igual que los desarenadores, los tanques de sedimentación son bastante eficientes en la remoción de sólidos relativamente pesados y grandes, tales como son los granos de arena.

La materia inorgánica con tamaño mayor a 0,02 mm por lo general puede ser removida por sedimentación natural, sin el uso de coagulantes químicos.

Cuando predominan las partículas de tamaño mayor a 0,2 mm se diseñan los desarenadores. En cambio para valores menores es conveniente proyectar presedimentación en algunos casos como tratamiento previo a la filtración lenta de arena y en otros a un proceso de coagulación-floculación con el objeto de economizar coagulante.

Los tanques de sedimentación pueden ser de forma rectangular, cuadrada o circular. En zonas donde no se tenga certeza de contar con personal capacitado para las tareas de operación y mantenimiento se recomienda el uso de tanques rectangulares de flujo horizontal, operados en forma continua.

Para el diseño de presedimentadores debe efectuarse previamente una prueba de sedimentabilidad empleando una columna de sedimentación con agua en reposo. Es habitual dividir por 3 el valor obtenido para establecer la velocidad de sedimentación de diseño, a fin de considerar las diferentes condiciones en que se producirá la Sedimentación. El tema sedimentación se desarrolla en detalle en el Numeral 8 de este Capítulo.

El tiempo de retención debe ser suficiente para permitir que los sólidos en suspensión se asienten (partículas de mayor densidad que el agua) o floten (partículas de menor densidad que el agua).

El tiempo de retención de diseño debe basarse en estudios realizados sobre muestras

representativas de todos los regímenes hidráulicos de la fuente que se utilizará. Es conveniente determinar en cada caso la velocidad de sedimentación utilizando una columna de sedimentación.

A continuación se indican guías para el diseño:

$H = 1,50$ a $2,50$ m = altura líquida útil

$U_f = Q / (L \cdot B) = 0,10$ a $0,50$ m/h: velocidad o carga superficial de sedimentación

$q_v = Q / B = 2$ a 3 l/s . m = carga hidráulica sobre el vertedero de salida

$t_s = L \cdot B \cdot H / Q = 1$ a 3 h: tiempo de permanencia hidráulica

$L / B = 3$ a 8 : relación longitud – ancho

$L / H = 5$ hasta 20 para tanques pequeños: relación largo/profundidad

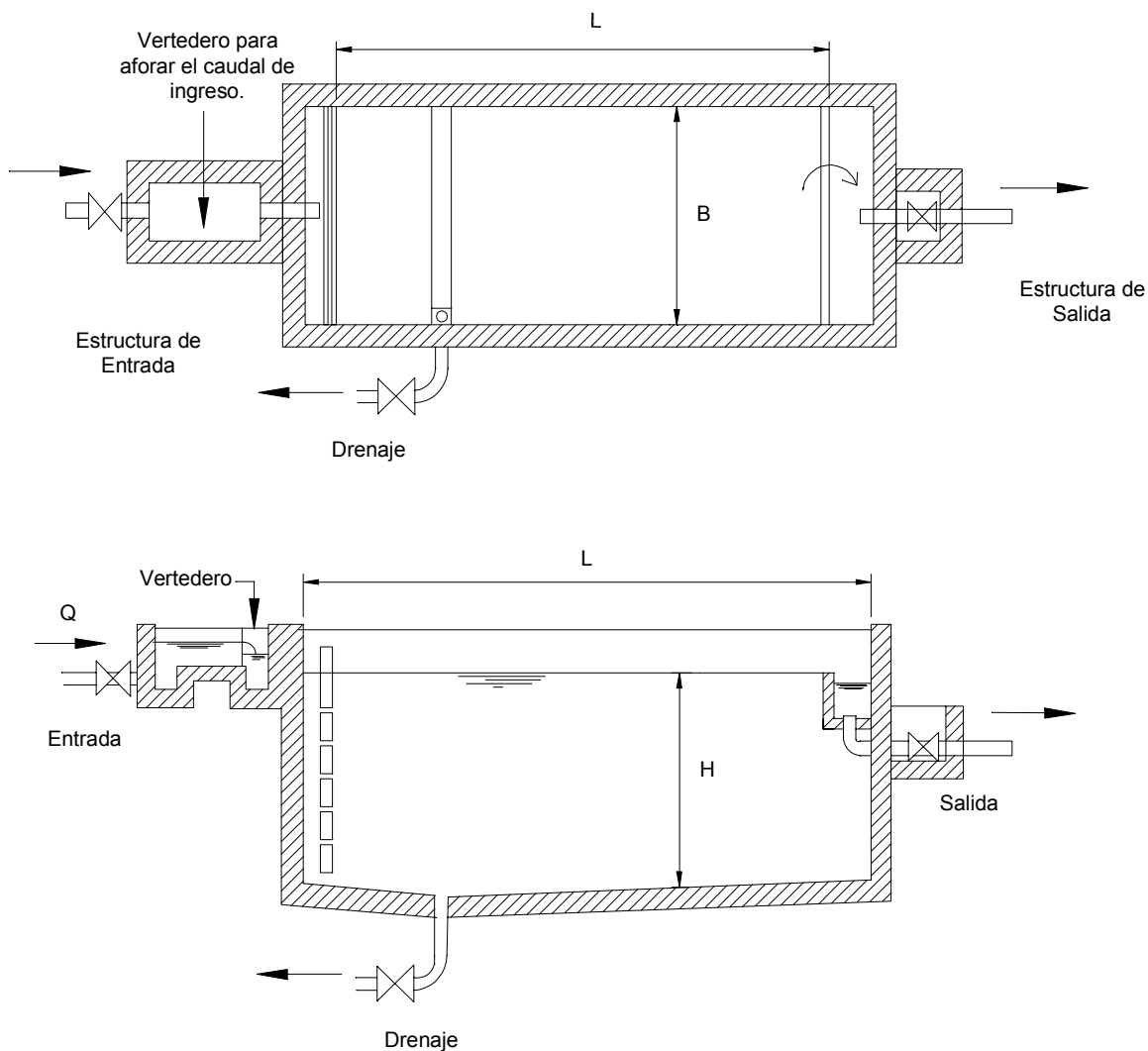


Figura 2. Esquema de un sedimentador simple

donde:

L: longitud útil del sedimentador

B = ancho útil del sedimentador

Azevedo Netto estableció una velocidad de sedimentación o carga superficial $U_s = 0,01 \text{ cm/s} = 8,64 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ para el tamaño 0,01 mm.

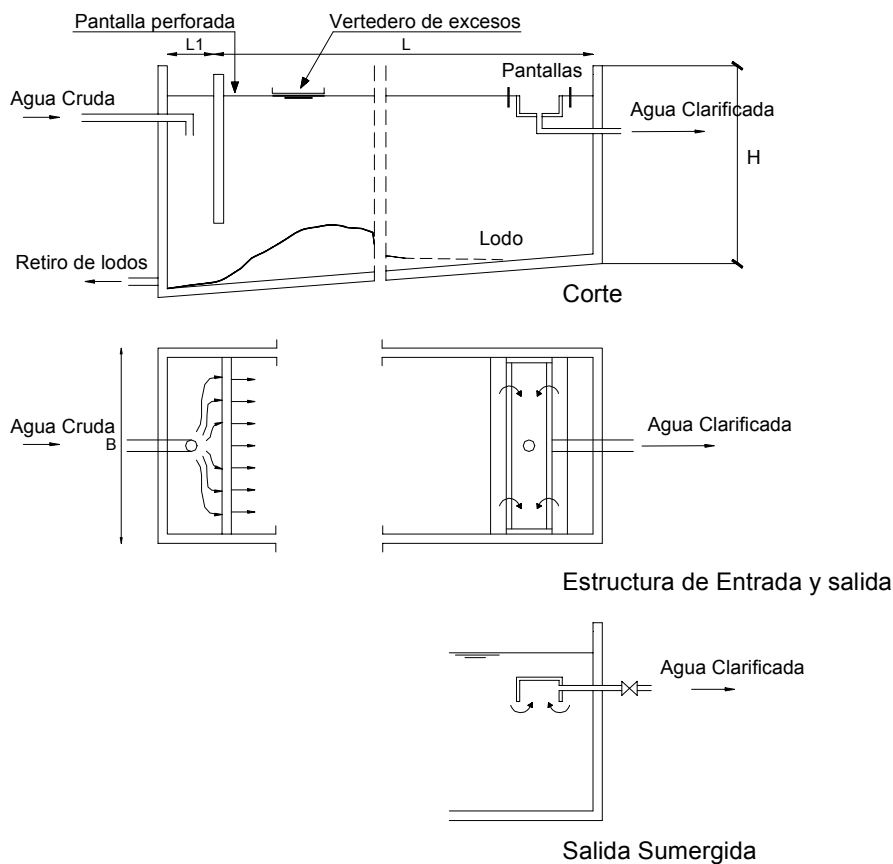


Figura 3. Detalles de sedimentadores simples

Dentro de lo posible el caudal que ingresa debe distribuirse uniformemente en todo el ancho del presedimentador para reducir cortocircuitos. La salida usualmente consiste en uno o más vertederos a lo largo del ancho del tanque.

En caso que se prevea una alta concentración de algas en la superficie del agua, la salida puede ubicarse a una cierta profundidad.

Las unidades de sedimentación simple (sin coagulación) solo son eficientes para remover partículas discretas en suspensión de tamaño superior a los 0,05 mm.

3.1. RECOMENDACIONES DE DISEÑO

- Establecida la carga superficial (velocidad de sedimentación) se determina el área con $A = \frac{Q}{U_s}$
- La velocidad horizontal U_h deberá ser menor de 0,55 cm/s (19,8 m/h) para evitar el arrastre de partículas.
- Las dimensiones del presedimentador deberán guardar la siguiente relación con la velocidad de sedimentación y la velocidad horizontal del escurrimiento $\frac{L}{H} = \frac{U_h}{U_s}$
- Es conveniente ubicar una pantalla perforada entre 0,60 y 1,00 de distancia (L1) de la pared de entrada. Los orificios más altos deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura H a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 y 1/5 de H a partir de la superficie del fondo. Es conveniente realizar gran número de perforaciones, a fin de minimizar la longitud de los chorros de agua para no crear perturbaciones en la zona de sedimentación.

La velocidad en los orificios no debe ser mayor de 10 cm/s.

- El fondo de la unidad debe tener una pendiente del 5 al 10 % hacia la compuerta o válvula de salida para facilitar el escurrimiento del material depositado.

La sección de la compuerta o válvula de vaciado se puede calcular con la siguiente expresión:

$$S = \frac{A \cdot \sqrt{H}}{4850 \cdot t}$$

donde:

A : el área superficial del sedimentador (m²)

H : la altura (m)

S : la sección del conducto de limpieza (m²)

t : tiempo de vaciado de la unidad (h)

Es conveniente que el diámetro de la tubería de retiro de lodos no sea inferior a 150 mm.

La remoción de lodos puede llevarse a cabo mediante operación mecánica continua o en forma intermitente.

Si la operación se realiza en forma manual, método adecuado en plantas pequeñas, el fondo debe tener pendiente hacia drenes que permitan evacuar el líquido que sobrenada al lodo.

Los lodos pueden extraerse mediante palas y baldes.

En caso que el presedimentador periódicamente deba ser puesto fuera de servicio para extraer los lodos se deberán proyectar, por lo menos, dos unidades de sedimentación para permitir la operación continua de la planta de tratamiento de agua.

Ejemplo

Proyecto de un sedimentador simple para un caudal de 3,5 L/s

En ensayos efectuados en columnas de sedimentación las partículas que se desea retirar precipitaron con $U_s = 0,06 \text{ cm/s} = 0,0006 \text{ m/s}$. A fin de tener la diferencia de las condiciones en que se produce la sedimentación en las columnas y en la planta se adopta un coeficiente de seguridad de 3.

Por lo tanto:

$$U_s = 0,02 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad \text{velocidad de sedimentación o carga superficial adoptada.}$$

$$\text{Area de la zona de sedimentación : } A_s = \frac{Q}{U_s} = \frac{0,0035 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,0002 \text{ m} / \text{s}} = 17,5 \text{ m}^2$$

Se adopta un tanque rectangular de $B = 1,60 \text{ m}$ de ancho, resultando así:

$$L = \frac{17,50 \cdot \text{m}^2}{1,60 \text{ m}} = 10,95 \text{ m} \quad \text{longitud de la zona de sedimentación}$$

$$\text{relación } \frac{1}{B} = \frac{10,95}{1,60} = 6,84 \quad \left(\text{satisface el requisito } \frac{1}{B} \text{ de } 3 \text{ a } 8 \right)$$

Si el ancho de la zona de entrada es de 0,60m, la longitud total del sedimentador resulta de 11,55 m.

La altura del sedimentador se fija en $H = 1,40 \text{ m}$ con lo que:

$$\frac{L}{H} = \frac{10,95}{1,40} = 7,82 \quad \left(\text{cumple la relación } \frac{L}{H} \text{ de } 5 \text{ a } 20 \right)$$

El tiempo de retención resulta

$$t_o = \frac{A_s \cdot H}{Q} = \frac{17,5 \text{ m}^2 \cdot 1,40 \text{ m}}{0,0035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 1,94 \text{ h} \quad (\text{acceptable})$$

que también puede calcularse como:

$$t_o = \frac{H}{U_s} = \frac{1,40 \text{ m}}{0,0002 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3600} = 1,94 \text{ h}$$

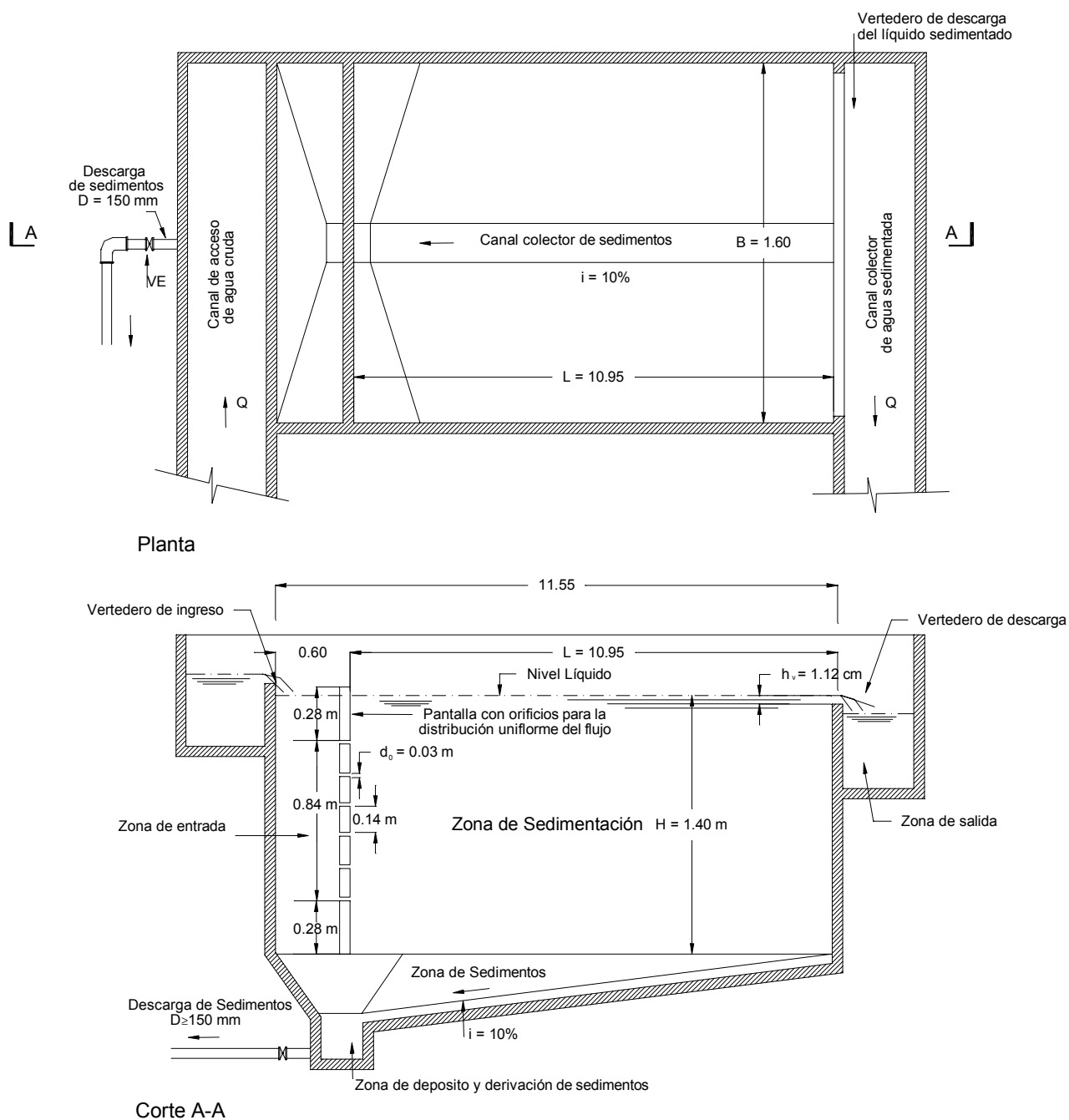


Figura 4. Sedimentador simple

Velocidad horizontal del escurrimiento

$$U_h = \frac{Q}{B \cdot H} = \frac{0,0035 \text{ m}^3 / s}{1,60 \text{ m} \cdot 1,40 \text{ m}} = 0,0016 \text{ m} / s = 0,16 \frac{\text{cm}}{s} < 0,55 \text{ cm} / s \quad \text{aceptable}$$

Altura del líquido sobre el coronamiento del vertedero de salida

$$h_v = \left[\frac{Q}{1,84 B} \right]^{2/3} = \left[\frac{0,0035}{1,84 \cdot 1,60} \right]^{2/3} = 0,0112 \text{ m} = 1,12 \text{ cm}$$

Dimensionamiento de la pantalla para producir la distribución uniforme del flujo en el ingreso a la zona de sedimentación.

Velocidad de paso a través de los orificios $U_o = 0,10 \text{ m} / s$

$$\text{Area total de orificios} \quad A = \frac{Q}{U_o} = \frac{0,0035 \text{ m}^3 / s}{0,10 \text{ m} / s} = 0,035 \text{ m}^2$$

Diámetro de los orificios $d_o = 0,03 \text{ m}$

Area de cada orificio $a_o = 7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\text{Número de orificios} \quad n = \frac{A}{a_o} = \frac{0,035 \text{ m}^2}{7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 50$$

Distribución de los orificios.

$$\text{altura} \quad h = H - \frac{2}{5} H = \frac{3}{5} 1,40 = 0,84 \text{ m} \quad \text{altura de la pantalla con orificios}$$

ancho $B = 1,60$

Se adopta:

Número de orificios a lo ancho 9, espaciados entre sí y con respecto a las paredes laterales 0,16 m.

Número de orificios a lo alto 6, espaciados entre sí 0,14 m con lo que resulta un total de 54 orificios

Tiempo de vaciado del sedimentador

$$t_1 = \frac{\text{Area sedim} \cdot \sqrt{H}}{4850 \cdot S}$$

donde:

S : sección del conducto de evacuación de los barros (m^2)

Adoptando para este conducto un diámetro de 0,150 m resulta:

$$S = 0,0177 \, m^2$$

$$t_1 = \frac{(11,55 \cdot 1,60) \sqrt{1,40}}{4850 \cdot 0,0177} = 0,2547 \, h = 15,28 \, min$$

4. BIBLIOGRAFÍA

- Decantação. Prof. José M. de Azevedo Netto. Manual del Curso sobre Tecnología de Tratamiento de Agua para Países en Desarrollo. Organización Panamericana de la Salud, Lima, Perú. 1977.
- Hidraulica Aplicada as Estações de Tratamento de Agua – Maicos Rocha Vianna Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.
- La Filtración Gruesa en el Tratamiento de Agua de Fuentes Superficiales – M. Wegelin y G. G. Castaño – Instituto Federal Suizo en Ciencias del Ambiente y Tecnología – Departamento Agua y Saneamiento para Países en Desarrollo (SANDEC) – Publicación N° 4/98.
- Normas de Diseño, Materiales y Uniformidad de Instalaciones y Equipos en los Aprovechamientos del SNAP – Buenos Aires 1973.
- Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Ciclos: Tratamiento, Serie: Filtración Lenta – Manual II - Diseño Lima, Mayo 1992.