

## **APÉNDICE**

### **DIMENSIONAMIENTO DE BALSAS DE DECANTACIÓN**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	2
3. DIMENSIONAMIENTO DE BALSAS DE DECANTACIÓN .....	4
3.1. BALSAS DE DECANTACIÓN .....	4
3.2. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 1 .....	4
3.2.1. Datos de partida:.....	4
3.2.2. Dimensiones propuestas de balsa:.....	4
3.2.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa: .....	5
3.3. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 2 .....	5
3.3.1. Datos de partida:.....	5
3.3.2. Dimensiones propuestas de balsa:.....	6
3.3.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa: .....	6
3.4. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 3 .....	6
3.4.1. Datos de partida:.....	6
3.4.2. Dimensiones propuestas de balsa:.....	7
3.4.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa: .....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se desarrolla el dimensionamiento de las balsas de decantación que servirá para reducir la carga de partículas sólidas contenidas en el flujo de escorrentía, de forma que se decanten las partículas mayores a un determinado tamaño.

A continuación se describirá la metodología seguida en el cálculo.

## 2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El dimensionamiento de las balsas de decantación se llevará a cabo a partir del máximo caudal de efluente, aplicando la teoría de sedimentación de partículas discretas. Se establece el periodo de retorno de 10 años y el tamaño de partícula a decantar de 0,1 mm, correspondiente a la fracción de arena fina.

La teoría de sedimentación de partículas discretas se basa en el equilibrio de una partícula sumergida que partiendo de un estado de reposo, se halla sometida a las fuerzas gravitatorias  $F_g$  y resistentes  $F_d$  (rozamiento con el fluido), generándose un movimiento uniformemente acelerado. A partir del momento en el que se alcance el equilibrio, se anulará la aceleración y la velocidad de caída de la partícula será prácticamente constante (velocidad de sedimentación).



**Figura 1:** Esquema fuerzas sobre partícula

Según la Ley de Stokes que define el movimiento de un cuerpo en un medio viscoso, la velocidad de sedimentación de la partícula se define por la ecuación:

$$V_s = \frac{2}{9} \cdot g \cdot r^2 \cdot \frac{(\rho_p - \rho_f)}{\eta}$$

Donde

$V_s$  es la velocidad de caída de las partículas (velocidad límite)

$g$  es la aceleración de la gravedad,

$\rho_p$  es la densidad de las partículas

$\rho_f$  es la densidad del fluido.

$\eta$  es la viscosidad del fluido.

$r$  es el radio equivalente de la partícula

Por tanto existe una velocidad de decantación para cada tamaño partícula.

Clasificación granulométrica – Vs		
Denominación	Diámetro (m)	Vs (m/s)
Grava	>0,01	1
Arena Gruesa	0,001	0,1
Arena fina	0,0001	0,008

**Tabla 1:** Fracciones granulométricas y velocidades de sedimentación de partículas

Esta velocidad de sedimentación define el tiempo que necesita la partícula para decantar, por lo que el objetivo de las balsas de decantación es provocar que la partícula emplee un tiempo superior al de su velocidad de sedimentación para llegar a la salida de la balsa. De esta forma, se asegurará que la partícula haya llegado a posarse en el fondo de la balsa (decantado).

Las dimensiones de la balsa son longitud ( $L$ ), anchura ( $a$ ) y profundidad ( $h$ ).

El tiempo que necesita una partícula en decantar, llamado tiempo de decantación ( $t_s$ ) es el que necesita para llegar al fondo de la balsa a la velocidad de sedimentación ( $v_s$ ).

Por tanto;

$$V_s = \frac{h}{t_s}$$

Por otro lado y atendiendo al movimiento horizontal de la partícula, ésta tendrá una velocidad de arrastre horizontal ( $V_h$ ).

A su vez y de forma idéntica con lo que sucede en la componente vertical, el tiempo de residencia ( $t_h$ ) de una partícula en la balsa vendrá determinado por la longitud que debe recorrer la partícula para llegar al final de la balsa a la mencionada velocidad horizontal de arrastre.

$$V_h = \frac{L}{t_h}$$

Por tanto, la balsa tendrá que tener las dimensiones necesarias para que el tiempo de residencia sea superior al de sedimentación y así asegurar la decantación de la partícula.

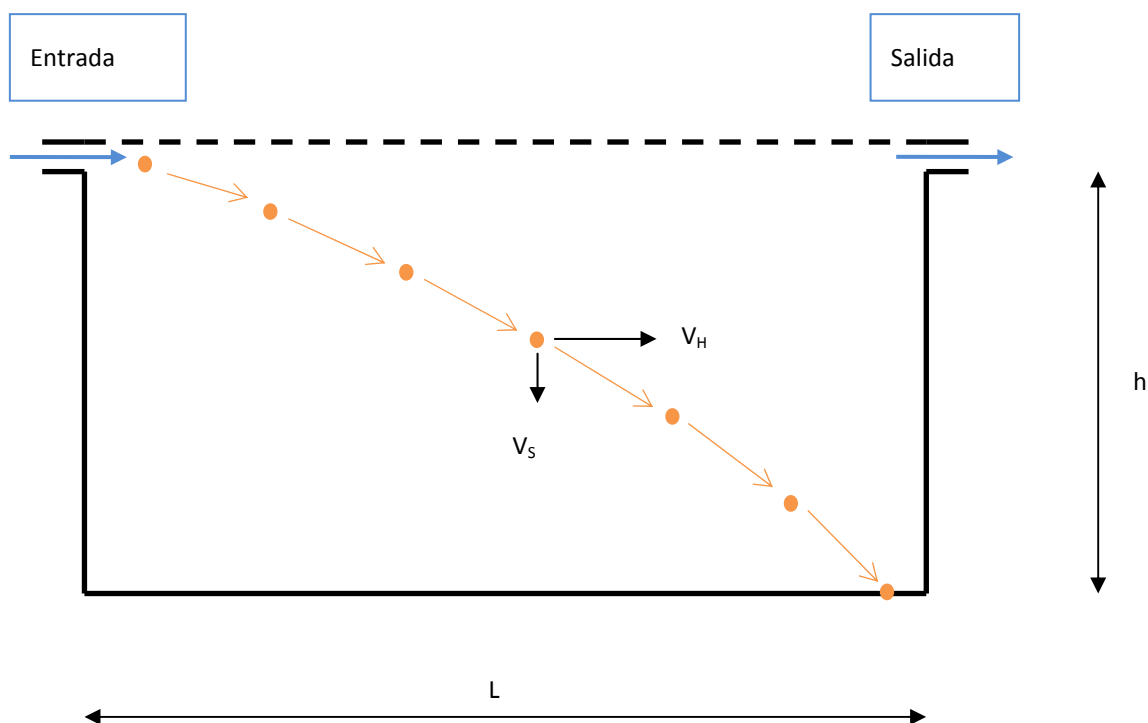


Figura 2: Esquema decantación de partícula

### 3. DIMENSIONAMIENTO DE BALSAS DE DECANTACIÓN

#### 3.1. BALSAS DE DECANTACIÓN

Siguiendo la metodología descrita en el apartado anterior, se ha realizado el cálculo del sistema de balsas de las zonas 1 y 2.

#### 3.2. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 1

Corresponde a la zona 1 o zona superior.

##### 3.2.1. Datos de partida:

- Caudal punta: 1,358 m<sup>3</sup>/s
- Tamaño de partícula a decantar: 0,1 mm
- Velocidad de decantación:  $V_s=0,008$  m/s
- Área de flujo vertical mínima:

$$A = \frac{Q}{V_s} \quad A = 169,755 \text{ m}^2$$

##### 3.2.2. Dimensiones propuestas de balsa:

Se trata de una balsa de un sólo cuerpo de 35,00 m de largo, con una anchura de 5,00 m y una profundidad de 1,00 m. La balsa no estará compartimentada. Será excavada en roca.

**3.2.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa:**

Con estas dimensiones de balsa, el área que define el flujo vertical resulta:

$$A = L \cdot a \qquad L = 35,00 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Mientras que la sección que define el flujo horizontal se define como:

$$S = h \cdot a \qquad h = 1,00 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta estas dimensiones propuestas, el tiempo de sedimentación sería;

$$V_s = \frac{h}{t_s}$$

$$t_s = \frac{h}{V_s} \qquad t_s = 125,00 \text{ s}$$

Por otro lado, con las dimensiones propuestas, la velocidad de arrastre horizontal vendría dada por la expresión:

$$V_h = \frac{Q}{S}$$

$$V_h = 0,272 \text{ m/s}$$

Conocida esta velocidad y teniendo en cuenta la longitud propuesta, el tiempo de residencia en la balsa resultaría de la expresión:

$$V_h = \frac{L}{t_h}$$

$$t_h = \frac{L}{V_h} \qquad t_h = 128,866 \text{ s}$$

La comprobación para que se decante la partícula indica que el tiempo de arrastre horizontal debe ser mayor que el tiempo de sedimentación ( $t_h > t_s$ ), condición que se cumple ( $128 \text{ s} > 125 \text{ s}$ ). Por tanto, se comprueba la eficacia de las balsas de decantación proyectadas

**3.3. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 2**

Corresponde a la zona 2 o zona media.

**3.3.1. Datos de partida:**

- Caudal punta:  $0,285 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tamaño de partícula a decantar:  $0,1 \text{ mm}$
- Velocidad de decantación:  $V_s = 0,008 \text{ m/s}$

- Área de flujo vertical mínima:  $A = \frac{Q}{V_s} \qquad A = 35,625 \text{ m}^2$

**3.3.2. Dimensiones propuestas de balsa:**

Se trata de una balsa de un sólo cuerpo de 7,50 m de largo, con una anchura de 5,00 m y una profundidad de 1,00 m. La balsa no estará compartimentada. Será excavada en roca.

**3.3.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa:**

Con estas dimensiones de balsa, el área que define el flujo vertical resulta:

$$A = L \cdot a \qquad L = 7,50 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Mientras que la sección que define el flujo horizontal se define como:

$$S = h \cdot a \qquad h = 1,00 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta estas dimensiones propuestas, el tiempo de sedimentación sería;

$$V_s = \frac{h}{t_s}$$

$$t_s = \frac{h}{V_s} \qquad t_s = 125,00 \text{ s}$$

Por otro lado, con las dimensiones propuestas, la velocidad de arrastre horizontal vendría dada por la expresión:

$$V_h = \frac{Q}{S}$$

$$V_h = 0,057 \text{ m/s}$$

Conocida esta velocidad y teniendo en cuenta la longitud propuesta, el tiempo de residencia en la balsa resultaría de la expresión:

$$V_h = \frac{L}{t_h}$$

$$t_h = \frac{L}{V_h} \qquad t_h = 131,58 \text{ s}$$

La comprobación para que se decante la partícula indica que el tiempo de arrastre horizontal debe ser mayor que el tiempo de sedimentación ( $t_h > t_s$ ), condición que se cumple ( $131 \text{ s} > 125 \text{ s}$ ). Por tanto, se comprueba la eficacia de las balsas de decantación proyectadas

**3.4. BALSAS DE DECANTACIÓN ZONA 3**

Corresponde a la zona 3 o zona inferior.

**3.4.1. Datos de partida:**

- Caudal punta:  $0,428 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tamaño de partícula a decantar:  $0,1 \text{ mm}$
- Velocidad de decantación:  $V_s = 0,008 \text{ m/s}$

- Área de flujo vertical mínima:  $A = \frac{Q}{V_s}$   $A = 53,5 \text{ m}^2$

### 3.4.2. Dimensiones propuestas de balsa:

Se trata de una balsa de un sólo cuerpo de 12,00 m de largo, con una anchura de 5,00 m y una profundidad de 1,00 m. La balsa no estará compartimentada. Será excavada en roca.

### 3.4.3. Comprobación del funcionamiento de la balsa:

Con estas dimensiones de balsa, el área que define el flujo vertical resulta:

$$A = L \cdot a \qquad L = 7,50 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Mientras que la sección que define el flujo horizontal se define como:

$$S = h \cdot a \qquad h = 1,00 \text{ m} \qquad a = 5,00 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta estas dimensiones propuestas, el tiempo de sedimentación sería;

$$V_s = \frac{h}{t_s}$$

$$t_s = \frac{h}{V_s} \qquad t_s = 125,00 \text{ s}$$

Por otro lado, con las dimensiones propuestas, la velocidad de arrastre horizontal vendría dada por la expresión:

$$V_h = \frac{Q}{S}$$

$$V_h = 0,0856 \text{ m/s}$$

Conocida esta velocidad y teniendo en cuenta la longitud propuesta, el tiempo de residencia en la balsa resultaría de la expresión:

$$V_h = \frac{L}{t_h}$$

$$t_h = \frac{L}{V_h} \qquad t_h = 140,19 \text{ s}$$

La comprobación para que se decante la partícula indica que el tiempo de arrastre horizontal debe ser mayor que el tiempo de sedimentación ( $t_h > t_s$ ), condición que se cumple ( $140 \text{ s} > 125 \text{ s}$ ). Por tanto, se comprueba la eficacia de las balsas de decantación proyectadas