

# PROYECTO TÍPICO. PLANTA DE POTABILIZACIÓN FILTRACIÓN DIRECTA DESCENDENTE PARA UN CAUDAL DE 600L/S

## ÍNDICE

---

<b>1. INVESTIGACIÓN EN INSTALACIÓN PILOTO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROYECTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA .....</b>	<b>3</b>
2.2.1. <i>Características Principales .....</i>	<i>3</i>
2.2.2. <i>Volumen Útil y Dimensiones de las Cámaras .....</i>	<i>4</i>
2.2.3. <i>Dispositivo de Mezcla Rápida.....</i>	<i>4</i>
2.2.4. <i>Potencia Útil (Pu) y Potencia del Motor (Pm) .....</i>	<i>5</i>
2.2.5. <i>Rotación Nr en rps .....</i>	<i>6</i>
<b>2.3. UNIDAD DE FLOCULACIÓN.....</b>	<b>6</b>
2.3.1. <i>Consideraciones Generales .....</i>	<i>6</i>
2.3.2. <i>Dimensiones de Cada Cámara.....</i>	<i>7</i>
2.3.3. <i>Características del Equipo Floculador.....</i>	<i>7</i>
2.3.4. <i>Gradiente de Velocidad Medio y Potencia Útil.....</i>	<i>8</i>
2.3.5. <i>Rotación del Agitador.....</i>	<i>8</i>
2.3.6. <i>Gradiente Medio de Velocidad en el Pasaje Entre Cámaras .....</i>	<i>9</i>
<b>2.4. SISTEMA DE FILTRACIÓN.....</b>	<b>10</b>
2.4.1. <i>Características Generales .....</i>	<i>10</i>
2.4.2. <i>Características del Manto Filtrante .....</i>	<i>10</i>
2.4.3. <i>Característica del Manto Soporte.....</i>	<i>11</i>
2.4.4. <i>Recolección del Agua de Lavado y Descarga.....</i>	<i>12</i>
2.4.5. <i>Pérdidas de Carga en la Filtración .....</i>	<i>12</i>
2.4.6. <i>Determinación de las Velocidades de Filtración y Variaciones de los Niveles de Agua en Filtración Declinante.....</i>	<i>18</i>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Características generales del manto filtrante .....	<b>10</b>
<b>Tabla 2.</b> Características de las subcapas del lecho de arena .....	<b>11</b>
<b>Tabla 3.</b> Características de las subcapas del lecho de antracita .....	<b>11</b>
<b>Tabla 4.</b> Características de las subcapas del manto soporte.....	<b>11</b>
<b>Tabla 5.</b> Determinación del parámetro $\Sigma (X_i / D_{eq}^2)$ de la arena .....	<b>15</b>
<b>Tabla 6.</b> Determinación del parámetro $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$ de la antracita .....	<b>16</b>
<b>Tabla 7.</b> Determinación del parámetro $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$ .....	<b>17</b>

## PLANOS

---

### Planta de Potabilización

Plano 1. Planta .....	22
Plano 2. Cortes .....	23



## 1. INVESTIGACIÓN EN INSTALACIÓN PILOTO

Los parámetros de proyecto se definieron en estudios realizados en una instalación piloto de escurrimiento continuo durante casi 1 año, simulando la filtración con velocidad declinante, considerando dos valores de velocidad media de filtración de 300 y 400 m/d.

- Medio filtrante: se montaron cuatro filtros, dos conteniendo arena prácticamente uniforme:

- Tamaño de los granos entre 1,0 y 1,68 mm;
- Tamaño efectivo = 1,19 mm;
- Coeficiente de uniformidad = 1,18 a 1,25,
- Espesor del manto = 1,20 m

y otros dos conteniendo antracita y arena

- Antracita: tamaño de los granos entre 0,71 y 2,0 mm;
  - Tamaño efectivo = 1,0 mm;
  - Coeficiente de uniformidad = 1,5 a 1,7;
  - Espesor del manto = 0,50 m;
  - Arena: tamaño de los granos = 0,42 a 1,41 mm;
  - Tamaño efectivo = 0,50 mm;
  - Coeficiente de uniformidad = 1,5 a 1,7;
  - Espesor del manto = 0,25 m.
- Velocidad de filtración: considerando que la velocidad máxima de filtración en un sistema de filtración con velocidad declinante no debe superar 1,3 a 1,5 veces la velocidad media, los ensayos en los filtros piloto se realizaron en paralelo en los dos conjuntos de filtros para velocidades de 400 y 600 m/d.
  - Coagulante: en función de las características del agua cruda (agua superficial proveniente del área de protección ambiental) y de la disponibilidad de productos químicos en la región, se estudió el sulfato de aluminio líquido y polímero sintético no iónico.
  - Parámetros de la Mezcla Rápida: se coaguló el agua cruda en una cámara de mezcla provista de agitador, habiéndose estudiado gradientes de velocidad entre 400 y 1200 s<sup>-1</sup> y tiempos de mezcla comprendidos entre 5 y 60 s.
  - Parámetros de la Floculación: la instalación contaba con cuatro cámaras de floculación en serie, provistas de agitadores mecánicos, utilizando 2 ó 4 de ellas, dependiendo del tiempo medio de floculación, de 5,5 y 11 min, y gradientes de velocidad de 50, 75 y 100 s<sup>-1</sup>;

- Análisis de los datos: tanto la pérdida de carga en todo el espesor del manto filtrante como la calidad del agua filtrada se monitorearon durante todos los ensayos y en base a los resultados, se calculó la producción efectiva de agua filtrada en cada ensayo realizado.
- Parámetros de Proyecto: en función de los estudios realizados en la instalación piloto se concluyó que el sistema de filtración debía ser proyectado con flexibilidad para filtrar agua coagulada o agua floculada, en las siguientes condiciones:
  - Medio filtrante: antracita y arena;
  - Velocidad media de filtración = 300 m/d
  - Mezcla rápida :  $t_{mr} = 10 \text{ s}$  ;  $G_{mr} = 400 \text{ a } 700 \text{ s}^{-1}$ ;
  - Floculación:  $t_f = 11 \text{ min}$ ;  $G_f = 50 \text{ a } 100 \text{ s}^{-1}$
  - Coagulante y auxiliar: dosificación de solución comercial de sulfato de aluminio al 5% (en peso/peso) = 5 a 15 mg/L; y dosificación de polímero sintético no iónico = 0,01 a 0,10 mg/L.

## 2. PROYECTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La planta se concibió tanto para posibilitar que el agua tuviese un proceso sólo de coagulación o un proceso de coagulación y floculación previamente a la filtración, dependiendo de la calidad del agua cruda (variable según la época del año).

Se ha supuesto que la medición de caudal se efectuará en la cañería de llegada del agua cruda, utilizándose un dispositivo ultrasónico. Seguidamente, el agua llegará a una cámara y de allí pasará por 2 cámaras de mezcla rápida, en serie, provistas de agitadores tipo turbina.

La solución del coagulante se introducirá en la primera cámara de mezcla y la del polímero, en la segunda. El agua coagulada con polímero se podrá dirigir al canal de alimentación de los filtros o por medio del cierre de compuertas conducirla a dos conjuntos de 4 cámaras de floculación en serie provistas de agitadores del tipo turbina. El agua coagulada (después de las cámaras de mezcla rápida) o floculada (proveniente de los dos conjuntos de floculadores) entrará en el canal común de alimentación de los filtros en una posición prácticamente central a la disposición de la batería de 8 filtros.

Los filtros funcionarán según el principio de la velocidad declinante y para que no se produzca ruptura de los flóculos, el canal común de alimentación de los filtros, los conjuntos de floculación y el canal de agua coagulada estarán dispuestos de forma tal que las variaciones de nivel de agua en los filtros se transfieran a estas unidades sin que existan saltos de agua entre las mismas.

El fondo de los filtros se conformará con bloques universales utilizados para lavado con aire y agua; el agua para lavado provendrá del tanque elevado y el aire de compresores tipo rotativo.

El agua filtrada en cada filtro será conducida a una cámara individual provista de vertedero, descargando libremente en un canal de recepción general, del cual, una parte se bombeará para el tanque elevado (para lavado de los filtros) y la restante pasará por una cámara de contacto donde recibirá los productos químicos finales siendo luego conducida hacia las reservas.

### 2.2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA

#### 2.2.1. Características Principales

- Cámaras en serie: 2.
- Agitador : mezclador rápido mecanizado tipo turbina de flujo radial.
- Tiempo de mezcla:  $t_{mr} = 10 \text{ s.}$
- Gradiente medio de velocidad:  $G_{mr} = 700 \text{ s}^{-1}$ .

### 2.2.2. Volumen Útil y Dimensiones de las Cámaras

- Volumen útil de las unidades de mezcla rápida:  $V_c = Q \cdot t_{mr} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 10 \text{ s} = 6 \text{ m}^3$   
 $\Rightarrow$  (2 cámaras de  $3 \text{ m}^3 \text{ c/u}$ ).

#### **Primera cámara**

- Sección cuadrada con lado:  $L_c = 1,40 \text{ m}$ .
- Área:  $A_m = 1,96 \text{ m}^2$
- Altura útil:  $H_u = 1,634 \text{ m}$ .
- Altura total:  $H_T = 1,634 + 0,266 = 1,90 \text{ m}$ , siendo  $0,266 \text{ m}$  = revancha de la superficie líquida respecto al coronamiento de la cámara.

#### **Pasaje de la primera a la segunda cámara**

- Ancho:  $1,40 \text{ m}$
- Alto:  $0,50 \text{ m}$
- Pérdida de carga en el paso:  $Q = C_d \cdot S \cdot (2gh)^{1/2}$

Para:

$$Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_d = 0,6$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{resulta } h = 0,104 \text{ m}$$

#### **Segunda cámara**

- Altura útil:  $H = 1,53 \text{ m}$

### 2.2.3. Dispositivo de Mezcla Rápida

- Tipo de mezclador rápido

Se diseña dentro de una cámara de mezcla, un dispositivo mecánico del tipo turbina de flujo radial, compuesto por seis paletas planas sujetas perpendicularmente al eje de giro vertical, accionado por un motoreductor.

- Dimensionamiento

Se adopta un equipo comercial de diámetro  $D_{tb} = 0,50 \text{ m}$



Debe cumplir con relaciones correspondientes a ese tipo de mezclador adoptado. Así se tiene:

- Diámetro externo de giro de las paletas,  $D_{tb}$

$$R_1 = L_c / D_{tb} = 2,7 \text{ a } 3,3 \quad \therefore \quad L_c / D_{tb} = \frac{1,40}{0,50} = 2,8$$

- Longitud de las paletas  $B_{tb}$

$$B_{tb} = D_{tb} / 4 = 0,50 / 4 \cong 0,125 \text{ m}$$

- Altura de las paletas  $b_{tb}$

$$b_{tb} = D_{tb} \frac{0,50}{5} = 0,10 \text{ m}$$

- Deflectores

Son pantallas verticales colocadas en el centro y en toda su altura  $H_T$  de cada uno de los cuatro muros de la cámara de mezcla, siendo  $l_e$  = ancho de cada deflector

$$l_e / D_{tb} = 0,1 \quad \therefore \quad l_e = 0,1 D_{tb} = 0,1 \cdot 0,50 = 0,05 \text{ m}$$

- Distancia entre las paletas planas y la solera de la cámara de mezclas,  $h_t$

$$R_2 = h_t / D_{tb} = 0,75 \text{ a } 1,3 \quad \therefore \quad h_t / D_{tb} = 0,48 / 0,50 = 0,96$$

- Relación altura líquida  $H_u$  y diámetro de las paletas planas  $D_{tb}$

$$R_3 = H_u / D_{tb} = 2,7 \text{ a } 3,90 \quad \therefore \quad R_3 = 1,53 / 0,50 = 3,06 \text{ (verifica)}$$

$$\text{En la primera cámara: } 1,63 / 0,5 = 3,26$$

#### 2.2.4. Potencia Útil ( $P_u$ ) y Potencia del Motor ( $P_m$ )

$$G_{mr} = (P_u / \mu \cdot V_c)^{1/2}$$

$P_u$  : potencia útil (N. m / s)

$V_c$  : volumen de la cámara:  $3,0 \text{ m}^3$  (segunda cámara)

$\mu$  : viscosidad absoluta (para  $T = 25^\circ\text{C}$ :  $\mu = 0,894 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ )

$G_{mr}$  : gradiente medio de velocidad (máximo) =  $700 \text{ s}^{-1}$

$$P_u = \mu \cdot V_c \cdot G_{mr}^2 = 0,894 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 700^2 = 1314 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{s}$$

$$P_m = \text{potencia del motor } 2 \cdot P_u = 2 \cdot 1314 = 2628 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{s} \approx 4 \text{ CV}$$

### 2.2.5. Rotación $N_r$ en rps

$$K_{tb} = P_u / \rho \cdot N_r^3 \cdot D_{tb}^5$$

$$N_r = (P_u / \rho \cdot K_{tb} \cdot D_{tb}^5)^{1/3} = ((1314 / 997,1 \cdot 5 \cdot (0,50)^5)^{1/3} = 2,03 \text{ rps} = 122 \text{ rpm}$$

Siendo:

$K_{tb}$  : número de potencia, en el caso del rotor tipo turbina. Se adoptó 5;

$D_{tb}$  : diámetro de la turbina = 0,50 m;

$\rho$  : masa específica (para  $T = 25^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 997,1 \text{ Kg/m}^3$ ).

Observación: la potencia útil en la primera cámara será un poco mayor que en la segunda, lo que exigirá una velocidad de rotación ligeramente superior a 122 rpm para que el valor de  $G$  resulte igual a  $700 \text{ s}^{-1}$

Utilizando el catálogo de un fabricante, se tienen las siguientes especificaciones para el equipo agitador:

- Diámetro del rotor: 500 mm.
- Longitud de la paleta: 125 mm.
- Altura de la paleta: 100 mm.
- Diámetro del eje: 50 mm.
- Potencia del motor: 6 CV.
- Peso: 220 Kg (rotor + motor).
- Rotación del eje mezclador: 160 rpm.
- Altura líquida o útil recomendada = 1525 mm.

El equipo, se ha dimensionado considerando la condición de gradiente máximo. Se adquirirá uno que cuente con modificador de velocidad de giro para adecuar la rotación de la turbina y obtener el gradiente a partir de  $400 \text{ s}^{-1}$ , cuando sea necesario.

## 2.3. UNIDAD DE FLOCULACIÓN

### 2.3.1. Consideraciones Generales

La unidad de floculación estará constituida por dos conjuntos, cada uno con cuatro cámaras en serie provistas de floculadores mecánicos de flujo axial. El tiempo medio de floculación en cada conjunto será del orden de  $t_f = 11 \text{ min.}$  y de 2,73 min. en cada cámara. El gradiente de velocidad,  $G_{mf}$  variará de 50 a  $100 \text{ s}^{-1}$ , utilizándose equipos con modificador de velocidad de rotación.

### 2.3.2. Dimensiones de Cada Cámara

- Caudal de pasaje por cada cámara:  $q$

$$q = Q / N_m = 0,60 / 2 = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ para } N_m = 2 = \text{número de módulos de 2 cámaras en serie}$$

- Tiempo de floculación o lapso de retención hidráulica:  $t_f$  (permanencia en cada cámara)

$$t_f = 2,73 \text{ min} = 163,8 \text{ s}$$

- Volumen útil o líquido de cada cámara:  $V_c$

$$V_c = 2,73 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 0,30 \text{ m}^3/\text{s} = 49,14 \text{ m}^3$$

- Profundidad y altura útil de cada cámara

En realidad la altura de agua  $H_u$ , variará entre aproximadamente 3,50 m y 3,80 m debido a las variaciones de nivel resultantes del sistema de filtración empleado (con velocidad declinante) entre los niveles  $N_1$  (filtro recién lavado) y  $N_3$  (durante su lavado).

- Área =  $\frac{V_c}{P_f} = \frac{49,14 \text{ m}^3}{3,8 \text{ m}} = 12,93 \text{ m}^2$ , con lo que resultan cámaras cuadradas de 3,60 m de lado.

- Altura total de la cámara: en función del equipamiento a utilizar, la altura total se fijó en 4,00 m.

- Pasaje del líquido entre cámaras de un módulo

- Se realizará mediante el escurrimiento vertical alternado o sea en una cámara el agua entra superiormente (orificio libre) y sale inferiormente (orificio sumergido) y en la cámara siguiente ocurre lo inverso.
- La velocidad de pasaje por esos orificios estará comprendida entre 0,10 y 0,40 m/s. Se adopta  $U_p = 0,30 \text{ m/s}$ .
- Sección de pasaje  $A = q / U_p = 0,30 / 0,30 = 1,00 \text{ m}^2$ .

- Canal colector de agua coagulada

Se proyectan compuertas al final para el líquido floculado únicamente y sendas compuertas intermedias para el ingreso a la prefloculación.

### 2.3.3. Características del Equipo Floculador

- Tipo adoptado

- Mecánico de flujo axial con rotores del tipo turbina, con seis paletas planas inclinadas ( $\beta = 45^\circ$  respecto a la vertical), para  $K_{bt} \cong 1,4$  = constante que depende de las relaciones entre la turbina y la cámara.

- Diámetro de los rotores

Se adopta  $D_f = 1,40$  m

$$R_1 = L / D_f = 2 \text{ a } 6,6 \quad \therefore \quad 3,60 / 1,40 = 2,57$$

- Distancia entre las paletas y la solera de la cámara,  $h_f$

Se adopta  $h_f = 1,50$  m

$$R_2 = h_f / D_f = 0,9 \text{ a } 1,10 \quad \therefore \quad 1,50 / 1,40 = 1,07$$

- Proyección vertical y horizontal de las paletas

$$b = D_f / 8 = 1,40 / 8 = 0,175 \text{ m}$$

- Ancho de cada paleta plana inclinada  $45^\circ$ ,  $B_p$

$$B_p = \sqrt{2} \cdot b = 1,4142 \cdot 0,175 \cong 0,25 \text{ m}$$

- Ancho de cada deflector vertical ubicado en el eje de los muros de la cámara,  $l$

$$l = D_f / 12 = 1,4 / 12 = 0,116 \text{ m}$$

- $R_3 = H_u / D_f = 2,7 \text{ a } 3,9 \quad \therefore \quad R_3 = 3,80 / 1,40 = 2,714$  (verifica)

#### 2.3.4. Gradiente de Velocidad Medio y Potencia Útil

$$P_u = \mu \cdot V_c \cdot G_{mf}^2$$

donde:

$P_u$  : potencia útil en N. m /s

$\mu$  : viscosidad absoluta (para  $T = 25^\circ \text{C}$ ,  $\mu = 0,894 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$ )

$$V_c = 49,14 \text{ m}^3$$

$$P_u = 0,894 \cdot 10^{-3} \cdot 49,14 \cdot G_{mf}^2$$

$$G_{mf \text{ máx}} = 100 \text{ s}^{-1} \quad \Rightarrow \quad P_{u \text{ máx}} = 439,2 \text{ N} \cdot \text{m/s}$$

$$G_{mf \text{ mín}} = 50 \text{ s}^{-1} \quad \Rightarrow \quad P_{u \text{ mín}} = 109,8 \text{ N} \cdot \text{m/s}$$

#### 2.3.5. Rotación del Agitador

$$P_u = K_{tb} \cdot \rho \cdot D_f^5 \cdot N_r^3$$

$P_u$  : potencia introducida al agua (N m/s)

$\rho$  : masa específica del agua (para  $T=25^{\circ}\text{C}$  :  $\rho = 997,1 \text{ Kg/ m}^3$  )

$N_r$  : rotación (rps)

$D_f$  : diámetro del rotor (m)

$K_{tb} = 1,4$  número de potencia

$$N_r = (P_u / K_{tb} \cdot \rho \cdot D_f^5)^{1/3}$$

$$N_{r\text{máx}} = \left[ \frac{439,2}{1,4 \cdot 997,1 \cdot 1,4^5} \right]^{1/3} = 0,388 \text{ rps} = 23,3 \text{ rpm}$$

$$N_{r\text{mín}} = 0,245 \text{ rps} = 14,7 \text{ rpm}$$

### 2.3.6. Gradiente Medio de Velocidad en el Pasaje Entre Cámaras

$G_m = (P / \mu \cdot V_p)^{1/2}$  = expresión general del gradiente de velocidad en el pasaje entre cámaras ( $\text{s}^{-1}$ )

$P = \gamma \cdot q_p \cdot h_p = \gamma \cdot A_p \cdot U_p \cdot h_p$  = potencia consumida ( $\text{Kg} \cdot \text{s/m}^2$ )

Donde:

$h_p = f \cdot l_o \cdot U_p^2 / (D_{eq} \cdot 2g)$  = pérdida de carga en orificio sumergido (m)

$D_{eq} = 4 R_h$  = diámetro equivalente del orificio sumergido en donde el régimen es turbulento (m)

$l_o = e$  = longitud o espesor del orificio por donde escurre el caudal  $q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) de pasaje, (m)

$A_p = b \cdot b = 1,00 \cdot 1,00 = 1,00 \text{ m}^2$  = sección de pasaje o del orificio de lado  $b = 1,00 \text{ m}$

$V_p = l_o \cdot A_p$  = volumen del orificio donde se produce la pérdida de carga  $h_p$ , ( $\text{m}^3$ )

$f$  : coeficiente de rugosidad de Darcy – Weisbach = 0,02 para muros

$\gamma$  = peso específico del agua =  $9779 \text{ N/m}^3$  para  $T = 25^{\circ}\text{C}$

$\mu$  : viscosidad dinámica del agua =  $0,890 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$ , para  $T = 25^{\circ}\text{C}$

$g$  = aceleración de la gravedad

$U_p = q_p / A_p$  = velocidad media de pasaje =  $0,30 / 1,00 = 0,30 \text{ m/s}$ , para  $q_p = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$  = caudal de pasaje

$R_h = A_p / 4b$  = radio hidráulico del orificio de sección  $A_p$  y lado  $b = 1,00 / (4 \cdot 1,0) = 0,25 \text{ m}$

En consecuencia reemplazando valores:

$G_m = 17,3 \text{ s}^{-1}$  = gradiente medio de velocidad en el pasaje por el orificio sumergido, valor inferior al mínimo en las cámaras, ( $G_{\min} = 50 \text{ s}^{-1}$ )

## 2.4. SISTEMA DE FILTRACIÓN

### 2.4.1. Características Generales

- Tipo: Filtración Directa Descendente.
- Número de filtros: 8 unidades.
- Caudal afluyente:  $600 \text{ L/s} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Número de cámaras por filtro: 1.
- Dimensiones internas de cada cámara de los filtros en planta:  $6,0 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}^2$ .
- Area filtrante por unidad:  $21,6 \text{ m}^2$ .
- Area filtrante total:  $172,8 \text{ m}^2$ .
- Velocidad media de filtración:  $300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{dia})$ .

### 2.4.2. Características del Manto Filtrante

	Antracita	Arena
Tamaño del grano menor (mm)	0,71	0,42
Tamaño del grano mayor (mm)	2,00	1,41
Tamaño efectivo- $D_{10}$ (mm)	0,95 a 1,05	0,50 a 0,55
Tamaño- $D_{60}$ (mm)	1,35 a 1,45	0,80 a 0,85
Tamaño $D_{90}$ (mm)	1,6 a 1,7	1,10 a 1,20
Coefficiente de uniformidad- $C_u$	1,5 a 1,7	1,5 a 1,7
Coefficiente de esfericidad- $C_e$	> 0,60	> 0,75
Masa específica real ( $\text{Kg} / \text{m}^3$ )	1600 a 1700	> 2600
Espesor de la capa (m)	0,50	0,25

**Tabla 1.** Características generales del manto filtrante

Para obtener una mezcla parcial de los granos mayores de antracita con los menores de arena, se deben respetar las siguientes relaciones:

$D_{90}$  (antracita): entre 3,0 y 3,5  $D_{10}$  (arena)

$U_{a90}$  (antracita): entre 1,1 y 1,2  $U_{a90}$  (arena)

$D_{10}$  : tamaño efectivo de los materiales filtrantes (mm),

$D_{90}$  : tamaño en mm del tamiz por el que pasa el 90% del material

$U_{a90}$  : velocidad ascensional que produce expansión de 5 a 10% en los granos de tamaño  $D_{90}$

$$3 \cdot (0,5 \text{ a } 0,55) < D_{90} \text{ antracita} < 3,5 (0,5 \text{ a } 0,55) \therefore 1,50 (1,65) < 1,68 < 1,75 (1,925)$$

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño de los granos (mm)
1 Superficial	2,50	0,42 – 0,59
2	2,50	0,59 – 0,71
3	2,50	0,71 – 0,84
4	10,00	0,84 – 1,00
5	6,25	1,00 – 1,19
6 Fondo	1,25	1,19 – 1,41
Total	25,0	

**Tabla 2.** Características de las subcapas del lecho de arena

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño de los granos (mm)
1 Superficial	2	0,71 – 0,84
2	2	0,84 – 1,00
3	11	1,00 – 1,19
4	15	1,19 – 1,41
5	15	1,41 – 1,68
6 Fondo	5	1,68 – 2,00
Total	50	

**Tabla 3.** Características de las subcapas del lecho de antracita

#### 2.4.3. Característica del Manto Soporte

El diseño del manto soporte depende fundamentalmente del sistema de drenaje utilizado, lo cual es función del método de lavado adoptado.

El manto soporte se seleccionó en función del tipo de fondo del filtro, bloque universal, (ver detalles en Capítulo VII - Numeral 8 Filtración Rápida de la Fundamentación **Figura 48** y **Tabla 13**) para lavado con aire y agua.

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño (mm)
(superior) 1	5	19,0 -12,7
2	5	12,7 - 6,4
3	5	6,4 - 3,2
4	5	3,2 - 1,6
5	5	3,2 - 6,4
6	5	6,4 -12,7
7	5	12,7-19,0

**Tabla 4.** Características de las subcapas del manto soporte

#### 2.4.4. Recolección del Agua de Lavado y Descarga

El dimensionamiento y características de las canaletas de lavado se describe en el Capítulo VII – Numeral 8 Filtración Rápida numeral 9.4 de las Fundamentaciones.

La recolección se realizará por medio de 4 canaletas que descargan en un canal frontal en el cual se ubica la compuerta de descarga. Tales canaletas se podrán construir de hormigón, ejecutadas en el sitio o premoldeadas, o de resinas, con las siguientes dimensiones:

- Ancho = 0,4 m
- Altura total = 0,4 m

El agua de lavado, proveniente de las 4 canaletas escurre hacia un canal provisto de compuerta que descargará, por medio de la compuerta, en un canal situado debajo del canal de alimentación de los filtros.

#### 2.4.5. Pérdidas de Carga en la Filtración

**Velocidad media de filtración:  $U_f$**

$U_f = Q / N_f \cdot A_f$  = velocidad media de filtración ( $m^3/m^2 \cdot d = m/d$ ),

donde:

$Q$  : caudal total de la batería de filtros ( $m^3/d$ )

$A_f$  : área de cada filtro =  $21,6 m^2$

$N_f$  : número de filtros

1). *Pérdida de carga en el fondo de los filtros.*

$h_1 = A \cdot U_f^b$  = pérdida de carga en el sistema drenante del fondo (m)

El fabricante del bloque universal, para diferentes velocidades y para una fila o línea de bloques de 7,50 m, de longitud proporciona el siguiente cuadro (en caso de no disponer de esa información se deberá determinar experimentalmente la pérdida de carga en los bloques que se utilicen):

velocidad ( $m^3/m^2 \cdot d$ )	300	600	900	1200	1500	1800	2100
pérdida de carga (mca)	0,038	0,154	0,350	0,600	0,950	1350	1,850

Con estos datos se puede establecer la correlación para determinar los valores de A y b de la expresión anterior.



Por la regresión de potencias:  $R = \text{coeficiente de regresión} = 0,99996$

$$b = 1,99 \approx 2 ;$$

$$A = 4,156 \cdot 10^{-7}$$

Entonces

$$h_1 = 4,156 \cdot 10^{-7} \cdot U_f^2 = \text{pérdida de carga en los bloques universales (m), para } U_f \text{ (m/d)}$$

2). *Pérdida de carga en la compuerta (cuadrada, con abertura útil de 0,60 m de lado) de entrada de los filtros:*

$$h_2 = 1,67 \cdot \frac{U^2}{2g}$$

$U$  : velocidad de pasaje (m/s)

$g$  : aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

El valor (1,67) del coeficiente fue determinado por Hudson, ver al respecto Anexo III Temas Complementarios de Hidráulica numeral 1.2.

$$h_2 = \frac{1,67}{19,62} \cdot [21,6 U_f / 86400 \cdot (0,60 \cdot 0,60)]^2, \text{ siendo:}$$

$$A_p = \text{Sección de la compuerta de los filtros} = (0,60 \cdot 0,60) \text{ m}^2$$

$$h_2 = 4,1 \times 10^{-8} \cdot U_f^2 = \text{pérdida de carga en el pasaje por la compuerta (m), para } U_f \text{ (m/d)}$$

Se dimensionó la compuerta de entrada de forma tal que la velocidad a través de la misma no superara los 0,35 m/s para la velocidad de filtración máxima prevista de 450 m/d (igual a 1,3 a 1,5  $U_{med}$ ) para que el gradiente de velocidad en la compuerta sea inferior a  $50 \text{ s}^{-1}$  (mínimo obtenido en la unidad de floculación de la planta piloto).

3). *Pérdida de carga en la cañería de salida de los filtros:*

$$h_3 = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \text{pérdida de carga en el pasaje del caudal } Q_p = (\text{m}), \text{ según Hazen-Williams}$$

$$Q : \text{caudal de pasaje} = A_f \cdot U_f / 86400 = (21,6 / 86400) \cdot U_f \text{ (m/s)}$$

$$C : \text{coeficiente de Hazen - Williams} = 100$$

$$D : \text{diámetro de la cañería de salida (m)} = 0,4 \text{ m}$$

$$L : \text{longitud equivalente de las piezas especiales (m)}$$

- Entrada a la tubería  $17 \cdot 0,4 = 6,80 \text{ m}$
- Tee de pasaje directo  $8 \cdot 0,4 = 3,20 \text{ m}$
- Reducción 400 . 250 mm  $6 \cdot 0,4 = \underline{2,40 \text{ m}}$   
 $L_{400} = 12,40 \text{ m}$
- Salida de la tubería  $35 \cdot 0,25 = 8,75 \text{ m}$
- Válvula abierta  $8 \cdot 0,25 = 2,00 \text{ m}$
- Longitud del tubo de 250 mm  $= \underline{2,00 \text{ m}}$   
 $L_{250} = 12,75 \text{ m}$

$h_3 = 5,516 \cdot 10^{-6} \times U_f^{1,85} =$  pérdida de carga en el sistema de salida de los filtros (m),  
 para  $U_f$  (m/d)

4). *Pérdida de carga en el vertedero de salida de la cámara individual:*

B : ancho del vertedero rectangular = 1,0 m.

$Q_p$  : caudal de pasaje por el vertedero de cada cámara individual =  $A_f \cdot U_f / 86400 =$   
 $(21,6 / 86400) \cdot U_f$  (m<sup>3</sup>/s), para  $U_f$  (m/d)

$$Q_p = 1,84 B \cdot h_4^{3/2}$$

$$h_4 = [Q / 1,84 \times B]^{2/3} = [1 / 1,84 \times B]^{2/3} \times Q^{2/3}$$

$$h_4 = [1 / 1,84 \times B]^{2/3} \times [21,6 / 86400]^{2/3} \times U_f^{2/3}$$

$$h_4 = 2,6430 \times 10^{-3} \times U_f^{0,667}$$

5). *Pérdida de carga en el medio filtrante y capa soporte*

Se aplica la expresión de Fair-Hatch en lechos limpios para flujo laminar.

$$h_f / L_f = \frac{150 \cdot \mu \cdot (1 - p_o)^2 \cdot U_f}{g \cdot \rho_a \cdot p_o^3 \cdot C_e^3} \cdot \sum (X_i / D_{eqi}^2) = \text{pérdida de carga unitaria,}$$

donde:

$L_f$  = espesor o altura del manto filtrante compuesto de n subcapas i (m)

$p_o$  = porosidad del lecho limpio (en el inicio de la carrera)

$\mu$  = viscosidad dinámica del agua (N . s/m<sup>2</sup>)

$\rho_a$  = masa específica del agua (Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$C_e$  = coeficiente de esfericidad

$D_{eq} = (D_{m\acute{a}x} \cdot D_{m\acute{i}n})^{1/2}$  = diámetro equivalente de la subcapa i (m)

$\Sigma (X_i / D_{eq}^2 \cdot i) =$  sumatoria  $X_i / D_{eq}^2 \cdot i$  de cada subcapa i

$U_f$  = velocidad de filtración (m/s)

a) Pérdida de carga en la arena limpia

- Determinación de  $\Sigma (X_i / D_{eq}^2)$

En base a la granulometría de la **Tabla 2** para la arena elegida, se tiene la siguiente tabla:

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño de las partículas (mm)	Diámetro* equivalente $D_{eq}$ (mm)	Porcentaje del espesor del manto $X_i$	$(X_i/D_{eq})$ ( $10^{-3} \cdot m^{-1}$ )	$(X_i/D_{eq}^2)$ ( $10^4 \cdot m^{-2}$ )
1 Superficial	3,75	0,42-0,59	0,498	0,15	0,301	60,5
2	5,00	0,59-0,71	0,647	0,20	0,309	47,7
3	6,25	0,71-0,84	0,772	0,25	0,324	41,9
4	5,00	0,84-1,00	0,916	0,20	0,218	23,8
5	2,50	1,00-1,19	1,091	0,10	0,092	8,4
6 Inferior	2,50	1,19-1,41	1,295	0,10	0,077	6,0
Total	$L_f = 25,00$			$\Sigma = 1,00$	$\Sigma = 1,321$	$\Sigma = 188,3$

\* media geométrica

**Tabla 5.** Determinación del parámetro  $\Sigma (X_i / D_{eq}^2)$  de la arena

- Parámetros deducidos de la **Tabla 1** (características generales de los medios filtrantes para la arena)

$C_e$  : coeficiente de esfericidad de los granos = 0,75

$L_f$  : espesor de la capa de arena = 25 cm

$p_o$  : porosidad del lecho limpio de arena: 0,42

$\mu$  : viscosidad dinámica a  $T = 25^\circ C = 8,94 \cdot 10^{-4} \cdot N \cdot s/m^2$

$\rho_a$  : masa específica del agua a  $T = 25^\circ C = 997,81 \text{ Kg/m}^3$

- Determinación de  $h_{5a}$  = pérdida de carga de la arena limpia

Reemplazando valores en la expresión de Fair-Hatch

$$h_{5a} = 0,25 \left[ 150 \cdot 8,94 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,42)^2 \cdot 188,3 \cdot 10^4 \right] U_f / \left[ 86400 \cdot 9,81 \cdot 997,81 \cdot 0,42^3 \cdot 0,75^2 \right] =$$

$$= 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot U_f = \text{pérdida de carga en la arena limpia, para } U_f \text{ (m/d)}$$

b) Pérdida de carga en la antracita limpia

- Determinación del parámetro  $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$

En base a la granulometría de la **Tabla 3** para la antracita elegida, se tiene la siguiente tabla:

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño de las partículas (mm)	Diámetro* equivalente (mm)	Porcentaje del espesor $X_i$	$(X_i/D_{eq})$ ( $10^{-3} \cdot m^{-1}$ )	$(X_i/D_{eq}^2)$ ( $10^{-4} \cdot m^{-2}$ )
1 Superficial	2,0	0,71-0,84	0,772	0,04	0,052	6,71
2	2,0	0,84-1,00	0,916	0,04	0,044	4,77
3	11,0	1,00-1,19	1,091	0,22	0,202	8,48
4	15,0	1,19-1,41	1,295	0,30	0,232	17,88
5	15,0	1,41-1,70	1,548	0,30	0,195	12,66
6	5,0	1,70-2,00	1,844	0,10	0,054	2,98
Total	50,00			$\Sigma = 1,00$	$\Sigma = 0,779$	$\Sigma = 63,48$

\* Media geométrica

**Tabla 6.** Determinación del parámetro  $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$  de la antracita

- Parámetros deducidos de la **Tabla 1**

$C_e$  : coeficiente de esfericidad de los granos = 0,65

$L_f$  : espesor de la capa de antracita = 0,50 cm

$p_o$  : porosidad del lecho limpio = 0,47

$\mu$  : viscosidad dinámica del agua a  $T = 25^\circ C = 8,94 \cdot 10^{-4} N \cdot s/m^2$

$\rho_a$  : masa específica del agua a  $T = 25^\circ C = 997,81 Kg/m^3$

- Determinación de  $h_{5b}$  = pérdida de carga en la antracita limpia

Reemplazando valores en la expresión de Fair-Hatch:

$$h_{5b}'' = 0,50 \left[ 150 \cdot 8,94 \cdot 10^{-4} (1 - 0,47)^2 \cdot 63,48 \cdot 10^4 \right] U_f / \left[ 86400 \cdot 9,81 \cdot 997,81 \cdot 0,47^3 \cdot 0,65^2 \right] =$$

$$= h_{5b} = 3,224 \cdot 10^{-4} \cdot U_f = \text{pérdida de carga en la antracita limpia, para } U_f \text{ (m/d)}.$$

c) Pérdida de carga en el manto soporte limpio

- Determinación del parámetro  $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$

En base a la granulometría de la **Tabla 4** para el manto de grava elegido, se tiene la siguiente tabla:

Subcapa	Espesor (cm)	$D_i$ ( $10^{-3}$ m)	$D_{eqi}$ ( $10^{-3}$ m)	$X_i$	$(X_i / D_{eqi})$ ( $10^{-3}/m$ )	$(X_i / D_{eqi}^2)$ ( $10^{-6}/m^2$ )
1	5,0	19,0 – 12,7	15,5	0,143	9,23	595,21
2	5,0	12,7 – 6,4	9,0	0,143	15,89	1765,43
3	5,0	6,4 – 3,2	4,5	0,143	31,78	7061,73
4	5,0	3,2 – 1,6	2,3	0,143	62,1	27032,14
5	5,0	3,2 – 6,4	4,5	0,143	31,78	7061,73
6	5,0	6,4 – 12,7	9,0	0,143	15,89	1765,43
7	5,0	12,7 – 19,0	15,5	0,143	9,23	595,21
Total	35,00				175,90	45876,88

**Tabla 7.** Determinación del parámetro  $\Sigma (X_i / D_{eqi}^2)$

- Parámetros adoptados

$C_e$  : coeficiente de esfericidad = 0,80

$L_f$  : espesor del manto soporte: 35 cm

$\rho_o$  : porosidad del lecho limpio = 0,40

$\mu$  : viscosidad dinámica a  $T = 25^\circ C = 8,94 \text{ N} \cdot \text{s}/m^2$

$\rho_a$  : masa específica del agua a  $T = 25^\circ C = 997,81 \text{ Kg}/m^3$

- Determinación de pérdida de carga en el manto soporte limpio

Reemplazando valores en la expresión de Fair-Hatch:

$$h_{5c} = 0,35 \left[ 150 \cdot 8,94 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,40)^2 \cdot 45,877 \cdot 10^3 \right] \cdot U_f / \left( 86400 \cdot 9,81 \cdot 997,80 \cdot 0,40^3 \cdot 0,80^2 \right) =$$

$$= 2,238 \cdot 10^{-5} U_f = \text{pérdida de carga en el manto de grava limpio, para } U_f \text{ (m/s)}$$

**Pérdida de carga en el lecho filtrante y manto de grava limpio en régimen laminar**

$$h_5 = h_{5a} + h_{5b} + h_{5c} = (6,03 \cdot 10^{-4} + 3,224 \cdot 10^{-4} + 0,2238 \cdot 10^{-4}) \cdot U_f = 9,478 \cdot 10^{-4} \cdot U_f$$

pérdida de carga total en régimen laminar, para  $U_f$  = velocidad de filtración (m/d).

### Ecuación general de la pérdida de carga

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$h_1$ = resumen de pérdida de carga en el sistema drenante del fondo	$4,156 \cdot 10^{-7} \cdot U_f^2$ (m/d)
$h_2$ = en compuerta entrada filtros	$0,41 \cdot 10^{-7} \cdot U_f^2$ (m/d)
$h_3$ = en la cañería de salida	$0,5516 \cdot 10^{-7} \cdot U_f^{1,85}$ (m/d)
$h_4$ = en vertedero de salida de la cámara individual	$2,643 \cdot 10^{-3} \cdot U_f^{0,667}$ (m/d)
$h_5$ = en el manto filtrante y sostén	$9,478 \cdot 10^{-4} \cdot U_f$ (m/d)

### 2.4.6. Determinación de las Velocidades de Filtración y Variaciones de los Niveles de Agua en Filtración Declinante

Para el cálculo de las velocidades de filtración y variaciones de los niveles de agua en el canal común de alimentación de los filtros se aplicó el método de Di Bernardo y Machado, (ver Capítulo VII Plantas de Potabilización - Numeral 15 Control de Filtros Rápidos) considerando el área de almacenamiento de los filtros propios, el canal común de alimentación de los filtros y los conjuntos de floculación.

#### • Datos

- $N_f$  : número de filtros = 8
- $U_{fmed}$  : velocidad media de filtración = 300 m/d
- $H_d$  : carga hidráulica disponible = 1,3 m
- $A$  : área de almacenamiento aguas arriba de los filtros:
  - ❖ Área total de un filtro 24,84 m<sup>2</sup>
  - ❖ Suma de las áreas del canal de agua coagulada, Floculadores y canal de alimentación a los filtros 143,3 m<sup>2</sup>
  - ❖ Área total, incluyendo los filtros 343 m<sup>2</sup>
  - ❖ Relación  $A_a/A_{1 \text{ filtro}} =$  13,8
  - ❖ Valor adoptado: 14
- Tiempo total que permanece el filtro fuera de operación durante el lavado 20 min

#### • Resultados

- Durante la filtración
  - ❖  $U_f$  = velocidad media de filtración de un filtro (en este caso el N° 1) en cada una de las carreras que componen un ciclo (entre dos limpiezas sucesivas de esa unidad) (m/d) (1 ciclo tiene 8 carreras en cada filtro)

De acuerdo al cálculo se tiene:

$U_{f1} = 448 \text{ m/d}$  (carrera N° 1)

$U_{f2} = 399 \text{ m/d}$  (carrera N° 2)

$U_{f3} = 353 \text{ m/d}$  (carrera N° 3)

$U_{f4} = 310 \text{ m/d}$  (carrera N° 4)

$U_{f5} = 271 \text{ m/d}$  (carrera N° 5)

$U_{f6} = 236 \text{ m/d}$  (carrera N° 6)

$U_{f7} = 205 \text{ m/d}$  (carrera N° 7)

$U_{f8} = 177 \text{ m/d}$  (carrera N° 8)

- ❖ Funcionamiento – El filtro recién lavado inicia su carrera con la máxima velocidad de filtración de 448 m/d, irá adquiriendo valores intermedios (399, 353, ...) cada vez que otro filtro sea lavado y puesto nuevamente en operación, hasta concluir su carrera de filtración cuando esté funcionando con una velocidad de 177 m/d y el nivel de agua  $N_2$  se alcance en el canal común de alimentación a los filtros.
  - ❖ Aumento de nivel de  $N_1$  hasta  $N_2 = 0,140 \text{ m}$  (luego que el filtro recién lavado sea puesto en operación y el caudal afluente igual al caudal total efluente, se obtiene el nivel  $N_1$ , el cual subirá hasta  $N_2$  cuando el filtro más sucio de la batería debe ser retirado de operación para su lavado).
  - ❖ Las pérdidas de carga debidas a retención de impurezas en los filtros (o en un filtro durante su carrera de filtración) en el nivel  $N_2$  será de  $H_{r1} = 0,184 \text{ m}$  (filtro más limpio; poco mayor que la variación del nivel del agua entre  $N_1$  y  $N_2$  debido al almacenamiento);  $H_{r2} = 0,348 \text{ m}$ ;  $H_{r3} = 0,492 \text{ m}$ ;  $H_{r4} = 0,616 \text{ m}$ ;  $H_{r5} = 0,723 \text{ m}$ ;  $H_{r6} = 0,814 \text{ m}$ ;  $H_{r7} = 0,890 \text{ m}$ ;  $H_{r8} = 0,954$ .
  - ❖ Las pérdidas de carga en el medio filtrante limpio, sistema de drenaje, compuerta de entrada, tuberías y accesorios, vertedero de salida, etc., en cada filtro, en el nivel  $N_2$  podrán ser obtenidas sustrayendo los valores de las pérdidas de carga debidas a la retención de impurezas del valor de la carga hidráulica, 1,3 m.
- Durante el lavado (m/d) 480, 429, 380, 336, 294, 257, 223
- ❖ Aumento del nivel del agua de  $N_2$  a  $N_3$  durante el lavado de un filtro de la batería = 0,123 m (si no hubiera almacenamiento de 14 veces el área de un filtro aguas arriba de los filtros, el nivel de agua ascendería a 0,197 m de  $N_2$  hasta  $N_3$ , que será la condición más desfavorable considerada).
  - ❖ Las pérdidas de carga debidas a retención e impurezas en los filtros (o en un filtro durante su carrera de filtración) en el nivel  $N_3$  sean de  $H_{r1} = 0,197 \text{ m}$  (filtro más limpio, poco mayor que la variación del nivel de agua de  $N_2$  a  $N_3$ , debido al almacenamiento)  $H_{r2} = 0,374 \text{ m}$ ;  $H_{r3} = 0,530 \text{ m}$ ;  $H_{r4} = 0,666 \text{ m}$ ;  $H_{r5} = 0,784 \text{ m}$ ;  $H_{r6} = 0,884 \text{ m}$ ;  $H_{r7} = 0,969 \text{ m}$ .
  - ❖ Observación: nótese que las velocidades de filtración en los siete filtros restantes en operación aumentarán; el filtro más limpio, en valores absolutos, es el que presenta el mayor incremento de la velocidad de filtración.



**FILTRACIÓN CON TASA DECLINANTE CON ALMACENAMIENTO ADICIONAL DE AGUA**

Valores literales en la ecuación general de pérdida de carga

$$ax^2 + bx^j + cx^l + dx^m + ex + g'$$

Coeficiente "a": 0.0000004156  
 Coeficiente "b": 0.000000041  
 Exponente "j": 2  
 Coeficiente "c": 0.000005516  
 Exponente "l": 1.85  
 Coeficiente "d": 0.002643  
 Exponente "m": 0.667  
 Coeficiente "e": 0.000948  
 Coeficiente "g'": 0

Número de filtros: 8  
 Área de almacenamiento t(NF): 14  
 Tasa media de filtración (m³/m²día): 300  
 Carga hidráulica disponible (m): 1.3  
 Operación de lavado (min): 20  
 DH0:

Figura  
 Imprimir  
 Atrás  
 Aceptar

**Resultados TASAS Y NIVELES DURANTE LA OPERACIÓN (Hoja 1)**

Tmax [m/día]:	448.4372	TMed [m/día]:	300.0000	TMax/TMed:	1.4948
N1:	1.1602	N2:	1.3000	N2-N1:	0.1398

Filtro	Tasa (m/día)	Pérdida de carga (m)	Coeficiente
1	448.4372	0.1840	0.0004
2	399.0702	0.3478	0.0009
3	352.8592	0.4915	0.0014
4	310.2712	0.6162	0.0020
5	271.3477	0.7229	0.0027
6	236.3104	0.8136	0.0034
7	205.0551	0.8900	0.0043
8	177.4159	0.9540	0.0054

Atrás  
 Lavado  
 Imprimir

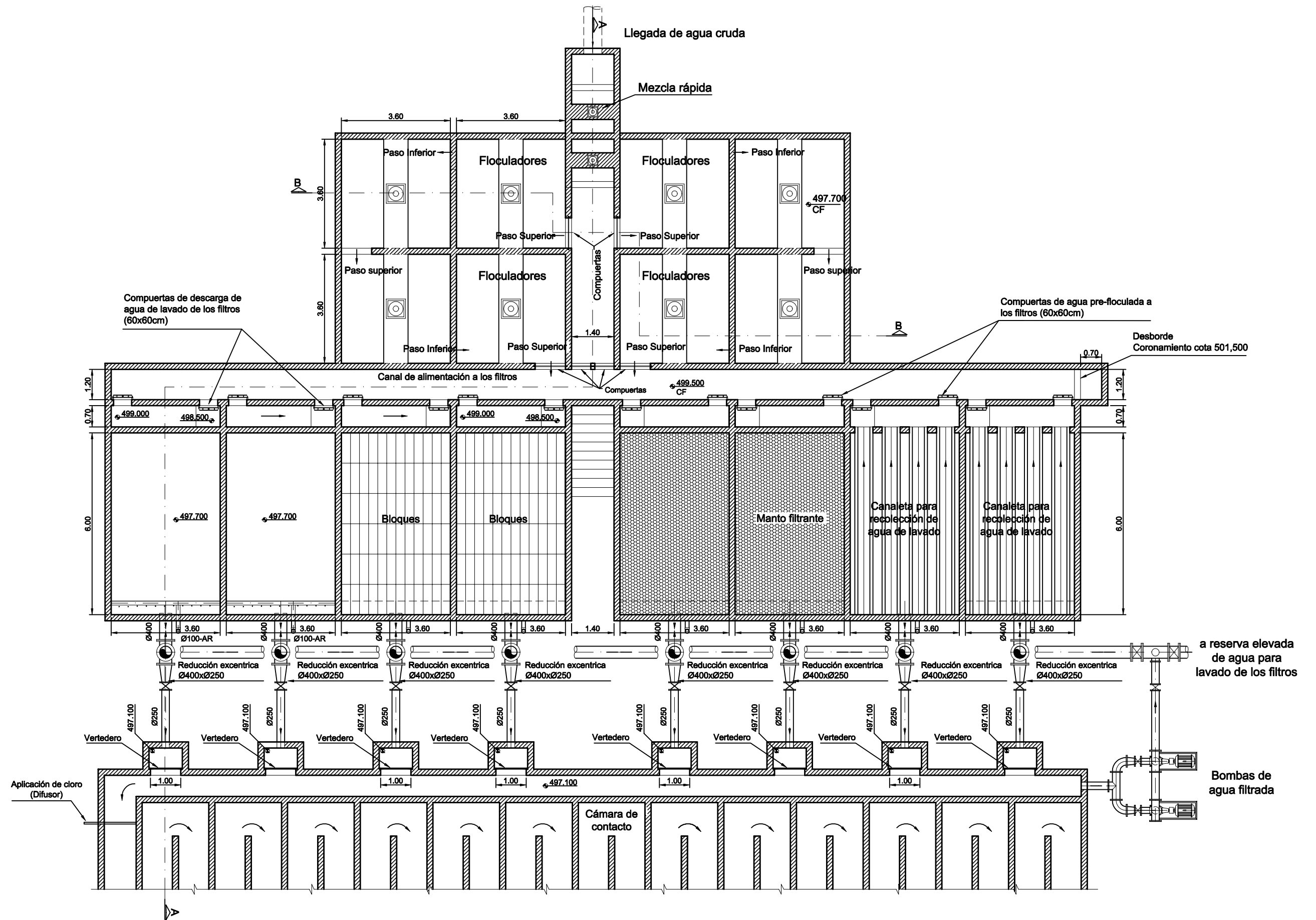


**Resultados TASAS Y NIVELES DURANTE EL LAVADO (Hoja 1)**

Tmax (m/día):	480.0533	TMed (m/día):	342.8571	TMax/TMed:	1.6002
N2:	1.3000	N3:	1.4232	N3-N2:	0.1232

Filtro	Tasa (m/día)	Pérdida de carga (m)	Coefficiente
1	480.0533	0.1970	0.0004
2	428.7697	0.3737	0.0009
3	380.4602	0.5300	0.0014
4	335.5571	0.6664	0.0020
5	294.3374	0.7842	0.0027
6	256.8438	0.8843	0.0034
7	223.2855	0.9691	0.0043

Filtros

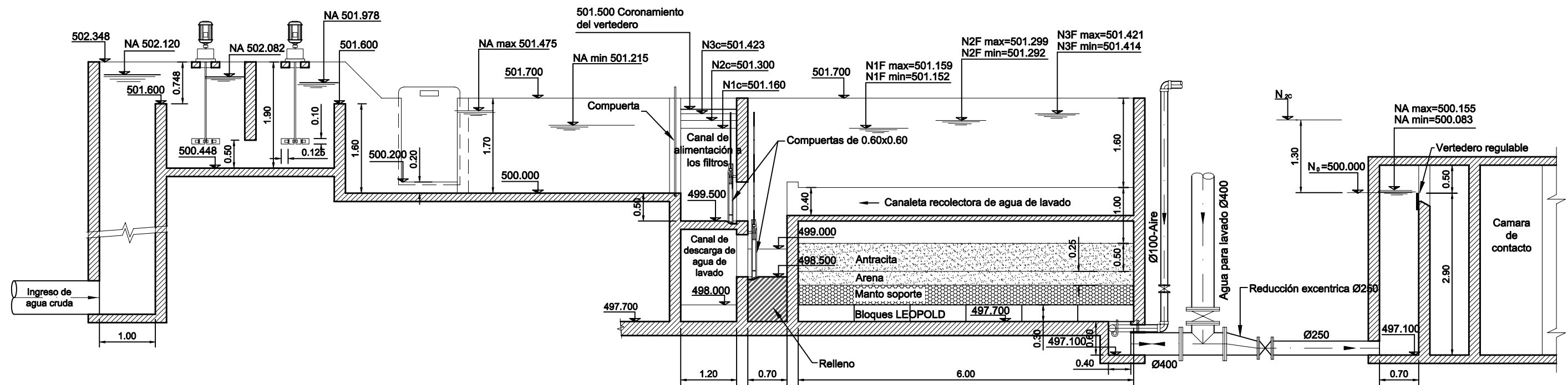


NOTAS:

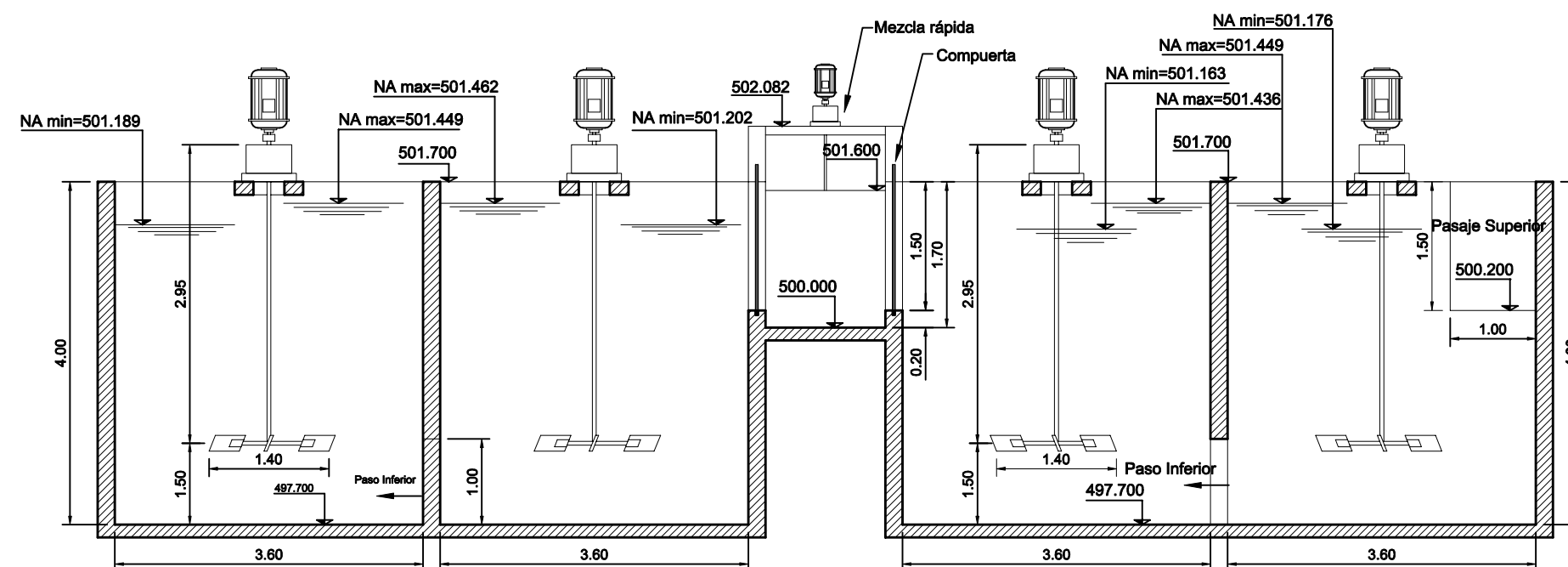
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
TITULO:		Proy.	N° 1
Planta de potabilización de agua Filtración directa descendente caudal 600 l/s Planta		Dibujo	Fecha
		Ing.Proy.	Escala
			HOJA 1.de.2



CORTE - AA



CORTE - BB

NOTAS:



PODER EJECUTIVO NACIONAL  
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE  
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

TITULO: Planta de potabilizacion de agua  
Filtración directa descendente caudal 600 l/s  
Cortes

Proy.	N° 2	HOJA
Dibujo	Fecha	
Ing.Proy.	Escala: 1:75	

2.de..2

REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO