

**PLANILLAS DE CÁLCULO DEL RE
DISEÑO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DE SAN JACINTO.**

Dimensionamiento

Caudal a tratar:	160	L/s
Nº de unidades:	2	
Caudal de cada unidad:	80	L/s

0,08	m ³ /s
------	-------------------

Para el diseño del siguiente floculador se toma como parámetro de diseño el caudal y consideramos los siguientes datos recomendados en la literatura de referencia (CEPIS).

Tiempo de residencia 1= 15 min Velocidad en primer tramo= 0,3 m/s

Tiempo de residencia 2= 20 min Velocidad en segundo tramo=0,2 m/s

t ₁ =	8,00	min	Para el tramo 1
t ₂ =	8,50	min	Para el tramo 2
t ₃ =	9,00	min	Para el tramo 3
v ₁ =	0,20	m/s	Para el tramo 1
v ₂ =	0,15	m/s	Para el tramo 2
v ₃ =	0,10	m/s	Para el tramo 3

Cálculo del área de flujo en los canales

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A_1 = 0,400 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,533 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0,8 \text{ m}^2$$

Altura de agua en la unidad

$$H_1 = 1,00 \text{ m}$$

$$H_2 = 1,06 \text{ m}$$

$$H_3 = 1,14 \text{ m}$$

Separación mínima entre pantallas

$$\text{Min. } 0,45 \text{ m} \quad a_1 = 0,40 \text{ m}$$

$$a_2 = 0,50 \text{ m} \quad a_3 = 0,70 \text{ m}$$

Por aspectos constructivos y de limpieza adoptamos a = 0,40 m

$$a_1 = 0,40 \text{ m} \quad a_2 = 0,50 \text{ m} \quad a_3 = 0,7 \text{ m}$$

Recalcando la velocidad

$$v_1 = 0,20 \text{ m/s} \quad (0,1 - 0,6) \text{ m} \quad v_2 = 0,15 \text{ m/s} \quad v_3 = 0,10 \text{ m/s}$$

Cálculo de la longitud recorrida por la partícula

D) LONGITUD DE CANALES (l)

$$l = V \times T \times 60$$

T = PERIODO RETENCIÓN DE CADA TRAMO

1.2 TIEMPO DE RETENCIÓN (T)

1) DETERMINACION

AWWA 20' - 60'

GOMELLA 15' - 30' (PREFERENTEMENTE EN FORMA EXPERIMENTAL)

$$L_{tot} = L_1 + L_2 \quad (3)$$

$$t_1 = 8,00 \text{ min}$$

$$480 \text{ sg}$$

$$t_2 = 8,50 \text{ min}$$

sg

$$t_3 = 9 \text{ min} \quad 540 \text{ s}$$

$$Lc_1 = 96 \text{ m}$$

$$Lc_2 = 77 \text{ m}$$

$$Lc_3 = 54 \text{ m}$$

$$Lt = 227 \text{ m}$$

E) NUMERO DE CANALES EN CADA TRAMO (N)

$$N = \frac{l}{B}$$

$$N = Lc/B$$

$$B_1 = 3,60 \text{ m}$$

$$B_2 = 3,50 \text{ m}$$

$$B_3 = 3,50 \text{ m}$$

$$N_1 = 26,67$$

redondeamos: 28

$$N_2 = 21,99$$

redondeamos: 22

$$N_3 = 15,47$$

16

F) CRITERIOS PARA ADOPTAR (B)

$$B = n \times b + d$$

n = NUMERO DE LAMINAS DE A.C. DE LONGITUD (b)

d = ANCHO DE LAS VUeltas (RECOMENDABLE d = 1.5a)

$$\begin{array}{l} n_1 = 1 \\ d_1 = 0,6 \text{ m} \\ b_1 = 3,00 \text{ m} \end{array}$$

$$B_1 = 3,60 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} n_2 = 1 \\ d_2 = 0,75 \text{ m} \\ b_2 = 2,75 \text{ m} \end{array}$$

$$B_2 = 3,50 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} n_3 = 1 \\ d_3 = 1,05 \text{ m} \\ b_3 = 2,45 \text{ m} \end{array}$$

$$B_3 = 3,5 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} e = 0,025 \\ a_1 = 0,40 \\ N_1 = 28 \end{array}$$

m espesor de lámina (o tabique)
m ancho de canal canal
can. Número de canales en un tramo

$$\begin{array}{l} e = 0,025 \\ a_2 = 0,50 \\ N_2 = 22 \end{array}$$

m
m
can.

$$L = 11,9 \text{ m}$$

$$L = 11,55$$

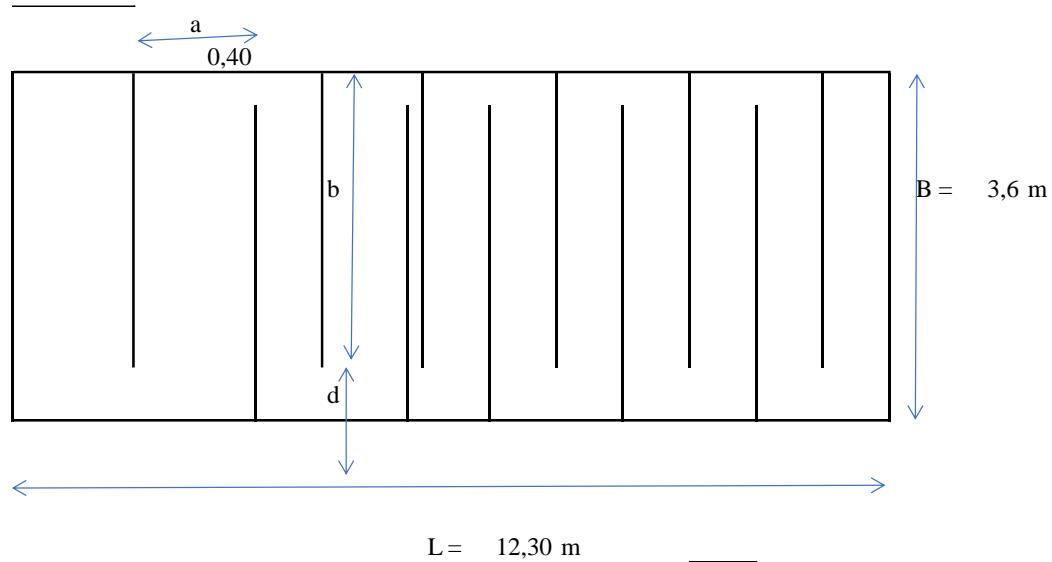
$$L = 12,30 \text{ m}$$

$$0,75 \quad L = 12,30$$

$$\begin{array}{l} e = 0,025 \text{ m} \\ a_1 = 0,70 \text{ m} \\ N_1 = 16 \text{ can.} \end{array}$$

$$L = 11,6 \text{ m}$$

$$L = 12,30 \text{ m}$$



Pérdida de carga en las vueltas:

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$v_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,20 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,004 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = 14$$

$$H_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,057 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$v_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,15 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,002 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = 11$$

$$H_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,026 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$v_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,001 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = 8$$

$$H_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,008 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

Pérdida de carga en los canales:

$$\begin{aligned} n &= \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array} \\ A &= \begin{array}{|c|}\hline 0,4 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2 \\ P &= \begin{array}{|c|}\hline 2,4 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ R &= \begin{array}{|c|}\hline 0,167 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ v &= \begin{array}{|c|}\hline 0,20 \\ \hline\end{array} \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,006 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} n &= \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array} \\ A &= \begin{array}{|c|}\hline 0,53 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2 \\ P &= \begin{array}{|c|}\hline 2,62 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ R &= \begin{array}{|c|}\hline 0,202 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ v &= \begin{array}{|c|}\hline 0,15 \\ \hline\end{array} \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,002 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} n &= \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array} \\ A &= \begin{array}{|c|}\hline 0,798 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2 \\ P &= \begin{array}{|c|}\hline 2,98 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ R &= \begin{array}{|c|}\hline 0,268 \\ \hline\end{array} \text{ m} \\ v &= \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,0005 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,06 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,03 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,01 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$HT = \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

Caudal a tratar:	<table border="1"> <tr><td>160</td><td>L/s</td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td>L/s</td></tr> </table>	160	L/s	2		80	L/s
160	L/s						
2							
80	L/s						
Nº de unidades:							
Caudal de cada unidad:	<table border="1"> <tr><td>0,08</td><td>m³/s</td></tr> </table>	0,08	m ³ /s				
0,08	m ³ /s						

Para el diseño del siguiente floculador se toma como parámetro de diseño el caudal y consideramos los siguientes datos recomendados en la literatura de referencia (CEPIS).

Tiempo de residencia 1= 15 min Velocidad en primer tramo= 0,3 m/s

Tiempo de residencia 2= 20 min Velocidad en segundo tramo=0,2 m/s

t1 =	7,00	min	Para el tramo 1
t2 =	7,50	min	Para el tramo 2
t3	8	min	Para el tramo 3
v1 =	0,20	m/s	Para el tramo 1
v2 =	0,15	m/s	Para el tramo 2
v3	0,10	m/s	Para el tramo 3

Cálculo del área de flujo en los canales

a. hidrauli B) AREA DE LOS CANALES (A)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A_1 = 0,400 \quad m^2 \qquad A_2 = 0,533 \quad m^2 \qquad A_3 = 0,8 \quad m^2$$

C) ANCHO DE LOS CANALES (a)

$$a = \frac{A}{H}$$

H = ALTURA DE AGUA EN LA UNIDAD

$$H_1 = 1,00 \quad m \qquad H_2 = 1,06 \quad m \qquad H_3 = 1,15 \quad m$$

$$\text{Min. } 0.45 \text{ m} \quad a_1 = 0,40 \quad m \qquad a_2 = 0,50 \quad m \qquad a_3 = 0,70 \quad m$$

Por aspectos constructivos y de limpieza adoptamos a = 0,40 m

$$a_1 = 0,40 \quad m \qquad a_2 = 0,50 \quad m \qquad a_3 = 0,7 \quad m$$

Recalcando la velocidad

$$v_1 = 0,20 \quad m/s \qquad (0,1 - 0,6)m/s \qquad v_2 = 0,15 \quad m/s \qquad v_3 = 0,10 \quad m/s$$

$$t_1 = 7,00 \text{ min} \quad 420 \text{ sg} \qquad t_2 = 7,50 \text{ min} \quad \text{sg} \qquad t_3 = 8 \text{ min} \quad 480 \text{ sg}$$

$$L_{c1} = 84 \quad m \qquad L_{c2} = 68 \quad m \qquad L_{c3} = 48 \quad m$$

$$L_t = 200 \quad m$$

E) NUMERO DE CANALES EN CADA TRAMO (N)

$$N = \frac{L}{B}$$

$$N = Lc/B$$

B1 =	<input type="text" value="3,00"/> m	B2 =	<input type="text" value="3,00"/> m	B3 =	<input type="text" value="3,00"/> m
N1 =	<input type="text" value="28,00"/>	N2 =	<input type="text" value="22,64"/>	N3 =	<input type="text" value="15,90"/>
redondeamos:	<input type="text" value="28"/>	redondeamos:	<input type="text" value="22"/>	redondeamos:	<input type="text" value="16"/>

F) CRITERIOS PARA ADOPTAR (B)

$$B = n \times b + d$$

n = NUMERO DE LAMINAS DE A.C. DE LONGITUD (b)

d = ANCHO DE LAS VUeltas (RECOMENDABLE d= 1,5a)

n1 =	<input type="text" value="1"/>
d1 =	<input type="text" value="0,6"/> m
b1 =	<input type="text" value="2,40"/> m

n2 =	<input type="text" value="1"/>
d2 =	<input type="text" value="0,75"/> m
b2 =	<input type="text" value="2,25"/> m

n3 =	<input type="text" value="1"/>
d3 =	<input type="text" value="1,05"/> m
b3 =	<input type="text" value="1,95"/> m

$$B1 = m$$

$$B2 = m$$

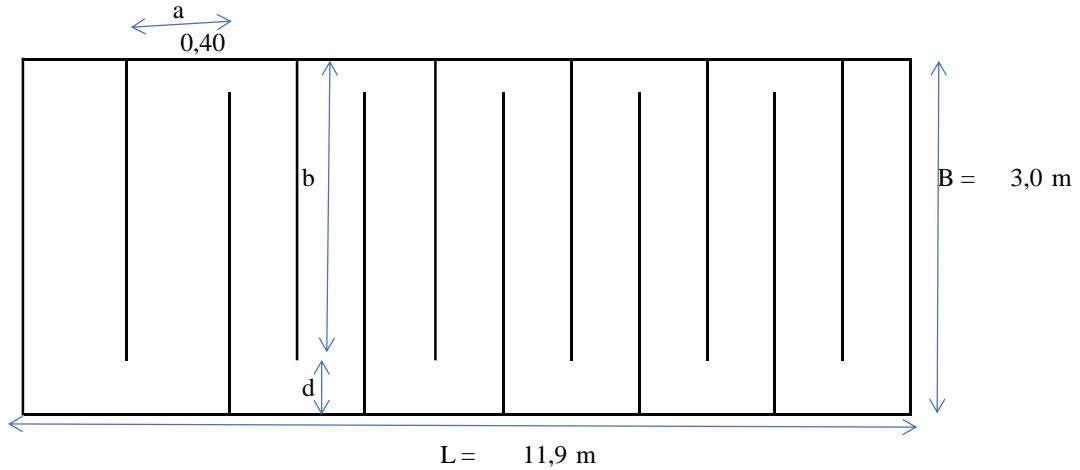
$$B3 = m$$

e =	<input type="text" value="0,025"/> m	espesor de lámina (o tabique)
a1 =	<input type="text" value="0,40"/> m	ancho de canal canal
N1 =	<input type="text" value="28"/> can.	Número de canales en un tramo

e =	<input type="text" value="0,025"/> m	espesor de lámina (o tabique)
a2 =	<input type="text" value="0,50"/> m	ancho de canal canal
N2 =	<input type="text" value="22"/> can.	Número de canales en un tramo de longi

$$L = m$$

$$L = m$$



Pérdida de carga en las vueltas:

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array}$$
$$v_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,20 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,004 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = \begin{array}{|c|}\hline 14 \\ \hline\end{array}$$

$$H_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,057 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array}$$
$$v_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,15 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,002 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = \begin{array}{|c|}\hline 11 \\ \hline\end{array}$$

$$H_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,026 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$k = \begin{array}{|c|}\hline 2 \\ \hline\end{array}$$
$$v_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,001 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$N = \begin{array}{|c|}\hline 8 \\ \hline\end{array}$$

$$H_1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,008 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

Pérdida de carga en los canales:

$$n = \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array}$$
$$A = \begin{array}{|c|}\hline 0,4 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2$$
$$P = \begin{array}{|c|}\hline 2,4 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$R = \begin{array}{|c|}\hline 0,167 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$v = \begin{array}{|c|}\hline 0,20 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,01 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$n = \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array}$$
$$A = \begin{array}{|c|}\hline 0,53 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2$$
$$P = \begin{array}{|c|}\hline 2,62 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$R = \begin{array}{|c|}\hline 0,202 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$v = \begin{array}{|c|}\hline 0,15 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,00 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$n = \begin{array}{|c|}\hline 0,012 \\ \hline\end{array}$$
$$A = \begin{array}{|c|}\hline 0,805 \\ \hline\end{array} \text{ m}^2$$
$$P = \begin{array}{|c|}\hline 3 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$R = \begin{array}{|c|}\hline 0,268 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$
$$v = \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m/s}$$

$$h_2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,00 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht1 = \begin{array}{|c|}\hline 0,06 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,03 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$ht2 = \begin{array}{|c|}\hline 0,01 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

$$HT = \begin{array}{|c|}\hline 0,10 \\ \hline\end{array} \text{ m}$$

Dimensionamiento

Caudal a tratar:

160	L/s
4	
40	L/s

Nº de unidades:

Caudal de cada unidad:

Carga superficial

CS	Carga superficial de sedimentación en m ³ /m ² d	83	m ³ /m ² d
Q	Caudal de diseño en m ³ /d	40	L/s
A	Área superficial en m ²	3456	m ³ /d

41,64

El valor de la carga superficial CS debe obtenerse en laboratorio o pruebas de campo y cuyo valor tendrá relación con un valor de eficiencia remocional deseable o la máxima turbiedad admisible por las unidades de filtración (razonable hasta 10 UNT).

$$A = 41,64 \text{ m}^2$$

Adoptamos

L =	5,35	m
B =	7,85	m

$$A = 42,00 \text{ m}^2$$

Velocidad promedio de flujo entre placas

$$V_o = \frac{Q}{A * \sin\theta}$$

V_o Velocidad promedio de flujo entre placas en m/s

Q Caudal de diseño en m³/s

0,040 m³/s

q Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa

55°

A Área superficial en m²

42,0 m²

$$v_o = 0,0012 \text{ m/s}$$

$$v_o = 0,1163 \text{ cm/s} < 1 \text{ cm/s}$$

$$v_o = 100,46 \text{ m/d}$$

Número de Reynolds

El número de Reynolds debe ser menor a 500 para garantizar el flujo en transición.

$$Re = \frac{V_0 * d}{\nu} ; \nu = \frac{497 * 10^{-6}}{(T + 42.5)^{15}}$$

Re	Número de Reynolds (adimensional)	
v ₀	Velocidad promedio del fluido en el sedimentador en m/d	100,46 m/d
d	Ancho del conducto o espaciamiento entre placas en m	0,06 m
T	temperatura del agua en °C	15
n	Viscosidad cinemática en m ² /s	1,70E-06

$$Re = 37,58 \quad \text{Flujo laminar}$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención es de 15 a 25 minutos en sedimentadores de placas.

$$l = 1,2 \text{ m}$$
$$v_0 = 100,46 \text{ m/d} \quad 0,0698 \text{ m/min}$$

$$t = \frac{l}{V_0}$$

$$t = 17,20 \text{ min}$$

Velocidad crítica de sedimentación:

$$V_{sc} = \frac{S_c V_0}{\text{Sen}\theta + L_c \text{Cos}\theta}$$

$$L_c = L - L' ; L = \frac{1}{d} ; L' = 0,013 * Re$$

d	Ancho del conducto o espaciamiento entre placas en m	0,06	m
Re	Número de Reynolds (adimensional)	37,58	

$$L = 21,8 \text{ m}$$

$$L'' = 0,49 \text{ m}$$

$$L_c = 21,3 \text{ m}$$

V ₀	Velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa o carga superficial en el área de sedimentación de alta	0,0698	m/s
q	Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa	55	°
Sc	Parámetro característico; igual a 1,0 para sedimentadores de placas paralelas	1	

Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{A}{b}$$

Ls	Longitud de sedimentación en m	
A	Área superficial en m ²	42,00 m ²
b	Ancho del sedimentador en m; asumido por el	7,85 m

$$L_s = 5,35 \text{ m}$$

Número de placas por módulo

$$N = \frac{L_s \operatorname{Sen}\theta + d}{d + e}$$

N	Número de placas por módulo	
Ls	Longitud de sedimentación	5,35 m
q	Ángulo de inclinación de las placas en (°)	55 °
d	Separación entre placas en (de eje a eje)	0,055 m
e	Espesor de las placas	8,8 mm
		0,0088 m

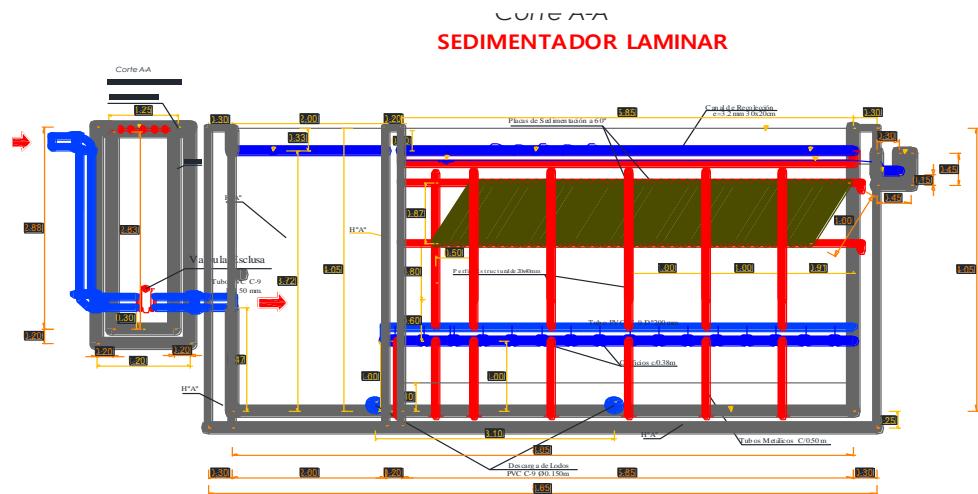
$$N = 70 \text{ pzas}$$

Tiempo de retención hidráulica total

Q =	0,04	m ³ /s
Area =	42,00	m ²
H =	5	m

$$t = V/Q$$

Adoptamos en función de las necesidades



Vol Total = 209,99 m³

$$t = \boxed{5250} \text{ sg}$$

t = 1,46 hr de 2 a 4 hr

Sedimentador N°2

Dimensionamiento

Caudal a tratar:

160	L/s
4	
40	L/s

Nº de unidades:

Caudal de cada unidad:

Carga superficial

$$CS = \frac{Q}{A}$$

CS Carga superficial de sedimentación en m³/m²d

Q Caudal de diseño en m³/d

A Área superficial en m²

40	L/s
----	-----

84	m ³ /m ² d
3456	m ³ /d
41,14	m ²

El valor de la carga superficial CS debe obtenerse en laboratorio o pruebas de campo y cuyo valor tendrá relación con un valor de eficiencia remocional deseable o la máxima turbiedad admisible por las unidades de filtración (razonable hasta 10 UNT).

A =	41,14	m ²
-----	-------	----------------

Adoptamos

L =	5,30	m
B =	7,85	m

A =	41,61	m ²
-----	-------	----------------

Velocidad promedio de flujo entre placas

$$V_o = \frac{Q}{A * \sin \theta}$$

V_o Velocidad promedio de flujo entre placas en m/s

Q Caudal de diseño en m³/s

q Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa

A Área superficial en m²

0,040	m ³ /s
55	°
41,6	m ²

v _o =	0,0012	m/s
------------------	--------	-----

v _o =	0,1174	cm/s
------------------	--------	------

< 1 cm/s

v _o =	101,41	m/d
------------------	--------	-----

Número de Reynolds

El número de Reynolds debe ser menor a 500 para garantizar el flujo en transición.

$$Re = \frac{V_o * d}{\nu} \quad \nu = \frac{497 * 10^{-6}}{(T + 42,5)^{1,5}}$$

Re	Número de Reynolds (adimensional)	
v_o	Velocidad promedio del fluido en el sedimentador en m/d	101,41 m/d
d	Ancho del conducto o espaciamiento entre placas en m	0,06 m
T	temperatura del agua en °C	15
ν	Viscosidad cinemática en m ² /s	1,70E-06

Re = 37,93 Flujo laminar

Tiempo de retención

Los valores máximos estarán entre 15 a 25 minutos en sedimentadores de placas.

$$l = 1,2 \text{ m}$$

$$v_o = 101,41 \text{ m/d} \quad [0,0704 \text{ m/min}]$$

$$t = \frac{l}{v_o}$$

$t =$ 17,04 min

Velocidad crítica de sedimentación:

$$V_{sc} = \frac{S_c V_o}{\sin \theta + L_c \cos \theta}$$

$$L_c = L \cdot L' \quad ; \quad L = \frac{l}{d} \quad L' = 0,013 * Re$$

v_o	Velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa o carga superficial en el área de sedimentación de alta tasa	
q	Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa	
Sc	Parámetro característico; igual a 1,0 para sedimentadores de placas paralelas	

101,41	m/d
55	°
1	

El valor Vsc es comparable con la carga convencional superficial de diseño que para flóculos de sulfato de aluminio que es de 14 – 22 m/d

Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{A}{b}$$

Ls	Longitud de sedimentación en m	
A	Área superficial en m ²	41,61 m ²
b	Ancho del sedimentador en m; asumido por el proyectista	7,85 m

$$L_s = 5,30 \text{ m}$$

Número de placas por módulo

$$N = \frac{L_s \operatorname{Sen}\theta + d}{d + e}$$

N	Número de placas por módulo	
Ls	Longitud de sedimentación	5,30 m
q	Ángulo de inclinación de las placas en (°)	55 °
d	Separación entre placas en (de eje a eje)	0,055 m
e	Espesor de las placas	0,01 m

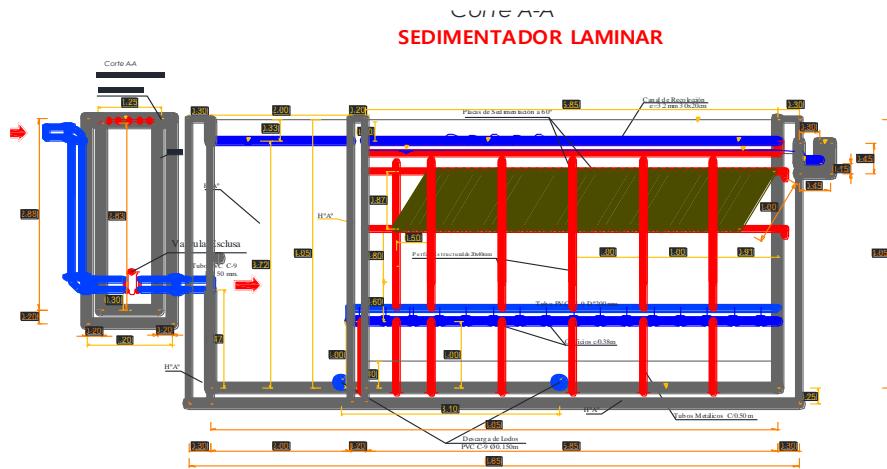
$$N = 68 \text{ pzas}$$

Tiempo de retención hidráulica total

$$\begin{array}{l|l} Q = & 0,04 \text{ m}^3/\text{s} \\ \hline \text{Area} = & 41,61 \text{ m}^2 \\ \hline H = & 5 \text{ m} \end{array}$$

$$t = V/Q$$

Adoptamos en función de las necesidades



$$\text{Vol Total} = 208,03 \text{ m}^3$$

$$t = 5200,63 \text{ sg}$$

Diseño de sedimentador N° 3

Dimensionamiento

Caudal a tratar:	160	L/s
Nº de unidades:	4	
Caudal de cada unidad:	40	L/s

Carga superficial

CS	Carga superficial de sedimentación en m ³ /m ² d	98	m ³ /m ² d
Q	Caudal de diseño en m ³ /d	40	L/s
A	Área superficial en m ²	3456	m ³ /d

El valor de la carga superficial CS debe obtenerse en laboratorio o pruebas de campo y cuyo valor tendrá relación con un valor de eficiencia remocional deseable o la máxima turbiedad admisible por las unidades de filtración (razonable hasta 10 UNT).

$$A = 35,27 \text{ m}^2$$

Adoptamos

L =	4,50	m
B =	7,85	m

$$A = 35,33 \text{ m}^2$$

Velocidad promedio de flujo entre placas

$$V_o = \frac{Q}{A * \sin\theta}$$

V _o	Velocidad promedio de flujo entre placas en m/s	0,040	m ³ /s
Q	Caudal de diseño en m ³ /s	55	°
q	Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa	35,3	m ²
A	Área superficial en m ²		

$$v_o = 0,0014 \text{ m/s}$$

$$v_o = 0,1382 \text{ cm/s} < 1 \text{ cm/s}$$

$$v_o = 119,43 \text{ m/d}$$

Número de Reynolds

El número de Reynolds debe ser menor a 500 para garantizar el flujo en transición.

$$Re = \frac{V_0 * d}{\nu} ; \nu = \frac{497 * 10^{-6}}{(T + 42.5)^{1.5}}$$

Re	Número de Reynolds (adimensional)
v ₀	Velocidad promedio del fluido en el sedimentador en m/d
d	Ancho del conducto o espaciamiento entre placas en m
T	temperatura del agua en °C
n	Viscosidad cinemática en m ² /s

119,43	m/d
0,055	m
15	
1,70E-06	

$$Re = 44,68 \quad \text{Flujo laminar}$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención es de 15 a 25 minutos en sedimentadores de placas.

$$l = 1,2 \text{ m}$$
$$v_0 = 119,43 \text{ m/d} \quad 0,0829 \text{ m/min}$$

$$t = \frac{l}{V_0}$$

$$t = 14,47 \text{ min}$$

Velocidad crítica de sedimentación:

$$V_{sc} = \frac{S_c V_0}{\operatorname{Sen}\theta + L_c \operatorname{Cos}\theta}$$

$$L_c = L - L' ; L = \frac{1}{d} ; L' = 0,013 * Re$$

d	Ancho del conducto o espaciamiento entre placas en m	0,055 m
Re	Número de Reynolds (adimensional)	44,68

$$L = 21,8 \text{ m}$$

$$L'' = 0,58 \text{ m}$$

$$L_c = 21,2 \text{ m}$$

V₀ Velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa o carga superficial en el área de sedimentación de alta

q Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa

S_c Parámetro característico; igual a 1,0 para sedimentadores de placas paralelas

0,0829 m/s

55 °

1

L_c Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en flujo laminar,

L Longitud relativa del sedimentador (adimensional)

l = longitud recorrida a través del elemento

V_{sc} velocidad crítica de asentamiento o carga superficial de sedimentación de alta tasa

21,24 m

21,82 m

1,20 m

$$V_{sc} = 0,00638 \text{ m/s} \quad 551,22 \text{ m/d}$$

El valor V_{sc} es comparable con la carga convencional superficial de diseño que para flóculos de sulfato de aluminio que es de 14 – 22 m/d

Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{A}{b}$$

L_s Longitud de sedimentación en m

A Área superficial en m²

b Ancho del sedimentador en m; asumido por el

35,33 m²

7,85 m

$$L_s = 4,50 \text{ m}$$

Número de placas por módulo

$$N = \frac{L_s \sin\theta + d}{d + e}$$

N	Número de placas por módulo		
Ls	Longitud de sedimentación	4,50	m
q	Ángulo de inclinación de las placas en (°)	55	°
d	Separación entre placas en (de eje a eje)	0,055	m
e	Espesor de las placas	10	mm
		0,01	m

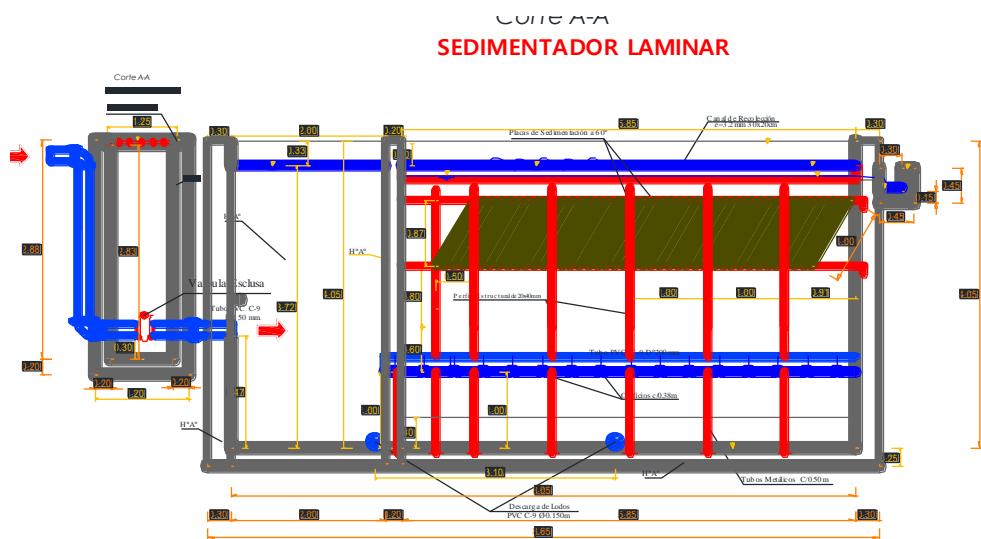
N = 58 pzas

Tiempo de retención hidráulica total

Q =	0,04	m ³ /s
Area =	35,33	m ²
H =	5	m

t = V/Q

Adotamos en función de las necesidades



Vol Total = 176,625 m³

t = 4415,63 sg

t = **1,23** **hr** de 2 a 4 hr

Planillas de cálculo de re diseño de los filtros

Filtración Rápida en Arena (FRA) (Tasa constante)

$$Q = \boxed{160} \text{ l/s} \quad \boxed{0,16} \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal}$$

Tasa de filtración

$$V_f: 120 - 600 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$$

De no ser posible acceder a ensayos de columna de filtración o filtros piloto, las tasas máximas de filtración serán:

Para filtro con medio simple (arena): $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$
Para filtro con medio dual (arena y antracita): $360 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$

Área de filtración requerida

$$A_T = \frac{Q}{V_f}$$

$$Q = \boxed{0,160} \text{ m}^3/\text{s} \quad \boxed{13824} \text{ m}^3/\text{d}$$

vf = $\boxed{285} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ filtro con medio dual (arena y antracita)

$$A_f = \boxed{48,5} \text{ m}^2$$

Número de unidades

$$N = \sqrt{\frac{A_T}{3}}$$

$$N = \boxed{4,02} \text{ unidades}$$

Adoptamos: $N = \boxed{8}$ unidades

Área de cada unidad

$$A_u = \boxed{6,1} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} B &= \boxed{1,85} \text{ m} \\ L &= \boxed{3,3} \text{ m} \\ A_u &= \boxed{6,11} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Descripción	Altura (m)
-------------	------------

Altura de fondo falso	0,50 - 0,50
Altura capa soporte (incluyendo viguetas)	0,50 - 0,50
Altura de arena	0,30 - 0,35
Altura de antracita	0,45 - 0,50
Altura mínima de agua (sobre el nivel de arena)	1,25 - 1,35
Altura máxima de agua (sobre el nivel mínimo)	1,60 - 1,70
Altura de seguridad	0,40 - 0,40
Altura total	5,0 - 5,30



Planilla de cálculo del diseño de cloración

Nº	Datos	Criterios	Resultados
1	Caudal de diseño Q = 80 L/s	$q = Q D_M / C$	Caudal mínimo de agua requerido para la operación del inyector q= 6,86E-05 m ³ /s
	Dosis maxima D _{max} 3 mg/L		q= 0,069 L/s
	Concentracion de la solucion C = 3500 mg/L		
2	Capacidad requerida del equipo	$W = Q D_M$	Capacidad requerida del equipo W= 864 g/h
3	Seleccionamos el equipo que nos pueda dar la capacidad requerida W _{max} = 1400 g/hr		Capacidad mínima del clorador W _{min} = 70 g/hr
4	Velocidad en la tubería de alimentación de agua v = 0,9 m/s	$A = q / V$	Área de la tubería A = 0,000076 m ²
5	Longitud de la tubería de alimentación de agua L= 3 m	$\phi = \sqrt{4 A / \pi}$	D = 0,0098 m D = 0,4 pulg D = 0,5 pulg
6	Coeficiente de friccion f = 0,03	$H_f = f L / \phi \cdot V^2 / 2g$	Pérdidas de carga por friccion hf = 0,29 m
7	Pérdida de carga total po accesos k = 4,45	$H_m = KV^2 / 2g$	Pérdidas de carga menores hl = 0,18 m
8	Presión requerida por el inyector h = 30 m	$H = h + H_f + H_m$	Carga dinámica total H = 30,48 m
9	Peso específico del agua PE = 1000 kg/m ³ Efic = 0,85	$P = \delta q \cdot H / 75E$	Potencia requerida de la bomba P = 0,03 HP
10	Tiempo de contacto T = 25 min	$Vol. R = QT$	Vol = 120,00 m ³
11		dimensiones de la cámara de contacto:	b = 3,2 m L = 15 m H = 2,5 m V = 120 m ³

**MANUAL DE OPERACIONES Y
MANTENIMIENTO DE AGUA
POTABLE DE SAN JACINTO.**

MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE AGUA POTABLE DE SAN JACINTO

1. INTRODUCCIÓN

En el presente manual se describen acciones de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de San Jacinto, operada por la Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija (COSAALT R.L.). que debe ser ejecutada por el personal responsable de velar por el buen funcionamiento de las instalaciones de la planta, para garantizar que se obtengan los resultados esperados de dichos sistemas y prolongar al máximo la vida útil de las estructuras.

El manual está dirigido especialmente al personal encargado de las labores de operación y mantenimiento indicándole para cada unidad los aspectos que deben ser revisados, las acciones de operación y mantenimiento y la forma de registrar el resultado de las actividades rutinarias con el fin de verificar la validez de los procedimientos de los procesos.

Es de vital importancia que este manual sea conocido por parte de todo el personal que desempeñe labores de dirección y/o supervisión de las actividades de operación y mantenimiento, de esta forma se le facilitará y hará más efectiva su tarea, puesto que indica los aspectos sobre los cuales debe centrar las actividades de supervisión del personal bajo su mando; aspectos que a la vez son los mismos que debe observar para verificar y controlar la diligencia y eficacia con las que dicho personal está desempeñando las funciones que le han sido encomendadas.

La planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) requiere para su funcionamiento una serie de actividades integrales que permiten establecer una rutina de operación y mantenimiento adecuada.

Es importante anotar que el pilar de este documento lo rige el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y las nuevas normas del

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, complementado con bibliografía existente al respecto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un documento de consulta y orientación para las personas que operan y brindan mantenimiento a la planta de tratamiento de agua potable de San Jacinto.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proporcionar los conocimientos básicos para la operación y mantenimiento adecuado a la infraestructura e instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable, para garantizar la vida útil de las estructuras.

Establecer procedimientos adecuados para el mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.

Brindar orientación a los operarios y jefes de planta en el adecuado funcionamiento de estas.

Presentar una herramienta para dar solución a problemas específicos que se presenten en la operación y mantenimiento a las diferentes instalaciones equipos y accesorios de las plantas de tratamiento.

3. DEFINICIONES

Acueducto: Sistema de abastecimiento de agua para una población.

Aducción: Conducción a través de la cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión desde la bocatoma hasta un tanque desarenador.

Agua Cruda: Agua superficial o subterránea en estado natural que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Agua Potable: Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y

Microbiológicos.

Análisis Físico-Químico Del Agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para determinar sus características físicas y químicas.

Análisis Microbiológico Del Agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Cloración: Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

Cloro Residual: Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Control De Calidad Del Agua Potable: Análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la norma boliviana NB 512, Requisitos para el control de calidad de agua para el consumo humano.

Dosificación: Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

Ensayo De Jarras: Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta.

Fuente De Abastecimiento De Agua: Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Lecho Filtrante: Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo a una rata determinada.

Lodo (En Potabilización): Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento.

Macro medición: Sistema de medición de volumen de agua, destinado a la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de los datos operacionales relativos a los flujos, volúmenes, presiones y niveles en sistemas de abastecimiento de agua potable.

Micro medición: Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

Planta De Tratamiento De Agua Potable (PTAP): Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Tiempo De Contacto Para La Desinfección: Tiempo que demora la mezcla total del agua con el desinfectante, desde el punto de aplicación hasta el punto donde se mide la concentración residual del mismo.

Tratamiento: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan al agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas por la NB 512 y la NB 689.

Tubería: Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La planta de tratamiento de San Jacinto de tecnología apropiada, cuenta con una capacidad de tratamiento de 160l/s y está ubicada en el barrio Miraflores, Tarija, Bolivia. Esta planta consta de:

4.1.Unidad de mezcla de químicos

Función

En esta unidad se realiza el preparado de los químicos para facilitar la eliminación de los sólidos en suspensión que contiene el agua y los elementos químicos utilizados son sulfato de aluminio y cal de acuerdo a la turbiedad se dosifica los mismos y se prepara en esta unidad y es adicionado al agua en el canal Parshall para la mezcla rápida.

Descripción

Control de procesos de coagulacion-floculacion

Las variaciones de la calidad de agua en el periodo de lluvias determinan las modificaciones que el operador de la planta debe efectuar en las dosis de los coagulantes utilizados, para lo que se requiere efectuar prueba de jarra determinando la dosis optimas de les coagulantes, la corrección del ph o utilización de polimeros que pueden reducir los costos operativos significativamente.

El laboratorio de la planta cuenta un equipo de pruebas de jarras de te vaso de 2 litros.

Operación

Para efectuar estos ensayos se debe preparar los reactivos en concentraciones estalles, en el caso del sulfato de aluminio y cal preparada con una concentración de 10% luego antes de utilizar en la prueba de jarra diluir a. 1%, cc igual forma la cal, para preparar estas muestras se pesa 10 gramos se le agrega agua destilada hasta completar 100ml, se agita por algunos minutos luego se toma 10ml de la solución y se vuelve a diluir con agua destilada completando los 100ml. Obteniendo la concentración de 1% con los que se realiza los ensayos de prueba de jarras. Y se realiza su dosificación mediante siguiente formula

$$Q \times D/C$$

Donde:

q= Caudal de solución de insumo

Q= Caudal de producción D-Dosis Optima de aplicación

C=Concentración de sotución (2%)

Ejemplo:

$$q=851/sx\ 20\ mg/l/20,000\ mg/l = 0.085\ l/s\ 425.00\ ml\ en\ 5\ segundos.$$

Este caudal debe ser aforado en el punto de dosificación. mediante el retiro manual del tubo difusor y la colección de solución de sulfato de aluminio.

- Determinación de la dosis óptima

Se llenan los 5 vasos con el agua de la fuente, determinar la dosis para cada vaso de tal que la dosis optima no sea el último vaso, es decir espaciar la dosificación entre vasos con la finalidad de tener una curva completa. Con la experiencia o información histórica se tendrá la curva Turbiedad vs Dosis óptima

- Procedimientos:

Agite las paletas del floculador a 6 cm. de la base Programar el floculador con 100 rpm por un minuto, luego bajar las revoluciones a 40 rpm por minuto.

Enrasar todos los vasos en 2 litros la dosis para cada vaso en los depósitos de 20 2 mi usando jeringas de inyección

Colocar simultáneamente la dosis en cada vaso en los primeros segundos con 100.

Observar el tiempo de Formación de los microfloculos y registrar.

Tomar la muestra a 6 cm. por debajo de la superficie del agua de cada vaso

Tomar la turbiedad, pH, Alcalinidad y color del agua del río y de cada muestra

La prueba de jarras para determinar la dosis óptima deberá ser ejecutada todos los días en el periodo de lluvias y semanalmente en el periodo de estiaje, cuando existan variaciones importantes de turbiedad, el operador de la planta debe estar familiarizado con el procedimiento, así como con los criterios de evaluación de los resultados. Los ensayos obtenidos en la prueba de jarras no son iguales por tanto se debe comparar y determinar un coeficiente que puede ser útil para perfeccionar nuestros procedimientos.

Mantenimiento

Verificar el buen estado y funcionamiento de los equipos utilizados para su utilización y eficiencia óptima.

4.2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA

Descripción

El agua llega mediante bombeo del Lago San Jacinto, ingresando a la Planta a través de un canal de hormigón que tiene una rampa donde se produce el resalto hidráulico, que permite tener una mezcla rápida, es decir se añaden los químicos ya diluidos mediante una agitación rápida para producir una mezcla homogénea con el agua, el sulfato de aluminio desestabiliza la carga eléctrica de las partículas sólidas en suspensión, a este proceso lo llamamos coagulación.

Posteriormente el agua coagulada es dirigida a través de un canal hacia la unidad de floculación.

Función

Adicionar la cantidad necesaria de sulfato de aluminio y aprovechando el resalto hidráulico tener una mezcla homogénea del coagulante.

Operación

- Verificar que el resalto hidráulico se esté produciendo de manera correcta.
- Verificar que la adición de los coagulantes se dé de manera eficiente.

Mantenimiento

Se debe realizar lavado de la estructura cada 3 meses.

Las actividades a seguir para el lavado son:

- Usar guantes para la limpieza y desinfección. Alistar cepillos, escobas, baldes, rodillos, hidrolavadora o cualquier otro elemento que se requiera.

Verificar el buen estado de la tubería de dosificación.

4.3. UNIDAD DE FLOCULACIÓN

Descripción

Existen 2 floculadores hidráulicos de 3 compartimientos cada uno. Un floculador tiene dimensiones de 12,3 m de largo, 3,5 m de ancho y 1,5 m de profundidad, y el

otro de 12,3 m de largo, 3,0 m de ancho y 1,5 m de profundidad, para tratar los 160 l/s.

Desde la unidad de mezcla rápida el agua es conducida por canal a la unidad de floculación, donde se dispone en su interior en total 102 pantallas de madera espaciadas entre 0.50 hasta 0.70 m.

El objetivo de esta unidad es permitir la formación de los flocs a ser precipitados en el sedimentador.

Función

Permitir que los pequeños flocs formados por la desestabilización eléctrica de los coloides, colisionen y se agrupen mediante el movimiento del agua en los bafles de tal manera que aumenten su tamaño y sea más fácil su sedimentación.

Operación

- Verificar que la dosificación que está ingresando sea la adecuada.
- Establecer en que parte de la unidad se está empezando a formar el floc.
- Llenar un vaso de vidrio con agua de la salida del floculador para verificar la formación de floc. Normalmente los flóculos comienzan a aparecer entre los 15 y 25 minutos.
- En caso de no formarse los flocs, indica que la mezcla o dosificación no son los adecuados.
- Constatar si se produce sedimentación en los últimos tramos del floculador.
- Retirar los sólidos de la superficie del agua.
- Vigilar que el nivel no exceda, ni baje del nivel normal de operación. En cualquiera de los casos la velocidad de paso se alterará lo cual afectaría la formación del flóculo.

Mantenimiento

Se debe realizar lavado de la estructura cada 3 meses.

Las actividades a seguir para el lavado son:

- Usar botas, casco y guantes para la limpieza y desinfección. Alistar cepillos, escobas, baldes, rodillos, hidrolavadora o cualquier otro elemento que se requiera.
- Cerrar manualmente las compuertas de entrada y de salida del agua.
- Abrir válvula de desagüe, para evacuar el agua.
- Retirar las pantallas.
- Con palas, cubetas, baldes y cepillos, remover los sedimentos del tanque, empujándolos hacia el drenaje y llevándolos fuera del lugar. Raspar el fondo del tanque y dejarlo completamente limpio.
- Enjuagar completamente el tanque antes de restaurar su funcionamiento.
- Se realiza limpieza a todas las pantallas, retirando todo el lodo presente en estos.
- Se colocan las pantallas nuevamente en la estructura.
- Terminado el proceso de lavado del floculador, los operarios de la planta cierran la válvula de desagüe y abren la compuerta de entrada del agua, permitiendo que se recupere el nivel y se procede a abrir la compuerta de salida de agua al resto de la planta.

4.4. UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN

Descripción

A la salida de la unidad de floculación, el agua es conducida por un canal a la unidad de sedimentación que contiene placas de PVC inclinadas para precipitar los flocs. El flujo es ascendente, donde varias tuberías perforadas conducen el agua clarificada en esta unidad y se transporta a la unidad de filtración.

Función

Remover las partículas con mayor densidad que el agua, que se formaron mediante el aglutinamiento de partículas en la floculación.

Operación

Verificar si están abiertas totalmente las compuertas de ingreso a los tres decantadores, el cierre parcial incrementa el gradiente de velocidad rompiendo los floculos. observar los tres decantadores, evaluar su aspecto general de aguas claras y presencia de flóculos, observar si todos los orificios de recolección están funcionando, reconocer que decantador trabaja mejor con volúmenes altos y cuales con volúmenes bajos, si hay re suspensión de floculos, efectuar la purga de los concentradores de lodos.

Para iniciar esta operación, cerrar la compuerta de ingreso al decantador y luego abrir la válvula de purga hasta que baje el nivel en el decantador unos 30 cm, a continuación, abrir la compuerta de ingreso al decantador lentamente, verificando durante las purgas el color del desagüe, si tiene aguas claras en poco tiempo, las tolvas de los lodos están vacías.

Se debe tener en cuenta que es frecuente la obstrucción de la purga de lodos, se recomienda en periodos de alta turbiedad purgar cada 4 horas, con baja turbiedad una vez por día y con aguas ciaras una vez por semana, en el periodo de estiaje una vez por mes.

El efluente del decantador debe ser objeto de determinación de turbiedad cada 2 horas y en ningún caso esta será mayor a 5 NTU. Esta información se debe registrar en el parte de operación.

La limpieza de las lonas de vinilo o vinilonas se debe efectuar por lo menos dos veces por año utilizando escobillas de poco peso.

Mantenimiento

Se debe realizar lavado de la estructura cada 3 meses.

La evacuación de lodos acumulados al fondo de esta unidad se debe realizar cada 2 días. Las actividades a seguir para el lavado son:

1. Cerrar manualmente las compuertas de entrada y de salida del agua.
2. Abrir válvula de desagüe, para evacuar toda el agua y sedimentos.
3. Con palas, cubetas, baldes y cepillos, remover los sedimentos hasta dejarlo completamente limpio.

4. Cerrar la válvula de desagüe y abrir las válvulas para llenar el tanque. Una vez limpia la estructura esta debe volver a sus funciones en cuanto sea llenado.

4.5. UNIDAD DE FILTRACIÓN

Descripción

La unidad de filtración es de flujo descendente, donde el agua sedimentada atraviesa una capa de antracita en un espesor de 50 cm, luego una capa de arena de 25 cm de espesor, seguido de una capa de grava de 25 cm, y finalmente el agua es captada con un fondo tipo Wheler para posteriormente pasar a la unidad de cloración o desinfección.

Función

Remover las partículas y microorganismos objetables, presentes en el agua que no han quedado retenidos en el proceso de coagulación y sedimentación.

Consiste en hacer pasar el agua con una determinada rata de filtración a través de un medio poroso de material granular.

Operación

Los filtros de tasa declinante no tienen equipos de control es decir no se conoce con exactitud, el caudal de filtración, la perdida de carga por colmatación del lecho filtrante, la turbiedad del efluente: pero si conocemos del total del agua filtrada: la turbiedad promedio, la perdida de carga promedio, la carrera promedio. Conociendo estos parámetros en conjunto, operamos nuestra planta, lavamos un filtro cuando la pérdida de carga promedio esta por rebasar el vertedero de seguridad, lo que registramos es la hora en que lavamos y por tanto lavamos el filtro que tiene la mayor carrera de filtración, donde nuestro indicador es el nivel próximo al rebose.

Modificado así si registramos reiteradamente turbiedades mayores a 1 NTU, tendremos que bajar el nivel del vertedero, o tendremos que levantar la cota del vertedero si la turbiedad esta siempre por muy de bajo de INTU; todo esto, si el proceso de floculación y sedimentación es eficiente (aumentar la carrera de los filtros permitiendo reducir el porcentaje de pérdidas por lavado de filtros). Esta modificación debe considerar la caída libre de los tubos de recolección del agua decantada.

La puesta en operación de la tasa declinante fijada en lavado de filtros cada 2 horas o 24 horas de carrera de filtración es una primera aproximación, es posible establecer carreras mayores en el
esraje y más cortas en periodo de avenidas

Procedimiento de lavado de los filtros-

El tiempo de lavado lo determina el nivel del agua decantada, en el vertedero de seguridad se procede a lavar la unidad de máxima carrera luego de haber establecido la secuencia de
lavados del filtro N° 1 al N° 6.

Cerrar la válvula de ingreso de agua decantada al filtro.

Verificar la posición establecida de la compuerta de agua filtrada.

Abrir al 100% la válvula de desagüe, poner en funcionamiento el cronómetro marcando el Inicio del lavado.

Verificar la expansión de la arena y rebose uniforme del canal central de lavado, anotar de existir alguna anomalía como eliminación de arena por el rebosé expansion deficiente de la arena y prolongación del periodo de lavado. Presencia visible de algas, turbulencia localizada. Queda concluido el lavado formal (con expansión del 30%) cuando se observa aguas claras.

Cerrar la válvula de desagüe, concluida la operación esperar que llene hasta el nivel del agua filtrada y parar el cronómetro de contra.; registrar en el parte del control dando por concluido el tiempo de lavado del filtro.

Durante el lavado distinguir los tiempos de vaciado, lavado propiamente de filtro, (30% de expansión de la arena) y periodo de llenado.

lavado se inicia cuando el nivel de agua. Centro del filtro es menor que el nivel de agua filtrada y también concluye el lavado cuando el nivel, de agua dentro del filtro es igual que el nivel de agua

Supervisión del estado de los filtros observar el nivel de amena de los dos pozos de los filtros y determinar cuál de las dos unidades se lavan con mayor eficiencia, medir el

nivel de arena antes del lavado en las dos pozas, para corregir esto llenar de arena y nivelar con el nivel de arena de la otra poza.

Observar el falso fondo del filtro estimar los volúmenes de arena que han pasado la capa soporte de grava; finalmente determinar el nivel del agua dentro de la cuba del filtro antes del lavado y después, determinar el descenso del nivel de agua decantada en relación al nivel del vertedero de rebose. Se debe tener en cuenta que después del lavado la tasa de filtración del flujo es la máxima, la mínima al final de la carrera, el promedio del filtro es el promedio de toda la planta. Con la información de los partes de operación se podrá determinar la carrera de los filtros por ejemplo si se lava 3 filtros/día la carrera de los filtros es de 24 horas.

El control de la turbiedad de los filtros se debe efectuar cada 3 horas, el mismo que quedara registrado en el parte de control operativo.

Mantenimiento

El lavado o retrolavado de los filtros se debe realizar todos los días para evitar la saturación de los mismos. Se debe verificar que el tanque de almacenamiento tenga por lo menos un 70% de llenado de agua. Cabe aclarar que el nivel en el que se encuentre el tanque de almacenamiento no afecta en nada el lavado de los filtros ya que estos se lavan con el agua que entra a estos mas no con la que sale; De no ser así se debe cerrar la válvula de 4” de

envío de agua al tanque de almacenamiento por unos minutos y permitir que el nivel del tanque de equilibrio suba.

El procedimiento que se debe seguir para el lavado de los filtros es:

1. Cerrar válvula de entrada del agua
2. Se cuenta con 2 válvulas tipo mariposa; se procede a lavar los filtros en orden numérico, comenzando por el filtro N° 1.
3. Se cierra la válvula 1 y se abre la válvula 2
4. Se puede observar que en el canal de desagüe el agua comienza a salir incolora, pero pocos segundos después el agua comienza a tornarse de color café, por lo tanto, se

debe dejar salir el agua el tiempo que sea necesario hasta que el agua nuevamente vuelve a ser incolora.

5. Continúe con el filtro N° 2, realizando la misma operación que se realizó con el filtro N° 1 (cerrar la válvula 1 y abrir la válvula 2); una vez que haya accionado las válvulas se devuelve al filtro N°1 y abre válvula 1 y cierra válvula 2.
6. Se repiten los mismos pasos ya mencionados para los filtros N° 3, N° 4, N° 5 y N° 6.
7. Luego de haber lavado todos los filtros, se procede a abrir la válvula de entrada del agua para permitir el paso del agua hacia la caseta de cloración.
8. Verificar que todas las válvulas se encuentren en la posición adecuada.

4.6.UNIDAD DE ADSORCIÓN

Descripción

El proceso de adsorción consiste en hacer pasar, a un flujo determinado agua en forma descendente a través de carbón activado, con el objetivo de eliminar remover material orgánico y residual de cloro que pueda contener el agua a tratar.

Función

Sus funciones principales son remover el cloro residual del proceso de filtración de arena, sabores, olores y demás químicos orgánicos además de pesticidas y herbicidas, compuestos con trihalometano, radón y solventes.

También es uno de los procesos finales del sistema de tratamiento de agua, su función es pulir la descarga final, Son fabricados en acero al carbón de alta resistencia, puede ser con recubrimiento interno de polietileno para evitar corrosión, en acero inoxidable o como es el caso en fibra de vidrio.

Operación

La operación completa de filtración consta de tres fases, La Filtración, El Retro lavado y el Enjuague. Las cuales se caracterizan por:

- Filtración: Se lleva a cabo haciendo pasar el agua a filtrar a través de un lecho filtrante compuesto de material granular con o sin adición de productos químicos.

Dentro del lecho filtrante granular, la eliminación de los residuales de cloro y residuos orgánicos contenidos en el agua se realiza por medio de un complejo proceso que incluye uno o más mecanismos de eliminación, tales como tamizado, intercepción, impacto, sedimentación y absorción.

La indicación de pérdida de eficiencia de un ciclo de filtrado se alcanza cuando el nivel de sólidos en suspensión en el efluente se encuentra por encima de un nivel aceptable, o cuando se produce una pérdida de presión de carga prefijada a través del lecho filtrante.

Una vez que se ha alcanzado cualquiera de las condiciones anteriormente mencionadas, debe procederse a la etapa de retro lavado.

- Retro lavado: Consiste en un proceso de lavado a contracorriente para eliminar los residuos orgánicos que se han ido acumulando en el seno del lecho filtrante granular. Además de canalizaciones. Para ello se aplica un caudal de agua de lavado de magnitud suficiente que permita expandir el medio filtrante granular y arrastrar el material acumulado en el lecho.

Durante el ciclo de lavado, se debe tener cuidado de no expandir el lecho filtrante granular a tal grado que la efectividad de la acción de arrastre del agua de lavado se vea reducida.

- Enjuague: Este proceso sirve solamente como preparación nuevamente para el proceso de filtración. En el cual se introduce el agua nuevamente en forma descendente y lentamente para que se asienten la cama filtrante, enviando el agua a drenaje, terminando éste, el filtro está nuevamente preparado para el proceso de filtración.

El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos atrae, captura y rompe las moléculas de contaminantes presentes.

INSTALACIÓN DEL EQUIPO.

Antes de que se haga cualquier cosa para instalar el equipo, se deberá de hacer una inspección cuidadosa para localizar cualquier falla que pudiera haber ocurrido durante el transporte y que afecte la funcionalidad del equipo.

INSTRUCCIONES PARA INSTALACION.

Después de la inspección, el equipo deberá colocarse con plomada y nivel en la ubicación requerida, una vez que la unidad esté lista para operar, se debe de hacer las siguientes conexiones:

- a) Conectar la fuente de agua cruda a la tubería de agua de entrada, la cual deberá de ser de mayor medida que la de la tubería principal del filtro.

La presión del agua alimentada al filtro deberá ser mínima de 1.8 Kg/cm² (25 Lb/in²)

NOTA: si la presión del agua es excesiva se debe colocar en esa línea una válvula reguladora de presión a un máximo de 4 Kg/cm².

- b) Conecte la tubería de drenaje de la unidad, a un drenaje disponible, la capacidad de este drenaje deberá de ser al menos de un 20% mayor que el flujo máximo del filtro.
- c) Conecte la tubería de “agua filtrada” a las líneas interiores de servicio de la planta, esta tubería debe ser de la misma medida que la de la tubería principal del filtro.

Instrucciones para la operación de la carga de las camas soporte y filtrante.

Después de revisar cuidadosamente el distribuidor inferior, de que no existan orificios obstruidos o piezas que se encuentren quebradas, procurando limpiar perfectamente esta superficie, llenar el filtro con agua y efectuar las operaciones de servicio, retro lavado y enjuagado, sin las camas soporte y filtrante, para asegurar que la tubería este limpia y libre de objetos extraños.

Antes de iniciar la carga de materiales es necesario llenar con agua limpia el fondo de la columna, aproximadamente 20 cm de la parte recta para evitar que se dañe el material al llegar en el fondo. Después se debe añadir las cargas de acuerdo con los planos de ingeniería anexados, procurando añadir primeramente y en forma manual y sin dejar caer. La grava o antracita de mayor tamaño, la cual deberá cubrir perfectamente este distribuidor, después de nivelarla se deberán añadir las antracitas, procurando emparejar perfectamente cada capa.

Acondicionamiento.

Después de haberse cargado, se deberá llenar el filtro, introduciendo el agua por la parte inferior, como en el paso de retro lavado pero a un flujo muy lento, con el fin de eliminar todas las partículas en suspensión que puedan traer la cama soporte y filtrante, una vez lleno, se mantienen sumergidos perfectamente, tanto la cama soporte como la cama filtrante en el agua durante unas 8 a 12 horas, pasado este tiempo, abrir la válvula de retro lavado para empezar a lavar hasta que el agua, que salga a drenaje, salga limpia.

Operación

Este filtro se retrolavará automáticamente por tiempo y, es decir, una vez que el operador determina que se requiere efectuar el retro lavado abriéndolas o cerrándolas, siendo controlado automáticamente el tiempo de retro lavado, enjuagado y puesto servicio.

El agua por tratar será recibida a una presión entre 3.0 y 4.0 kg/cm² en la entrada del cabezal de alimentación.

Resumen de esquema de posicion de valvulas.

Estos filtros se retro lavará automáticamente por tiempo sugerido de 24 horas o diferencial de presión (mayor a 1 kg/cm²), las válvulas se accionarán automáticamente, abriéndolas o cerrándolas, siendo controlado el tiempo de retrolavado, enjuague y servicio por el operador.

Mantenimiento

ABIERTO	CERRADO
---------	---------

USO	VALVULAS	TIPO	SERVICIO	RETROLAVADO	ASENTAMIENTO	ENJUAGUE
ALIMENTACION	01	VALVULA MARIPOS A	GREEN	RED	RED	GREEN
SALIDA	02	VALVULA MARIPOS A	GREEN	RED	RED	RED
ENTRADA DE RETROLAVADO	03	VALVULA MARIPOS A	RED	GREEN	RED	RED
SALIDA DE RETROLAVADO	04	VALVULA MARIPOS A	RED	GREEN	RED	RED
ENJUAGUE	05	VALVULA MARIPOS A	RED	RED	RED	GREEN

Fases de operación – servicio.

En el proceso de servicio, el agua entra por la válvula 01 y entra por el distribuidor superior al interior del filtro, el agua fluye de manera descendente. El tiempo de servicio se definirá en el arranque, sin embargo, normalmente es de 12 a 24 horas.

SERVICIO Válvulas Abiertas: 01 y 02

Válvulas Cerradas: 03, 04 y 05

Tiempo: 12 a 24 horas.

Presión Diferencial: 1.0 kg/cm² Max.

FASES DE OPERACIÓN – RETROLAVADO.

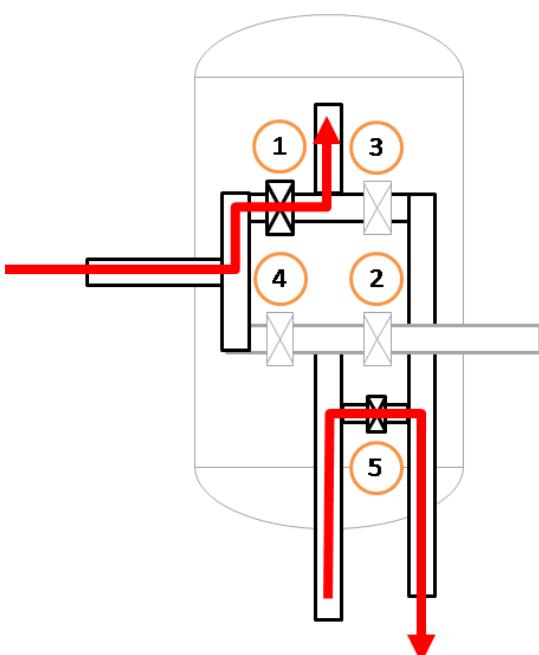
Una vez transcurrido el tiempo de operación del equipo, este cambiará de fase de operación, de servicio a retrolavado, o al detectar un diferencial de 1.0 kg/cm², se deberá proceder al retro lavado del equipo. Si en un lapso de 24 horas no se detecta diferencial de presión (1.0 kg/cm²) el filtro se debe retrolavará por tiempo. El agua de retro lavado será enviada a drenaje a través de la 03 y 04.

RETROLAVADO	Válvulas Abiertas:	03 y 04
	Válvulas Cerradas:	01, 02 y 05
	Tiempo:	10 - 15 minutos.

FASES DE OPERACIÓN - ENJUAGUE.

Una vez transcurridos los 10 - 15 minutos del paso de retrolavado, se realiza un enjuague, para asentar las camas filtrantes. Utilizando las válvulas 01 y 05. El cual deberá ser a presión atmosférica para que el asentamiento de las camas filtrantes sea el adecuado.

ENJUAGUE	Válvulas Abiertas: 01 y 05
	Válvulas Cerradas: 02, 03 y 04
	Tiempo: 5 – 10 Minutos
	Presión: Atmosférica.



OBSERVACIONES DE OPERACIÓN.

Es muy importante que en el retro lavado haya flujo máximo con el fin de eliminar completamente todas las partículas en suspensión, pues de lo contrario se pueden ir acumulando las partículas en suspensión o impurezas en la cama filtrante, creando problemas como altas perdidas de presión en el filtro, canalización de la cama provocando una baja eficiencia en la remoción de los sólidos suspendidos que contenga el agua y finalmente el deterioro de la cama filtrante en un periodo de tiempo más corto.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO RENOVACION SUGERIDA

ELEMENTO:	REVISION:	MANTENIMIENTO GRAL:	RENOVACION:
DISTRIBUIDORES Y COLECTORES	ANUAL	3 A 5 AÑOS APROX.	
MATERIALES FILTRANTES	TETRAMESTRAL		ANUAL
VÁLVULAS	SEMESTRAL	NO MÁS DE 5 AÑOS	

*NOTA: Dependerá de las condiciones atmosféricas a las que esté expuesto el recipiente.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPERACIÓN.

Algunas dificultades comúnmente encontradas y sus causas generales son enlistadas a continuación, si la causa o problema que se presenta es diferente a las especificadas para su solución, favor de ponerse en contacto con el departamento de servicios de “AQUA MEX, S.A. de C.V.” en Santa Catarina, N.L.:

1. DISMINUCION DE LA CALIDAD DE FILTRADO

CANALIZACIÓN	
POSIBLE CAUSA:	CORRECCIÓN:
Retro lavado inadecuado.	Falla en el sistema de distribución de agua interior. Dar a la unidad un retro lavado largo durante 30 minutos, a registro abierto, utilizando los flujos más altos posibles, sin tirar fuera de la unidad la cama filtrante.
PÉRDIDA DE LA CAMA FILTRANTE	

POSIBLE CAUSA:	CORRECCIÓN:
Flujo de retro lavado fuera de especificaciones	Compruebe que los flujos de retro lavado no excedan de lo especificado.
Deficiente sedimentado.	El reposo o enjuague que se debe hacer después del retro lavado es sumamente importante ya que, si no se efectúa y se pone a servicio de inmediato el filtro, puede tirarse a drenaje la cama filtrante.
Acondicionamiento inadecuado.	Al operar el filtro por primera vez se debe sumergir tanto la cama soporte como la cama filtrante en el agua durante unas 12 horas. (Ver punto referente a acondicionamiento).

2. AUMENTO DE LA CAIDA DE PRESION O DISMINUCION DE FLUJO:

CAMA FILTRANTE SUCIA	
POSIBLE CAUSA:	CORRECCIÓN:
Acumulación de partículas en la cama filtrante.	Es muy importante que en el retro lavado haya flujo máximo con el fin de eliminar completamente todas las partículas en suspensión o tierra, pues de lo contrario se pueden ir acumulando en la cama filtrante.
CAMA COMPRIMIDA	
POSIBLE CAUSA:	CORRECCIÓN:
Deficiente retro lavado.	Para cama demasiado apretadas o comprimidas, es necesario darle al filtro un retro lavado utilizando el máximo flujo permisible, para que el lecho filtrante se expansione, teniendo la precaución de no tirar la cama filtrante

4.7.UNIDAD DE DESINFECCIÓN

El agua filtrada es conducida a una cámara de desinfección mediante gas cloro. Es el encargado de desinfectar el agua eliminando todas las bacterias y microrganismos presentes en ella, este producto también contribuye a la oxigenación del hierro, manganeso y demás sustancias orgánicas presente en el agua susceptible a oxidación. El cloro gaseoso disminuye el pH del agua.

Función

La desinfección de las aguas para consumo humano, con la misión específica de matar en forma selectiva, a aquellos microorganismos vivientes, que pueden difundir o transmitir infecciones a través del agua, la desinfección química (Cloro) ofrece mayores éxitos en la eliminación de microrganismos patógenos hídricos.

Operación

El gas cloro se almacena en cilindros de alta presión, estos cilindros están diseñados para manejar el cloro de manera segura y evitar fugas.

Para controlar la presión del cloro que sale del cilindro, se utilizan reguladores de presión asegurando un flujo constante y seguro hacia el sistema de dosificación.

Los dispositivos que controlan la cantidad exacta de cloro que se añade al agua, son los dosificadores, pueden ser manuales o automáticos, y ajustan la dosis según la demanda y la calidad del agua.

El cloro se introduce en el agua a través de inyectores que aseguran una mezcla uniforme. Estos inyectores utilizan la presión del agua para dispersar el cloro de manera eficiente.

Después de la inyección, el agua clorada pasa a través de cámaras de mezcla donde se asegura una distribución homogénea del cloro.

Cambios de cilindros

Para realizar el cambio de las balas de cloro de 68 kg se utilizan los elementos de protección como son: Careta, guantes, gafas de protección equipo impermeable.

Se debe: Cerrar completamente el cilindro anterior con el fin de permitir la salida total del cloro que se encuentra en las mangueras, después de esto se desmonta la prensa que sostiene el empaque de plomo, se coloca el tapón de seguridad y se coloca la capucha del cilindro y se procede a desmontar el sistema. Se sube a la plataforma el cilindro nuevo, se asegura que el cilindro este completamente cerrado se quita el tapón de seguridad se coloca el empaque de plomo a la presa y se verifica que todas las partes hayan quedado en óptimas condiciones y se procede a realizar su respectiva apertura verificando con amoniaco si existe alguna fuga, en caso de que haya fuga se procede a cerrar el cilindro y evacuar el sitio para permitir una adecuada ventilación y revisar nuevamente las partes del cilindro donde pueda existir la fuga. Luego de verificar que no hay fugas y que el sistema se encuentre operando bien se procede a realizar la respectiva dosificación.

Mantenimiento

Las actividades de limpieza y desinfección del tanque de contacto garantizan el tratamiento del líquido en buenas condiciones, siempre y cuando se realicen estas actividades periódicamente. A continuación, se presentan las instrucciones para el lavado y desinfección del tanque.

- Usar botas, casco y guantes para la limpieza y desinfección. Alistar cepillos, escobas, baldes, rodillos, hidrolavadora, bomba sumergible o cualquier otro elemento que se requiera.
- Cerrar totalmente la entrada de agua y esperar hasta que se desocupe el tanque.
- Retirar con cuidado la tapa de inspección del tanque. Si no tiene se recomienda construirla. Si el tanque es oscuro utilizar lámparas de pila (internas).
- Ingresar al tanque cuando el nivel del agua sea bajo, de 20 a 30 centímetros aproximadamente. A este nivel debe cerrar la salida y abrir la válvula de desagües.
- Ingresar al tanque la bomba sumergible para sacar los residuos y el agua sucia.
- Remover el material de sedimentación (barro) que se encuentra en el fondo del tanque, utilizando escobas y recipientes para extraer el material.
- Cepillar el piso y las paredes con bastante agua.

- Para la desinfección utilizar una solución de 10 litros de agua con 20 gramos de hipoclorito de calcio al 70% y mezclar en forma homogénea. Dejarla en reposo durante 10 minutos.
- Humedecer el rodillo con la solución de cloro y pasarlo por las paredes como si se estuviera pintando. También puede utilizar escobas o cepillos unidos a un palo de escoba y tapar durante media hora.
- Enjuagar las paredes y el fondo del tanque utilizando la hidrolavadora. Desechar estas aguas de lavado por el desagüe.
- Retirar todo el material que se utilizó en la limpieza.
- Cerrar el desagüe y permitir nuevamente la entrada del agua al tanque.
- Abrir la válvula que da acceso a la red de distribución.
- Cerrar la tapa del y si existen imperfecciones en la misma se debe solucionar de tal manera que garantice que la tapa no permita el ingreso de ningún agente contaminante.
- Realizar este lavado cada tres meses.

4.8. UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

Luego de salir de las unidades de filtración, y agregarle la solución de hipoclorito en línea, el agua tratada es conducida mediante tubería de HD en diámetro 400 mm, a dos tanques de almacenamiento de 900 m³ cada uno, localizados en el mismo predio de la planta.

Función

Atender las variaciones del consumo de agua, almacenando ésta en los periodos en los cuales el suministro de agua al tanque es mayor que el consumo, y suministrar parte del caudal almacenado para suplir así la deficiencia.

Operación

En el proceso de almacenamiento se contempla la disposición de medios de limpieza y mantenimiento periódico a toda la estructura, Inspecciones periódicas, debe observarse el aspecto general del tanque en sus paredes, fondo, impermeabilización

y obras anexas, y debe verificarse el correcto funcionamiento de válvulas, accesorio en su apertura y cierre.

Mantenimiento

Los tanques de almacenamiento de agua potable requieren de un mantenimiento adecuado, con el fin de aumentar la vida útil y la calidad de agua para consumo humano, por lo anterior se hace necesario el mantenimiento preventivo para mitigar la alteración de la calidad del agua tratada que en algún momento pudiera poner en riesgo la salud de los usuarios.

Las actividades de limpieza y desinfección de los diversos tanques de almacenamiento de agua garantizan almacenar el líquido en buenas condiciones, siempre y cuando se realicen estas actividades periódicamente. A continuación, se presentan las instrucciones para el lavado y desinfección del tanque.

1. Usar botas, casco y guantes para la limpieza y desinfección. Alistar cepillos, escobas, baldes, rodillos, hidrolavadora, bomba sumergible o cualquier otro elemento que se requiera.
2. Cerrar totalmente la entrada de agua y esperar hasta que se desocupe el tanque.
3. Retirar con cuidado la tapa de inspección del tanque. Si no tiene se recomienda construirla. Si el tanque es oscuro utilizar lámparas de pila (internas).
4. Ingresar al tanque cuando el nivel del agua sea bajo, de 20 a 30 centímetros aproximadamente. A este nivel debe cerrar la salida y abrir la válvula de desagües.
5. Ingresar al tanque la bomba sumergible para sacar los residuos y el agua sucia.
6. Remover el material de sedimentación (barro) que se encuentra en el fondo del tanque, utilizando escobas y recipientes para extraer el material.
7. Cepillar el piso y las paredes con bastante agua.
8. Para la desinfección utilizar una solución de 10 litros de agua con 20 gramos de hipoclorito de calcio al 70% y mezclar en forma homogénea. Dejarla en reposo durante 10 minutos.

- 9.** Humedecer el rodillo con la solución de cloro y pasarlo por las paredes como si se estuviera pintando. También puede utilizar escobas o cepillos unidos a un palo de escoba y tapar durante media hora.
- 10.** Enjuagar las paredes y el fondo del tanque utilizando la hidrolavadora. Desechar estas aguas de lavado por el desagüe.
- 11.** Retirar todo el material que se utilizó en la limpieza.
- 12.** Cerrar el desagüe y permitir nuevamente la entrada del agua al tanque.
- 13.** Abrir la válvula que da acceso a la red de distribución.
- 14.** Cerrar la tapa de los tanques y si existen imperfecciones en las misas se deben solucionar de tal manera que garantice que la tapa o permita el ingreso de ningún agente contaminante.
- 15.** Realizar este lavado cada tres meses.

NOTA: ES NECESARIO QUE EL TANQUE SE ENCUENTRE BIEN AIREADO PARA PERMITIR LA EVACUACIÓN DE FUERTES OLORES PRODUCTO DE LA APLICACIÓN DEL CLORO

**INFORME TÉCNICO DE LA UNAM
ACERCA DE LA CALIDAD DE AGUA
DEL LAGO SAN JACINTO.**

**INFORME TÉCNICO DEL MUESTREO EN CAMPO, TRABAJO DE
LABORATORIO, PARA OBTENER EL DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL
AGUA, SEDIMENTOS, JACINTOS Y PECES DEL LAGO "SAN JACINTO",
AGUA DE LOS RÍOS QUE LO ABASTECEN Y PLANTAS POTABILIZADORES
SAN JACINTO Y TABLADITA. TARIJA, BOLIVIA**

Trabajo de campo

Realizamos la toma de 11 muestras simples de agua por cada sitio y 6 muestras compuestas. El monitoreo se diseñó de la siguiente manera:

Las muestras simples se tomaron de manera continua, para que reflejen cuantitativa y cualitativamente las actividades representativas del sitio

En los ríos el volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \times (Qi/Qt)$$

Donde:

VMSi = volumen de cada una de las muestras simples "i", en litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos en litros.

Qi = caudal medido en la corriente en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Qt = Qi hasta Qn, litros por segundo.

En el caso del parámetro grasas y aceites se consideró el promedio ponderado en función de la corriente y la media geométrica. Para los coliformes fecales se

calcularon a partir de los valores que resultaron del análisis de cada una de las muestras simples, colectadas para formar la muestra compuesta.

La toma de muestras de agua se realizó en quince sitios diferentes de muestreo, los cuales previamente se identificaron como 1 (lago), 3 (lago), 4 (río mena), 5 (río tolomosa), 6 (río tolomosita), 7S (lago superficie), 7F (lago fondo), 8S (lago superficie), 8F (lago fondo), 9S (lago superficie), 9F (lago fondo), 10 (Rincón de la Vitoria), 11 (lago, abastecimiento a la planta), 12 (entrada a la planta San Jacinto), 13 (entrada planta tabladita), 14 (salida planta San Jacinto) y 15 (salida planta tabladita), todos los puntos de georreferenciaron. En cada uno de los dos sitios se analizaron por triplicado los parámetros (pH, sólidos sedimentables, temperatura, color, conductividad eléctrica, olor y oxígeno disuelto) *in situ*, los cuales apoyaron los análisis que se realizaron en laboratorio de proyectos ambientales.

Los parámetros que se analizaron en laboratorio fueron los siguientes: Dureza total, Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBOs), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos totales disueltos, sólidos sedimentables y sólidos flotantes, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), grasas y aceites, plaguicidas (aldrín, dieldrín, clordano, gama clordano, DDT, DDD, endrín, endosulfan, heptacloro, heptacloro epóxido, lindano, α -BHC, β -BHC, y δ -BHC, metoxicloro, toxafeno, demeton, gutión, malatión, taratión, 2, 4D; herbicida; chlorofenoxy, 2, 4, 5, TP; herbicida, chlorofenoxy, 2, 4, 5, T, nitrógeno total, nitratos, nitritos, fosfatos, coliformes fecales, huevos de helminto, cromo hexavalente, cadmio, cobre, hierro total y hierro soluble, mercurio, zinc, aluminio, plata, molibdeno, plomo, níquel, cromo total, manganeso, sodio, calcio, magnesio, boro, arsénico, amoniaco, antimonio, bario, berilio, cianuro, cloro residual, cloruros, cromo trivalente, cobalto, estaño, fluoruro, hierro soluble, litio, selenio, sulfatos, sulfuros, uranio, vanadio, archilamida, benceno, benzo[a]pireno, cloroformo, cloruro de vinilo, hepiclorhidrina, etilbenceno, fenol, trihalometanos, hidrocarburos totales, tolueno, xileno, 1, 2 dicloroetano, 1,1, dicloroetileno, pentaclorofenol, tetracloroetano, tricloroetano, tetracloruro de carbono, 2,4,6, triclorofenol; acuerdo a los estándares establecidos por las EPA, APHA, Normas Oficiales Mexicanas y Metcalf & Eddy. La

comparación de los resultados obtenidos en el lago "San Jacinto", se realizó con base al Reglamento en materia de contaminación hídrica de Bolivia y para el agua después del proceso de potabilización de acuerdo a la Norma Boliviana (NB 512).

La muestra 1 corresponde a las márgenes del lago "San Jacinto". Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 610 387 y 321 326, a una Altitud de 1 894 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 1

Se obtuvieron los siguientes resultados en campo: sólidos sedimentables = 0.37 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.92, temperatura = 22.6 °C; oxígeno disuelto = 62 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 470 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas, para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 3 corresponde a las márgenes del lago "San Jacinto". Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 609 344 y 319 227, a una Altitud de 1 892 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 3

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.54 mL/L; color = 350 UC; pH = 8.10, temperatura = 23.1 °C; oxígeno disuelto = 65 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 520 μ mhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 4 corresponde al río Mena. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 607 206 y 317 066, a una Altitud de 1 915 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 4

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.46 mL/L; color = 500 UC; pH = 7.78, temperatura = 22.0 °C; oxígeno disuelto = 70 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 620 μ mhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 5 corresponde al río Tolomosa. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 607 206 y 317 274, a una Altitud de 1 915 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 5

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.36 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.24, temperatura = 18.6 °C; oxígeno disuelto = 73 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 540 μ mhos cm⁻¹ y olor aceptable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 6 corresponde al río Tolomosita. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 611 066 y 316 987, a una Altitud de 1 900 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 6

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.20 mL/L; color = 300 UC; pH = 8.09, temperatura = 21.4 °C; oxígeno disuelto = 80 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 560 μ mhos cm⁻¹ y olor aceptable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 7S corresponde a la superficie del lago "San Jacinto" a una Altitud de 1 894 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 7

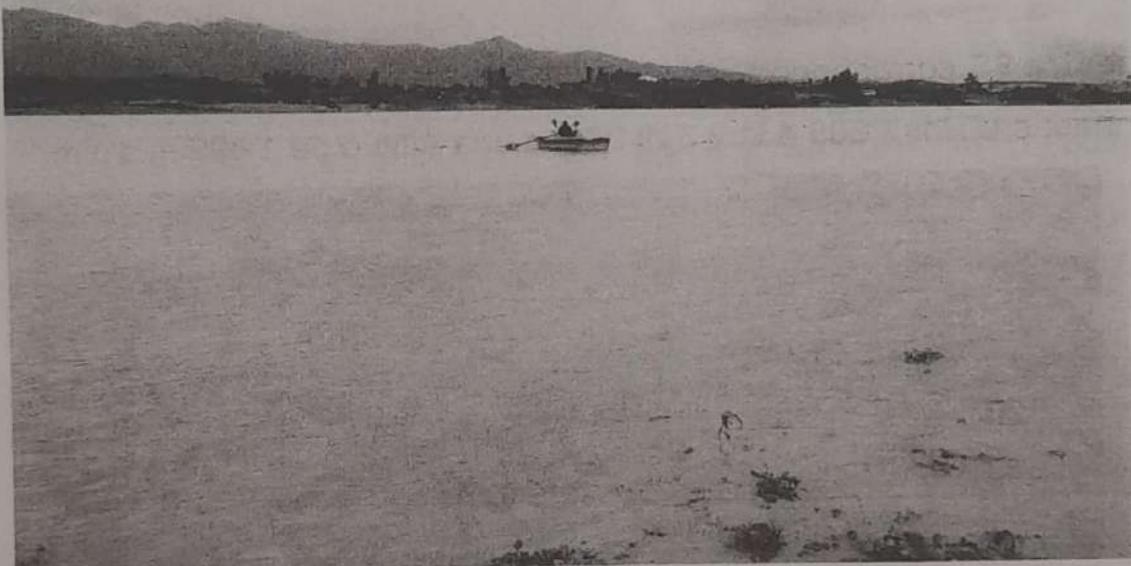
Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.10 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.86, temperatura = 23.1°C; oxígeno disuelto = 65 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 531 μ mhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 7F corresponde al fondo del lago "San Jacinto"

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.31 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.52, temperatura = 21.9 °C; oxígeno disuelto = 60 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 548 μ mhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada

una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 8S corresponde a la superficie del lago "San Jacinto" se ubica en las coordenadas UTM: 7 609 467 y 318 744, a una Altitud de 1 902 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 8

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.43 mL/L; color = 300 UC; pH = 8.06, temperatura = 25.3 °C; oxígeno disuelto = 70 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 553 μ mhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 8F corresponde al fondo del lago "San Jacinto" Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 609 467 y 318 744, a una Altitud de 1 902 m.s.n.m.

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.62 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.98, temperatura = 23.7 °C; oxígeno disuelto = 60 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 541 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 9S corresponde a la superficie del lago "San Jacinto" se ubica en las coordenadas UTM: 7 609 431 y 319 275, a una Altitud de 1 899 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 9

obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 1.06 mL/L; color 300 UC; pH = 8.04, temperatura = 24.6 °C; oxígeno disuelto = 68 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 544 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 9F corresponde al fondo del lago "San Jacinto" Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 609 431 y 319 275, a una Altitud de 1 899 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 9

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.97 mL/L; color 300 UC; pH = 8.36, temperatura = 23.6 °C; oxígeno disuelto = 60 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 569 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 10 corresponde al Rincón de la Vitoria, se ubica en las coordenadas UTM: 7 616 918 y 309 707, con una Altitud de 2 221 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 10

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = ND; color = 10 UC; pH = 6.79, temperatura = 16.7 °C; oxígeno disuelto = 90 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 70 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor agradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas

s conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 11 corresponde al agua del lago "San Jacinto" que abastece a la planta potabilizadora "San Jacinto", se ubica en las coordenadas UTM: 7 611 918 y 321 357, a una Altitud de 1 903 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 11

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.10 mL/L; color = 300 UC; pH = 6.81, temperatura = 28.6 °C; oxígeno disuelto = 75 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 556 µmhos cm⁻¹ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a

lo que establecen las normas; para grasas y aceites, plaguicidas y huevos de helmintos, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

La muestra 12 corresponde al agua antes de entrar al proceso de potabilización. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 616 091 y 320 246, a una Altitud de 1 928 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 12

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.20 mL/L; color = 300 UC; pH = 7.16, temperatura = 25.2 °C; oxígeno disuelto = 72 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 483 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ y olor desagradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

muestra 13 corresponde al agua que entra a la planta tabladita. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 618 058 y 316 854, a una Altitud de 2 002 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 13

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = 0.26 mL/L; color = 100 UC; pH = 6.32, temperatura = 27.6 °C; oxígeno disuelto = 75 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 609 μ mhos cm⁻¹ y olor aceptable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

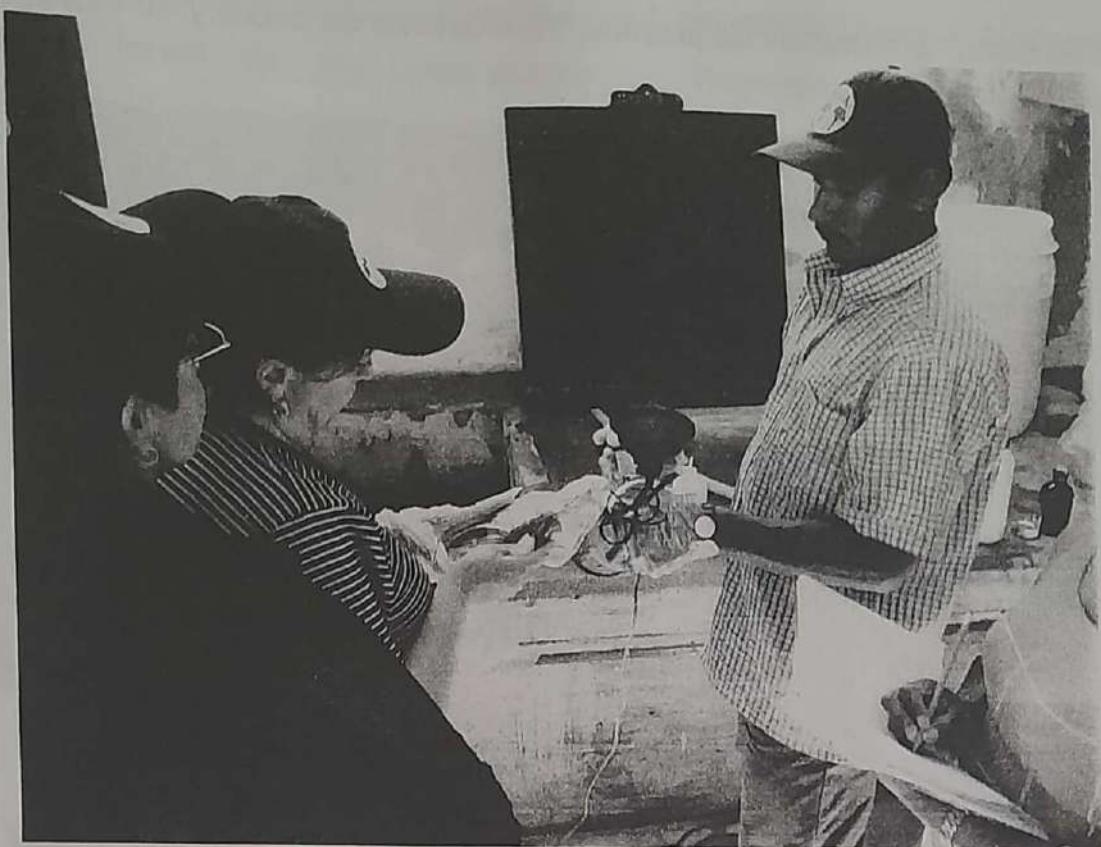
La muestra 14 corresponde al agua que sale del proceso de potabilización de la planta "San Jacinto". Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 616 091 y 320 246, a una Altitud de 1 928 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 14

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = ND; color = 15 UC; pH = 7.94, temperatura = 31.4 °C; oxígeno disuelto = 80 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 80 µmhos cm⁻¹ y olor agradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

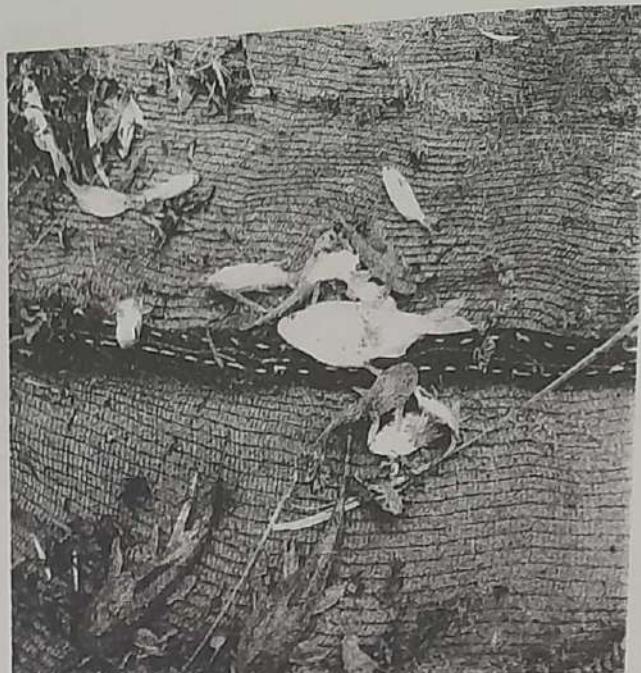
La muestra 15 corresponde al agua que sale del proceso de potabilización de la planta tabladita. Este sitio se encuentra en las coordenadas UTM: 7 618 058 y 316 854, a una Altitud de 2 002 m.s.n.m.



SITIO DE MONITOREO 15

Se obtuvieron los siguientes resultados: sólidos sedimentables = ND; color = 10 UC; pH = 7.92, temperatura = 25.0 °C; oxígeno disuelto = 85 % de saturación mg/L, conductividad eléctrica 75 μ mhos cm⁻¹ y olor agradable. Asimismo, se tomaron muestras para análisis en laboratorio, incorporando a cada una de ellas los conservadores de acuerdo a las cadenas de custodia anexas y se albergaron en recipientes adecuados. Es importante mencionar que de acuerdo a lo que establecen las normas; para grasas y aceites y plaguicidas, solamente se colectaran muestras instantáneas simples.

Se recolectaron 15 muestras de jacintos, 15 muestras de peces y 10 muestras de sedimento.



El resto de los parámetros se analizaron en la Universidad Nacional Autónoma de México a través de los Laboratorios de Proyectos Ambientales y de Espectroscopia y Cromatografía, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Se trasladaron en envases especiales y con los conservadores indicados.



MUESTRAS ENVASADAS PARA ANÁLISIS POSTERIOR

Al término del monitoreo, las muestra simples y compuestas se acompañaron de su respectiva cadena de custodia y solicitud de análisis, las cuales se entregaron a los Laboratorios de Proyectos Ambientales y de Espectroscopia y Cromatografía de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM.

El personal de monitoreo en campo, resguarda la bitácora que contiene las observaciones realizadas en campo y todos los datos de los parámetros evaluados *in situ*.

Al presente informe técnico se anexa: Cadenas de custodia, solicitudes de análisis, cromatogramas y archivo fotográfico.

RESULTADOS

Se realizó la caracterización física, química y biológica, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Resultados de la caracterización física

Muestra 1

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	—	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	22.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	470	NE
pH		NMX-AA-008	7.92	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.37	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	76.009	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

* Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

Muestra 3

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	350	< 50
Olor	—	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	23.1	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	520	NE
pH		NMX-AA-008	8.10	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.54	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	82.347	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

Muestra 4

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	500	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	120	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	22.0	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	620	NE
pH		NMX-AA-008	7.78	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.46	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	90.103	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 5

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Aceptable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	90	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	18.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	540	NE
pH		NMX-AA-008	7.24	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.36	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	42.743	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 6

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Aceptable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	60	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	21.4	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	560	NE
pH		NMX-AA-008	8.09	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.36	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	22.108	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 7S

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	60	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	23.1	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	531	NE
pH		NMX-AA-008	7.86	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.10	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	60.014	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

Muestra 7F

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	21.9	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	548	NE
pH		NMX-AA-008	7.52	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.31	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	62.168	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 8S

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT	-----	60	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	25.3	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	553	NE
pH		NMX-AA-008	8.06	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.43	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	75.127	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

Muestra 8F

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	----	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	23.7	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	541	NE
pH		NMX-AA-008	7.98	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.62	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	90.317	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 9S

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	----	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		65	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	24.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	544	NE
pH		NMX-AA-008	8.04	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	1.06	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	80.168	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

Muestra 9F

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	----	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	23.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	569	NE
pH		NMX-AA-008	8.36	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.97	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	86.109	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 10

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	10	< 50
Olor	---	-----	Aceptable	N.E.
Turbiedad	UNT		4	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	16.7	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	70	NE
pH		NMX-AA-008	6.79	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	ND	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	4.103	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

ND No Detectado

Muestra 11

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		70	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	28.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	556	NE
pH		NMX-AA-008	6.81	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.10	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	102.198	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Presente	Ausente

Muestra 12

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	300	< 50
Olor	---	-----	Desagradable	N.E.
Turbiedad	UNT		50	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	25.2	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	483	NE
pH		NMX-AA-008	7.16	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.20	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	94.205	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 13

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES*
Color	UC	NMX-AA-017	100	< 50
Olor	---	-----	Aceptable	N.E.
Turbiedad	UNT		5	< 50
Temperatura	°C	NMX-AA-007	27.6	± 3°C de C. receptor
Conductividad eléctrica	µmhos cm⁻¹	NOM-AA-93	609	NE
pH		NMX-AA-008	6.32	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL L⁻¹	NMX-AA-004	0.26	0.1
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	70.005	1 000
Materia flotante	mg L⁻¹	NMX-AA-006	Ausente	Ausente

Muestra 14

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES**
Color	UC	NMX-AA-017	15	15
Olor	---	-----	Aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT		4	5
pH		NMX-AA-008	7.94	9
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	16.008	1 000

** Norma Boliviana NB 512

Muestra 15

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES**
Color	UC	NMX-AA-017	10	15
Olor	---	-----	Aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT		4	5
pH		NMX-AA-008	7.92	9
Sólidos disueltos totales	mg L⁻¹	NMX-AA-034	12.007	1 000

AGUA DEL LAGO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	1	3	4	5	6	7-S	7-F	8-S	8-F	9-S	9-F	Valor max. Aceptable
Aceites y Grasas	mg L ⁻¹	NMX-AA-005	0.62	0.70	0.37	0.29	0.32	0.53	0.20	0.58	0.27	0.47	0.21	Ausentes
DBO ₅	mg L ⁻¹	NMX-AA-028	269.17	190.04	75.09	67.33	39.13	207.23	200.98	197.21	199.02	113.06	105.27	< 5
DQO	mg L ⁻¹	NOM-AA-30	329.86	260.41	127.95	98.68	53.47	255.69	238.61	237.34	225.13	197.04	193.19	< 10
NMP Coliformes fecales	NMP/100ML	NMX-AA-042	110	80	60	50	Ausente	90	Ausente	80	10	50	5	1000 y < 200 en 80% de muestras
Parásitos	N L ⁻¹	NOM-SEMARNAT-001-1996	1	2	4	1	Ausente	3	5	2	3	2	5	< 1
Oxígeno disuelto	% Sat.	NMX-AA-12	62	65	70	73	80	65	60	70	60	63	60	70
Fenol	µg L ⁻¹	NMX-AA-50	2.78	ND	1.5	0.28	0.18	0.28	ND	0.16	ND	ND	ND	1
SAAM	mg L ⁻¹	NOM-AA-39	0.17	ND	0.19	ND	ND	1.75	0.23	ND	ND	1.13	0.93	0.50

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	10	11	12	13	14	15	Valor max. Aceptable
Aceites y Grasas	mg L ⁻¹	NMX-AA-005	0.00	0.54	0.56	0.36	Ausentes	Ausentes	Ausentes
DBO ₅	mg L ⁻¹	NMX-AA-028	0.70	179.28	4.98	3.91	0.93	0.88	< 5
DQO	mg L ⁻¹	NOM-AA-30	9.73	219.31	17.63	11.09	8.22	9.16	< 10
NMP Coliformes fecales	NMP/100 mL	NMX-AA-042	Ausente	50	30	60	Ausente	Ausente	1000 y < 200 en 80% de muestras
Parásitos	N L ⁻¹	NOM-SEMARNAT-001-1996	Ausente	1	1	2	Ausente	Ausente	< 1
Oxígeno disuelto	% Sat.	NMX-AA-12	90	65	72	75	80	80	70
Fenol	µg L ⁻¹	NMX-AA-50	ND	0.21	ND	ND	ND	ND	1
SAAM	mg L ⁻¹	NOM-AA-39	ND	0.84	0.19	0.27	ND	ND	0.50

AGUA DEL LAGO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	1	3	4	5	6	7-S	7-F	8-S	8-F	9-S	9-F	Valor max. aceptable
Aluminio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.5										
Arsénico	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.05										
Amoniaco	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	0.207	0.448	0.585	0.638	0.587	0.669	0.612	0.627	0.415	0.309	0.168	1.0
Antimonio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.002	0.002	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.002	N.D.	0.002	N.D.	N.D.	0.01
Bario	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.161	0.322	0.166	0.322	0.161	N.D.	N.D.	N.D.	0.161	N.D.	0.161	1.0
Berilio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.001										
Boro	mg L ⁻¹	NMX-AA-63	0.250	0.375	0.250	0.125	0.125	0.375	0.250	0.500	0.250	0.375	0.250	1.0
Cadmio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.005										
Calcio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	9.870	9.873	19.745	23.046	26.005	16.456	16.456	9.870	16.456	9.870	13.165	300
Cianuro	mg L ⁻¹	NMX-AA-058	N.D.	0.1										
Cloruros	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	198.1	186.3	173.2	168.4	165.2	190.1	187.3	189.4	186.1	182.3	177.1	300
Cobre	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.074	0.074	0.074	0.074	0.037	N.D.	0.074	N.D.	0.037	N.D.	0.074	1.0
Cromo Hexavalente	mg L ⁻¹	NOM-AA-044	N.D.	0.05										
Cromo Trivalente	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.327	N.D.	0.327	0.327	0.327	N.D.	0.327	0.06
Cobalto	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.097	0.097	N.D.	N.D.	0.097	N.D.	0.097	N.D.	0.097	0.2
Estaño	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	2.0										
Fluoruros	mg L ⁻¹	NMX-AA-077	0.143	0.091	0.981	0.092	0.079	0.085	0.083	0.086	0.084	0.089	0.086	0.6 - 1.7
Fosfatos	mg L ⁻¹	NMX-AA-029	0.450	0.480	0.390	0.330	0.280	0.611	0.730	0.520	0.617	0.470	0.478	0.5
Hierro Soluble	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.277	0.237	0.204	0.199	0.110	0.214	0.224	0.298	0.278	0.196	0.262	0.3
Litio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.0026	0.0106	N.D.	N.D.	0.0026	0.0053	N.D.	0.0026	N.D.	0.0026	N.D.	2.5
Magnesio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	1.641	2.206	2.068	1.176	1.134	1.480	1.051	1.550	1.231	1.453	1.370	100
Manganeseo	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.166	0.221	0.166	0.166	0.110	0.055	0.110	0.166	0.221	0.110	0.166	1.0
Mercurio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.001										
Niquel	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.142	N.D.	0.142	0.5							
Nitratos	mg L ⁻¹	NMX-AA-079	0.841	0.333	0.318	0.255	0.173	0.510	0.460	0.663	0.531	0.253	0.170	50
Nitritos	mg L ⁻¹	NMX-AA-099	0.147	0.230	0.300	0.390	0.292	0.369	0.307	0.346	0.209	0.193	0.098	< 1.0
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	NMX-AA-026	7.1	6.9	5.8	5.3	5.1	7.8	7.5	6.9	6.7	7.7	7.5	12.0

AGUA DEL LAGO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	1	3	4	5	6	7-S	7-F	8-S	8-F	9-S	9-F	Valor max. aceptable
Plata	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05
Plomo	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.142	N.D.	0.142	N.D.	0.142	N.D.	0.05
Selenio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01
Sodio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	115.021	146.533	130.777	190.651	109.768	110.819	87.184	93.962	94.012	113.970	104.516	200
Sulfatos	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	220	239	170	165	143	243	220	207	203	198	196	400
Sulfuros	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	0.103	0.098	0.070	0.068	0.067	0.101	0.119	0.104	0.123	0.108	0.117	0.1
Uranio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02
Vanadio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1
Zinc	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.109	0.087	0.131	0.065	0.021	0.021	0.109	0.021	0.153	0.065	0.153	0.2

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	10	11	12	13	Valor max. aceptable
Aluminio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.5
Arsénico	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05
Amoniaco	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	0.608	0.403	0.107	1.0
Antimonio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01
Bario	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.161	N.D.	N.D.	1.0
Berilio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.001
Boro	mg L ⁻¹	NMX-AA-63	0.125	0.375	0.375	0.125	1.0
Cadmio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.005
Calcio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	3.297	6.585	108.620	65.830	300
Cianuro	mg L ⁻¹	NMX-AA-058	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1
Cloruros	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	32.1	187.4	152.9	39.7	300.0
Cobre	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.074	0.074	0.074	0.111	1.0

AGUA DEL LAGO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	10	11	12	13	Valor max. aceptable
Cromo Hexavalente	mg L ⁻¹	NMX-AA-044	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05
Cromo Trivalente	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	0.327	0.327	0.327	0.06
Cobalto	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2
Estaño	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.0
Fluoruros	mg L ⁻¹	NMX-AA-077	0.006	0.103	0.012	0.101	0.6 - 1.7
Fosfatos	mg L ⁻¹	NMX-AA-029	0.001	0.480	0.019	0.009	0.5
Hierro soluble	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.218	0.010	0.007	0.3
Litio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.5
Magnesio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.263	1.472	3.999	3.388	100
Manganoso	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.110	0.277	N.D.	1.0
Mercurio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.001
Niquel	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	0.142	N.D.	N.D.	0.5
Nitratos	mg L ⁻¹	NMX-AA-079	0.006	0.289	0.181	0.164	50
Nitritos	mg L ⁻¹	NMX-AA-099	0.001	0.258	0.141	0.107	< 1.0
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	NMX-AA-026	0.87	6.7	5.8	1.3	12.0
Plata	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05
Plomo	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.142	N.D.	0.05
Selenio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01
Sodio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	63.550	92.436	114.443	139.705	200
Sulfatos	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	18	226	86	65	400
Sulfuros	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	0.001	0.128	0.062	0.028	0.1
Uranio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02
Vanadio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1
Zinc	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.241	0.109	0.021	0.043	0.2

AGUA POTABILIZADA

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	15	16	Valor max. aceptable
Aluminio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.2
Arsénico	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.01
Amoniaco	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	N.D.	N.D.	0.5
Antimonio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.005
Bario	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.7
Boro	mg L ⁻¹	NMX-AA-063	0.125	0.125	0.3
Cadmio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.005
Calcio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	39.490	32.910	200
Cianuro	mg L ⁻¹	NMX-AA-058	N.D.	N.D.	0.07
Cloro Residual	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	0.7	0.5	1.0
Cloruros	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	27.1	24.3	250
Cobre	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.037	0.074	1.0
Cromo Total	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.327	0.327	0.05
Dureza Total	mg L ⁻¹ CaCO ₃	APHA-AWWA-WPCF-1995	75	73	500
Fenol	µg L ⁻¹	NMX-AA-50	N.D.	N.D.	2.0
Fluoruros	mg L ⁻¹	NMX-AA-077	0.070	0.189	1.5
Hierro total	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	2.622	2.622	0.3
Magnesio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	1.166	4.249	150
Manganoso	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.1
Mercurio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.001
Niquel	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.05
Nitratos	mg L ⁻¹	NMX-AA-079	5.2	11.4	45
Nitritos	mg L ⁻¹	NMX-AA-099	0.011	0.019	0.1
Plomo	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.01
Selenio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	N.D.	N.D.	0.01
Sodio	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	79.306	263.655	200
Sulfatos	mg L ⁻¹	APHA-AWWA-WPCF-1995	186	65	400
Zinc	mg L ⁻¹	NMX-AA-051	0.043	0.021	5.0

ORGÁNICOS VOLÁTILES. AGUA DEL LAGO SAN JACINTO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	1	3	4	5	6	7-S	7-F	8-S	8-F	9-S	9-F	10	11	12	13	Valor max acceptable
Benceno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	50														
Fenol	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	10														
1,2 Dicloroetano	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	10														
1,1 Dicloroetileno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	0.3														
Pentaclorofenol	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	10														
Tetracloroetano	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	10														
Tricloroetano	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	30														
Tetraloruro de carbono	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	3														
2,4,6, Triclorofenol	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	10														

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	14	15	Valor max. aceptable
Acrilamida	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	0.5
Benceno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	2.0
Benzo[a]pireno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	0.2
Cloroformo	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	200
Cloruro de vinilo	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	2.0
Epiclorhidrina	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	0.4
Etilbenceno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	300
Fenol	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	2.0
THM (trihalometanos totales)	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	100
TPM (hidrocarburos totales)	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	10
Tolueno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989			700
Xileno	µg L ⁻¹	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	500

PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS. AGUA DEL LAGO SAN JACINTO Y SUS AFLUENTES

PARÁMETRO	UNIDAD ES	NORMA	1	3	4	5	6	7-C	8-C	9-C	
Aldrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	0.0064	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Dieldrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	0.0024	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Clordano	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
DDT	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Endrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Endosulfan	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0088	0.0231	
Heptacloro	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	0.0342	0.0259	N.D.	0.0148	N.D.	N.D.	N.D.	
Heptacloroepoxido	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0045	0.0113	
Lindano (γ -BHC)	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	0.0048	0.0048	N.D.	0.0022	N.D.	0.0109	0.1314	
Metoxicloro	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	0.3077	0.0599	0.1087	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Toxafeno	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Bifenilos policlorados	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS. AGUA POTABILIZADA

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	14	15	Valor max. aceptable
Aldrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Dieldrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Clordano	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
DDT	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Endrin	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Endosulfan	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	0.1090	N.D.	
Heptacloro	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Heptacloroepoxido	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	0.0016	N.D.	
Lindano (γ -BHC)	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	0.1217	N.D.	
Metoxicloro	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	N.D.	N.D.	
Toxafeno	$\mu\text{g L}^{-1}$	NOM-AA-71	0.2323		0.5
Plaguicidas totales	$\mu\text{g L}^{-1}$				0.1
Plaguicida individual	$\mu\text{g L}^{-1}$				
Bifenilos policlorados	$\mu\text{g L}^{-1}$	EPA-608-1989	N.D.	N.D.	

Galaxy A12