



**MUNICIPALIDAD DE RADA TILLY  
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS**

**Rehabilitación,  
Ampliación de la planta cloacal existente y  
Construcción de la impulsión**

**MEMORIA DEL PROCESO**

**DOCUMENTO**

P1058-MD-111-B-Memoria del proceso

## INDICE

Artículo 1.	OBJETO .....	3
Artículo 2.	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	3
Artículo 3.	PRETRATAMIENTO.....	3
Sección 3.01	Cámara de carga .....	3
Sección 3.02	Desarenador ciclónico .....	4
Sección 3.03	Clasificador - Lavador de arenas.....	5
Sección 3.04	Rejas finas .....	5
Sección 3.05	Tamiz rotativo .....	5
Artículo 4.	TANQUE DE AIREACIÓN .....	6
Sección 4.01	Verificación de proceso .....	6
Sección 4.02	Selección del sistema de aireación .....	11
Artículo 5.	SEDIMENTADORES.....	13
Artículo 6.	FILTRACIÓN .....	14
Artículo 7.	DESINFECCIÓN .....	14
Sección 7.01	Cámara de contacto.....	14
Sección 7.02	Desinfección con hipoclorito de sodio .....	15
Sección 7.03	Verificación de la capacidad de almacenamiento.....	15
Artículo 8.	TRATAMIENTO DE LODOS .....	15
Sección 8.01	Espesador de barro .....	15
Sección 8.02	Deshidratación de barro .....	16
Sección 8.03	Playas de secado .....	17

## ARTÍCULO 1. OBJETO

La presente tiene por objeto detallar el proceso de cálculo de cada unidad de la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales de la localidad de Rada Tilly, provincia de Chubut. Por tal motivo, se verifican los elementos existentes y dimensionan las unidades nuevas. Asimismo, se justifica la elección de los diferentes equipos especificados.

## ARTÍCULO 2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Se definen los caudales medio, máximo y mínimo diarios, y máximo y mínimo horarios de diseño. Además, se indican los parámetros que controlan los procesos en las unidades de tratamiento.

<b>DATOS BÁSICOS DE DISEÑO A CONSIDERAR</b>		
<i>Población al Final de Periodo de Diseño</i>	20640	hab
<i>Caudal Medio Diario (Qc)</i>	5779.20	m <sup>3</sup> /dia
	66.89	l/s
<i>Caudal Máximo Diario (Qd)</i>	7512.96	m <sup>3</sup> /dia
	86.96	l/s
<i>Caudal Máximo Horario (Qe)</i>	11269.44	m <sup>3</sup> /dia
	130.43	l/s
<i>Concentración Media</i>	200	mg DBO/l
	1115	kg DBO/dia
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	160	mg/l
<i>Carga bacteriológica</i>	6.25E+07	NMP/100 mm
<i>Huevos de Helmintos</i>	20	huevos/l

<b>Coefficientes de pico</b>	
Máximo Diario = $\alpha_1$ =	1.30
Máximo Horario = $\alpha_2$ =	1.50
Mínimo Diario = $\beta_1$ =	0.70

## ARTÍCULO 3. PRETRATAMIENTO

El sistema de pretratamiento consistirá en un tren de entrada constituido por una cámara de carga, una reja de limpieza manual, dos desarenadores ciclónicos, un tamiz rotativo, una reja de limpieza manual en el canal de bypass, y un lavador-clasificador de arenas. Además se disponen compuertas planas de acero inoxidable para controlar el escurrimiento del líquido. A continuación se detalla el diseño de cada elemento individual.

### Sección 3.01 Cámara de carga

Se define el volumen necesario de la cámara de carga en función del caudal máximo horario proveniente de la estación elevadora de ingreso. Las dimensiones adoptadas permiten asegurar un tiempo de permanencia de 20 segundos.

QE =	130.43	l/s
Ancho =	1.80	m
Largo =	3.20	m
Tirante =	0.49	m
Volumen =	2.82	m <sup>3</sup>
PH =	21.64	s

### Sección 3.02 Desarenador ciclónico

Se determina el diámetro requerido para los caudales de diseño Qc y Qd en función de una carga superficial de referencia 0,025 m<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>. En función de los resultados obtenidos se define un desarenador ciclónico tipo Vortex VM-270° de diámetro 1,80 metros.

<b>Desarenadores tipo Vortex - Fin de Periodo de Diseño</b>		
<b>Número</b>	<b>2</b>	<b>un.</b>
Operación	automático	
Tipo	vortex	
Caudal diseño medio QC =	66.89	l/s
Caudal diseño máximo QD =	86.96	l/s
Carga superficial	0.025	m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup>
Tamaño partícula a eliminar	0.208	mm
Velocidad de sedimentación	2.54	cm/s
Gravedad específica	2.55	
Velocidad Horizontal s/arena	0.30	m/s
Velocidad Horizontal c/arena	0.35	m/s
Área requerida para QC	2.68	m <sup>2</sup>
Diámetro requerido para QC	1.85	m
Área requerida para QD	3.48	m <sup>2</sup>
Diámetro requerido para QD	2.10	m
<b>Diámetro adoptado</b>	<b>1.80</b>	<b>m</b>

  

Cargas superficiales de trabajo	<b>0.026</b>	m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup>
	<b>0.034</b>	m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup>
Factor de diseño / producción de arenas	2	ft <sup>3</sup> /Mgal
	0.01496	m <sup>3</sup> /10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
	14.96	cm <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>
Volumen de arena liquido cloacal calles de tierra	0.075	L/m <sup>3</sup>
Densidad arena	2250	kg/m <sup>3</sup>
	1975	kg/d
Producción de arena para Qmedio	433.4	L/d
Qmáx	563.5	L/d
<b>Producción media de arena semana</b>	<b>1.77</b>	<b>m<sup>3</sup>/semana</b>

Los parámetros de diseño del equipo seleccionado son los siguientes:

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Unidades en operación	Equipos	2
Caudal máximo	l/s	70

### Sección 3.03 Clasificador - Lavador de arenas

Se colocará un lavador - clasificador de arenas tipo Huber RoSF4/1 o calidad equivalente. Los parámetros de diseño del equipo son los siguientes:

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Unidades en operación	Equipos	1
Caudal máximo	l/s	8
Capacidad máxima	tn/h	1

### Sección 3.04 Rejas finas

Se colocarán rejas finas mecánicas de limpieza manual de ancho 60 cm (reja 1) y 90 cm (reja 2). Presentan inclinación 75° (respecto a la horizontal), separación de barrotes de 20 mm y espesor 8 mm. A continuación se verifica la velocidad de paso para el caudal máximo. También se estiman las pérdidas de carga en reja limpia.

	<i>Reja 1</i>	<i>Reja 2</i>
Q [m <sup>3</sup> /s]	0.131	0.131
$\alpha$ [°]	75	75
Sb [mm]	20	20
e [mm]	8	8
$\beta$	2.42	2.42
h reja [m]	1.30	1.30
L reja [m]	1.35	1.35
b [m]	0.60	0.90
ha [m]	0.49	0.31
w [m <sup>2</sup> ]	0.294	0.279
Ua [m/s]	0.45	0.47
E	0.71	0.71
<b>Up [m/s]</b>	<b>0.624</b>	<b>0.657</b>
Kr	0.726	0.726
Hr [m]	0.007	0.008
Nb	21.4	32.1
0.6 < Up < 1.2	VERIFICA	VERIFICA

### Sección 3.05 Tamiz rotativo

Se coloca un tamiz rotativo de placa perforada tipo HUBER RPPS o calidad equivalente. A continuación se presentan los parámetros de diseño del equipo seleccionado:

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Unidades en operación	Equipos	1
Caudal máximo	l/s	134
Diámetro del tambor	mm	1200
Ancho del canal	mm	1210
Altura del canal	mm	1000
Perforación de la placa filtrante	mm	3

## ARTÍCULO 4. TANQUE DE AIREACIÓN

### Sección 4.01 Verificación de proceso

La planta actual cuenta con un tanque de aireación extendida de dimensiones 72m x 18m en superficie, altura de líquido 3,75m y volumen útil 2335 m<sup>3</sup>. Se construirá una cámara nueva de iguales características, la cual se verifica a continuación.

Caudales de Diseño				
d =	350	l/hab.d , dotacion agua		
coef. Ret.=	0.8			
dcalc. =	280	l / hab. d, aporte unitario de líquido cloacal		
<b>QC20 =</b>	<b>5779.00</b>	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	<b>66.89</b>	<b>l/s</b>
QD20 =	7512.70	m <sup>3</sup> /d	86.95	l/s
QE20 =	11269.05	m <sup>3</sup> /d	130.43	l/s
QC0 =	0.00	m <sup>3</sup> /d	0.00	l/s
QB0 =	0.00	m <sup>3</sup> /d	0.00	l/s
QL0 =	0.00	m <sup>3</sup> /d	0.00	l/s
α =	1.95			
α1 =	1.30			
α2 =	1.50			
β1=	0.70			

Carga Orgánica de diseño		
So =	54	gr DBO / Hab * d
La = So * P20 =	1114.56	kg DBO / d
<b>Sa = La / QD20 =</b>	<b>0.193</b>	<b>kg DBO / m3</b>
	192.86	mg DBO / litro
SST =	160	mg SST / l
Xva =	120	mg SSV / l , concentración de sólidos suspendidos volátiles del líquido cloacal ( 75% de las SST )
Tai =	6.6	°C , temp. media del aire en el mes más frío del año s/datos SMN
Tav =	19.7	°C , temp. media del aire en el mes más caliente del año s/datos SMN
Toi =	6.5	°C , temp. media del líquido afluente al TA en el mes más frio del año
Tov =	25.0	°C , idem en el mes más caliente del año

## 2 - Dimensiones del Tanque de Aeración

### 2.1. Cálculo del Volúmen del Tanque de Aeración

Para la determinación del volúmen del tanque de aeración, se adoptan los siguientes parámetros

$C_v =$	<b>0.25</b>	Kg DBO / $m^3 \times$ día = $f \times X$ = carga orgánica volumétrica (0,20 - 0,40)	
TRC =	<b>20</b>	días = edad del barro (20 - 30)	
$f = C_m =$	<b>0.063</b>	Kg DBO / d * Kg SSTA = relación alimento / microorganismos (0,05 - 0,10)	<b>BAJA CARGA</b>
$X =$	<b>4</b>	Kg SSTA / $m^3$ = concentración de sólidos suspendidos totales en el TA (1.50 - 6.00)	
$X_r =$	<b>8</b>	Kg SS / $m^3$ = concentración máxima de sólidos suspendidos totales en la línea de retorno	
		para $c = X_r/X =$	<b>2</b> relación de compactación (valor máximo aceptable)

$$V = La / C_v = \mathbf{4458.24} \quad m^3 = \text{volúmen total líquido del TA}$$

$N_t =$	<b>2</b>	n° de tanques en paralelo
$V_1 =$	<b>2229.12</b>	$m^3$ = volúmen de cada tanque de aeración

#### Dimensiones Adoptadas

$h_{liq.} =$	<b>3.75</b>	<b>m</b>
$B =$	<b>-</b>	<b>m</b>
$L =$	<b>-</b>	<b>m</b>
$V =$	<b>2335.44</b>	<b><math>m^3</math></b>

### 2.2. Permanencia en el Tanque de Aeración

$t = V / Q =$	<b>0.81</b>	días
	<b>19.40</b>	hs (18 - 36)

El volumen  $V_1$  representa el valor mínimo requerido para cada tanque, mientras que el volumen  $V$  define el valor real del tanque existente (y también del proyectado). Se observa que  $V > V_1$ , con lo cual el diseño verifica.

## 3- Cálculo del Caudal de Recirculación

Efectuando un balance de masas, se tiene:

$$\begin{aligned} (QC_{20} + Q_r) \cdot X &= Q_r \cdot X_r \\ (QC_{20} + Q_r) / Q_r &= X_r / X = 2.00 \\ [(QC_{20} / Q_r) + 1] &= 2.00 \\ r = QC_{20} / Q_r &= 1.00 \\ &100\% \quad \text{de } QC_{20} \end{aligned}$$

$$Q_r = \mathbf{5779.00} \quad m^3/d$$

Para absorber valores pico de carga se adopta un coeficiente  $K = 1.5$  para la capacidad de recirculación del sistema

$$Q_r = \mathbf{8668.50} \quad m^3/d \quad 100.3 \text{ l/s}$$

#### **4- Cálculo de la Potencia a Instalar en el Tanque de Aeración**

##### **4.1- Determinación de las Temperaturas de Diseño**

$$T_w = T = T_o + \left( \frac{f \cdot t \cdot T_a}{H} \right) = \text{temperatura media del líquido en el T.A.}$$

$$1 + \left( \frac{f \cdot t}{H} \right)$$

$$f = \frac{U}{(D \cdot Cr)} = \frac{0.02}{20} \text{ m/h} = \frac{0.48}{1000} \text{ m/d}$$

U = 20 Kcal / ( h\*m2\*°C ), coeficiente global de transferencia de calor del agua al aire

D = 1000 kg / m3 , peso específico del agua

Cr = 1 Kcal / ( kg\*°C ), calor específico del agua

$$T_{wi} = 6.51 \text{ } ^\circ\text{C, se adopta } T_i = 6.5 \text{ } ^\circ\text{C, temp. media del líquido en el mes más frío del año}$$

$$T_{wv} = 24.50 \text{ } ^\circ\text{C, se adopta } T_v = 25.0 \text{ } ^\circ\text{C, temp. del líquido en el mes más caliente del año}$$

##### **4.2 - Velocidad Global de Asimilación Orgánica**

$$K_i = K_{20} \cdot q^{(T_i - 20)} = 2.20 \text{ 1/d ( para invierno )}$$

$$K_v = K_{20} \cdot q^{(T_v - 20)} = 4.16 \text{ 1/d ( para verano )}$$

$$K_{20} = 3.5 \text{ 1/d, coef. global de asimilación orgánica para } 20^\circ\text{C}$$

##### **4.3 - Determinación de la DBO soluble del efluente**

$$S_{ei} = S_a / ( 1 + K_i \cdot t ) = 69.43 \text{ mg DBO / L ( soluble ), concent. orgánica efluente en invierno}$$

$$S_{ev} = S_a / ( 1 + K_v \cdot t ) = 44.24 \text{ mg DBO / L ( soluble ), concent. orgánica efluente en verano}$$



#### 4.4 - Determinación del Nivel de Sólidos Suspendidos Volátiles

$$K_v = [X_{va} + a * (S_o - S_i)] / (1 + b * t) =$$

a = 0.5 kg SSV / kg DBO reducida, cte de producción de SSV en relación a la materia orgánica reducida s/YAÑEZ ( 0,50 a 0,65 )

b = 0.12 1 / d , cte de respiración endógena o autodestrucción celular s/YAÑEZ ( 0,05 a 0,14 )

K<sub>vi</sub> = 77.83 mg SSV / L , concentración de la biomasa en invierno

K<sub>vv</sub> = 89.32 mg SSV / L , concentración de la biomasa en verano

#### 4.5 - Nivel de la DBO Total del Efluente no Filtrado

SE = Se + g \* X<sub>v</sub> concentración de la DBO total del efluente

g = 0.3 mg DBO / mg SSV , DBO producida por unidad de SSV valor aconsejado por YAÑEZ para reactores de alta eficiencia.

SE<sub>i</sub> = 92.78 mg / L , concentración de la DBO total en invierno

SE<sub>v</sub> = 71.03 mg / L , concentración de la DBO total en verano

NOTA : para el dimensionamiento de las cámaras de aireación se utilizará el valor de la DBO total en invierno SE<sub>i</sub>

#### 4.6 - Eficiencias en Remoción Orgánica

$$E_{fic} = 100 * (S_o - S_i) / S_o$$

E<sub>1i</sub> = 64.00 % DBO soluble en invierno

E<sub>1v</sub> = 77.06 % DBO soluble en verano

E<sub>2i</sub> = 51.90 % DBO total en invierno

E<sub>2v</sub> = 63.17 % DBO total en verano

## 5 - Requisitos de Oxígeno del Proceso de Asimilación Orgánica

### 5.1. Oxígeno Necesario para la Síntesis

$$DO1 = a' \cdot Q \cdot (S_a - S_e) = 472.40 \quad \text{demanda de oxígeno para la síntesis [ kg O}_2 \text{ / d ]}$$

$$\begin{aligned} Q &= 5779 \quad \text{m}^3/\text{d} && \text{caudal medio} \\ S_a - S_e &= 0.15 \quad \text{kg DBO} / \text{m}^3 && \text{DBO removida en el proceso de aeración} \\ a' &= 0.55 \quad \text{kg O}_2 / \text{kg DBO} && \text{coef. de requisitos de O}_2 \text{ para síntesis de células nuevas (valor más conservativo)} \end{aligned}$$

### 5.2. Oxígeno Necesario para Respiración Endógena

$$DO2 = b' \cdot X \cdot V = 1307.85 \quad \text{demanda de oxígeno para respiración endógena [ kg O}_2 \text{ / d ]}$$

$$b' = 0.07 \quad \text{kg O}_2 / \text{d} \cdot \text{kg SSV} \quad \text{coef. de requisitos de O}_2 \text{ para respiración endógena (varía entre 0.05 y 0.10)}$$

### 5.3. Oxígeno Necesario para la Nitrificación

$$DO3 = c' \cdot N_k \cdot P \cdot E2 = 679.14 \quad \text{demanda de oxígeno para nitrificación [ kg O}_2 \text{ / d ]}$$

$$\begin{aligned} N_k &= 8 \quad \text{g} \cdot \text{N} / \text{d} \cdot \text{hab.}, && \text{aporte de nitrógeno nitrificable por habitante (6 - 12)} \\ E2 &= 0.9 && \text{rendimiento de la nitrificación} \\ c' &= 4.57 \quad \text{kg O}_2 / \text{kg NK}, && \text{relación entre el O}_2 \text{ y N para producir nitrificación} \end{aligned}$$

### 5.4. Demanda Total de Oxígeno

$$DO = DO1 + DO2 + DO3 = 2459.39 \quad \text{kg O}_2 / \text{d demanda de oxígeno media}$$

$$\begin{aligned} Z &= 1.50 && \text{coeficiente de pico} \\ DO \text{ pico} &= 3689.09 && \text{kg O}_2 / \text{d demanda de oxígeno máxima} \\ &= 153.71 && \text{kg O}_2 / \text{h demanda de oxígeno máxima} \end{aligned}$$

No se considera el efecto favorable de la denitrificación

## 6 - Requisito de Energía para Mezcla Completa

La densidad de energía  $p = P / V$  [ W / m<sup>3</sup> ], es el parámetro que normalmente gobierna la elección de los equipos aeradores. Aplicando la fórmula sugerida por YAÑEZ ( CEPIS ) se tiene :

$$p = 450 / V^{0.5} = 9.31 \quad \text{W} / \text{m}^3$$

ALEM y MUÑOZ ( CETESB ) aconsejan  $p = 3$  a  $6 \text{ W} / \text{m}^3$ , al igual que ECKENFELDER

$$\text{Se adopta } p = 10 \quad \text{W} / \text{m}^3$$

$$P [\text{kW}] = p \cdot V = 23.35 \quad W = 31.29 \quad \text{HP}$$

## 7 - Demanda de O2 en Condiciones de Campo

Las condiciones de campo son :

OD = 2.00 mg / l  
 Ti = 6.60 ° C  
 H = 0.00 m

$K_c = Z_1 * \text{tita}^{(T_i-20)} * (Z_2 * C_{cs} - OD) / C_{ss}$  = coef. de corrección siendo :

$Z_1 = 0.85$  = relación entre las tasas de transferencia de O2 del líquido cloacal y el agua pura ( 0,6 - 0,9 )  
 $Z_2 = 0.95$  = idem para la concentración de saturación de O2 ( 0,9 - 1 )  
 $q = 1.024$  = coef. de temperatura  
 $C_{sc} = 12.276$  mg O2 / l = conc. de sat. de O2 del agua limpia en las cond. de campo  
 $C_{ss} = 9.022$  mg O2 / l = idem para T = 20 °C y H = 0 m

remplazando :

$K_c = 0.66$

## Sección 4.02 Selección del sistema de aireación

### Alternativa 1 (existente): Sistema mixto difusores burbuja fina + aireadores superficiales

El tanque existente cuenta con un sistema mixto de oxigenación: conformado por 240 difusores de membrana de burbuja fina Repicky en el fondo y 4 aireadores superficiales Tornado de 15 HP cada uno. A continuación se verifica el correcto funcionamiento del sistema existente (suponiendo que todos los difusores y aireadores funcionan en óptimas condiciones).

#### **Sistema nuevo = Difusores + Aireadores superficiales TORNADO**

$K_c =$	0.66	Coef corrección	
<b>Difusores</b>	7.14	kg O2/d en cond standard	
	4.71	kg O2/d en cond reales	
Cantidad =	240	difusores para cada reactor	
Suministro =	1130.98	kg O2/d	
<b>Aireador superficial</b>	1.20	kg O2/kWh en cond standard	
	0.79	kg O2/kWh en cond standard	
Potencia =	11.19	kW c/ turbina	15 HP
Cantidad =	4	turbinas para cada reactor	
Suministro =	35.46	kg O2/h	
	851.10	kg O2/d	
<b>Suministro =</b>	<b>1982</b>	<b>kg O2/d</b>	
<b>Demanda =</b>	<b>1845</b>	<b>kg O2/d</b>	

V reactor =	2335	m3
P turbinas =	11.19	kW c/ turbina cond standard
	7.39	kW c/ turbina cond reales
N° turbinas =	4	
P soplador =	17.39	kW c/ soplador cond standard
	11.48	kW c/ soplador cond reales
N° soplador =	2	
<b>P Total =</b>	<b>52.50</b>	kW totales cond reales
<b>Densidad p =</b>	<b>22.49</b>	W/m3 instalados

### Alternativa 2 (nuevo): Aireadores superficiales flotantes

Se propone un sistema de aireación alternativo para el tanque nuevo a construir. El mismo está constituido por 4 aireadores superficiales flotantes Triton Serie TR de 25 HP. La ventaja de este sistema es la mayor facilidad de operación (no hay problemas de obstrucción de difusores y mayor facilidad de mantenimiento o reemplazo de equipos) en contraste con el sistema mixto. Al igual que el anterior, se verifica la capacidad de oxigenación en condiciones reales:

<b>Sistema nuevo = Aireadores superficiales Triton</b>		
Kc =	0.66	Coef corrección
<b>Difusores</b>	7.14	kg O2/d en cond standard
	4.71	kg O2/d en cond reales
Cantidad =	0	difusores para cada reactor
Suministro =	0.00	kg O2/d
<b>Aireador superficial</b>	1.60	kg O2/kWh en cond standard
	1.06	kg O2/kWh en cond standard
Potencia =	18.50	kW c/ turbina
Cantidad =	4	turbinas para cada reactor
Suministro =	78.14	kg O2/h
	1875.46	kg O2/d
<b>Suministro =</b>	<b>1875</b>	<b>kg O2/d</b>
<b>Demanda =</b>	<b>1845</b>	<b>kg O2/d</b>

V reactor =	2335	m3
P turbinas =	18.50	kW c/ turbina cond standard
	12.21	kW c/ turbina cond reales
N° turbinas =	4	
P Total =	48.84	kW totales cond reales
<b>Densidad p =</b>	<b>20.92</b>	<b>W/m3 instalados</b>

## ARTÍCULO 5. SEDIMENTADORES

La planta actual cuenta con 2 sedimentadores existentes de 11,60 metros de diámetro. Se proyecta construir 2 sedimentadores nuevos de 12,50 metros de diámetro para suplir los requerimientos a fin de periodo de diseño. Se presentan los parámetros tenidos en cuenta y los cálculos efectuados.

### SEDIMENTADOR SECUNDARIO

$$\begin{aligned} QC_{20} &= 5779.20 \text{ m}^3/\text{d} & X &= 4 \text{ kgSSTA / m}^3 \\ QD_{20} &= 7512.96 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Para absorber valores pico de carga se adopta un coeficiente  $K = 1.5$   
 $Q_r = 8668.80 \text{ m}^3/\text{d}$  caudal máximo de recirculación total

$$Q_{\text{medio}} = 5779.20 \text{ m}^3/\text{d}$$

Se calcula el área superficial para carga de sólidos y carga hidráulica, adoptando el mayor valor  
 Ver Cuadro 11.4.13 pag. F.11.4/55 - Cargas superficiales hidráulicas recomendadas por ENOHSa

$$\begin{aligned} A1 &= (QC + Q_r) * X / C_{ss}(\text{med.}) = \mathbf{385.28} \text{ m}^2 \\ X &= 4 \text{ Kg SSTA / m}^3 = \text{concentración de sólidos suspendidos totales en el TA} \\ C_{ss}(\text{med.}) &= 120 \text{ KgSS / d} * \text{m}^2 = \text{carga másica medias para } Q_c \text{ (s/normas)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= QC * F_v * F_{tx} / U_o(\text{med.}) = \mathbf{477.61} \text{ m}^2 \\ F_v &= 1.3 \text{ factor de corrección por influencia del vertedero} \\ F_{tx} &= 1.335 \text{ factor de corrección por influencia de temperatura} \\ U_o(\text{med.}) &= 21 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d} = \text{carga hidráulica superficial media para } T = 20^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A3 &= (QD + Q_r) * X / C_{ss}(\text{med.}) = \mathbf{359.59} \text{ m}^2 \\ X &= 4 \text{ Kg SSTA / m}^3 = \text{concentración de sólidos suspendidos totales en el TA} \\ C_{ss}(\text{max.}) &= 180 \text{ KgSS / d} * \text{m}^2 = \text{carga másica medias para } Q_c \text{ (s/normas)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A4 &= QD * F_v * F_{tx} / U_o(\text{med.}) = \mathbf{325.97} \text{ m}^2 \\ F_v &= 1.3 \text{ factor de corrección por influencia del vertedero} \\ F_{tx} &= 1.335 \text{ factor de corrección por influencia de temperatura} \\ U_o(\text{max.}) &= 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d} = \text{carga hidráulica superficial media para } T = 20^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

**De acuerdo a los valores determinados se adopta el mayor y  $N_s = 4$**

$$\begin{aligned} A &= A1 / N_s = \mathbf{119.40} \text{ m}^2, \text{ área de cada sedimentador} \\ D_{\text{min}} &= \mathbf{12.33} \text{ m, diámetro mínimo del sedimentador} \\ D_{\text{adopt}} &= \mathbf{12.50} \text{ m, diámetro adoptado del sedimentador nuevo} \end{aligned}$$

## ARTÍCULO 6. FILTRACIÓN

Se instalará un sistema de filtros rotativos marca, tipo HUBER RoDisc 4 o calidad equivalente, de malla de 10 micrones de separación.

A continuación se presentan los parámetros de diseño:

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Unidades en operación	Equipos	2
Discos instalados por unidad	Discos	4
Apertura de malla filtrante	μm	10
Diámetro de los discos	mm	2075
Capacidad de filtrado por equipo	m <sup>3</sup> /h	120
Sólidos suspendidos a filtrar	mg/l	40

## ARTÍCULO 7. DESINFECCIÓN

### Sección 7.01 Cámara de contacto

Se verifica el tirante máximo que el alcanzará el líquido en la cámara de contacto existente para fin de periodo de diseño. Luego se calculan las pérdidas de carga asociadas al frotamiento y cambios de dirección del fluido.

El tirante máximo en la cámara está controlado por el vertedero a la salida de la misma. Se calcula el tirante hidráulico necesario para verter el caudal máximo y medio. Según la ecuación de vertedero:

Q [m <sup>3</sup> /s]	m	L [m]	h [m]	NV [m]	NL vert [m]
0.131	0.40	1.70	0.124	9.00	9.12
0.067	0.40	1.70	0.079	9.00	9.08

El tiempo de contacto en cada caso es:

Q [m <sup>3</sup> /s]	0.131	0.067
NL [m]	9.12	9.08
NF [m]	7.22	7.22
h liq [m]	1.90	1.86
V [m <sup>3</sup> ]	120.57	118.04
t [s]	920.4	1761.7
t [min]	15.34	29.36

Por último, se estiman las pérdidas de carga asociadas a la cámara:

Q [m <sup>3</sup> /s]	n	K	w [m <sup>2</sup> ]	X [m]	Rh [m]
0.131	0.014	7	3.62	5.71	0.63
0.067	0.014	7	3.62	5.71	0.63

  

U [m/s]	L media [m]	J [m/m]	hf [m]	hs [m]	H [m]
0.036	33.40	4.72E-07	1.58E-05	0.0019	0.0019
0.019	33.40	1.24E-07	4.13E-06	0.0005	0.0005

## Sección 7.02 Desinfección con hipoclorito de sodio

Se empleará una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) como desinfectante en la cámara de contacto, permitiendo una dosificación y manipuleo sencillos. Se adoptan los siguientes parámetros:

$$\text{Dosis} = 3.50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Concentración de la solución} = 5 \%$$

## Sección 7.03 Verificación de la capacidad de almacenamiento

Se estimará el tiempo de vaciado de los tanques de almacenamiento para las condiciones media y máxima de funcionamiento de la planta. Los caudales a considerar son:

$$\text{Caudal medio } Q_c = 67 \text{ L/s}$$

$$\text{Caudal máximo } Q_e = 131 \text{ L/s}$$

El volumen de solución de hipoclorito se puede calcular de la siguiente manera:

$$v = \frac{V [L] \times D [mg/L]}{C [\%] \times 10}$$

Siendo V el volumen de líquido a desinfectar, D la dosis de cloro que desea lograrse y C la concentración de la solución de hipoclorito de sodio.

Se emplean 6 tanques de 300 L de capacidad de almacenamiento, por lo que las cantidades de líquido a desinfectar y los tiempos de vaciado en cada situación serán:

Para caudal medio:

$$V = 4285714 \text{ litros}$$

$$T_{\text{vaciado}} = (4285714 \text{ L}) / (67 \text{ L/s}) = 63966 \text{ s} = 17.8 \text{ h}$$

Para caudal máximo:

$$V = 4285714 \text{ litros}$$

$$T_{\text{vaciado}} = (4285714 \text{ L}) / (131 \text{ L/s}) = 32715 \text{ s} = 9.1 \text{ h}$$

Se observa que, en condiciones normales de funcionamiento, la autonomía de desinfección proyectada es:

$$\text{Autonomía total} = 6 \text{ tanques} \times 17.8 \text{ h/tanque} = 106.8 \text{ h} = 4.5 \text{ días}$$

## ARTÍCULO 8. TRATAMIENTO DE LODOS

### Sección 8.01 Espesador de barros

El espesador de lodos existente cuenta con 5,50 metros de diámetro y posee en el fondo un barredor mecánico para acelerar el proceso de espesamiento. El mismo es suficiente para el caudal de fin de periodo de diseño, por lo que no se proyecta la construcción de otro espesador. A continuación se presenta la verificación de la unidad.

<b>Datos de proyecto</b>		
Vta =	4670	m3
X =	4	kg SST / m3
P20 =	20640	hab
Qc =	5779	m3/d

### **Cálculo de caudal masico de lodos**

	1.450		Peso especifico de los solidos del fango
	1.025		Peso especifico del fango
s	0.070	kg/m3	solidos secos por m3 de liquido residual
Qc20	5779	m3/d	caudal medio de diseño
Qc * s	404.53	kg/d	produccion de barro
	50	mg/l	concentracion de solidos inertes a la entrada
	288.95	kg/d	caudal masico de solidos inertes a la entrada
<b>Qs =</b>	<b>693.48</b>	<b>kg/d</b>	<b>produccion total de barro</b>
	28.90	kg/h	

### **Espesador de Barros por gravedad con barredor mecánico de fondo**

N =	1	numero de espesadores
Xe =	30	kgSS/m3 Concentracion promedio de SST en el espesador
t =	24.00	h Permanencia hidraulica
Css =	40	kgSS/d*m2 Carga superficial masica según cuadro 11.16.5
Qs =	693.48	KgSS/d masa de SST que ingresa al espesador
Q lodo =	23.12	m3/d Caudal de lodo a tratar
Ve =	23.12	m3 Volumen espesador
A =	17.34	m2 Area líquida
h liquido =	1.33	m altura requerida
D min =	4.70	m diámetro requerido

Espesador compuesto por un sector cilíndrico superior de diámetro D1 = **5.50**  
 y otro inferior o tolva tronco cónica de diámetro menor d = **0.90**

D2 = **1.48**

El ángulo de inclinación de la tolva será de = **6**

Ae = $\pi(D1^2 - D2^2)/4$ =	22.04	m <sup>2</sup> , área del espesador
hc =	<b>3.20</b>	m, altura sector cilíndrico
ht =	0.24	m, altura tolva de barro
ae = $\pi * d^2 / 4$ =	0.64	m <sup>2</sup> , área sector inferior de la tolva
Vt = $(ht/3) * [Ae + a + (Ae * a)^{1/2}]$ =	2.21	m <sup>3</sup> , volumen de la tolva
Vc = Ae * hc =	70.52	m <sup>3</sup> , volumen sector cilíndrico del espesador

V diseño =	72.73	m3
t hidraulico =	3.15	d
	75.51	h

## **Sección 8.02 Deshidratación de barro**

Se colocará un filtro banda para un caudal de lodos provenientes del espesador de 23 m<sup>3</sup>/d (1 m3/h aproximadamente). Debe disponerse de un filtro de banda modelo OMEGA 100100 u otro de similar.



### **Sección 8.03 Playas de secado**

En caso de mantenimiento o salida de funcionamiento de la unidad de deshidratación de barros, se proyecta la construcción de playas de secado para la disposición final de los lodos espesados.

A continuación, se estima el volumen mínimo de lodo espesado que debe tratarse en las unidades de secado:

Caudal de lodos espesados = 23.12 m<sup>3</sup>/d

Tiempo de detención de la unidad principal = 4 d

Volumen mínimo a secar = 92.46 m<sup>3</sup>

Se disponen 2 unidades de 18 m de largo, 6 m de ancho y 0,50 m de espesor de lodo. Entonces:

Capacidad de secado cada unidad = 54 m<sup>3</sup>

Capacidad de secado total = 108 m<sup>3</sup>

Se observa que las unidades proyectadas verifican los requisitos impuestos para una eventual detención de la unidad principal de deshidratación.