BANDEJAS DE AIREACIÓN MULTIPLE

CAUDALES	L/s	m^3/s	m^3/H	m^3/d
Qmd				
QMD	1,00	0,001	3,600000	86,4
QMH	14,39	0,01439	51,804000	1243,296

Parámetro	Valor
Carga Hidráulica	500-1500 m/d
Altura Total	1.20 m - 3.0 m
Numero de Bandejas	3 a 9
Distancia entre Bandejas	0.30 m - 0.50 m
Altura de Bandeja	0.20 m - 0.25 m
Diámetro medio de orificios	0.50 cm - 0.60 cm
Separación media entre orificios	0.025 m (2.50 cm-7.50 cm)
Eficiencia de Remoción de CO_2	30% - 60%
Tamaño del material de Contacto	4 cm -12 cm
Espesor del lecho de contacto	0.15 m - 0.20 m

CRITERIOS DE DISEÑO

Se asume un valor de carga hidráulica superficial CH

CH	650	m/d
CH	0,00752	m/s
A_T	0,1329	m^2
Numero de bandejas	3	Un
A_b Área Bandeja	0,04	m^2
Lb longitud lado de bandeja (Largo)	0,21	m
b (Ancho)	0,21	m
Dimensionamiento de cada Bandeja		
Largo y Ancho constructivo	0,65	m
Altura de cada bandeja	0,25	m
Separación entre bandejas	0,20	m
Profundidad del agua en la bandeja	0,15	m
Lecho de contacto: Anillos Pall Ring: Espesor	0,15	m
Altura del aireador	1,35	m

Medio de contacto		
Diámetro Anillos Pall Ring	2,00	In
Ocupación Anillos Pall Ring	180	Und/ft^3
Volumen a ocupar por bandeja	0,06	m^3
Volumen x bandeja	2,24	[ft^3]
Unidades x bandeja	402,80	Und
Total, unidades anillos pall ring	1208,39648	Und

Pérdida en orificios distribuidor en Aireador		
Caudal de diseño	0,00100	Q_d [m^3/s]
Diámetro orificio 1/2"	0,0127	D [m]
Diámetro orificio 1/2"	12	D [mm]
Área orificio	0,00013	A [m^2]
Area de modulo	0,4	m^2
Numero de distribuidores Laterales	4,0	Und
Caudal por Lateral	2,3	L/s
Relacion Orificio (asumida)	0,2000	.....
n= Numero de Orificios distribuidor en Aireador	66,0	Und
Numero de orificios por lateral	17,0	Und
Hileras de orificios	8	Und
Largo promedio de distribuidor lateral	0,50	m
Separacion entre orificios distribuidor lateral	0,028	m
Coeficiente de carga	0,6	Cd
Pérdidas en orificio	0,000002	hf
Pérdidas totales en orificios	0,000159	hf total
Velocidad en Orificio	0,12	m/s

$At = \frac{Qd}{CH}$	At	Área transversal bandejas
	CH	Carga hidráulica
	Qd	Caudal de diseño
$Ab = \frac{At}{n}$	Ab	Área Bandeja
	n	Numero de Bandejas
$Lb = \sqrt{Ab}$	Lb	longitud lado de bandeja

$At = \frac{Qd}{CH}$	At	Área transversal bandejas
	CH	Carga hidráulica
	Qd	Caudal de diseño
$Ab = \frac{At}{n}$	Ab	Área Bandeja
	n	Numero de Bandejas
$Lb = \sqrt{Ab}$	Lb	longitud lado de bandeja

$V = Lb * Lb * hm$	V	volumen a ocupar por le medio
	hm	Altura del medio de contacto
$Un = V * Om$	Un	Unidades de medio de contacto
	V	Volumen a ocupar por el medio
	Om	Relación de unidades de ocupación

MEZCLA RÀPIDA VERTEDERO RECTANGULAR

Mezcla Rápida Vertedero Rectangular		
Caudal de diseño QD	1,00	L/s
	0,009	m^3/s
Altura de caida P	0,3	m
Gravedad	9,81	m/s^2
Temperatura	15	ºC
Peso especifico del agua	9820	N/m^3
Viscosidad Cinemática	0,000001139	m^2/s
Viscosidad Dinámica	0,0011390	$N*s/m^2$
Ancho vertedero rectangular (B)	0,30	m
Caudal Unitario (q)	0,03	m^2/s
Profundidad crítica (hc)	0,045101519	m
h1 Antes del resalto	0,0163	m
Velocidad 1 v1 antes del resalto	1,84	m/s
Número de Froude	4,60	Resalto Estable
h2 despues del resalto	0,100	m
Velocidad 2 v2 despues del resalto	0,30	m/s
Pérdida de energia h	0,090	m
Longitud del resalto L_j	0,50	m
Velocidad media en el resalto	1,07	m/s
Tiempo de mezcla	0,47	s
Cumple con tiempo de mezcla		
Gradiente de Velocidad	1285,32	s^{-1}
Cumple con gradiente de velocidad		
Distancia punto de aplicación quimico Lm	0,23	m

$$F = \frac{V}{\sqrt{g h_2}}$$

F	Numero de Froude
V_1	Los valores de V_1
g	Aceleración de la gravedad

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Vm	Velocidad media en el resalto
V_1	Los valores de V_1
V_2	Los valores de V_2

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 h_2 h_1}$$

h1	Altura conjugada del resalto
h2	Altura despues del resalto
F	Numero de froude

$$L_j = 6(h_2 - h_1)$$

Lj	La longitud del resalto, Lj,
h1	Altura conjugada del resalto
h2	Altura despues del resalto

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * h}{\mu * T}}$$

G	gradiente de velocidad
γ	peso especifico del agua
μ	Viscosidad dinamica del agua
h	pérdidas en el resalto

DISEÑO HIDRÁULICO PTAP-FLOCULADOR TIPO ALABAMA					
Parámetro	**Fórmula**	**Valor**	**Unidad**	**Símbolo**	**Observación**
Caudal QD	--- --- --- ---	1,00 0,00100 0,06 86,40	L/s m³/s m³/min m³/d	Q	Caudal de diseño definido para cada tren de tratamiento adicional, para completar el caudal requerido al horizonte de diseño
Temperatura	---	15	ºC	T	
Viscosidad Dinámica	---	0,001139	Pa.S	µ	
Densidad	---	999,103	Kg/m³	p	Propiedades físicas del agua, tomadas del libro de Purificación del agua. Jairo Alberto romero Rojas, 2002, Apéndice A.
Viscosidad Cinemática	---	0,000001139	m²/s	v	
Peso específico	--- ---	9,8200 9820,0	kN/m³ N/m³	Y	
Coeficiente de rugosidad PRFV	---	0,01		c	Coeficiente de Manning.
Gravedad	---	9,81	m/s²	g	

Zona de Floculación					
Parámetro	**Fórmula**	**Valor**	**Unidad**	**Símbolo**	**Observación**
Número de módulos		1	unidad		
Número de unidades	---	3	UNIDAD	N	Todos los casos de proyectos nuevos se deberán garantizar mínimo tres zonas de floculación, para alcanzar una disminución de los gradientes de velocidad de mezcla entre 70 s-1 y 10 s-1 y cuyo gradiente medio del proceso deberá ser 40 s-1. ARTÍCULO 112. resolución 0330 de 2017 modificaciones mediante resolución 799 de 2021, **retención hidráulica de 20 a 40 minutos, Según Fair y Geyer: THR = 10 – 90 min** Velocidad de flujo = 0.10 – 0.90 m/s Perdida de energía = 0.30 – 0.90 m
Gradiente de Velocidad Inferior		10	s-1	GVI	
Gradiente de Velocidad Superior		70	s-1	GVS	
Gradiente de Velocidad Promedio	GVP= (GVS+GVI)/2	40	s-1	GVP	
Velocidad Inferior		0,20	m/s	VI	
Velocidad Superior		0,60	m/s	VS	
Velocidad Promedio	VP= (VI+VS)/2	0,40	m/s	VP	
Tiempo de Retención Inferior		20	min	TRI	
Tiempo de Retención Superior		40	min	TRS	
Tiempo de Retención Promedio	THR=	15	min	TRP	Buscar valor dentro del rango para que las cámaras sean cuadradas
Volumen Floculador	V= Q*THR*60	54,00	m³	Vol	
Volumen por Modulo o Unidad	Vu=V/N	18,00	m³	Vu	
Tiempo de retención por Unidad	THRu=THR/N	5,00	min	TRu	
Área Total superficial del floculador		1,58	m²	As	
Diametro General del floculador		1,42	m	D	
Factor de ajuste		1,45	-	Fc	
Diámetro externo del floculador		1,47		De	
Area Diámetro externo del floculador		6,16	m^2	ADe	
Área restante de ajuste	Ar=ADe-As	4,26	m^2	Ar	
Diámetro interno del floculador		1,90	m	Di	1,29 -0,22
Ancho del floculador		2,84	m	W	
Altura del Floculador Af	Af	2,00	m	Af	Esta altura es fija debido a la profundidad necesaria, 8. Profundidad del agua La profundidad del agua es de 1,5 a 3,0 m. Buenas practicas de ingeniería titulo C, pag 226
Area Transversal del Floculador	At=Af*W	3,80	m²	At	
Longitud del floculador	Lf=Vol/At	1,42	m	Lf	
Numero de Cámaras en Ancho		3,0	Un	Nw	Valores Asumidos por el diseñador
Numero de Cámaras en Largo		3,0	Un	NL	Valores Asumidos por el diseñador
Ancho por unidad	Wu=W/Nw	0,60	m	Wu	Las cámaras deben presentar de ancho 0.50 a 1.25 m. y una longitud entre 0.75 a 1.50 m, La relación ancho/largo de cada compartimiento debe ser de 1 a 1,33.
Largo por unidad	Lu=Lf/NL	0,47	m	Lu	
Intervalo de Gradiente	IG=(GVS-GVI)/N	20,00	s-1	IG	
Área transversal por Unidad	$Atu=\left(\frac{At}{N}\right)$	1,27	m²	Atu	
Área Inicial	Ain= Q/VS	0,0017	m²	Ain	
Ancho Inicial Ventana	Aiv= √Ain * 100	4,08	cm	Aiv	

2,080083823
6,240251469

Cálculo pérdida de Carga Hidráulica por cámara				
Descripción	**Entre Cámaras**	**1 a 2**	**2 a 3**	**3 a 4**
Diámetro de orificio paso en pulgadas	D [pulg]	2	2	3
Diámetro de orificio paso en milímetro	D [mm]	51,00	51,00	51,00
Área de abertura de paso	A [m^2]	0,00204	0,00204	0,00204
Caudal de diseño	Qd [m^3/s]	0,00100	0,00100	0,00100
Coeficiente orificio de entrada	Cd entrada	0,80	0,80	0,80
Coeficiente orificio de salida	Cd salida	0,65	0,65	0,65
Coeficiente K del codo	K	0,8	0,8	0,8
Pérdidas a la entrada	h_{fe} [m]	0,019	0,006	0,006
Pérdidas a la salida	h_{fs} [m]	0,029	0,022	0,008
Velocidad de paso por el codo	V [m/s]	0,49	0,49	0,49
Pérdidas en el codo	$h_{f\,codo}$ [m]	0,010	0,007	0,003
Pérdidas totales	$h_{f\,total}$ [m]	0,058	0,035	0,017
Tiempo de paso por cámara	to [Seg]	300,0	300,0	300,0
Viscosidad dinámica	Pa.S	1,14E-03	1,14E-03	1,14E-03
Gradiente de Velocidad	G [s^{-1}]	40,76	31,60	21,97

$$hf = \frac{Q^2}{19.6 C_d^2 A^2}$$

hf	Pérdidas entrada y salida orificios de codo
Q	Caudal de diseño
Cd	Coeficiente de descarga
A	Área de orificio

$$hf = K\frac{v^2}{2g}$$

V	velocidad del accesorio
K	Factor de perdida en el accesorio
g	gravedad
hf	Pérdidas en el accesorio

$$G = \sqrt{\frac{g\ hf}{\vartheta\ to}}$$

G	gradiente de velocidad
g	gravedad
hf	Pérdidas en el paso entre cámaras
φ	viscosidad cinemática

0,11
1,89

Número de camp G_t	
Entre Cámaras 1 y 2	12228
Entre Cámaras 2 y 3	9481
Entre Cámaras 3 y 4	6590

$$G_t = G * t_0$$

G_t	Numero de camp
G	Gradiente de velocidad
to	tiempo de detención

Lavado del Floculador					
Parámetro	**Fórmula**	**Valor**	**Unidad**	**Símbolo**	**Observación**
Ancho Superior	------	0,60	m	AS	
Angulo Tolvas	------	45	°	ANG T	
Velocidad de Lavado	------	1	m/s	VL	
Área Tubería de Lavado		0,001	m²	ATL	
Diámetro Nominal de Lavado	$D.N=\sqrt{\frac{A.T.L*4}{\pi\pi}}$	0,036	m	DN	**1,000**
Altura de las Tolvas	$A.T=\frac{A.S-A.I.T}{2*SEN\alpha\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)}$	0,26	m	AT	se redondea la tolva a una altura de 0.30 m
Ancho Inferior		0,08	m	AIT	Valores Asumidos por el diseñador

SEDIMENTADOR DE ALTA TASA

Cálculo Volumen de Sedimentación

Cálculo Volumen Sedimentador		
Diámetro del sedimentador clarificador	0,90	D [m]
Diámetro zona de alta tasa	1,90	D [m]
Área superficial Sedimentador	0,60	A [m^2]
Tiempo de retención Hidráulica (THR)	20,00	THR [min]
Volumen del Sedimentador	1,20	V [m^3]
Altura efectiva Sedimentador	2,00	H [m]
Altura superior Sedimentador	1,40	H [m]
Borde libre	0,40	
Altura total sedimentador	4,60	HT [m]

Cálculo de Carga Hidráulica superficial y V0		
Carga hidráulica	144,00	CH [m/d]
Caudal de diseño	1,00	Qd [L/s]
	86,40	Qd [m^3/d]
Área superficial zona sedimentador de alta tasa	2,80	As [m^2]
Velocidad promedio en el sedimentador de alta tasa	35,63	Vo [m/d]
Velocidad en el sedimentador de alta tasa	0,025	Vo [m/min]
Velocidad en el sedimentador de alta tasa	0,04	Vo [cm/seg]

Cálculo de LC ,L', L, Nre,Vsc		
Longitud de la sección de sedimentación de alta tasa	1,20	l [m]
Tiempo de retención en las celdas	30,00	t [min]
Separación de la sección tubular	8	d [m]
Longitud relativa efectiva de sedimentación	0,15	L
Viscosidad cinemática	1,13900E-05	Viscosidad cinemática
Longitud relativa de sedimentación	3,77	L'
longitud relativa del sedimentador de tasa alta en flujo laminar, corregida en la longitud	-3,615	Lc
Numero de Reynolds	289,65	N_{RE}
Tipo de modulo de alta tasa	Otras secciones tubulares	Tipo
Factor de forma Tipo de modulo de alta tasa	1,33	Factor
Angulo de Inclinación	60	Angulo Grados
Velocidad critica de sedimentación	-50,32	Vsc [m/d]
Velocidad critica de sedimentación	-0,0582	Vsc [cm/s]

Pérdida en orificios de difusor entrada a sedimentador		
Caudal de diseño	0,00100	Q_o [m^3/s]
Diámetro orificio 1/2"	0,0127	D [m]
Diámetro orificio 1/2"	12,7	D [mm]
Área orificio	0,00063	A [m^2]
Area de modulo	6,2	m^2
Numero de distribuidores Laterales	6,0	.....
Caudal por Lateral	1,5	L/s
Relacion Orificio (asumida)	0,005	.....
n= Numero de Orificios en la unidad de sedimentación	245,0	Und
Numero de orificios por lateral	41,0	Und
jy	2,0	Und
Largo promedio de distribuidor lateral	1,0	m
Separacion entre orificios distribuidor lateral	0,052	m
Coeficiente de carga	0,6	Cd
Pérdidas en orificio	0,000049	hf
Pérdidas totales en orificios	0,011918	hf total
Velocidad en Orificio	0,01	m/s

Pérdida en tubería de floculador y entrada a sedimentador			
Caudal de diseño	1,00	Qd [L/s]	
Diámetro tubería	8	pulg	
Diámetro tubería	208,42	D [mm]	
Diámetro tubería	0,20842	D [m]	
Área Tubería	0,03412	A [m^2]	
Pérdidas totales en tubería	0,0100	hf total	
Perdidas totales en sedimentador	0,022	m	1,9

Cálculo volumen de lodos esperado				
Caudal de diseño	1,00	Qd [L/s]		
Concentración de químico en el lodo	600	100-600 mg/L		
Caudal de lodos	0,00002691	Ql [m^3/s]		
Tiempo de almacenamiento	2	días		
Volumen de lodos esperado	4,65	Vt [m^3]		
Altura zona de Lodos	0,80	m	13	0,9
% volumen deposito de lodos adicional	388	%	15,5	m2

Tuberías desagüe de lodos		
Tiempo de vaciado	15	min
Tiempo de vaciado	0,25	Horas
Sección de Desagüe (S)	0,103066388	m
Sección de Desagüe (S)	4	Pulg

Pérdida en orificios sistema de drenaje lodos del sedimentador		
Caudal de diseño	0,00900	Q_o [m^3/s]
Diámetro orificio 1/2"	0,0127	D [m]
Diámetro orificio 1/2"	12,7	D [mm]
Área orificio	0,00013	A [m^2]
Area de modulo	6,2	m^2
Numero de drenajes Laterales	8,0	.....
Caudal por Lateral	1,1250	L/s
Relacion Orificio (asumida)	0,00700	.....
n= Numero de Orificios en la unidad de sedimentación	343,0	Und
Numero de orificios por lateral	43,0	Und
Hileras de orificios	2,0	Und
Largo promedio de colector lateral	1,0	m
Separacion entre orificios colector lateral	0,050	m
Coeficiente de carga	0,6	Cd
Pérdidas en orificio	0,000018	hf
Pérdidas totales en orificios	0,00608	hf total
Velocidad en Orificio	0,21	m/s

Vertedero de salida		
Para el caudal de diseño	0,001	m^3/s
H sobre el vertedero de salida (Tomando la fórmula de Francis)	0,0071	m
Ancho Sedimentador	0,90	m
Tasa de rebose	2,22	L /m s

Tipo de Módulo de alta tasa	Factor de forma
Placas planas paralelas	1,00
Tubos circulares	1,33
Tubos cuadrados	1,38
Tubos ondulados	1,30
Otras secciones tubulares	1,33
Otras secciones tubulares	1,42

Cálculo tiempo de retención hidráulica		
Caudal de diseño	Qd [L/s]	1,00
	Qd [m^3/s]	0,001

2,80
2,50

Tabla 9. Parámetros de referencia de diseño de sedimentación de alta tasa

Tipo de sedimentador	Carga superficial ($m^3/m^2/d$)	Tiempo de retención hidráulica (min)	Velocidad crítica de sedimentación (cm/s)
Módulos angostos L=0,6 m	100 - 110	10 – 20	15 – 30
Módulos angostos L = 1,2 m	120 – 185		
Módulos profundos L > 1,2 m	200 – 300		

De acuerdo con el tipo de módulo, la tasa de sedimentación se afectará por el factor indicado en la tabla siguiente:

Tipo de Módulo de alta tasa	Factor de forma
Placas planas paralelas	1
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	11/8
Tubos ondulados	1,3
Otras secciones tubulares	1,33 – 1,42



-0,600 0.5 - 2.5 mm/s (mili

https://www.ingetecsa.com.co/modulos-de-sedimentacion/

Se proyectan 42 orificios por lateral, ubicados en 2 hileras de 21 orificios cada una formando un ángulo de 45° con la horizontal. Separación entre orificios cada 0.052 m

Se proyectan 42 orificios por lateral de drenaje, ubicados en 2 hileras de 21 orificios cada una formando un ángulo de 45° con la horizontal. Separación entre orificios cada 0.050 m

$$THR = \frac{V}{Q_d}$$

	TRH	Tiempo de retención hidráulica
	V	Volumen sedimentador
	Qd	Caudal de diseño

$$CH = \frac{Qd}{As}$$

	CH	Carga hidráulica
	Qd	Caudal de diseño
	As	Área superficial sedimentador

$$v_0 = \frac{Q}{A\ sen\ \emptyset}$$

	Q	Caudal de diseño
	A	Área superficial sedimentador
	Φ	Angulo elemento sedimentador de alta tasa

$$L = l/d$$

	l	longitud elemento sedimentador alta tasa
	d	diámetro de sección tubular
	L	Longitud relativa efectiva de sedimentación

$$L' = \frac{0.013 v_0 d}{\vartheta}$$

	vo	velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa
	d	Diámetro de la sección tubular
	φ	Viscosidad cinemática

$$L_c = L - L'$$

	L	Longitud relativa efectiva de sedimentación
	L´	Longitud relativa de corrección
	Lc	Longitud relativa del sedimentador de tasa alta en flujo laminar, corregida en la longitud de transición

$$N_{RE} = \frac{v_0 d}{\vartheta}$$

	NRE	Numero de Reynolds
	Vo	velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa
	d	Diámetro de la sección tubular
	φ	Viscosidad cinemática

$$v_{sc} = \frac{S_c v_0}{sen\ \theta + L_c \cdot cos\theta}$$

	Vsc	Velocidad critica de asentamiento o Carga superficial de sedimentación de alta tasa
	Sc	Factor de forma
	Lc	Longitud relativa del sedimentador de tasa alta en flujo laminar, corregida en la longitud de
	Φ	Angulo elemento sedimentador de alta tasa
	Vo	velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa

$$hf = \frac{\left(\frac{Q}{N}\right)^2}{19.6 * N^2 * C_d^2 * A^2}$$

	hf	Pérdidas entrada y salida orificios
	Q	Caudal de diseño
	Cd	Coeficiente de descarga
	A	Área de orificio

$$Ql = 0.0897 \frac{D * Q_D}{A_C}$$

	D	Dosis de coagulante (mg/L)
	Q_D	Caudal de la planta (m^3/s)
	Ac	Concentración de químico en el lodo (mg/L) en la práctica 100-600 mg/L

$$S = \left(\frac{A_h}{4850 * t} * h\right)^{1/2}$$

	S	Sección del tubo (m)
	Ah	Área superficial de la zona de sedimentación
	h	Profundidad del sedimentador (m)
	t	Tiempo de vaciado

FILTRO RÁPIDO A TASA CONSTANTE

Tanque Pulmón		
Diámetro	10	pulg
Diámetro tanque	259,73	mm
Área	0,05298	m^2
Altura lamina de agua	1,00	m
Velocidad 1 v_1 caida antes del resalto	4,4	m/s
Velocidad en el coducto	0,019	m/s

Datos de Entrada		
Caudal Q	1,00	L/s
	0,0010	m^3/s
	86,40	m^3/dia
	3,60	m^3/h
Numero de filtros	0,04	unid
Numero de filtros mínimos Filtros Autolavables	2	unid
Temperatura del Agua	15,0	C

Dimensiones del área de filtración		
Tasa media de filtracion (q_{med})	180,00	m^3/m^2-dia
Area total de filtracion (A_T)	0,50	m^2
Area de cada filtro (A_u)	0,25	m^2
Area de filtro circular	2,15	m^2
B/L	1,00	-
Largo L	1,47	m
Area de filtro circular constructivo	2,54	m^2
Diámetro del filtro circular	1,65	m
Diámetro del filtro circular constructivo	1,80	m
Relacion L/B	1	
Cumple Relacion 1.0 <= L/B <= 3.0		
Caudal por unidad	389	m^3/dia
Caudal por unidad	0,001	m^3/s

Lecho de Filtración		
Tamaño efectivo (TE) arena (Abertura del tamiz ideal que deja pasar el 10% d10)	0,4	mm
Coeficiente de uniformidad de la arena (CU_{arena}) (d60/d10)	1,60	
Porosidad arena Po	0,40	
Abertura del tamiz ideal que deja pasar el 60% de la arena d60	0,64	mm
Porosidad Antracita (Po)	0,47	
Coeficiente de condiciones de mezcla. Valor de C. entre mezcla parcial	3,09	
Abertura del tamiz ideal que deja pasar el 90% de antracita d90	1,236	mm
Coeficiente de uniformidad de la Antracita ($Cu_{Antracita}$)	1,60	
Tamaño efectivo TE Antracita	1,20	mm
Relacion TE Antracita / TE arena	3,00	
Altura Total de lecho X	0,70	m
Altura de la arena X_a	**0,20**	**m**
Altura de la Antracita X_A	**0,50**	**m**
Grava de soporte (L_G)	**0,40**	**m**

Espesor y tamaño de la grava de soporte		
Posicion	Espesor (cm)	Tamaño (Pulg)
Fondo	10,00	2 - 1
Segunda Capa	7,50	1 - 1/2
Tercera Capa	7,50	1/2 - 1/4
Cuarta Capa	7,50	1/4 - 1/8
Quinta Capa	7,50	1/8 - 1/12
Total (L_G)	40,00	

Estructura de drenaje
Se utiliza falso fondo en poliester reforzado con fibra de vidrio y boquillas ranuradas en polipropileno 3/4"

Estructura de entrada
Se utiliza una tubería de distribución perforada del afluente con agua clarificada,

Estructura de recolección
Se utiliza un vertedero individual con un ancho de cresta = 0.250 m

Hidráulica de lavado		
Viscocidad cinematica u a 15 °C	0,01146	cm/s
Densidad relativa de los granos de arena (Sa) (sumergencia)	2,65	-
d_{50} de la arena	1,20	mm
Numero de Galileo arena (Ga)	21275,73	
Densidad relativa de los granos de antracita (S_A) (sumergencia)	1,4	-
d_{50} de la antracita	1,236	mm
Numero de Galileo antracita (G_A)	5636,02	
Velocidad de fluidificacion en arena Va	1,373	cm/s
	0,824	m/min
Velocidad de fluidificacion en antracita V_A	0,392	cm/s
	0,235	m/min
La condicion critica es para el lecho de arena por consiguiente (V_a)	0,530	m/min
Expansion total del lecho filtrante ξT	**0,072**	**m**
Porcentaje de Expansion total del lecho filtrante %ξT	**10,32**	**%**

Tabla de valores de β Y θ de acuerdo al tipo de material		
Material	β	θ
Arena	0,1254	0,1947
Antracita	0,1813	0,1015

Tabla de valores de α Y m de acuerdo al tipo de material		
Material	**α**	**m**
Arena	0,5321	0,5554
Antracita	0,2723	0,6133

Chequeo caudal de lavado sistema autolimpiante		
Caudal de diseño de la planta Q	1,00	l/s
Velocidad descendente	0,24	m/min
Area superficial del filtro A	2,15	m^2
Caudal de lavado QL < Qdiseño	**8,43**	**l/s**
No cumple		

0,1185659

Chequeo volumen requerido para lavado		
Tiempo de lavado TL	7	min
Tiempo de lavado TL	420	Seg
El volumen total de agua necesaria para el lavado de un filtro será: V_L	3542	litros
El volumen total de agua necesaria para el lavado de un filtro será: V_L	3,54	m^3
Altura de lamina de agua que garantiza lavado de un filtro	**1,65**	m

0,40

Pérdidas de carga durante el lavado		
Perdidas de carga en la arena hL	0,20	m
Perdidas de carga en la antracita hL	0,106	m
Perdidas de carga en la grava hLG	0,071	m
Utilizando orificios de 3/4" (Toberas plásticas)	0,02181	m
Area del orificio	3,74E-04	m^2
Numero de orificios	65	Und
Perdidas de carga en el falso fondo hLD	0,05	m
Perdidas de carga total durante el lavado hLT	**0,42**	**m**
Chequeo de velocidad en orificio	**0,35**	**m/s**

216,00

Hidráulica de Filtración				
Perdidas de carga en la valvula de compuerta a la entrada hVA	7,990E-07	m*q^2		
Diametro Valvula de Compuerta	0,10	m		
Area de la valvula de 4"	0,0079	m^2		
Coeficiente K (Constante definida por Di Bernardo)	1,56			
Perdidas de carga en el lecho de arena ho	7,83E-04	m*q		
Coeficiente de esfericidad de la arena Ce	0,82			
xi/di^2 para la arena	192	cm^-2		
Perdidas de carga en el lecho de antracita ho	6,12E-04	m*q		
Coeficiente de esfericidad de la antracita Ce	0,73			
xi/di^2 para la antracita	99	cm^-2		
Perdida de carga total en el lecho ho	1,39E-03	m*q		
Perdidas de carga en la grava de soporte hG	9,26E-05	m*q		
Area del orificio	3,736E-04	m2		
Area total hueca	2,421E-02	m2		
Perdidas de carga en el falso fondo hD	8,409E-08	m*q^2		
Ancho del vertedero L	0,25	m		
Perdidas de carga en el vertedero de salida hVE	1,431E-03	m*q^0,6667		
Perdidas de carga en tubería de interconexion Sedimentador Filtro QD	0,04	m		
Perdida de carga total durante la filtracion H	**0,38**	**m**		
Tasa de filracion Para Nivel Dinamico Minimo	148,86		**0,28**	**0,47** m
Tasa de filracion Para Nivel con filtro Sucio	123,11		**0,23**	**0,72** m
Se adopta como altura minimo del nivel del agua con relación al vertedero de salida	**0,95**	**m**		**Cumple**

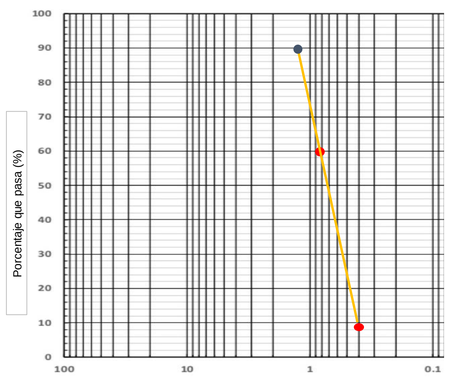
Canaleta de recoleccion de efluente		
Numero de canales	1	und
Caudal de lavado por canaleta q	4,50	L/s
Ancho del canal b	13	cm
Altura hm	8,61	cm
Borde libre	5	cm
Espesor de la pared	0,02	cm
Altura total de la canaleta	14	cm
Altura de la cresta con respecto al lecho no expandido W	0,21	m
Factor de Seguridad	0,20	m
Altura minima de cresta de la canaleta con respecto al lecho no expandido W con factor de seguridad	**0,41**	**m**

Área	10,000
Diametro	3,568 m
Diiametro	140,00 pulg

26,3 0,375
0 0,675

Tabla 10. Características de Filtración convencional

Parámetro	Filtración lenta con lecho simple	Filtración rápida con lecho simple	Filtración rápida con lecho mixto
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	< 120	180 – 350
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 – 0,9	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3



2,540

	X	Y
d_{10}	0,4	10
d_{60}	0,64	60
d_{90}	1,20	90

Tabla C.Fi.1.1 Propiedades físicas generales y granulometría de los medios utilizados en filtros rápidos

Propiedad	Unidad	Granate	Ilmenita	Arena	Antracita	GAC
Tamaño efectivo	mm	0.2-0.4	0.2-0.4	0.4-0.8	0.8-2.0	0.8-2.0
Coeficiente de uniformidad	UC	1.3-1.7	1.3-1.7	1.3-1.7	1.3-1.7	1.3-2.4
Densidad	g/mL	3.6-4.2	4.5-5.0	2.65	1.4-1.8	1.3-1.7
Porosidad	%	45-58	N/A	40-43	47-52	N/A
Dureza	Moh	6.5-7.5	5-6	7	2-3	Bajo

0,508
1,27
1,016

Tabla C.Fi. 1.2 Características granulométricas de la arena, para filtros rápidos

Tipo de arena	Tamaño efectivo		Coeficiente de uniformidad	
	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Mínimo	Máximo
Arena Fina	0.35	0.45		
Arena estándar	0.45	0.65	1.35	1.70
Arena gruesa	0.65	0.85		

Expansión del lecho filtrante arena

Numero de tamiz serie americana	d_1 cm	d_2 cm	d_i cm	Ga	Re	vs cm/s	βRe^θ	Pe	ξc	xi	ΔLc m	di^2 cm^2	xi/di^2
40 -30	0,042	0,059	0,050	1539,04	31,35	7,185	0,245	0,666	0,80	20%	0,0319	0,003	80
30 - 20	0,059	0,084	0,070	4223,13	54,91	8,990	0,274	0,598	0,49	36%	0,0355	0,005	73
20 - 16	0,084	0,119	0,100	12312,35	99,49	11,402	0,307	0,522	0,26	34%	0,0174	0,010	34
16 - 12	0,119	0,168	0,140	33785,08	174,28	14,266	0,343	0,449	0,09	10%	0,0018	0,020	5
$d_i = \sqrt{d_1 * d_2}$										ξ_a	0,09		192

Expansión del lecho filtrante antracita

Numero de tamiz serie americana	d_1 cm	d_2 cm	d_i cm	Ga	Re	vs cm/s	βRe^θ	Pe	ξc	xi	ΔLc m	di^2 cm^2	xi/di^2
30 - 20	0,059	0,084	0,070	1024	19,11	3,129	0,245	0,602	0,33	22%	0,0364	0,005	45
20 - 16	0,084	0,119	0,100	2985	36,83	4,221	0,261	0,537	0,15	34%	0,0247	0,010	34
16 - 12	0,119	0,168	0,141	8367	69,30	5,632	0,279	0,476	0,01	34%	0,0019	0,020	17
12 - 10	0,168	0,2	0,183	18292	111,97	7,012	0,293	0,430	0,07	10%	0,0035	0,033	3
$d_i = \sqrt{d_1 * d_2}$										ξ_A	0,067		99

Diámetro Promedio y Porcentaje Retenido para la Arena

Numero de tamiz serie americana	d1 cm	d2 cm	di cm	xi	di^2 cm^2	xi/di^2
40 -30	0,042	0,059	0,050	20%	0,003	80
30 - 20	0,059	0,084	0,070	36%	0,005	73
20 - 16	0,084	0,119	0,100	34%	0,010	34
16 - 12	0,119	0,168	0,140	10%	0,020	5
				Sumatoria xi/di^2		192

Diámetro Promedio y Porcentaje Retenido para la Antracida

tamiz serie americana	d1 cm	d2 cm	di cm	xi	di^2 cm^2	xi/di^2
30 - 20	0,059	0,084	0,070	22%	0,005	45
20 - 16	0,084	0,119	0,100	34%	0,010	34
16 - 12	0,119	0,168	0,141	34%	0,020	17
12 - 10	0,168	0,2	0,183	10%	0,033	3
				Sumatoria xi/di^2		99

Altura de la cresta del vertedero a la cresta canaleta de lavado, como diferencia de altura por seguridad entre la cresta del vertedero de salida del agua filtrada y la cresta del vertedero del agua de lavado,

Dimensiones Generales Valvulas de compuerta

DN	
Pulgadas	mm
2	50
3	75
4	100
6	150
8	200
10	250
12	300

DIMENSIONES GENERALES		
DN		L1
PULGADAS	mm	BRIDA
2	50	177.8
3	75	203.2
4	100	228.6
6	150	266.7
8	200	292.1
10	250	330.2
12	300	355.6

LECHOS DE SECADO		
Criterios de Diseño Hidráulico		
Tiempo de retencion	3 - 15	dias
Profundidad de la torta	5 - 20	cm
Densidad del Lodo	1,2	kg/L
El periodo habitual de secado (3-4)	4	días
Número de unidades de secado	4	unidades
Relación Largo: Ancho	1,7	Veces L-B
Pendiente	0,5	%
Borde libre (por encima de la arena)	0,5-0,9	m
Espesor Medio en Grava	200-460	mm
Diametro de la Grava	3-25	mm
Espesor Medio en Arena	300-400	mm
Coeficiente de uniformidad	3,5-4	
Tamaño Efectivo Te	0,3-0,75	mm
Diametro tubería de drenaje principal	>0,10	m
Distancia entre drenajes principales	2,6-6	m
Distancia entre tuberías laterales de drenaje	2,5-3	m
Placa de salpicamiento	0.9x0.9x0.1	m^3
Datos de Entrada		
Caudal de diseño QMD	1,00	L/s
Caudal de diseño QMD	86	m^3/día
Caudal de diseño QMD	86400	L/d
Producción de lodos Floculación		
Lodos de coagulación y lavado 2-20%	10	%
Lodos de coagulación y lavado 2-20%	100000	mg/L
Carga de Lodo	10000	mg/m^3
Producción de lodo	7,78	kg/d
Volumen del lodo producido	6,48	Litros de lodo-día
Volumen total del lodo producido	25,9	Litros de lodo-día
Cargas de productividad lecho de secado floculador	15	Litros de lodo/m^2-d
Area de lecho de secado floculador	1,73	m^2
Producción de lodos Sedimentación		
Lodos de Sedimentación y lavado 50-70%	60	%
Lodos de Sedimentación y lavado 50-70%	600000	mg/L
Carga de Lodo	60000	mg/m^3
Producción de lodo	46,66	kg/d
Volumen del lodo producido	38,88	Litros de lodo-día
Volumen total del lodo producido	155,5	Litros de lodo-día
Cargas de productividad lecho de secado Sedimentación	15	Litros de lodo/m^2-d
Area de lecho de secado sedimentador	10,37	m^2
Producción de lodos Filtración		
Lodos de Filtración y lavado 50-1000 mg/L	1	%
Lodos de Filtració y lavado 50-1000 mg/L	10000	mg/L
Carga de Lodo	1000	mg/m^3
Producción de lodo	0,78	kg/d
Volumen del lodo producido	0,65	Litros de lodo-día
Volumen total del lodo producido	2,6	Litros de lodo-día
Cargas de productividad lecho de secado filtro	15	Litros de lodo/m^2-d
Area de lecho de secado filtración	0,17	m^2
Caudal de lodo para secado	45,00	litros de lodo/día
Caudal de lodo para secado	0,00052	litros de lodo/seg
Area total del Lecho de Secado	12,27	m^2
Area total del Lecho de Secado(+30%) dimensionamiento constructivo	15,95	m^2
Área de cada unidad de secado	3,99	
Dimensiones Teóricas de cada unidad de secado		
Ancho de lecho	1,5	m
Largo de lecho	2,6	m
Dimensiones definitivas de cada unidad de secado		
Ancho de lecho	1,5	m
Largo de lecho	2,6	m
Altura de la pasta	0,3	m
Borde libre	0,55	m
Altura de la arena	0,35	m
Altura de la grava	0,3	m
Altural total	1,50	m
Volumen Total	2,49	m^3
Diametro tubería de drenaje principal	4	pulgadas
Diametro tubería de drenaje hacia Humedal	4	pulgadas

3. Deshidratación por lechos de secado: es una técnica manual en donde se deben tener mínimo cuatro celdas. Su diseño depende del caudal de salida de la descarga de lodos o de espesamiento, con profundidades de aplicación de 0.3 a 0.9 metros; para lodos sin acondicionar, se deben aplicar cargas de entre 15 a 20 lt de lodo/m2 /día, con un ciclo de secado de 3 a 4 días.

C.4.3.3 Tratamiento y disposición final de lodos

El tipo de tratamiento que se va a utilizar para tratar el lodo debe encontrarse acorde al volumen y calidad de éste para lo cual debe realizarse un estudio detallado de los costos que conlleva el proceso de tratamiento seleccionado, según lo establecido en el capítulo A.7.

La tabla C.4.1 es una guía para la selección del tratamiento de los lodos de acuerdo a los datos promedio del porcentaje de concentración de sólidos en diferentes tipos de lodos.

TABLA C.4.1 Concentración de lodos en el tratamiento de aguas

Tipo de lodo	Concentración de sólidos (%)
Proceso de sedimentación	0.5 - 2
Agua de lavado de filtros	50 - 1000 a
Proceso de ablandamiento con soda y cal	2 - 15
Espesado gravitacional	
Agua de lavado de filtros	Mayor a 4
Lodos de cal	15 - 30
Filtración al vacío	
Lodos de coagulación	10 - 20
Ablandamiento con cal (>85% de contenido de $CaCO_3$)	50 - 70
Ablandamiento con cal (alto contenido de $Mg(OH)_2$)	20 - 25
Filtración a presión	
Lodos de coagulación	30 - 45
Lodos de cal	55 - 70
Centrífugas	
Lodos de coagulación	10 - 20
Lodos de cal y aluminio	15 - 40
Lodos de cal	30 - 70
Camas de secado	
Lodos de coagulación	15 - 30
Lodos de cal	50 - 70
Lagunas	
Lodos de coagulación	7 - 15
Lodos de cal	50 - 60
* Concentración dada en mg/L	