

ANEXO 2. DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

2.1. Escenarios de diagnóstico

La planta de tratamiento existente es de tipo convencional, su funcionamiento es hidráulico y operación manual.

Como se ha mencionado, la planta se diseñó para un caudal de 75 L/s, pero se construyó un módulo de tratamiento de 50 L/s, permitiendo a futuro la ampliación del sistema mediante la construcción de otro módulo de 25 L/s, de acuerdo con la demanda del municipio. Acorde a lo anterior, el diagnóstico hidráulico se realizará para el caudal de diseño de la infraestructura existente, el caudal de diseño estimado para el final del periodo de diseño y determinación de capacidad máxima instalada.

2.2. Cámara de quietamiento

A continuación se presenta la determinación de la velocidad ascensional en la cámara de quietamiento para los caudales de 50 y 75 L/s respectivamente.

Velocidad ascensional

Para la definición de este parámetro, se tienen en cuenta el caudal de diseño, las dimensiones superficiales y el área respectivamente.

Tabla 1 Velocidad ascensional Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$v = \frac{Q}{A}$
Q=	0,05	m ³ /s	
L ₁ =	1,3	M	
L ₂ =	1,3	M	
A=	1,69	m ²	
V=	0,03	m/s	
Valor de referencia	0,04 – 0,1	m/s	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

Tabla 2 Velocidad ascensional Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$v = \frac{Q}{A}$
Q=	0,075	m ³ /s	
L ₁ =	1,3	m	
L ₂ =	1,3	m	
A=	1,69	m ²	
V=	0,044	m/s	
Valor de referencia	0,04 – 0,1	m/s	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

Para este tipo de estructuras se establece que la velocidad ascensional está definida en un rango entre 0,04 y 0,1 m/s, por lo que para el caudal de 50 L/s no se cumpliría este valor de referencia pero para el caudal en el periodo final de diseño si se cumple.

Tiempo de retención

El tiempo de retención está definido por la relación entre el volumen de la estructura y el caudal de diseño. Inicialmente, se debe definir el volumen real de la cámara de aquietamiento, determinando su profundidad real la cual está en función del nivel entre la carga sobre el vertedero y la cota de lámina de agua. Para ello, se calcula como un vertedero de pared gruesa. Definida la profundidad real, se obtiene el tiempo de retención para los dos escenarios.

Tabla 3 Lámina de agua sobre el vertedero y tiempo de retención Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$H = \left(\frac{Q}{L * 1.71} \right)^{2/3}$
Q=	0,05	m ³ /s	
L ₁ =	1,3	m	
L ₂ =	1,3	m	
h=	0,8	m	
H=	0,08	m	
TIEMPO DE RETENCIÓN			
Q=	50	L/s	$TR = \frac{V}{Q}$
Q=	0,05	m ³ /s	
V=	1,49	m ³	
TR=	29,73	s	
Valor de referencia	30 - 60	s	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

Tabla 4 Lámina de agua sobre el vertedero y tiempo de retención Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$H = \left(\frac{Q}{L * 1.71} \right)^{2/3}$
Q=	0,075	m ³ /s	
L ₁ =	1,3	m	
L ₂ =	1,3	m	
h=	0,8	m	
H=	0,10	m	
TIEMPO DE RETENCIÓN			
Q=	75	L/s	$TR = \frac{V}{Q}$
Q=	0,075	m ³ /s	
V=	1,53	m ³	
TR=	20,38	s	
Valor de referencia	30 - 60	s	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

Para este tipo de estructuras, se establece que el tiempo de retención está definido en un rango entre 30 y 60 segundos, por lo que para los caudales de 50 y 75 L/s, no se cumple con este parámetro.

Capacidad máxima instalada – Velocidad de ascenso

Con el fin de verificar la capacidad máxima instalada tomando como parámetro de referencia la velocidad de ascenso, se asumirá un valor de 0,10 m/s, teniendo en cuenta que el rango de este parámetro debe oscilar entre 0,04 y 10 m/s.

Tabla 5 Capacidad máxima instalada - Velocidad ascensional V= 0.10 m/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V=	0,1	m/s	$Q = V * A$
L ₁ =	1,3	m	
L ₂ =	1,3	m	
Qmax=	0,169	m³/s	
Qmax=	169	L/s	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo anterior, la capacidad máxima de este elemento es de 169 L/s, asumiendo la velocidad máxima de ascensión de 0,10 m/s.

Capacidad máxima instalada – Tiempo de retención

Con el fin de verificar la capacidad máxima instalada tomando como parámetro de referencia el tiempo de retención, se asumirá un valor de 30 segundos, teniendo en cuenta que el rango de este parámetro debe oscilar entre 30 y 60 segundos.

Tabla 6 Capacidad máxima instalada – Tiempo de retención $T_r = 30$ s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
TR=	30	s	$Q = \frac{V}{TR}$
L ₁ =	1,3	m	
L ₂ =	1,3	m	
h=	0,8	m	
V	1,352	m ³	
Qmax	0,045	m ³ /s	
Qmax	45,07	L/s	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo anterior, la capacidad máxima de este elemento es de 169 L/s, asumiendo el tiempo de retención de 30 segundos.

2.3. Canaleta Parshall

La estructura utilizada para aforo de caudal y dispositivo de mezcla rápida, corresponde a la canaleta Parshall de 12", ubicada posterior a la cámara de quietamiento. Su diagnóstico se realizará inicialmente para el caudal de 50 y luego para 75 L/s respectivamente.

Diagnóstico hidráulico canaleta Parshall Q= 50 L/s

Ancho en la sección de medición

Se toman los valores de W y D para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12".

Tabla 7 Ancho sección de medición canaleta Parshall

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Ancho de garganta=	12	in	$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W$
W (Tomado de tabla)=	0,3048	m	
D (Tomado de tabla)=	0,845	m	
D'=	0,665	m	

Fuente: El estudio.

Altura lámina de agua sección de medición

Se toman los valores de K' y n para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12".

Tabla 8 Altura lámina de agua sección de medición $Q= 50$ L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q=$	50	L/s	$h_o = \left(\frac{Q}{k'}\right)^{\frac{1}{n}}$
$Q=$	0,05	m^3/s	
K' (Tomado de tabla)=	0,69		
n (Tomado de tabla)=	1,522		
$h_o=$	0,178	m	

Fuente: El estudio.

Relación h_o/W

Definido el h_o y establecido el ancho de garganta, se procede a realizar su relación.

Tabla 9 Relación h_o/W

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$H_o=$	0,178	m	$\frac{h_o}{W}$
$W=$	0,3048	m	
Relación h_o/W	0,58		
Valor de referencia	0,4 – 0,8		
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

Esta relación debe estar entre 0,4 y 0,8 de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Título C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010. Por lo tanto se cumple con esta relación. Definido este parámetro, se procede a determinar el número de Froude. Para ello, se debe calcular inicialmente la velocidad y energía en la sección de medición, velocidad y altura antes del resalto y la sumergencia respectivamente.

Velocidad en la sección de medición

Definido el h_o y tomando el valor de D' se determina la velocidad en la sección de medición.

Tabla 10 Velocidad en la sección de medición Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$V_a = \frac{Q}{D' * h_o}$
Q=	0,05	m ³ /s	
D´=	0,665	m	
h ₀ =	0,178	m	
V ₀ =	0,42	m/s	

Fuente: El estudio.

Este valor debe ser mayor a 2.0 m/s de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Titulo C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010.

Energía en la sección de medición

Se toman el valor de N para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 11 Energía en la sección de medición Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V ₀ =	0,42	m/s	$E_o = \frac{(V_0)^2}{2 * g} + h_0 + N$
h ₀ =	0,178	m	
N (Tomado de tabla)=	0,229		
g=	9,81	m/s ²	
E ₀ =	0,42	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad antes del resalto

Con el ancho de garganta de la canaleta de 12”, se define la velocidad antes del resalto

Tabla 12 Velocidad antes del resalto Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$V_1 = \frac{Q}{W * h_1}$
Q=	0,05	m ³ /s	
W=	0,3048	m	
h ₁ =	0,062	m	
V ₁ =	2,65	m/s	

Fuente: El estudio.

Altura antes del resalto

Se toman el valor de N para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 13 Altura antes del resalto Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_1=$	0,062	m	$h_b = h_1 - N$
N (Tomado de tabla)=	0,229		
$h_b=$	-0,167	m	

Fuente: El estudio.

Sumergencia

Definidas las alturas en la sección de medición y antes del resalto, se procede a comprobar el estado de la canaleta en cuanto a la sumergencia.

Tabla 14 Sumergencia Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_b=$	-0,167	m	$S = \frac{h_b}{h_0}$
$h_0=$	0,178	m	
S=	-0,94		
Valor de referencia	<0,7		
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

Según plantea López Cualla (1995), la sumergencia máxima permitida para canaletas Parshall con ancho de garganta de 12", corresponde al 70% de la relación definida en la Tabla 14. Por lo tanto, la estructura opera en condición de descarga libre.

Número de Froude

Para comprobar la estabilidad del resalto se determina el número de Froude.

Tabla 15 Numero de Froude Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$V_1=$	2,65	m/s	$F = \frac{V_1^2}{g * h_1}$
g=	9,81		
$h_1=$	0,062	m	
F=	3,39		
Tipo de resalto	Oscilante		

Fuente: El estudio.

Este valor debe estar entre 1,7 y 2,5 o entre 4,5 y 9,0 de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Titulo C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010.

Acorde al resultado obtenido de 3.39, se clasifica como chorro oscilante que entra a la zona del fondo del salto, se amplía hacia la superficie y regresa sin periodicidad. Cada

oscilación origina una onda de gran longitud y periodo irregular, que comúnmente se traslada a grandes distancias. Por la tanto, se concluye que para el caudal de diseño de 50 L/s, la canaleta no cumple como dispositivo de mezcla rápida.

Altura del resalto

Una vez definido el número de Froude, se calcula la altura del resalto.

Tabla 16 Altura del resalto Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_1=$	0,062	m	$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1)$
$F=$	3,39		
$h_2=$	0,28	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad del resalto Q= 50 L/s

Determinada la altura del resalto, se determina la velocidad en este punto.

Tabla 17 Velocidad del resalto Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q=$	50	L/s	$V_2 = \frac{Q}{W * h_2}$
$Q=$	0,05	m ³ /s	
$W=$	0,3048	m	
$h_2=$	0,28	m	
$V_2=$	0,58	m/s	

Fuente: El estudio.

Altura en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

Se toman los valores de N y K para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 18 Altura en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_2=$	0,28	m	$h_3 = h_2 - (N - K)$
N (Tomado de tabla)=	0,229		
K (Tomado de tabla)=	0,076		
$h_3=$	0,13	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

Se toman el valor de C para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 19 Velocidad en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$V_3 = \frac{Q}{C * h_3}$
Q=	0,05	m ³ /s	
C (Tomado de tabla)=	0,61	m	
h ₃ =	0,13	m	
V ₃ =	0,62	m/s	

Fuente: El estudio.

La velocidad mínima a la salida de la canaleta debe ser 0,75 m/s de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Título C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010.

Velocidad media en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

Una vez calculadas las velocidades en el resalto y a la salida de la canaleta, se determina la velocidad media a la salida de la estructura.

Tabla 20 Velocidad media en la salida de la canaleta Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V ₂ =	0,58	m/s	$V_m = \frac{V_2 + V_3}{2}$
V ₃ =	0,62	m/s	
V _m =	0,60	m/s	

Fuente: El estudio.

Tiempo de retención de la estructura Q= 50 L/s

Se toman el valor de G´ para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 21 Tiempo de retención de la estructura Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
G´(Tomado de tabla)=	0,915	m	$Td = \frac{G'}{V_m}$
V _m =	0,60	m/s	
T _r	1,53	s	
Valor de referencia	1	s	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

El tiempo de retención debe ser menor a 1 segundo de acuerdo a lo establecido en el Artículo 111 de la Resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, no se cumple con este parámetro.

Pérdidas en el resalto Q= 50 L/s

Se toman los valores de N y K para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 22 Pérdidas en el resalto Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
E ₀ =	0,42	m	$hf = E0 - \frac{(V3)^2}{2 * g} - h3 - N + K$
V ₃ =	0,62	m/s	
g=	9,81	m/s	
h ₃ =	0,13	m	
N (Tomado de tabla)=	0,229		
K (Tomado de tabla)=	0,076		
h _r =	0,15	m	

Fuente: El estudio.

Gradiente de mezcla Q= 50 L/s

Teniendo en cuenta el peso específico y viscosidad del agua, se define el gradiente de mezcla.

Tabla 23 Gradiente de mezcla Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
γ=	998,23	kg/m ³	$G = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{\mu * Td}}$
μ=	1.029 x 10 ⁻⁴	kg-s/m ²	
h _r =	0,15	m	
T _r	1,53	s	
G=	996,16	s⁻¹	
Valor de referencia	1.000 – 2.000	s⁻¹	
Cumple?	No		

Fuente: El estudio.

El gradiente de mezcla debe estar entre 1.000 y 2.000 s⁻¹, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 111 de la Resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, no se cumple con este parámetro.

Extensión del resalto Q= 50 L/s

Para el tipo de resalto generado, se determina su extensión.

Tabla 24 Extensión del resalto Q= 50 L/s

EXTENSION DEL RESALTO			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₂ =	0,28	m	$L = 5 * (h2 - h1)$
h ₁ =	0,062	m	
L=	1,11	m	

Fuente: El estudio.

Definidas las condiciones hidráulicas de la canaleta Parshall para el caudal de diseño de 50 L/s, se procede a realizar el mismo análisis para el caudal de diseño de 75 L/s.

Diagnóstico hidráulico canaleta Parshall Q= 75 L/s

Altura lámina de agua sección de medición

Se toman los valores de K' y n para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12".

Tabla 25 Altura lámina de agua sección de medición Q= 75L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$h_o = \left(\frac{Q}{k'}\right)^{\frac{1}{n}}$
Q=	0,075	m ³ /s	
K' (Tomado de tabla)=	0,69		
n (Tomado de tabla)=	1,522		
h ₀ =	0,233	m	

Fuente: El estudio.

Relación h₀/W

Definido el h₀ y establecido el ancho de garganta, se procede a realizar su relación.

Tabla 26 Relación h₀/W Q= L/s75

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
H ₀ =	0,233	m	$\frac{h_0}{W}$
W=	0,3048	m	
Relación h ₀ /W	0,76		
Valor de referencia	0,4 – 0,8		
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

Esta relación debe estar entre 0,4 y 0,8 de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Titulo C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010. Por la tanto se cumple con esta relación. Definido este parámetro, se procede a determinar el número de Froude. Para ello, se debe calcular inicialmente la velocidad y energía en la sección de medición, velocidad y altura antes del resalto y la sumergencia respectivamente.

Velocidad en la sección de medición

Definido el h₀ y tomando el valor de D' se determina la velocidad en la sección de medición.

Tabla 27 Velocidad en la sección de medición Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$V_a = \frac{Q}{D' * h_o}$
Q=	0,075	m ³ /s	
D´=	0,665	m	
h ₀ =	0,233	m	
V ₀ =	0,48	m/s	

Fuente: El estudio.

Este valor debe mayor a 2,0 m/s de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Titulo C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010.

Energía en la sección de medición

Se toman el valor de N para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 28 Energía en la sección de medición Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V ₀ =	0,48	m/s	$E_o = \frac{(V_0)^2}{2 * g} + h_0 + N$
h ₀ =	0,233	m	
N (Tomado de tabla)=	0,229		
g=	9,81	m/s ²	
E ₀ =	0,47	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad antes del resalto

Con el ancho de garganta de la canaleta de 12”, se define la velocidad antes del resalto.

Tabla 29 Velocidad antes del resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$V_1 = \frac{Q}{W * h_1}$
Q=	0,075	m ³ /s	
W=	0,3048	m	
h ₁ =	0.091	m	
V ₁ =	2,70	m/s	

Fuente: El estudio.

Altura antes del resalto

Se toman el valor de N para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 30 Altura antes del resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_1=$	0,091	m	$h_b = h_1 - N$
N (Tomado de tabla)=	0,229		
$h_b=$	-0,138	m	

Fuente: El estudio.

Sumergencia

Definidas las alturas en la sección de medición y antes del resalto, se procede a comprobar el estado de la canaleta en cuanto a la sumergencia.

Tabla 31 Sumergencia Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_b=$	-0,138	m	$S = \frac{h_b}{h_0}$
$h_0=$	0,233	m	
S=	-0,59		
Valor de referencia	<0,7		
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

Según plantea López Cualla (1995), la sumergencia máxima permitida para canaletas Parshall con ancho de garganta de 12", corresponde al 70% de la relación definida en la Tabla 14. Por lo tanto, la estructura opera en condición de descarga libre.

Numero de Froude

Para comprobar la estabilidad del resalto se determina el número de Froude.

Tabla 32 Numero de Froude Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$V_1=$	2,70	m/s	$F = \frac{V_1^2}{g * h_1}$
g=	9,81		
$h_1=$	0,091	m	
F=	2,86		
Tipo de resalto	Oscilante		

Fuente: El estudio.

Este valor debe estar entre 1,7 y 2,5 o entre 4,5 y 9,0 de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Titulo C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010. Acorde al resultado obtenido de 2.86, se clasifica como chorro oscilante que entra a la zona del fondo del salto, se amplía hacia la superficie y regresa sin periodicidad. Cada oscilación origina una onda de gran longitud y periodo irregular, que comúnmente

se traslada a grandes distancias. Por la tanto, se concluye que para el caudal de diseño de 50 L/s, la canaleta no cumple como dispositivo de mezcla rápida.

Altura del resalto

Una vez definido el número de Froude, se calcula la altura del resalto.

Tabla 33 Altura del resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_1=$	0,091	m	$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1)$
$F=$	2,86		
$h_2=$	0,35	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad del resalto Q= 75 L/s

Determinada la altura del resalto, se determina la velocidad en este punto.

Tabla 34 Velocidad del resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q=$	75	L/s	$V_2 = \frac{Q}{W * h_2}$
$Q=$	0,075	m ³ /s	
$W=$	0,3048	m	
$h_2=$	0,35	m	
$V_2=$	0,71	m/s	

Fuente: El estudio.

Altura en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

Se toman los valores de N y K para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 35 Altura en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_2=$	0,35	m	$h_3 = h_2 - (N - K)$
N (Tomado de tabla)=	0,229		
K (Tomado de tabla)=	0,076		
$h_3=$	0,19	m	

Fuente: El estudio.

Velocidad en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

Se toma el valor de C para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 36 Velocidad en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$V_3 = \frac{Q}{C * h_3}$
Q=	0,075	m ³ /s	
C (Tomado de tabla)=	0,61	m	
h ₃ =	0,19	m	
V₃=	0,64	m/s	

Fuente: El estudio.

La velocidad mínima a la salida de la canaleta debe ser 0,75 m/s de acuerdo a lo establecido en el Anexo C.C.2, Título C del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010.

Velocidad media en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

Se toman el valor de C para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 37 Velocidad media en la salida de la canaleta Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V ₂ =	0.71	m/s	$V_m = \frac{V_2 + V_3}{2}$
V ₃ =	0.64	m/s	
V_m=	0.68	m/s	

Fuente: El estudio.

Tiempo de retención de la estructura Q= 75 L/s

Se toman el valor de G´ para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 38 Tiempo de retención de la estructura Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
G´(Tomado de tabla)=	0,915	m	$Td = \frac{G'}{V_m}$
V _m =	0,68	m/s	
T _r	1,35	s	
Valor de referencia	1	s	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

El tiempo de retención debe ser menor a 1 segundo de acuerdo a lo establecido en el Artículo 111 de la Resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, no se cumple con este parámetro.

Pérdidas en el resalto Q= 75 L/s

Se toman los valores de N y K para canaleta Parshall con ancho de garganta de 12”.

Tabla 39 Pérdidas en el resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
E ₀ =	0,47	m	$hf = E0 - \frac{(V3)^2}{2 * g} - h3 - N + K$
V ₃ =	0,64	m/s	
g=	9,81	m/s	
h ₃ =	0,19	m	
N (Tomado de tabla)=	0,229		
K (Tomado de tabla)=	0,076		
h _r =	0,15	m	

Fuente: El estudio.

Gradiente de mezcla Q= 75 L/s

Teniendo en cuenta el peso específico y viscosidad del agua, se define el gradiente de mezcla.

Tabla 40 Gradiente de mezcla Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
γ=	998,23	kg/m ³	$G = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{\mu * Td}}$
μ=	1,029 x 10 ⁻⁴	kg-s/m ²	
h _r =	0,15	m	
T _r	1,35	s	
G=	1.049,93	s⁻¹	
Valor de referencia	1.000 – 2.000	s⁻¹	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

El gradiente de mezcla debe estar entre 1.000 y 2.000 s⁻¹, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 111 de la Resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, se cumple con este parámetro.

Extensión del resalto Q= 75 L/s

Para el tipo de resalto generado, se determina su extensión.

Tabla 41 Extensión del resalto Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₂ =	0,35	m	$L = 5 * (h2 - h1)$
h ₁ =	0,091	m	
L=	1,27	m	

Fuente: El estudio.

2.4. Floculador Alabama

El floculador tipo Alabama está constituido por 2 unidades, cada una con 10 cámaras de 2.4m de largo por 0.65m de ancho y profundidad de 1.93m. En la Tabla 42 se presentan las dimensiones de las cámaras que hacen parte del sistema de floculación.

Tabla 42 Dimensiones cámaras floculador

No. CÁMARA	ANCHO (m)	LARGO (m)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m ³)
1	0,61	2,4	1,68	2,46
2	0,61	2,4	1,68	2,46
3	0,63	2,4	1,68	2,54
4	0,63	2,4	1,68	2,54
5	0,65	2,4	1,68	2,62
6	0,65	2,4	1,68	2,62
7	0,67	2,4	1,68	2,70
8	0,67	2,4	1,68	2,70
9	0,69	2,4	1,68	2,78
10	0,69	2,4	1,68	2,78
VOLUMEN TOTAL				26,21

Fuente: El estudio.

De acuerdo a las mediciones realizadas, se obtiene un volumen de 26,21 m³ para cada unidad de floculación. A continuación se presenta el diagnóstico hidráulico de esta estructura tanto para el caudal de diseño de 50 L/s como para el de 75 L/s respectivamente.

Diagnóstico hidráulico floculador Alabama Q= 50 L/s

Tiempo de retención

Para la definición del tiempo de retención se tendrá en cuenta el caudal de diseño y el volumen de cada unidad de floculación.

Tabla 43 Tiempo de retención Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$TR = \frac{V * 2}{Q}$
Q=	0,05	m ³ /s	
Vol=	26,21	m ³	
Vol x 2=	52,416	m ³	
Tr	1048	s	
Tr	17,47	min	
Valor de referencia	20 - 40	min	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330/2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se estipula que el tiempo de retención debe estar en el rango de 20 – 40 minutos. Por lo tanto, no se cumple con este parámetro de diseño.

Análisis de gradientes Q= 50 L/s

Para que generar alta eficiencia en el floculador, es pertinente definir gradientes de velocidad decrecientes. Los actuales floculadores cuentan con 10 codos distribuidos en 5 zonas de floculación o de gradiente decreciente. A continuación se presentan sus dimensiones y distribución.

Tabla 44 Dimensiones codos de floculación

CODO	ZONA	ANCHO (m)	LADO (m)	LONGITUD (m)
1	A	0,24	0,24	1
2		0,24	0,24	1
3	B	0,25	0,25	1
4		0,25	0,25	1
5	C	0,26	0,26	1
6		0,26	0,26	1
7	D	0,27	0,27	1
8		0,27	0,27	1
9	E	0,28	0,28	1
10		0,28	0,28	1

Fuente: El estudio.

La metodología para el análisis de gradientes, consiste en calcular las pérdidas en los tubos, curvas, orificios y el respectivo gradiente para cada zona.

- **GRADIENTE ZONA A**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 45 Pérdida en tuberías gradiente Zona A - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,24	m	
Largo codo=	0,24	m	
Área codo=	0,0576	m ²	
Velocidad en el codo=	0,43	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h₁	0,015	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona A, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 46 Pérdida en curvas gradiente Zona A - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0576	m ²	
h₂	0,004	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 47 Pérdida en orificios gradiente Zona A - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,24	m	
Largo codo=	0,24	m	
Área codo=	0,0576	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h₃	0,017	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 48 Pérdidas totales Zona A - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_1=$	0,015	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
$h_2=$	0,004	m	
$h_3=$	0,017	m	
$h_{total\ por\ cámara}=$	0,036	m	
Perdidas zona A	0,072	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona A, así como dividir el caudal de diseño en 2, dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 49 Tiempo de retención cámaras 1 y 2 - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q/2=$	0,025	m^3/s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,6	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,46	m^3	
$T_d=$	98,38	s	
$T_d=$	1,64	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona A.

Tabla 50 Gradiente Zona A - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$g=$	9,81	m/s^2	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
$h_{ta}=$	0,036	m	
$v=$	$1,01 \times 10^{-6}$	m^2/s	
$T_d=$	98,38	s	
G=	59,54	s^{-1}	
Valor de referencia	10 - 70	s^{-1}	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona A, se obtiene un valor de $59,54\ s^{-1}$, el cual se encuentra en el rango entre 10 y $70\ s^{-1}$, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona A, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 51 Carga superficial por cámara zona A Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	50	L/s
Q/2=	25	L/s
Longitud cámara Zona A	2,4	m
Ancho cámara Zona A	0,61	m
Área cámara Zona A	1,464	m ²
Carga superficial cámara Zona A	17,08	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona A no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- GRADIENTE ZONA B**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 52 Pérdida en tuberías gradiente Zona B - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,25	m	
Largo codo=	0,25	m	
Área codo=	0,0625	m ²	
Velocidad en el codo=	0,40	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,013	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona B, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 53 Pérdida en curvas gradiente Zona B - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0625	m ²	
h ₂ =	0,003	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 54 Pérdida en orificios gradiente Zona B - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,25	m	
Largo codo=	0,25	m	
Área codo=	0,0625	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,014	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 55 Pérdidas totales Zona B - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,013	m	$hta = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,003	m	
h ₃ =	0,014	m	
h _{total por cámara} =	0,031	m	
Perdidas zona B	0,061	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona B, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 56 Tiempo de retención cámaras 3 y 4 Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,6	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,54	m ³	
T _d =	101,61	s	
T _d =	1,69	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona B.

Tabla 57 Gradiente zona B Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,031	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	101,61	s	
G=	54,00	s⁻¹	
Valor de referencia	10 - 70	s⁻¹	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona B, se obtiene un valor de 54 s⁻¹, el cual se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona B, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 58 Carga superficial por cámara zona B Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	50	L/s
Q/2=	25	L/s
Longitud cámara Zona B	2,4	m
Ancho cámara Zona B	0,63	m
Área cámara Zona B	1,512	m ²
Carga superficial cámara Zona B	16,53	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona A no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA C**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 59 Tabla 66 Pérdida en tuberías gradiente Zona C - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,26	m	
Largo codo=	0,26	m	
Área codo=	0,0676	m ²	
Velocidad en el codo=	0,37	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,011	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona C, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 60 Pérdida en curvas gradiente Zona C - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0676	m ²	
h ₂ =	0,003	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 61 Pérdida en curvas gradiente Zona C - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,26	m	
Largo codo=	0,26	m	
Área codo=	0,0676	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,012	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 62 Pérdidas totales Zona C - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,011	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,003	m	
h ₃ =	0,012	m	
h _{total por cámara} =	0,026	m	
Pérdidas zona C	0,052	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona C, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 63 Tiempo de retención cámaras 5 y 6 Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	M	
Largo=	2,4	M	
Profundidad=	1,7	M	
Volumen=	2,62	m ³	
T _d =	104,83	S	
T _d =	1,75	Min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona C.

Tabla 64 Gradiente Zona C

GRADIENTE ZONA C			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,026	M	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	104,83	S	
G=	49,15	s⁻¹	
Valor de referencia	10 - 70	s⁻¹	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona C, se obtiene un valor de 49.15 s⁻¹, el cual se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona C, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 65 Carga superficial por cámara zona C Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	50	L/s
Q/2=	25	L/s
Longitud cámara Zona C	2,4	m
Ancho cámara zona C	0,65	m
Área cámara Zona C	1,56	m ²
Carga superficial cámara Zona C	16,03	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona A no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA D**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 66 Pérdida en tuberías gradiente Zona D - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,27	m	
Largo codo=	0,27	m	
Área codo=	0,0729	m ²	
Velocidad en el codo=	0,34	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,009	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona D, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 67 Pérdida en curvas gradiente Zona D - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0729	m ²	
h ₂ =	0,002	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 68 Pérdida en orificios gradiente Zona D - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,27	m	
Largo codo=	0,27	m	
Área codo=	0,0729	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,011	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 69 Pérdidas totales Zona D - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,009	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,002	m	
h ₃ =	0,011	m	
h _{total por cámara} =	0,022	m	
Perdidas zona D	0,045	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona D, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 70 Tiempo de retención cámaras 7 y 8 Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,70	m ³	
T _d =	108,06	s	
T _d =	1,80	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona D.

Tabla 71 Gradiente Zona D

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h_{ta}=	0,022	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T_d=	108,06	s	
G=	44,89	s⁻¹	
Valor de referencia	10 - 70	s⁻¹	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona D, se obtiene un valor de 44.89 s⁻¹, el cual se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona D, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 72 Carga superficial por cámara zona D Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	50	L/s
Q/2=	25	L/s
Longitud cámara Zona D	2,40	m
Ancho cámara zona D	0,67	m
Área cámara Zona D	1,61	m ²
Carga superficial cámara Zona D	15,55	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona A no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA E**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 73 Pérdida en tuberías gradiente Zona E - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,28	m	
Largo codo=	0,28	m	
Área codo=	0,0784	m ²	
Velocidad en los codos	0,32	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,008	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona E, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 74 Pérdida en curvas gradiente Zona E - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$\Delta h2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0784	m ²	
h ₂ =	0,002	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 75 Pérdida en orificios gradiente Zona E - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,05	m ³ /s	$\Delta h3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho codo=	0,28	m	
Largo codo=	0,28	m	
Área codo=	0,0784	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,009	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 76 Pérdidas totales Zona E - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,008	m	$hta = h1 + h2 + h3$
h ₂ =	0,002	m	
h ₃ =	0,009	m	
h _{total por cámara} =	0,019	m	
Pérdidas zona E	0,039	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona E, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 77 Tiempo de retención cámaras 9 y 10 Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,78	m ³	
T _d =	111,28	s	
T _d =	1,85	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona E.

Tabla 78 Gradiente Zona E

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,019	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	111,28	s	
G=	41,13	s⁻¹	
Valor de referencia=	10 - 70	s⁻¹	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona A, se obtiene un valor de 41.13 s⁻¹, el cual se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Diagnóstico hidráulico floculador Alabama Q= 75 L/s

Tiempo de retención

Para la definición del tiempo de retención se tendrá en cuenta el caudal de diseño y el volumen de cada unidad de floculación.

Tabla 79 Tiempo de retención Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$TR = \frac{V * 2}{Q}$
Q=	0,075	m ³ /s	
Vol=	26,21	m ³	
Vol x 2=	52,416	m ³	
Tr	699	s	
Tr	11,65	min	
Valor de referencia	20 - 40	min	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330/2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se estipula que el tiempo de retención debe estar en el rango de 20 – 40 minutos. Por lo tanto, no se cumple con este parámetro de diseño.

Análisis de gradientes Q= 75 L/s

La metodología para el análisis de gradientes, consiste en calcular las pérdidas en los tubos, curvas, orificios y el respectivo gradiente para cada zona.

- **GRADIENTE ZONA A**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 80 Pérdida en tuberías gradiente Zona A - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,24	m	
Largo codo=	0,24	m	
Área codo=	0,0576	m ²	
Velocidad en los codos=	0,65	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁	0,034	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona A, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 81 Pérdida en curvas gradiente Zona A - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0576	m ²	
h ₂ =	0,009	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 82 Pérdida en orificios gradiente Zona A - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,24	m	
Largo codo=	0,24	m	
Área codo=	0,0576	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,038	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 83 Pérdidas totales Zona A - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,034	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,009	m	
h ₃ =	0,038	m	
h _{total por cámara} =	0,081	m	
Perdidas zona A	0,0162	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona A, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 84 Tiempo de retención cámaras 1 y 2 - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,6	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,46	m ³	
T _d =	65,59	s	
T _d =	1,09	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona A.

Tabla 85 Gradiente Zona A - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h_{ta}=	0,081	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T_d=	69,59	s	
G=	109,39	s⁻¹	
Valor de referencia	10 - 70	s⁻¹	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona A, se obtiene un valor de 109.39 s⁻¹, el cual no se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona A, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 86 Carga superficial por cámara zona A Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	75	L/s
Q/2=	37,5	L/s
Longitud cámara Zona A	2,4	m
Ancho cámara Zona A	0,61	m
Área cámara Zona A	1,464	m ²
Carga superficial cámara Zona A	25,61	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona A cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA B**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 87 Pérdida en tuberías gradiente Zona B - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,25	m	
Largo codo=	0,25	m	
Área codo=	0,0625	m ²	
Velocidad en los codos	0,6	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,029	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona A, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 88 Pérdida en curvas gradiente Zona B - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0625	m ²	
h ₂ =	0,007	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 89 Pérdida en orificios gradiente Zona B - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,25	m	
Largo codo=	0,25	m	
Área codo=	0,0625	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,033	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 90 Pérdidas totales Zona B - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,029	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,007	m	
h ₃ =	0,033	m	
h _{total por cámara} =	0,069	m	
Perdidas zona B	0,137	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona B, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 91 Tiempo de retención cámaras 3 y 4 Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,6	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,54	m ³	
T _d =	67,74	s	
T _d =	1,13	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona B.

Tabla 92 Gradiente zona B Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,031	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	67,74	s	
G=	99,00	s⁻¹	
Valor de referencia	20 - 70	s⁻¹	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona A, se obtiene un valor de 99 s⁻¹, el cual no se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona B, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 93 Carga superficial por cámara zona B Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	75	L/s
Q/2=	37.5	L/s
Longitud cámara Zona B	2.4	m
Ancho cámara Zona B	0.63	m
Área cámara Zona B	1.512	m ²
Carga superficial cámara Zona B	24.80	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona B no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA C**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 94 Pérdida en tuberías gradiente Zona C - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,26	m	
Largo codo=	0,26	m	
Área codo=	0,0676	m ²	
Velocidad en los codos=	0.55	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0.025	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona C, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 95 Pérdida en curvas gradiente Zona C - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0676	m ²	
h ₂ =	0,006	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 96 Pérdida en curvas gradiente Zona C - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,26	m	
Largo codo=	0,26	m	
Área codo=	0,0676	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,028	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 97 Pérdidas totales Zona C - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,025	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,006	m	
h ₃ =	0,028	m	
h _{total por cámara} =	0,059	m	
Perdidas zona C	0,117	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona C, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 98 Tiempo de retención cámaras 5 y 6 Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,62	m ³	
T _d =	69,89	s	
T _d =	1,16	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona C.

Tabla 99 Gradiente Zona C

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h_{ta}=	0,059	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T_d=	69,89	s	
G=	90,29	s-1	
Valor de referencia	20 - 70	s-1	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona C, se obtiene un valor de 90.29 s⁻¹, el cual no se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona C, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 100 Carga superficial por cámara zona C Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	75	L/s
Q/2=	37,5	L/s
Longitud cámara Zona C	2,4	m
Ancho cámara zona C	0,65	m
Área cámara Zona C	1,56	m ²
Carga superficial cámara Zona C	24,04	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona C no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Titulo D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA D**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 101 Pérdida en tuberías gradiente Zona D - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,27	m	
Largo codo=	0,27	m	
Área codo=	0,0729	m ²	
Velocidad en los codos=	0,51	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,021	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona B, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 102 Pérdida en curvas gradiente Zona D - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0729	m ²	
h ₂ =	0,005	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 103 Pérdida en orificios gradiente Zona D - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,27	m	
Largo codo=	0,27	m	
Área codo=	0,0729	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,024	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 104 Pérdidas totales Zona D - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,021	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,005	m	
h ₃ =	0,024	m	
h _{total por cámara} =	0,050	m	
Perdidas zona D	0,101	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona D, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 105 Tiempo de retención cámaras 7 y 8 Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,70	m ³	
T _d =	72,04	s	
T _d =	1,20	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona D.

Tabla 106 Gradiente Zona D

GRADIENTE ZONA D			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,050	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	72,04	s	
G=	82,47	s⁻¹	
Valor de referencia	20 - 70	s⁻¹	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona A, se obtiene un valor de 82.47 s⁻¹, el cual no se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.1

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona D, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 107 Carga superficial por cámara zona D Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	75	L/s
Q/2=	37,5	L/s
Longitud cámara Zona D	2,40	m
Ancho cámara zona D	0,67	m
Área cámara Zona D	1,61	m ²
Carga superficial cámara Zona D	23,32	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona D no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

- **GRADIENTE ZONA E**

Dado que se definirá el gradiente para cada unidad de floculación, el caudal de diseño se deberá dividir en 2. Así mismo, se deberá tener en cuenta las dimensiones de las tuberías y codos para el cálculo de sus respectivas pérdidas.

Tabla 108 Pérdida en tuberías gradiente Zona E - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_1 = \frac{Q^2}{2 * g * cd^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,28	m	
Largo codo=	0,28	m	
Área codo=	0,0784	m ²	
Velocidad en los codos=	0,48	m/s	
C _d =	0,8		
g=	9,81	m/s ²	
h ₁ =	0,018	m	

Fuente: El estudio.

Acorde a lo establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010, no se cumple con el rango de velocidad en los codos de la zona B, el cual oscila entre 0,2 y 0,4 m/s.

Tabla 109 Pérdida en curvas gradiente Zona E - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$\Delta h_2 = \frac{0.40 * Q^2}{19.62 * A^2}$
Área codo=	0,0784	m ²	
h ₂ =	0,005	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 110 Pérdida en orificios gradiente Zona E - Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	0,075	m ³ /s	$\Delta h_3 = \frac{Q^2}{2 * g * c d^2 * A^2}$
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho codo=	0,28	m	
Largo codo=	0,28	m	
Área codo=	0,0784	m ²	
C _d =	0,75		
g=	9,81	m/s ²	
h ₃ =	0,021	m	

Fuente: El estudio.

Tabla 111 Pérdidas totales Zona E - Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h ₁ =	0,018	m	$h_{ta} = h_1 + h_2 + h_3$
h ₂ =	0,005	m	
h ₃ =	0,021	m	
h _{total por cámara} =	0,044	m	
Perdidas zona E	0,087	m	

Fuente: El estudio.

Para la definición del tiempo de retención, se debe tener en cuenta las dimensiones de las 2 cámaras ubicadas en la zona E, así como dividir el caudal de diseño en 2 dado que se evaluará para cada unidad de floculación.

Tabla 112 Tiempo de retención cámaras 9 y 10 Q= 75 L/s

TIEMPO DE RETENCIÓN CAMARA 9 Y 10			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$TR = \frac{V}{Q}$
Ancho=	0,7	m	
Largo=	2,4	m	
Profundidad=	1,7	m	
Volumen=	2,78	m ³	
T _d =	74,19	s	
T _d =	1,24	min	

Fuente: El estudio.

Definidas las pérdidas totales en tuberías, curvas orificios, y tiempo de retención, se procede a calcular el gradiente de velocidad en la zona E.

Tabla 113 Gradiente Zona E

GRADIENTE ZONA E			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
g=	9,81	m/s ²	$G = \sqrt{\frac{g * Ht}{v * Td}}$
h _{ta} =	0,044	m	
v=	1,01x10 ⁻⁶	m ² /s	
T _d =	74.19	s	
G=	75,57	s⁻¹	
Valor de referencia=	20 - 70	s⁻¹	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

De acuerdo a la metodología desarrollada para la definición del gradiente en la zona E, se obtiene un valor de 75.57 s⁻¹, el cual no se encuentra en el rango entre 10 y 70 s⁻¹, establecido en el Artículo 112 de la Resolución 0330 de 2017.

Una vez determinado el gradiente de velocidad en la zona E, se procede a calcular la carga superficial por cámara en esta zona.

Tabla 114 Carga superficial por cámara zona E Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Q=	75	L/s
Q/2=	37.5	L/s
Longitud cámara Zona E	2.40	M
Ancho cámara zona E	0.69	M
Área cámara Zona E	1.66	m ²
Carga superficial cámara Zona E	22.64	L/s*m ²

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados obtenidos, se establece que las cámaras de la zona E no cumplen con el parámetro de carga superficial establecido en el Anexo C.F.1, Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2010 el cual debe estar entre 25 a 50 L/s por metro cuadrado.

Análisis capacidad máxima

Con el fin de verificar la capacidad máxima de la estructura, se evaluará teniendo en cuenta el tiempo de retención mínimo de 20 minutos establecido en la Resolución 0330/17, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. El caudal de funcionamiento será:

Tabla 115 Análisis capacidad máxima

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Vol x 2=	52,416	m ³	$Q = \frac{V * 2}{T}$
T _r =	20	min	
T _r =	1200	s	
Q=	0,04368	m ³ /s	
Q=	43,68	L/s	

Fuente: El estudio.

Acorde a los resultados el caudal máximo de operación del sistema será de 43,7 L/s.

2.5. Sedimentador

La planta de tratamiento de agua potable cuenta con 2 unidades de sedimentación de 4,92 m de ancho, 3,95 m de longitud y profundidad de 4,0 m. Cuenta con paneles de sedimentación acelerado tipo colmena con tubos de sección hexagonal.

A continuación se presenta el análisis de esta estructura para los caudales de 50 y 75 L/s respectivamente.

Diagnóstico hidráulico sedimentador Q= 50 L/s

Longitud corregida zona de sedimentación acelerada

Para definir la longitud corregida de la zona de sedimentación acelerada, se debe dividir el caudal de diseño en 2, ya que se analizará cada unidad de sedimentación. De igual manera, se debe definir las dimensiones de la estructura.

Tabla 116 Longitud corregida zona de sedimentación acelerada Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	50	L/s	$Lr = L - 1.20 \cos 60$
Q=	0,05	m ³ /s	
Q/2=	0,025	m ³ /s	
Ancho=	4,92	m	
Longitud=	3,95	m	
Profundidad=	4	m	
Inclinación paneles de sedimentación	60	°	
L _{corregida zona de sedimentación acelerada} =	3,35	m	

Fuente: El estudio.

Área superficial efectiva Q= 50 L/s

Definida la longitud corregida de la zona de sedimentación acelerada, se calcula el área superficial efectiva.

Tabla 117 Área superficial efectiva Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$L_{\text{corregida zona de sedimentación acelerada}}=$	3,35	m	$A = Lr \times \text{Ancho}$
Ancho=	4,92	m	
$A_{\text{se}}=$	16,48	m²	

Fuente: El estudio.

Carga superficial Q= 50 L/s

Utilizando el caudal y área superficial efectiva, se determina la carga superficial.

Tabla 118 Carga superficial Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q/2=$	0,025	m ³ /s	$qo = \frac{Q}{Ase} * 86400$
$A_{\text{se}}=$	16,482	m ²	
$q_o=$	131,1	m ³ /m ² *día	
Valor de referencia=	120 - 185	m³/m²*día	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

El valor de 131,1 m³/m²*día se encuentra dentro del rango de 120 – 185 m³/m²*día, establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores con módulos angostos de 1,20 m.

Velocidad media de flujo Q= 50 L/s

Se define la velocidad media de flujo, teniendo en cuenta el área superficial efectiva.

Tabla 119 Velocidad media de flujo Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$Q/2=$	0,025	m ³ /s	$V_{o_{real}} = \frac{q}{Ase * \text{sen}60}$
$Q/2=$	2.160	m ³ /día	
$A_{\text{se}}=$	16,48	m ²	
$V_{o_{real}}=$	152,39	m ³ /m ² *día	
$V_{o_{real}}=$	0,18	cm/s	

Fuente: El estudio.

El valor de 0,18 es menor a 1, cumpliendo con lo establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de flujo horizontal.

Número de Reynolds Q= 50 L/s

Con el fin de determinar el tipo de flujo a lo largo de la estructura, se calcula el número de Reynolds.

Tabla 120 Número de Reynolds Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V _{oreal} =	0,18	cm/s	$Re = \frac{V_{oreal} * D}{\nu}$
ø=	10,4	cm	
C _{inemática} =	0,0101	cm ² /s	
Re=	181,61		
Tipo de flujo=	LAMINAR		

Fuente: El estudio.

El valor de este parámetro corresponde a 181,61, garantizando un flujo laminar.

Velocidad crítica de sedimentación Q= 50 L/s

Para definir la velocidad crítica de sedimentación, es necesario conocer las especificaciones del panel de sedimentación, así como el número de Reynolds y la velocidad media de flujo.

Tabla 121 Velocidad crítica de sedimentación Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
S _c	1,33		$V_{sc} = \frac{Sc * V_o}{\text{Sen} \theta + \left(\frac{l}{e} - 0.013Re\right) * \cos \theta}$
V _{oreal} =	0,18	cm/s	
Longitud placa=	1,2	m	
Espacio entre placas	0,104	cm	
Re=	181,61		
V _{sc} =	0,043	cm/s	
V _{sc} =	37,25	m³/m²*día	
Valor de referencia	15 - 30	m³/m²*día	

Fuente: El estudio.

El valor de 37,25 m³/m²*día no se encuentra en el rango de 15 – 30 m³/m²*día, establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de alta tasa.

Tiempo de retención hidráulica tanque de sedimentación Q= 50 L/s

Con las dimensiones del tanque de sedimentación se calcula el volumen y su relación con el caudal, se tiene como resultado el tiempo de retención hidráulica.

Tabla 122 Tiempo de retención hidráulica tanque de sedimentación Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Volumen del tanque	77,73	m ³	$t = \frac{V}{Q}$
Q/2	1,5	m ³ /min	
Tiempo de retención	51,82	min	
Tiempo de retención	0,86	h	

Fuente: El estudio.

El valor de 0.86 h no se encuentra en del rango de 2 – 4 h establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017.

Tiempo de retención hidráulica en las celdas Q= 50 L/s

Una vez definidas la longitud de la celda y la velocidad de flujo en el sedimentador, se procede a determinar el tiempo de retención en las celdas.

Tabla 123 Tiempo de retención hidráulica celdas Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Longitud celda	1,2	m	$t = \frac{l}{V_o}$
Velocidad media de flujo	0,1	m/min	
Tiempo de retención en las celdas	12	min	

Fuente: El estudio.

El valor de 12 min se encuentra en del rango de 10 – 20 min establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de alta tasa.

Capacidad canal recolector de agua sedimentada Q= 50 L/s

Es importante determinar la capacidad de recolección de la canaleta principal de agua sedimentada, para determinar si cuenta con la capacidad requerida para transportar este caudal hasta los filtros.

Tabla 124 Capacidad canaleta de recolección Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,025	m ³ /s	$hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * b^2}}$
g=	9,81		
Ancho canaleta=	0,25	m	
Profundidad canaleta=	0,25	m	
h _c =	0,10	m	

Fuente: El estudio.

Profundidad de flujo normal en la canaleta Q= 50 L/s

Se define el tirante de la lámina de agua en la canaleta.

Tabla 125 Profundidad de flujo normal en la canaleta Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$h_c=$	0,10	m	$h_o = h_c * 1.73$
$h_o=$	0,17	m	

Fuente: El estudio.

Según los resultados obtenidos, la canaleta opera sin sufrir rebosamientos.

Diagnóstico hidráulico sedimentador Q= 75 L/s

Longitud corregida zona de sedimentación acelerada

Para definir la longitud corregida de la zona de sedimentación se debe dividir el caudal de diseño en 2, ya que se analizará cada unidad de sedimentación. De igual manera, se debe definir las dimensiones de la estructura.

Tabla 126 Longitud corregida zona de sedimentación acelerada Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q=	75	L/s	$L_r = L - 1.20 \cos 60$
Q=	0,075	m ³ /s	
Q/2=	0,0375	m ³ /s	
Ancho=	4,92	m	
Longitud=	3,95	m	
Profundidad=	4	m	
Inclinación paneles de sedimentación	60	°	
$L_{\text{corregida zona de sedimentación acelerada}} =$	3,35	m	

Fuente: El estudio.

Área superficial efectiva Q= 75 L/s

Definida la longitud real de sedimentación, se calcula el área superficial efectiva.

Tabla 127 Área superficial efectiva Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
$L_r=$	3,35	m	$A = L_r \times \text{Ancho}$
Ancho=	4,92	m	
$A_{se}=$	16,48	m²	

Fuente: El estudio.

Carga superficial Q= 75 L/s

Utilizando el caudal y área superficial efectiva, se determina la carga superficial.

Tabla 128 Carga superficial Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$q_0 = \frac{Q}{A_{se}} * 86400$
A _{se} =	16,482	m ²	
q _o =	196,6	m ³ /m ² *día	
Valor de referencia=	120 - 185	m ³ /m ² *día	
Cumple?	No		

Fuente: El estudio.

El valor de 196,6 m³/m²*día se encuentra fuera del rango de 120 – 185 m³/m²*día, establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores con módulos angostos de 1,20 m.

Velocidad media de flujo Q= 75 L/s

Se define la velocidad media de flujo, teniendo en cuenta el área superficial efectiva.

Tabla 129 Velocidad media de flujo Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$V_{o_{real}} = \frac{q}{A_{se} * \text{sen}60}$
Q/2=	3.240	m ³ /día	
A _{se} =	16,48	m ²	
V _{oreal} =	228,58	m ³ /m ² *día	
V _{oreal} =	0,26	cm/s	

Fuente: El estudio.

El valor de 0,26 es menor a 1, cumpliendo con lo establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de flujo horizontal.

Número de Reynolds Q= 75 L/s

Con el fin de determinar el tipo de flujo a lo largo de la estructura, se calcula el número de Reynolds.

Tabla 130 Número de Reynolds Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
V _{oreal} =	0,26	cm/s	$Re = \frac{V_{oreal} * D}{\nu}$
ϕ=	10,4	cm	
C _{inemática} =	0,0101	cm ² /s	
Re=	272,42		
Tipo de flujo=	LAMINAR		

Fuente: El estudio.

El valor de este parámetro corresponde a 272,42, garantizando un flujo laminar.

Velocidad crítica de sedimentación Q= 75 L/s

Para definir la velocidad crítica de sedimentación, es necesario conocer las especificaciones del panel de sedimentación, así como el número de Reynolds y la velocidad medio de flujo.

Tabla 131 Velocidad crítica de sedimentación Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
S_c	1,33		$V_{sc} = \frac{Sc * V_o}{\text{Sen} \theta + \left(\frac{l}{e} - 0.013Re\right) * \cos \theta}$
V_{oreal}	0,26	cm/s	
Longitud placa	1,2	m	
Espacio entre placas	0,104	cm	
Re	272,42		
V_{sc}	0,073	cm/s	
V_{sc}	62,65	m³/m²*día	
Valor de referencia	15 - 30	m³/m²*día	

Fuente: El estudio.

El valor de 62,65 m³/m²*día no se encuentra en del rango de 15 – 30 m³/m²*día, establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de alta tasa.

Tiempo de retención hidráulica tanque de sedimentación Q= 75 L/s

Con las dimensiones del tanque de sedimentación se calcula el volumen y su relación con el caudal, se tiene como resultado el tiempo de retención hidráulica.

Tabla 132 Tiempo de retención hidráulica tanque de sedimentación Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Volumen del tanque	77,73	m ³	$t = \frac{V}{Q}$
Q/2	2,25	m ³ /min	
Tiempo de retención	34,55	min	
Tiempo de retención	0,58	h	

Fuente: El estudio.

El valor de 0.58 h no se encuentra en el rango de 2 – 4 h establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017.

Tiempo de retención hidráulica en las celdas Q= 75 L/s

Una vez definidas la longitud de la celda y la velocidad de flujo en el sedimentador, se procede a determinar el tiempo de retención en las celdas.

Tabla 133 Tiempo de retención hidráulica en las celdas Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Longitud celda	1,2	m	$t = \frac{l}{V_o}$
Velocidad media de flujo	0,15	m/min	
Tiempo de retención en las celdas	8	min	

Fuente: El estudio.

El valor de 8 min no se encuentra en el rango de 10 – 20 min establecido en el Artículo 113 de la Resolución 0330 de 2017 para sedimentadores de alta tasa.

Capacidad canal recolector de agua sedimentada Q= 75 L/s

Es importante determinar la capacidad de recolección de la canaleta principal de agua sedimentada, para determinar si cuenta con la capacidad requerida para transportar este caudal hasta los filtros.

Tabla 134 Capacidad canaleta de recolección Q= 75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Q/2=	0,0375	m ³ /s	$hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * b^2}}$
g=	9,81		
Ancho canaleta=	0,25	m	
Profundidad canaleta=	0,25	m	
h _c =	0,13	m	

Fuente: El estudio.

Profundidad de flujo normal en la canaleta Q= 75 L/s

Se define el tirante de la lámina de agua en la canaleta.

Tabla 135 Profundidad de flujo normal en la canaleta Q= 75 L/s

PROFUNDIDAD DE FLUJO NORMAL			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
h _c =	0,10	m	$h_o = hc * 1.73$
h _o =	0,17	m	

Fuente: El estudio.

Según los resultados obtenidos, la canaleta opera sin sufrir rebosamientos.

Análisis capacidad máxima sedimentadores

Se contempla para la evaluación de la capacidad de la estructura una carga superficial máxima de $185 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$.

Tabla 136 Capacidad máxima de operación

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Ase=	16,482	m^2	$Q_{max} = Ase \times Tasa$
Tasa=	185	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$	
Qmax por unidad=	3.049,17	$\text{m}^3/\text{día}$	
Qmax por unidad=	35,29	L/s	
Qmax 2 unidades=	70,58	L/s	

Fuente: El estudio.

Análisis capacidad máxima tubos recolectores

Tabla 137 Análisis capacidad máxima tubos colectores

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Numero de tuberías por sedimentador=	8	un	$Q = 0.323 * d^{2.5}$
Número de unidades de sedimentación=	2	un	
Diámetro tuberías=	6	in	
Diámetro tuberías=	0,15	m	
Q=	0,003	m^3/s	
Q=	2,81	L/s	
Capacidad por sedimentador	22,52	L/s	
Capacidad total unidades de sedimentación	45,04	L/s	

Fuente: El estudio.

2.6. Filtros

Las 4 unidades existentes corresponden a 4 filtros rápidos auto lavantes descendentes y de tasa constante. Sus falsos fondos son en lámina de fibra de vidrio, con orificios de $7/8''$, el soporte del lecho en grava y el lecho mixto de arena y antracita. Su longitud es de 1,90m, 2,31m, de ancho y profundidad de 4,50m. A continuación se presenta el análisis de esta estructura para los caudales de 50 y 75 L/s respectivamente.

Diagnóstico hidráulico filtros Q= 50 L/s

Se establecen las dimensiones de la estructura y se asigna el caudal por filtro.

Tabla 138 Área y tasa de filtración por elemento Q= 50 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Caudal por filtro=	12,5	L/s	$Af = L * A$
Caudal por filtro=	1.080	m ³ /día	
Longitud=	1,9	m	$Tf = \frac{Q}{Af}$
Ancho=	2,31	m	
A _f =	4,389	m ²	
T _f =	246,07	m ³ /m ² *día	
Valor de referencia=	180 - 350	m ³ /m ² *día	
Cumple?	SI		

Fuente: El estudio.

El valor de 246,07 m³/m²*día se encuentra en el rango de 180 – 350 m³/m²*día establecido en la Resolución 0330/17 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Por lo tanto se considera aceptable.

Diagnóstico hidráulico filtros Q= 75 L/s

Se establecen las dimensiones de la estructura y se asigna el caudal por filtro.

Tabla 139 Área y tasa de filtración por elemento Q=75 L/s

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Caudal por filtro	19	L/s	$Af = L * A$
Caudal por filtro	1.641,6	m ³ /día	
Longitud=	1,9	m	$Tf = \frac{Q}{Af}$
Ancho=	2,31	m	
A _f =	4.389	m ²	
T _f =	374,03	m ³ /m ² *día	
Valor de referencia=	180 - 350	m ³ /m ² *día	
Cumple?	NO		

Fuente: El estudio.

El valor de 374,03 m³/m²*día se encuentra fuera del rango de 180 – 350 m³/m²*día establecido en la Resolución 0330/17 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Por lo tanto no se considera aceptable.

Caudal de lavado – V_{mínima}= 0.60 m/min

Para la estimación del caudal de lavado, se asume una velocidad mínima de lavado de 0,60 m/min.

Tabla 140 Caudal de lavado – V mínima= 0.60 m/min

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Velocidad mínima de lavado=	0,6	m/min	$Lv = Vml * Af * \frac{1}{60}$
A _f =	4,389	m ²	
Q _{lv} =	0,04389	m ³ /s	
Q _{lv} =	43,89	L/s	

Fuente: El estudio.

Se evidencia que para el lavado de los filtros se requieren 43,89 L/s, valor inferior al caudal de diseño de la planta de tratamiento.

Caudal máximo de operación

Con el fin de determinar el caudal máximo de operación para cada unidad, se asume una tasa de filtración máxima de 300 m³/m²*día.

Tabla 141 Caudal máximo de operación por unidad

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	ECUACIÓN
Tasa máxima de filtración=	350	m ³ /m ² *día	$Q_{m\acute{a}x} = Tmf * Af$
A _f =	4,389	m ²	
Q _{max} =	1.536,15	m ³ /día	
Q _{max} =	17,78	L/s	
Número de filtros=	4,00	un	
Qmax batería filtración=	71,12	L/s	

Fuente: El estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el caudal máximo por filtro es 17,78 L/s y para el tren de filtración será de 71,12 L/s.