

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TREN DE TRATAMIENTO DE LA  
PLANTA DE AGUA POTABLE DE LA VEREDA PAJONALES DEL MUNICIPIO DE  
PACHO CUNDINAMARCA

PABLO SANTIAGO GARCÍA MEDINA  
FERNEY DANILO RODRÍGUEZ GARZÓN

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ DC  
2018

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TREN DE TRATAMIENTO DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA VEREDA PAJONALES  
DEL MUNICIPIO DE PACHO CUNDINAMARCA

PABLO SANTIAGO GARCÍA MEDINA  
FERNEY DANILO RODRÍGUEZ GARZÓN

Trabajo de grado

Director

MAURICIO GONZÁLEZ  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ DC  
2018



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Director de trabajo de grado  
Ing. Mauricio González

---

Jurado María Fernanda Acero Fonseca

Bogotá D.C. mayo de 2018

## Dedicatoria

**Dedico este trabajo principalmente a Dios por acompañarme en el transcurso de mis estudios, luego de ello agradecerle a mis padres Juan Pablo García Peñaloza y Clara Victoria Medina Pava por el apoyo brindado durante todo este proceso, a mis hermanos Camilo Andrés García Gil y Juan Diego García Medina, en especial quiero dedicar este trabajo de grado al amor de mi vida María Carolina Hoyos López y a su apoyo para poder terminar prontamente este proceso, sin su ayuda no hubiera sido posible este satisfactorio y alegre logro.**

**Pablo Santiago García Medina**

**Dedico este trabajo de grado a dios ya que sin el nada habría sido posible, por brindarme saluda para conseguir esta meta anhelada.**

**A mis padres Gloria Garzón y Ramiro Rodríguez y mis hermanos Daniela Rodríguez y Sebastián Rodríguez, ya que ellos fueron las personas que me motivaron para alcanzar esta gran meta, a mi abuela que fue parte fundamental en mi estadía en Bogotá, sin ellos no podría festejar este gran logro.**

**Ferney Danilo Rodríguez Garzón**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1.1. ANTECEDENTES</b> .....	12
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	13
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>1.1.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	14
<b>1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	14
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>1.5. DELIMITACIÓN</b> .....	16
<b>1.5.1. ESPACIO</b> .....	16
<b>1.5.2. TIEMPO</b> .....	16
<b>1.5.3. CONTENIDO</b> .....	16
<b>1.5.4. ALCANCE</b> .....	16
<b>1.6. METODOLOGÍA</b> .....	17
<b>1.7. MARCO TEÓRICO</b> .....	18
<b>1.7.1. AGUA POTABLE</b> .....	18
<b>1.7.2. TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</b> .....	18
<b>1.7.3. ACUEDUCTO</b> .....	19
<b>1.7.4. PROCESO PARA REALIZAR PROYECTOS DE SISTEMAS DE POTABILIZACION</b> .....	19
<b>1.7.5. CAPTACION</b> .....	20
<b>1.7.6. ADUCCIÓN</b> .....	23
<b>1.7.7. DESARENADOR</b> .....	24
<b>1.7.8. PLANTA DE TRATAMIENTO</b> .....	31
<b>1.7.9. TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b> .....	34
<b>1.8. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	35
<b>2. CARACTERIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL TREN DE TRATAMIENTO</b> .....	37
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO</b> .....	37
<b>2.1.1. CAPTACIÓN</b> .....	37
<b>2.1.2. REJILLA</b> .....	38

2.1.3.	DESARENADOR.....	38
2.1.4.	CONDUCCIÓN .....	40
2.1.5.	MACRO MEDIDOR.....	41
2.1.6.	CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA .....	41
2.1.7.	FLOCULADOR.....	42
2.1.8.	SEDIMENTADORES .....	42
2.1.9.	PROCESO DE CLORACIÓN .....	43
2.1.10.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	44
3.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO HIDRAULICO DEL TREN DE TRATAMIENTO.....	45
3.1.	EVALUACIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO.....	45
3.1.1.	DEFINICIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD .....	45
3.1.2.	CAPTACIÓN.....	52
3.1.3.	REJILLA.....	54
3.1.3.	DESARENADOR.....	57
3.1.6.	FLOCULADOR.....	62
3.1.7.	SEDIMENTADORES .....	64
4.	PROPONER LINEAMIENTOS DE MEJORA PARA EL TREN DE TRATAMIENTO.....	65
4.1.	COMPARACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y LOS CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DEL ACUEDUCTO .....	65
4.1.1.	CAPTACIÓN.....	65
4.1.2.	REJILLA .....	65
4.1.3.	DESARENADOR.....	66
4.1.4.	MACRO MEDIDOR.....	66
4.1.5.	MEZCLA RÁPIDA .....	66
4.1.6.	FLOCULADOR.....	67
4.1.7.	SEDIMENTADORES.....	67
5.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	68
	REFERENCIAS .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de acueducto. ....	19
Figura 2 Canal. ....	22
Figura 3. Rejilla.....	23
Figura 4. Zonas desarenador. ....	25
Figura 5. Desarenador. ....	25
Figura 6. Zona I desarenador. ....	27
Figura 7. Zona I desarenador. ....	27
Figura 8. Zona II desarenador. ....	27
Figura 9. Zona III desarenador. ....	28
Figura 10. Zona IV desarenador. ....	29
Figura 11 Zona V desarenador. ....	29
Figura 12. Captación actual. ....	37
Figura 13. Rejilla actual. ....	38
Figura 14. Desarenador actual. ....	39
Figura 15. Desarenador actual. ....	39
Figura 16. Desarenador actual. ....	40
Figura 17. Tubería en PVC 4'. ....	40
Figura 18. Macro medidor. ....	41
Figura 19. Cámara de mezcla rápida. ....	41
Figura 20. Proceso de floculación. ....	42
Figura 21. Sedimentadores. ....	43
Figura 22. Cloración. ....	43
Figura 23. Almacenamiento. ....	44

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de complejidad según el número de habitantes .....	45
Tabla 2 Población de Diseño Vereda Pajonales. ....	46
Tabla 3 Métodos de cálculo según el nivel de complejidad.....	46
Tabla 4. Periodo de diseño según nivel de complejidad. ....	47
Tabla 5. Estimación de la población del método aritmético.....	47
Tabla 6. Estimación de la población del método geométrico. ....	48
Tabla 7. Estimación de la población del método geométrico .....	48
Tabla 8. Dotación neta según la altura promedio sobre el nivel del mar .....	49
Tabla 9. Dotación Neta para la vereda Pajonales. ....	49
Tabla 10. Calculo de la dotación Bruta .....	50
Tabla 11. Calculo del caudal medio diario (Qmd).....	50
Tabla 12. Calculo del Caudal Máximo Diario (QMD).....	51
Tabla 13. Calculo del Caudal Máximo Diario (QMD).....	52
Tabla 14. Diseño de la presa.....	53
Tabla 15. Dimensionamiento de la rejilla de captación. ....	54
Tabla 16. Calculo canal de aducción y cámara de recolección.....	55
Tabla 17. Calculo del vertedero de excesos y canal de excesos.....	56
Tabla 18. Calculo del canal de aducción .....	56
Tabla 19. Calculo parámetros de diseño desarenador.....	57
Tabla 20. Calculo parámetros de diseño desarenador.....	58
Tabla 21. Calculo parámetros de diseño desarenador.....	59
Tabla 22. Zona I cámara de aquietamiento. ....	60
Tabla 23. dimensionamiento Zona II y III.....	61
Tabla 24. Dimensionamiento zona IV .....	61
Tabla 25. Condiciones de diseño. ....	62
Tabla 26. Numero de pantallas necesarias. ....	63
Tabla 27. Numero de pantallas necesarias. ....	64

## RESUMEN

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) son de gran importancia en la vida de las personas, ya que ayudan al correcto aprovechamiento del agua presente en la tierra. Se realizó el diagnóstico de las estructuras hidráulicas presentes en el acueducto de la vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca con el fin de verificar su funcionalidad según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, de acuerdo a los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo adecuado de las estructuras. Se llegó a la conclusión que la mayoría de las estructuras presentan un mal funcionamiento debido a que no fueron realizadas adecuadamente, evidenciando que el tren de tratamiento presente en el acueducto no cumple con el reglamento. Con los datos calculados se verifico las medidas adecuadas que debe cumplir y su periodo de diseño.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento del agua para el consumo humano es de gran importancia, como una necesidad primordial para todos los seres humanos, por esta razón los sistemas de potabilización de agua son indispensables para que las personas satisfagan sus necesidades básicas de consumo en cuanto a calidad y cantidad.

En este sentido, los sistemas de distribución de agua potable o acueductos son los sistemas encargados de regular y garantizar suministro de agua las 24 horas del día a una comunidad, a través de una estructura en excelente estado que permita la continuidad de un flujo de agua en todos los procesos realizados para el tratamiento de este recurso.

Particularmente, este proyecto se enmarca en la vereda Pajonales, del municipio de Pacho Cundinamarca, donde la comunidad y la administración del sistema de acueducto manifiestan la existencia de un alto valor de pérdidas de caudal en el abastecimiento, así mismo, en cuanto a la calidad del agua, los usuarios afirman no tener las condiciones de calidad mínimas, razón por la cual se desarrollará el presente proyecto en dos fases, la primera fase será el diagnóstico del diseño del acueducto con el fin de determinar el estado actual del mismo, los principales problemas que tiene para su correcto funcionamiento y basados en ellos comenzar con la segunda etapa en la cual se llevara a cabo la propuesta de mejora del diseño del acueducto y se tendrá como base los parámetros y criterios dados en el Reglamento Técnico del Sector RAS.

## **1.1. ANTECEDENTES**

La vereda de Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca presenta una deficiente distribución del agua potable por sus diferentes fallas en el sistema, lo cual se evidenció en la primera visita de campo, realizada el día 12 de agosto de 2017, en donde se habló con el gerente del acueducto de la vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca y se plantearon los principales problemas en el sistema, que van desde la captación hasta el sistema de distribución, ya que el municipio presenta una demanda de caudal mayor al caudal de diseño del sistema y tiene una gran cantidad de pérdidas. (Romero, 2017)

El acueducto de la vereda de Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca es un acueducto pequeño con respecto a los demás acueductos de Pacho - Cundinamarca, abastece solo 936 suscriptores, los cuales presentan insatisfacciones con el servicio de la calidad del agua. (Romero, 2017)

En la respectiva visita con el gerente, la captación de agua se realiza por medio de una manguera, según lo visto la estructura hecha fue más grande de lo necesaria, es una bocatoma de fondo y no alcanza a pasar el agua necesaria por la estructura. (Romero, 2017)

En el recorrido de la red existen problemas por deterioro con respecto al tiempo que lleva en funcionamiento el acueducto, la falta de mantenimiento por escasez de recursos económicos según lo expresó el gerente de la empresa de acueducto. (Romero, 2017)

Las tierras donde se encuentra ubicado el acueducto de la vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca eran tierras de propiedad del difunto narcotraficante Gonzalo Rodríguez Gacha alias el mexicano, las cuales después de su muerte quedaron en manos del estado, pero por falta de protección a estas tierras, las familias que se hacen denominar desplazadas se empoderaron de las mismas, se convirtieron en usuarios del acueducto que no estaban incluidos dentro del sistema, los cuales podrían ser unos de los principales causantes de las pérdidas de caudal, según lo expreso el gerente del acueducto. (Romero, 2017)

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El acueducto de la Vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca fue realizado por iniciativa sus habitantes, lleva en funcionamiento 45 años en los cuales se ha venido mejorando con el paso del tiempo y se abastece de la quebrada Santa Ana.

Se desea realizar una investigación del funcionamiento y seguido a esto poder ofrecer una respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cómo podemos comprobar que tren de tratamiento del acueducto de la vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca responda a unas metas de cantidad y posible afectación al abastecimiento de sus suscriptores?

Y para responder esta pregunta planteada se debe considerar el siguiente interrogante:

¿Cómo verificar si están bien diseñadas las estructuras de este acueducto para satisfacer la demanda de la comunidad?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer el diseño hidráulico para el mejoramiento del acueducto de la vereda de Pajonales localizada en el municipio de Pacho Cundinamarca.

#### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterizar el funcionamiento del sistema de acueducto del municipio de Pajonales desde la captación hasta la planta de tratamiento.
- Evaluar los cálculos correspondientes para cada estructura perteneciente al acueducto, con el fin de comprobar el diseño de las mismas.
- Proponer lineamientos Realizar la propuesta de mejora para las estructuras que presenten un inadecuado funcionamiento, para que cumplan con los parámetros y criterios dados en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Los usuarios del acueducto de la vereda Pajonales del municipio Pacho Cundinamarca se encuentran inconformes con el servicio y la cantidad del agua que están recibiendo, por tal motivo se hace necesario realizar el análisis y la comprobación del diseño del tren de tratamiento que se encuentra actualmente en funcionamiento.

Sin embargo, la principal motivación en la realización de este proyecto es la contribución al mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios del sistema de acueducto de la vereda Pajonales, a través de la identificación de los principales problemas que se tienen en el sistema de distribución de agua potable, asociados a la cantidad.

Evaluación que ayudara a los suscriptores en un mejor servicio de agua para la mejor calidad de vida. Para poder ofrecer un informe a la autoridad pertinente que pueda resolver los inconvenientes encontrados.

## **1.5. DELIMITACIÓN**

### **1.5.1. ESPACIO**

Teniendo en cuenta que el análisis se realizó con la normativa colombiana, se realizaron visitas al acueducto de la vereda Pajonales, se recomienda replantear el diseño del tren de tratamiento ya que este presenta dificultades en la toma del agua.

### **1.5.2. TIEMPO**

La ejecución del proyecto tuvo un tiempo aproximado de 120 días, los cuales corresponde al periodo académico; en este lapso de tiempo se realizará la toma de información, además se iniciará la investigación y cálculo del diseño en bases de datos necesarios para dar solución a los objetivos trazados para el presente proyecto.

### **1.5.3. CONTENIDO**

El presente documento contiene la información recolectada en campo de las estructuras utilizadas en el acueducto de la vereda Pajonales, para luego ser examinadas de acuerdo a la norma colombiana.

### **1.5.4. ALCANCE**

Se caracterizó la normativa colombiana sobre diseño estructuras hidráulicas para acueductos con el fin de determinar si el acueducto rural de la vereda Pajonales cumple la normativa técnica colombiana en términos de diseño.

## 1.6. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se hará a través de las siguientes fases:

**Recopilación de información:** Se realizará la petición de documentos pertinentes al acueducto como soporte para el diagnóstico. Revisión de documentos, se realizará la respectiva revisión de documentos pertinentes principalmente en el acueducto de la vereda de Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca, luego se hará la revisión de documentos en la alcaldía de Pacho Cundinamarca, para poder hacer la comprobación del sistema. Igualmente, se hará una visita técnica para establecer contacto con la entidad que administra el sistema de acueducto de la vereda Pajonales del municipio de Pacho Cundinamarca, paralelamente se hará la toma de medidas de las estructuras del sistema para poder seguir con la siguiente fase.

**Diagnóstico:** Al tener toda la recopilación de información se verificarán las falencias del tren de tratamiento. Se hará un dimensionamiento del tren de tratamiento con el cual se pretende llegar a los principales problemas para poder hacer la recomendación de mejoras. Comparación de los parámetros obtenidos con los cálculos del tren de tratamiento y los parámetros de funcionamiento del sistema actual para poder seguir con la siguiente fase.

**Mejoramiento:** con respecto al estudio realizado en la etapa de diagnóstico, se realizará una propuesta que tenga en ella las modificaciones para mejorar el funcionamiento del acueducto.

## **1.7. MARCO TEÓRICO**

### **1.7.1. AGUA POTABLE**

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea (NIETO, S.F.)

La Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia es un proceso de articulación a nivel nacional de organizaciones que agrupan diferentes asociaciones, redes y federaciones de acueductos comunitarios, constituida para luchar por el fortalecimiento y reconocimiento de la gestión comunitaria del agua. Está conformada por mujeres y hombres procedentes de veredas, corregimientos, municipios y barrios, del llano y la montaña, de la costa y la sabana, de los páramos y el altiplano, de las selvas y las ciudades. Hacen parte de la Red comunidades organizadas de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Tolima, Meta, Guaviare, Casanare, Huila, Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Bolívar, La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bogotá. (Colombia, 2018).

Esta iniciativa legislativa se ha construido y socializado en las regiones a través de asambleas y talleres. Durante el VI Encuentro Nacional de Medellín se aprobó finalmente este proyecto y se lanzó la campaña nacional para su divulgación y defensa desde cada territorio. (Colombia, 2018).

### **1.7.2. TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

El primer acueducto construido para abastecimiento de agua a la ciudad, fue creado por los romanos quienes por medio sistema de canales, puentes, pilares y arcos realizaban la toma del agua que era llevada por el canal hasta la ciudad Augusta capital de la provincia de roma, la captación del agua se hacía desde el embalse de Proserpina localizado a 15 kilómetros, fue una de las obras magnas construida por los romanos en el siglo I. (National Geographic España, 2014)

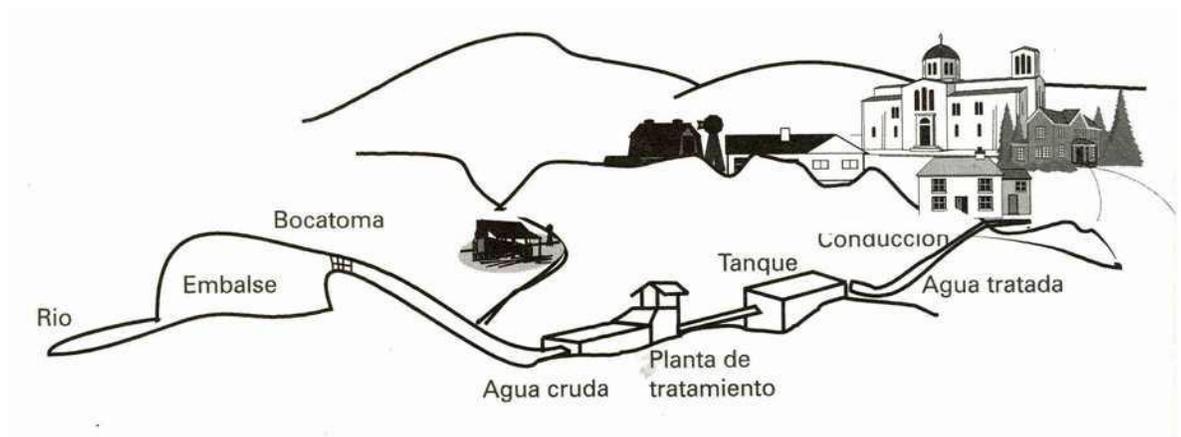
El primer acueducto de la ciudad se construyó en 1584, Consistió en una conducción de aguas desde el río San Agustín hasta la plaza principal, mediante

una cañería de cal, ladrillo y piedra que pasaba por una zona en la que existían arbustos de laurel, motivo por el cual se le llamó Acueducto o Cañería de Los Laureles, y así se le conoció hasta mediados del siglo XVII. (Banco de la republica actividad cultural, 2012)

### 1.7.3. ACUEDUCTO

Es el conjunto de obras destinadas a derivar, conducir, acondicionar y distribuir el agua requerida por una población a partir de una fuente de abastecimiento, bajo condiciones de excelente calidad en cantidades suficientes, con continuidad total de (24h/día), que garanticen la sostenibilidad para las generaciones actuales y futuras. (Paez Jimenez & Sanchez Bohorquez , 2006)

Figura 1 Sistema de acueducto.



Fuente (Publicaciones, 1999) Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua.  
Recuperado de  
[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#)

### 1.7.4. PROCESO PARA REALIZAR PROYECTOS DE SISTEMAS DE POTABILIZACION

De acuerdo con el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, para la construcción y puesta en marcha de un acueducto se deben realizar los siguientes pasos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011):

- Paso 1: Definición del nivel de complejidad del sistema
- Paso 2: justificación del proyecto y definición de su alcance
- Paso 3: conocimiento del alcance (marco institucional)
- Paso 4: acciones legales
- Paso 5: aspectos ambientales
- Paso 6: Ubicación dentro del POT
- Paso 7: estudios previos
- Paso 8: estudios socio económicos
- Paso 9: Diseño y requerimientos técnicos
- Paso 10: selección de materiales y equipos
- Paso 11: construcciones e interventoría
- Paso 12: puesta en marcha operación y mantenimiento

#### **1.7.5. CAPTACION**

Está conformada por las obras o estructuras que permiten tomar el agua requerida cruda de la fuente natural en las mejores condiciones posibles, con un mínimo de material flotante y arenas.

El tipo de estructura de una captación depende de la fuente natural escogida, si la fuente es superficial; el río, lago, embalse, entonces la estructura de captación se llama Bocatoma. Existen varios tipos de bocatomas (MINI AMBIENTE, S.F.).

- Bocatoma lateral, la cual es muy usada, cuando el río es muy ancho
- Bocatoma Sumergida recomendada para ríos pequeños
- Bocatoma combinada (sumergida lateral) es muy eficiente cuando se obstruye la rejilla sumergida y funciona la lateral
- Bocatoma flotante: es una barcaza cautiva a la orilla del río mediante cables, que portan un sistema de bombeo y es especialmente útil cuando el nivel del agua en la fuente es muy variable (Cualla, 1995)

##### **1.7.5.1. DISEÑO DE LA PRESA**

El primer paso para el diseño de la bocatoma es verificar que el caudal de diseño, caudal máximo diario, sea inferior al caudal mínimo del río en el sitio de captación. Con el fin de obtener el caudal mínimo del río se puede recurrir a datos de

medición de caudal en la cuenca, a mediciones de caudal directas o al estudio hidrológico de la cuenca. (Cualla, 1995)

$$Q = 1.84 LH^{1.5}$$

Para determinar el valor de la lámina de agua para las condiciones de diseño (Q máx. diario) y para las condiciones máximas y mínimas de 1 río, se despeja el valor de H de la ecuación. (Cualla, 1995)

$$H = \left(\frac{Q}{1.84L}\right)^{2/3}$$

Longitud de vertimiento (Cualla, 1995)

$$L' = L - 0.1 nH$$

n es el número de contracciones laterales

La velocidad del agua al pasar sobre la rejilla Vr:

$$Vr = \left(\frac{Q}{L' * H}\right)$$

Esta velocidad debe estar comprendida entre 0.3 m/s y 3 m/s para luego ser aplicada a la ecuación del alcance de chorro. (Cualla, 1995)

### 1.7.5.2. DISEÑO DE LA REJILLA Y EL CANAL DE ADUCCIÓN

Ancho del canal de aducción:

$$Xs = 0.36Vt^{2/3} + 0.60H^{4/7}$$

$$Xi = 0.18Vt^{4/7} + 0.74H^{3/4}$$

$$B = Xs + 0.1$$

X, = alcance filo superior (m)

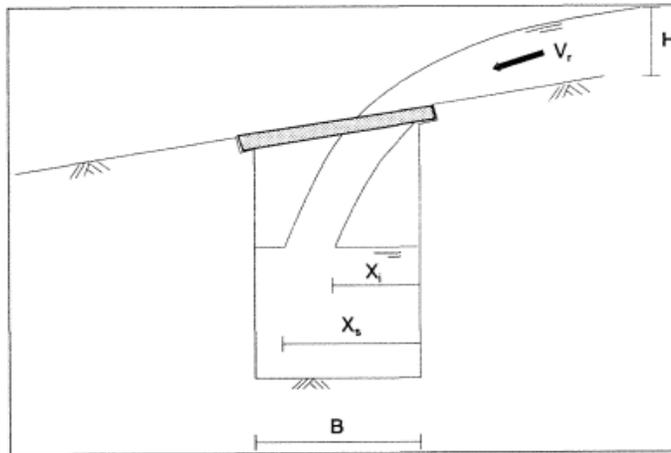
X; = alcance filo inferior (m)

V, = velocidad del río (m/s)

H = profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)

B = ancho del canal de aducción (m)

Figura 2 Canal.



Fuente (Cualla, 1995), Captación a través de la rejilla al canal de aducción

### 1.7.5.3. REJILLA

Si se utiliza una rejilla con barrotes en la dirección del flujo, el área neta de la rejilla se determina según la siguiente expresión:

$$A_{\text{neta}} = a B N \quad (6.8)$$

Siendo:

$A_n$  = área neta de la rejilla (m<sup>2</sup>)

$a$  = separación entre barrotes (m)

$N$  = número de orificios entre barrotes

Siendo  $b$  el diámetro de cada barrote, la superficie total de rejilla es aproximadamente:

$$A_{\text{total}} = (a+b) BN$$

Haciendo la relación entre área neta y área total se obtiene:

$$\frac{A_{\text{neta}}}{A_{\text{total}}} = \frac{a}{a+b}$$

$$A_{\text{neta}} = \frac{a}{a+b} A_{\text{total}}$$

Reemplazando el área total en función de la longitud de la rejilla,  $L_r$ :

$$A_{\text{neta}} = \frac{a}{a+b} B * l_r$$

Caudal a través de la rejilla es:

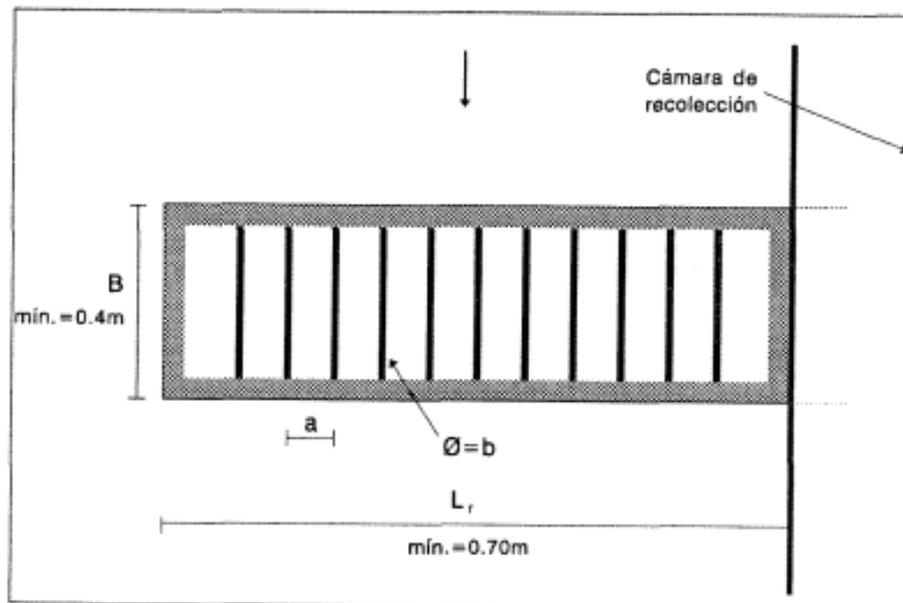
$$Q = K * A_{\text{neta}} * V_b$$

$K = 0.9$  para flujo paralelo a la sección

$V_b$  = velocidad entre barrotes (máxima de 0.2 m/s)

(Cualla, 1995)

Figura 3. Rejilla



Fuente. (Cualla, 1995), Rejilla de captación

### 1.7.6. ADUCCIÓN

Son canales o tuberías que transportan el agua cruda de la bocatoma al desarenador. El tramo bocatoma- desarenador debe ser lo más corto posible para que el efecto abrasivo de las arenas no dañe el canal de conducción. (MINI AMBIENTE, S.F.)

Entre la captación y la planta de potabilización del agua, como entre esta y la red de distribución urbana, suele darse la necesidad de conducir ya sea el agua cruda o el agua tratada, o ambas, para salvar distancias y obstáculos naturales entre la fuente de suministro y los consumidores. El trazado y el tipo de conducción, en

sus efectos sobre los suelos y la propiedad, son factores ambientales que deben ser convenientemente valorados en la etapa de diseño. (Tolima)

### **1.7.7. DESARENADOR**

Es una estructura de pretratamiento que mediante una reducción de la velocidad separa las arenas y elementos sólidos que lleva el agua en su recorrido. (MINI AMBIENTE, S.F.)

#### **1.7.7.1. DISEÑO DESARENADOR**

El diseño del desarenador está comprendido por zonas las cuales son:

##### **Zona I**

Cámara de quietamiento: Debido a la ampliación de la sección, se disipa el exceso de energía de velocidad en la tubería de llegada. El paso del agua a la zona siguiente se puede hacer por medio de una canal de repartición con orificios sumergidos. Lateralmente se encuentra un vertedero de excesos que lleva el caudal sobrante nuevamente al río mediante una tubería que se une con la del lavado (Zona IV). (Cualla, 1995)

##### **Zona II**

Entrada al desarenador: Constituida entre la cámara de quietamiento y una cortina, la cual obliga a las líneas de flujo a descender rápidamente de manera que se sedimente el material más grueso inicialmente. (Cualla, 1995)

##### **Zona III**

Zona de sedimentación: Es la zona en donde se sedimentan todas las partículas restantes y en donde se cumple el rigor con las leyes de sedimentación. La profundidad útil de sedimentable es H. (Cualla, 1995)

##### **Zona IV:**

Salida del desarenador: Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección. Esta zona debe estar completamente tapada con el fin de evitar la posible contaminación exterior. (Cualla, 1995)

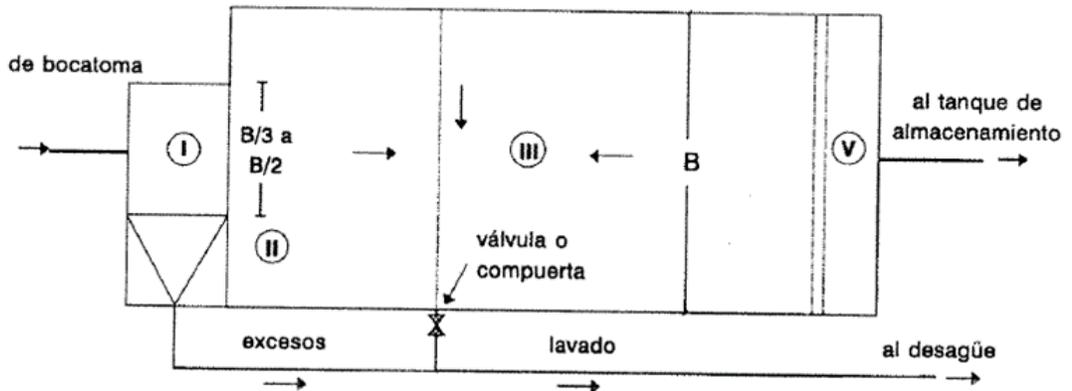
**Zona V:**

Almacenamiento de lodos: Comprende el volumen entre la cota de profundidad útil en la zona III y el fondo del tanque. El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado. (Cualla, 1995)

**Número de unidades**

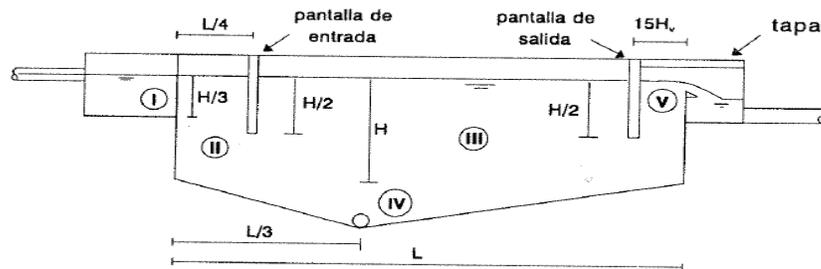
Se recomienda en lo posible diseñar como mínimo dos tanques desarenadores con el fin de continuar con el tratamiento en uno de ellos mientras se realizan las labores de mantenimiento y lavado del otro.

Figura 4. Zonas desarenador.



Fuente. (Cualla, 1995), Vista en Planta

Figura 5. Desarenador.



Fuente. (Cualla, 1995), Vista transversal

### Relación longitud ancho:

Con el fin de aproximarse lo más posible al flujo en pistón, se recomienda un tanque rectangular con una relación de longitud a ancho (L/B) entre 3/1 y 5/1. (Cualla, 1995)

### Profundidad mínima y máxima:

La profundidad mínima especificada es de 1.50 metros y la máxima de 4.50 metros. (Cualla, 1995)

### Profundidad de almacenamiento de lodos:

Se adopta una profundidad máxima de 0.40 metros. Las pendientes del fondo deben estar comprendidas entre el 1% y el 8% con el fin de que los lodos rueden fácilmente hacia la tubería de desagüe y la labor de limpieza manual sea segura para los operarios. (Cualla, 1995)

### Períodos de retención hidráulicos:

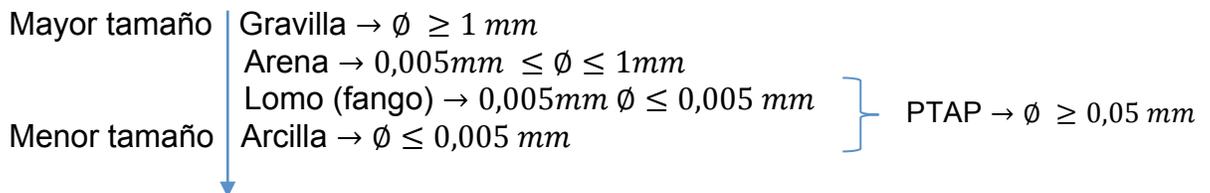
El tiempo que tarde una partícula de agua en entrar y salir del tanque debe estar comprendido entre 0.5 horas y 4 horas. (Cualla, 1995)

### Carga hidráulica superficial:

La carga hidráulica superficial, definida como el caudal puesto por unidad de área superficial, debe estar entre 15 y 80 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d. (Cualla, 1995)

### Diseño Del Tanque desarenador:

Clasificación del material Tamaño de partículas  $\phi$  *particula*

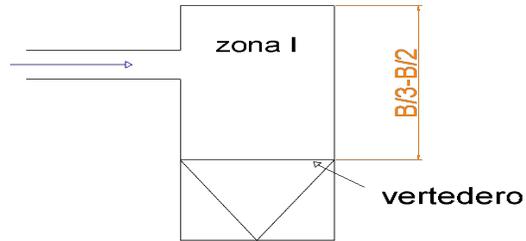


- Zona I:

Zona cámara de quietamiento

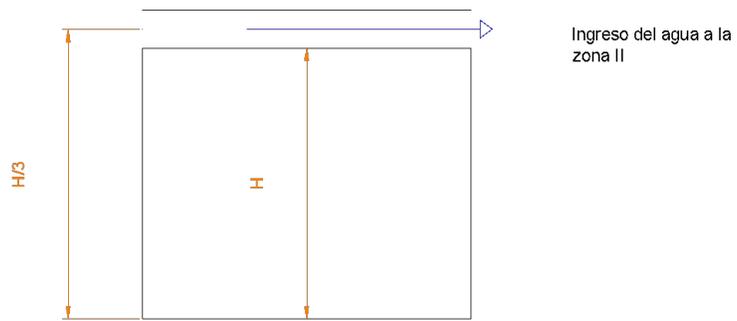
1. Disminuir velocidad del flujo
2. Disminuir energía

Figura 6. Zona I desarenador.



Fuente. Autores

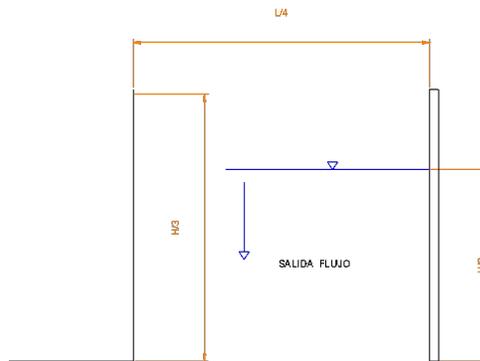
Figura 7. Zona I desarenador.



Fuente. Autores

- ZONA II  
Zona de entrada al desarenador

Figura 8. Zona II desarenador.

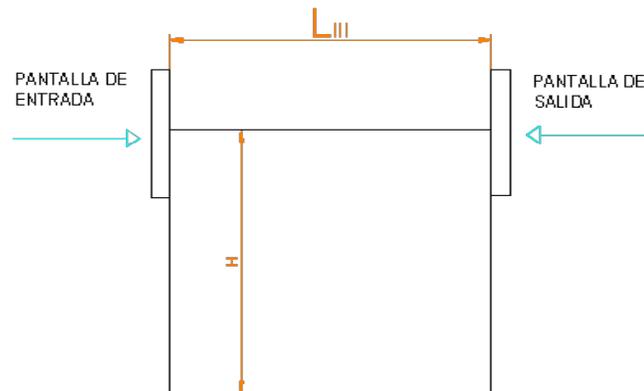


Fuente. Autores

- Zona III

Zona de sedimentación: proceso físico de sedimentación

Figura 9. Zona III desarenador.



Fuente. Autores

$L_{III}$ : Longitud zona de sedimentación

H: profundidad útil de sedimentación

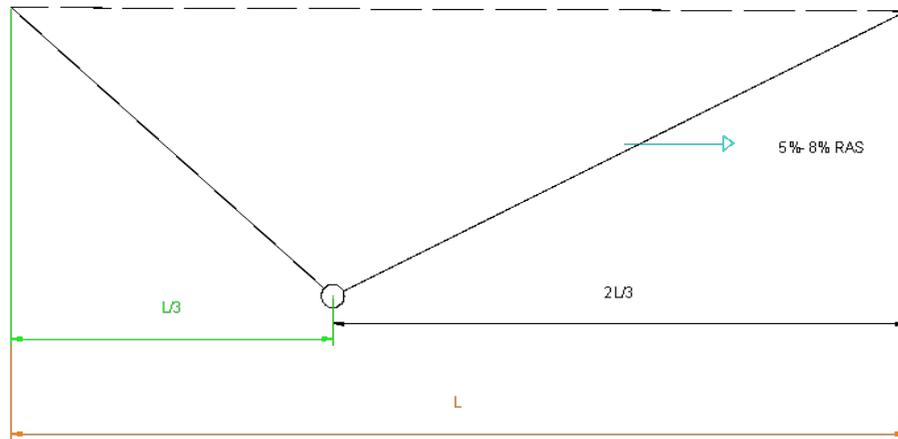
$$L_{III} = L - \frac{l}{4} - 15Hv$$

Donde L: longitud del Tanque desarenador

Hv: altura o carga de agua sobre el vertedero de salida (V) (Cualla, 1995)

- Zona IV: almacenamiento de lodos

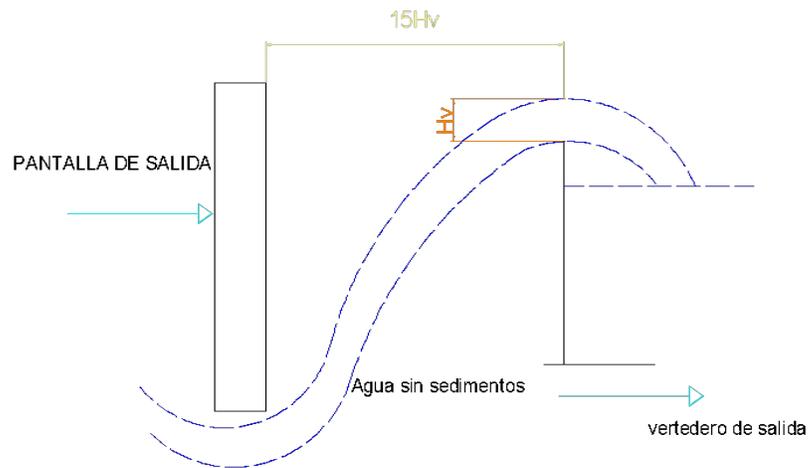
Figura 10. Zona IV desarenador.



Fuente. Autores

- Zona V:  
Zona de salida del tanque sedimentador

Figura 11 Zona V desarenador.



Fuente. Autores

## Leyes o principios

1. El periodo de diseño debe ser igual al usado en el periodo de diseño
2. Numero de módulos: mínimo 2
3. Dimensiones del tanque

$$\text{Relación: } \left[ \frac{3}{1} : \frac{5}{1} \right]$$

4. Altura del sedimentador (H) o profundidad útil del sedimentador  
 $1,5m \leq H \leq 4,50m$
5. Profundidad de la zona de lodos (HL)  
 $\frac{hL}{l} = \frac{1}{10} \quad 0,75m \leq HL \leq 1,50m$
6. Pendientes en la zona de lodos 5% y 8%
7. periodo de retención hidráulica (tr)  $0,5h \leq tr \leq 4h$
8. Carga hidráulica superficial (q)  
 $\frac{15m^3}{m^2.dia} \leq q \leq \frac{80m^3}{m^2.dia}$  Caudal procesado por unidad de áreas
9. Velocidad horizontal (Vh)  
 $Vh \leq 20$  vs  $\rightarrow$  velocidad partícula de diseño sedimentación
10. Relación entre velocidad horizontal (Vh) y la velocidad de la partícula crítica (Vo)

$$9 \leq \frac{Vh}{Vo} \leq 15$$

11. Velocidad de resuspension (Vr)  
 $Vh < Vr$

(RAS-2000, 2000) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

Según lo estudiado con respecto al desarenador se estudian nuevas tecnologías para el cálculo del dimensionamiento de dicha estructura como se está experimentando en otros países según muestras de suspensiones entrantes y efluentes y analizando la distribución del tamaño de partícula utilizando la difracción láser técnica, con un analizador Malvern (Mastersizer, 2000). La ubicación del muestreo es muy importante y depende del objetivo del estudio. Cuando se toman muestras en la salida de desbordamiento del tanque, se tiene que tener cuidado de tomar muestras de una mezcla en la ubicación representativa. Si el sistema no está claro o si hay espacios muertos conocidos, podría considerarse que prolonga la campaña de seguridad para capturar el comportamiento hidráulico completo. (Athanasia M. Goula, 2007)

### 1.7.8. PLANTA DE TRATAMIENTO

Es el componente que realiza la función de purificación del agua, para ello los acueductos deben tener en cuenta las normas de calidad exigidas por el decreto 2105 del ministerio de salud. (MINI AMBIENTE, S.F.)

Los elementos que contiene una planta de tratamiento son:

Floculación

Sedimentación

Filtración, rápida y lenta

Desinfección

**Floculación convencional.** (Artículo 111) Las unidades de mezcla rápida y floculación deben ubicarse lo más cerca posible. En caso de que esto no sea posible, el flujo de agua a través del canal o ducto de transporte entre las dos unidades no debe tener una velocidad menor de 1 m/s. (RAS-2000, 2000)

Floculadores de flujo horizontal

1. Tiempo de detención y gradiente de velocidad

El gradiente medio de velocidad ( $G$ ) debe estar entre 20  $s^{-1}$  y 70  $s^{-1}$  y el tiempo de detención ( $t_d$ ) entre 20 y 30 minutos.

2. Velocidad del agua

El floculador debe diseñarse de manera que la velocidad del agua a través del tanque de 0.2 m/s a 0.6 m/s.

**Sedimentación.** (Artículo 112) Deben realizarse estudios estadísticos de la calidad del agua cruda que cubran por lo menos un periodo de lluvias y uno seco. Si la turbiedad alcanza valores mayores de 1000 UNT por periodos continuos mayores de quince días debe adoptarse un proceso de pre sedimentación. Para los niveles bajo y medio de complejidad, el proceso de sedimentación debe tener como mínimo dos unidades. Para los niveles medio alto y alto de complejidad debe tener como mínimo tres unidades. Para todos los niveles de complejidad del sistema, deben realizarse estudios de tratabilidad en el laboratorio y/o planta piloto para determinar los procesos necesarios y sus parámetros de diseño. (RAS-2000, 2000)

1. Calculo de velocidad de sedimentación

$$Vs = \frac{1}{19} \frac{g(Ds-1)}{n} d^2$$

2. Calculo del número de Reynolds

$$\#Re = \frac{Vs * D}{\nu}$$

3. Se realiza un ajuste en el caso que  $Re < 0.5$

4.  $Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$

5. Ley de Allen

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{CD} (ps - 1) * d}$$

6. Coeficiente de seguridad

$$Vs: \frac{Q}{As} \quad VS : \frac{Q * \text{coeficiente de seguridad}}{As}$$

7. Velocidad de resuspension

$$Vd: \sqrt{\frac{8K}{F} G (ps - 1) * d}$$

Vd: velocidad de resuspension

8. Estimación del F

$$3.1 \text{ Re} = \frac{4Rh * Vh}{\nu} \quad 8.2 = \frac{4Rh}{K}$$

9.  $Vh: \frac{Q}{At}$

Vh: velocidad horizontal

A: área transversal

10. Verificar la relación  $Vd > Vh$  para no resuspension

11. Tiempo de retención

$$T: \frac{Vci}{Q}$$

12. Longitud transición

$$L = \frac{B * b}{2 \tan \theta}$$

B: ancho del desarenador

b: ancho del canal de entrada

13. Vertedero

$$Q = \frac{2}{3} U \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{3/2} \quad (\text{Romero Rojas})$$

Se realizó investigación a metodologías de sedimentación enfocado en las membranas de los filtros de dicha estructura en otros países con respecto a los primeros estudios de modelado de incrustaciones de partículas en las que se basaron en el análisis de la trayectoria de partículas coloidales con relaciones de Darcian y flujo Hagen-Poiseulle. Estos modelos asumieron el ensuciamiento homogéneo y el tamaño de los poros y las características de distribución, y no se relacionaron bien con las observaciones de campo. Fane y Fell discutieron las propiedades de las membranas de ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF) y las relacionaron con el comportamiento de disminución de flujo, pero la discusión de los mecanismos de control de incrustación no se orientó hacia el desarrollo de opciones prácticas tales como la limpieza química. (Nicandro Porcelli, 2010)

**Filtración rápida.** (Artículo 113) Para todos los niveles de complejidad del sistema, deben realizarse estudios de tratabilidad en el laboratorio y/o planta piloto para determinar los parámetros de diseño. Deben adoptarse las siguientes tasas de filtración: 1. Para lechos de arena sola o antracita sola con  $T_e$  de 0.45 mm a 0.55 mm y una profundidad de 0.75 m máxima, la tasa de filtración debe ser inferior a  $120 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ . 2. Para lechos mixtos de antracita y arena y profundidad estándar de 0,60 a 0,75 m, la tasa de filtración máxima es de  $300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ , siempre y cuando la calidad del floc lo permita. (RAS-2000, 2000)

**Filtración Lenta.** (Artículo 114) El número mínimo de unidades de filtración lenta que debe tener la planta es dos. La tasa de filtración de la unidad debe estar entre  $2.4 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$  a  $7.2 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ . (RAS-2000, 2000)

**Desinfección.** (Artículo 115) Es obligatorio en todos los niveles de complejidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse esta la cloración, ozonación y desinfección con dióxido de cloro. Para la desinfección por cloración, deben emplearse tanques de contacto en todos los niveles de complejidad. El tanque debe proporcionar el tiempo de contacto necesario que garantice la desinfección del agua. (RAS-2000, 2000)

### **1.7.9. TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Es el componente que permite regular la producción y suministro de agua. Se hace mediante tanques que cumplen las siguientes funciones: (MINI AMBIENTE, S.F.)

- Regularizar el suministro previendo que siempre haya agua, aunque se presenten consumos extras llamados 'picos'
- Mantener una reserva de agua cuando se presenten interrupciones de energía en los equipos de bombeo o se realicen reparaciones en las tuberías que conducen el agua a la planta
- Satisfacer demandas por incendio.

## **1.8. MARCO CONCEPTUAL**

Para el completo entendimiento de este proyecto se deben tener presente la definición de algunos conceptos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Caudal medio diario**

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Dotación neta**

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Pérdidas en la aducción (agua cruda)**

Debe establecerse un nivel de pérdidas en la aducción antes de llegar a la planta de tratamiento. El nivel de pérdidas en la aducción debe ser inferior al 5%. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Pérdidas en la conducción (agua tratada)**

Debe establecerse el nivel de pérdidas en la conducción expresa después de la planta de tratamiento y antes del comienzo de la red de distribución. Esta cantidad debe ser un porcentaje del caudal medio diario, el cual debe ser inferior al 5%. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

### **Desarenador**

Para todos los niveles de complejidad del sistema, una vez que el desarenador entre en operación, debe probarse su capacidad durante por lo menos 24 horas con el caudal máximo horario, QMH, más el caudal correspondiente a las pérdidas que ocurran en el sistema de abastecimiento de agua. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

## **2. CARACTERIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL TREN DE TRATAMIENTO.**

En este capítulo se realizará la descripción del acueducto de la vereda Pajonales mediante el análisis del estado de las estructuras y su funcionamiento actual.

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO**

El tema del texto trata sobre la caracterización del tren de tratamiento del acueducto de la vereda pajonales en el cual empezaremos con la descripción desde el inicio hasta el final, empezando con la bocatoma, luego la rejilla, después la tubería de aducción para llegar al desarenador, luego la conducción, macromedidor, cámara de mezcla rápida, floculador, sedimentadores, unidades de filtración, proceso de cloración y llegar al final con el tanque de almacenamiento.

#### **2.1.1. CAPTACIÓN**

La captación del agua cruda que se trata en el acueducto de la vereda Pajonales se realiza en la quebrada Santa Ana, está localizada a 18 km del acueducto, esta se encarga de abastecer a 936 habitantes y su proceso de limpieza comienza con un proceso de limpieza denominado pre tratamiento.

Figura 12. Captación actual.



Fuente. Autores.

### 2.1.2. REJILLA

Esta estructura es la encargada de retener los elementos de gran tamaño y prevenir obstrucciones en la tubería durante el recorrido del agua cruda, esta estructura es una rejilla de fondo centrada y su composición está comprendida por barras espaciadas cada 8mm, cuenta con 25 varillas y sus medidas son de 20 cm alto por 54 cm de ancho. Su estado actual es aceptable.

Figura 13. Rejilla actual.



Fuente. Autores.

### 2.1.3. DESARENADOR

Es la estructura encargada de la separación de sólidos presentes en el agua cruda captada, mediante la disminución de velocidad y decantación de las partículas. La estructura presenta agrietamientos lo cual presenta pérdidas de agua que ha sido tomada anteriormente por la rejilla, la funcionaria del acueducto Marisol Aldana Roa aportó un dato sobre el funcionamiento de la estructura en la cual las limpiezas de la zona de lodos de dicha estructura no se han realizado durante un largo periodo, haciendo que la estructura no cumpla bien su función con la cual fue diseñada. (Aldana Roa, 2018)

Cuando se presentan precipitaciones hace que parte de los sólidos sigan hacia el siguiente proceso produciendo gran turbulencia.

Sus dimensiones son un largo de 4.90m por 1.60 m de ancho, cuenta con una pared de 25 cm, su altura es de 1.75m; una altura de agua de 1.55m; una cámara con dimensiones en su base de 65.6 cm por 1.60m. Su estado actual es deteriorado.

Figura 14.Desarenador actual.



Fuente. Autores

Figura 15. Desarenador actual.



Fuente. Autores

Figura 16. Desarenador actual.



Fuente. Autores.

#### 2.1.4. CONDUCCIÓN

A partir del desarenador parte una tubería de PVC de 4" por la cual se transporta el agua cruda procesada en el desarenador hacia la planta de tratamiento de agua potable. (Aldana Roa, 2018)

Figura 17. Tubería en PVC 4'.



Fuente. Autores.

### 2.1.5. MACRO MEDIDOR

Este elemento es el encargado de controlar el caudal que entra a la planta de tratamiento para realizar el proceso de limpieza del agua captada, su estado actual es bueno. (Aldana Roa, 2018)

Figura 18. Macro medidor.



Fuente. Autores.

### 2.1.6. CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA

La estructura es utilizada para la toma de muestras del agua para observar sus características mediante ensayos de turbiedad, color y pH.

También se realiza el test de jarras cuando el agua que llega no cumple con los parámetros; en este mismo punto se adicionan sulfato líquido para realizar la floculación.

Figura 19. Cámara de mezcla rápida.



Fuente. Autores.

### 2.1.7. FLOCULADOR

La estructura cuenta con dos sistemas de floculación de pantalla de flujo horizontal con capacidad máxima para 10L/s, donde el agua cruda captada pasa por cada pantalla produciéndose una reducción de la velocidad, en este proceso se realiza la aparición del floc (Rojas) debido al químico anteriormente aplicado; cuenta con luces libres de 6.00 X 1.20 X 1.15 metros, de profundidad y 3.68 m a nivel del agua, los dos tanques cuentan con 38 láminas de AC de 5 cm instaladas paralelamente cada 10 cm libre, en las cuales fluye el agua, su periodo de retención es de 20 minutos. Su estado es aceptable cuando no se debe hacer el aumento del caudal por la demanda que tiene el acueducto, ya que cuando se aumenta el caudal, no cumple la estructura su funcionamiento. (Aldana Roa, 2018)

Figura 20. Proceso de floculación



Fuente. Autores.

### 2.1.8. SEDIMENTADORES

Luego que el agua pasa por el sistema de floculación procede a los tanques sedimentadores donde se hace el proceso de separación del floc producido en la anterior etapa el cual se decanta en el taque, los tanques cuentan con luces libres de 4.64 X 1.25 X 1.90 m de profundidad. Cuenta con 53 placas de Ac; Su estado actual es bueno (Aldana Roa, 2018)

Figura 21. Sedimentadores



Fuente. Autores.

### **2.1.9. PROCESO DE CLORACIÓN**

Se procede a aplicar cloro líquido por medio de un elemento de dosificación.

Figura 22. Cloración.



Fuente. Autores.

### 2.1.10. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El agua tratada se conduce por tubería en PVC la cual es almacenada para luego realizar su distribución, su estructura es en concreto reforzado, con válvulas de 4" para lavado y salida, válvula de flotador de dimensiones de 4.30x 5.90 x 1.80 m con capacidad de 46  $m^3$

Figura 23. Almacenamiento.



Fuente. Autores.

### 3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO HIDRAULICO DEL TREN DE TRATAMIENTO.

De acuerdo al capítulo anterior se procede a realizar las siguientes evaluaciones de cada estructura del tren de tratamiento de la planta, regidos por la norma RAS 2000 en el capítulo A2 con los siguientes requerimientos:

#### 3.1. EVALUACIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO

La evaluación del funcionamiento del tren de tratamiento es necesaria seguir toda la reglamentación para cada estructura para poder definir cuál de las estructuras está funcionando adecuadamente, cual no, y cuál de las estructuras podría ser utilizada para hacer una mejora y aprovechar lo que más se pueda de la misma.

##### 3.1.1. DEFINICIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD

De acuerdo el numeral A2.1 se debe definir el nivel de complejidad de acuerdo a los pasos del numeral A.3.

Para empezar el proceso de cálculo del tren de tratamiento se utiliza un número de habitantes de 6093 que se abastecen del acueducto de pajonales, donde según la norma el nivel de complejidad del proyecto es medio.

Tabla 1 Nivel de complejidad según el número de habitantes

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>(2)</sup>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente. (RAS-2000, 2000)

Tabla 2 Población de Diseño Vereda Pajonales.

POBLACION PAJONALES SUMINISTRADA POR EL ACUEDUCTO				
	NOV_2014	NOV_2015	MAYO_2016	DIC_2017
PAJONALES	1408	1412	1420	1422
LAS HUERTAS	847	854	863	863
LA RAMADA	1134	1140	1146	1146
LLANO LA HACIENDA	1520	1524	1526	1530
OTROS	1124	1128	1130	1132
<b>TOTAL</b>	<b>6033</b>	<b>6058</b>	<b>6085</b>	<b>6093</b>

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y DEFINICIÓN DE ALCANCE

Este paso en la norma está expuesto en el numeral 1 del mismo documento.

### 3.1.1.2. POBLACIÓN DOTACIÓN Y DEMANDA

Este paso hace referencia al proceso de cálculo de la población, la dotación bruta y la demanda de caudal del tren de tratamiento de la planta.

### 3.1.1.3. MÉTODOS DE CÁLCULO

Para establecer los métodos de cálculo del sistema se debe tener en cuenta el nivel de complejidad de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 3 Métodos de cálculo según el nivel de complejidad.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente. (MINISTERIO DE VIVIENDA).

Con respecto a la tabla 2 se debe realizar los cálculos por los métodos aritmético, geométrico y exponencial. Después de realizados los cálculos se debe escoger el método que se acerque más al comportamiento de la población en su historia.

Tabla 4. Periodo de diseño según nivel de complejidad.

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Fuente. (MINISTERIO DE VIVIENDA)

Según el nivel de complejidad del sistema el cual es medio, su periodo de diseño es de 20 años.

### 3.1.1.3.1. MÉTODO ARITMÉTICO

Tabla 5. Estimación de la población del método aritmético.

METODO ARITMETICO		
R(2014 - 2015) (hab/año)	25	25
R(2015 - 2016) (hab/año)	27,00	27
R(2016 - 2017) (hab/año)	8,00	8
R PROM (hab/año)	20,00	20
P 2018 (hab)	6113	6113
P 2043(hab)	6613	6613

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales"

### 3.1.1.3.2. MÉTODO GEOMÉTRICO

Tabla 6. Estimación de la población del método geométrico.

METODO GEOMETRICO		
R(2014 - 2015) (hab/año)	0,0041	0,41
R(2015 - 2016) (hab/año)	0,0045	0,45
R(2016 - 2017) (hab/año)	0,0013	0,13
R PROM (hab/año)	0,025	2,50
R (2014 - 2016) (hab/año)	0,0043	0,43
P 2018 (hab)	6237,125	6238
P 2043(hab)	6393,053125	6394

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.3.3. MÉTODO EXPONENCIAL

Tabla 7. Estimación de la población del método geométrico

METODO EXPONENCIAL		
R(2014 - 2015) (hab/año)	0,0041	0,41
R(2015 - 2016) (hab/año)	0,0044	0,44
R(2016 - 2017) (hab/año)	0,0013	0,13
R PROM (hab/año)	0,0033	0,33
P 2017 (hab)	6105,105879	6106
P 2043 (hab)	6125,278191	6126

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.4. DOTACIÓN NETA

La dotación neta es la cantidad mínima requerida de agua para cada habitante para satisfacer las necesidades básicas sin la consideración de las pérdidas en el acueducto, las dotaciones que se tomaron son las modificadas según resolución 0330 de 2017.

Tabla 8. Dotación neta según la altura promedio sobre el nivel del mar

<b>ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA</b>	<b>DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)</b>
> 2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente. (Ministerio de Salud, Resolución 0330 de 2017, 2017)

De acuerdo a la tabla 8 la dotación neta para el municipio de pacho Cundinamarca es de 130 (L/Hab\*día) ya que su altura sobre el nivel del mar es de 1905 m s. n. m.

Tabla 9. Dotación Neta para la vereda Pajonales.

<b>DOTACION</b>			
Para un nivel de complejidad Medio- clima calido			
Dotacion Neta (L/ hab.dia)		130	
%P (según RAS B.2.8) 2017		25	0,25
Dotacion bruta (L/ hab.dia)		173	

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales"

### 3.1.1.5. PERDIDAS

%P: PÉRDIDAS MÁXIMAS ADMISIBLES:

El porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%.

Fuente. (MINISTERIO DE VIVIENDA)

### 3.1.1.6. DOTACIÓN BRUTA

La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

Fórmula de dotación (RAS-2000, 2000), título b.

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Tabla 10. Calculo de la dotación Bruta.

Dotacion Neta (L/ hab.dia)	130	
%P (según RAS B.2.8) 2017	25	0,25
Dotacion bruta (L/ hab.dia)	173	

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.7. DEMANDA

La demanda es el requerimiento de agua de los suscriptores para sus actividades diarias y esta se mide por medio de caudal medio diario (Qmd), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH). (RAS-2000, 2000)

#### 3.1.1.7.1. CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)

Caudal medio diario es el consumo que se espera que la población realice durante el periodo de un día. (RAS-2000, 2000), título b.

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

Tabla 11. Calculo del caudal medio diario (Qmd).

Qmd	
Poblacion	6613
dBruta	173,33
Qmd	13

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.7.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

Caudal máximo diario es el consumo que se espera que la población realice en un día y se calcula como un factor de aplicación de (K1) del caudal medio diario y dicho factor está establecido por la norma. (RAS-2000, 2000)

$$QMD = Q_{md} k_1$$

k1 : coeficiente de consumo máximo diario El coeficiente de consumo máximo diario, k1 , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el valor del coeficiente de consumo máximo diario, k1 , será 1.30. (MINISTERIO DE VIVIENDA)

Parala vereda pajonales el valor de k1= 1.3

Tabla 12. Calculo del Caudal Máximo Diario (QMD).

QMD	
K1	1,3
Qmd	13,27
QMD	17,25

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”

### 3.1.1.7.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)

Caudal máximo horario es el máximo gasto que será requerido en una determinada hora del día, y se calcula como un valor ampliado del Qmd. (RAS-2000, 2000)

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

K2 : coeficiente de consumo máximo horario

En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario,  $k_2$ , corresponde a un valor comprendido entre 1.3 y 1.7 de acuerdo con las características locales. (MINISTERIO DE VIVIENDA)

Para la vereda pajonales medio, el valor de  $k_2$  sera el promedio de los valores 1.3 y 1.7

Tabla 13. Calculo del Caudal Máximo Diario (QMD).

	QMH
$K_2$	1,5
QMD	17,25
QMH	25,87

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales"

### 3.1.2. CAPTACIÓN

Para el nivel medio de complejidad de la vereda Pajonales el caudal de captación debe ser Caudal máximo diario (QMD), la rejilla debe tener una inclinación que oscile entre 10% y 20%. La separación entre barrotes debe estar entre 20 mm y 40 mm para ríos caracterizados por el transporte de gravas finas y la velocidad de flujo debe ser inferior a 0.15 m/s.

### 3.1.5.4. DISEÑO DE LA PRESA

Tabla14. Diseño de la presa.

BOCATOMA DE FONDO		
<b>DATOS DE ENTRADA</b>		
caudal maximo diario (m3/s)		0,01724687
caudal de diseño (m3/s)		0,01724687
caudal minimo del rio (m3/s)		0,04311717
caudal maximo del rio (m3/s)		0,43117168
caudal untario (q) (m3/s)		0,03449373
ancho del rio (Tr) (m)		5
ancho de vertedero (Lv) (m) (supuesto)		2
<b>PROFUNDIDADES DE FLUJO</b>		
profundidad de flujo (Hmax) (m)		0,2394427
altura de diseño (Hdis) (m)		0,028005
altura minima (Hmin) (m)		0,05158637
L real de vertedero (m)		1,94398922
Area transversal maximo(m2)		0,46547404
Area transversal diseño(m2)		0,05444217
Area transversal minima (m2)		0,10028334
<b>VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA ESTRUCTURA</b>		
velocidad de diseño (m/s2)		0,31679241
velocidad maxima (m/s2)		0,92630662
velocidad minima (m/s2)		0,42995345
velocida de diseño corregida (Uc)		0,12671696

Fuente: Autores “Memorias de cálculo Acueducto Pajonales”.

### 3.1.3. REJILLA

Tabla 15. Dimensionamiento de la rejilla de captación.

ANCHO DE LA ESTRUCTURA					
factor de correccion de velocidad		0,4			
velocida de diseño corregida (Uc)		0,12671696			
Xs (m)		0,16860098			
Xi (m)		0,10594465			
Ancho de la rejilla (Br) (m)		0,26860098	ancho de muro (m)	0,15	
Ancho de la presa (B) (m)		0,56860098			
DIEMENSIONES DE LA REJILLA			Dimensione	Unidad m	
Diametro de varilla (m)	0,0199		Br	0,27	
separacion (m)	0,04		Lr	0,76	
Area efectiva entre varillas (m2)	0,01074404		N espacios	13	
Area Neta (m2)	0,13610543		Nº varilas	12	
Nº de espacios entre varillas	12,667995	13			
Longitud de rejilla (Lr) (m)	0,7588				
<b>CUMPLE</b>					

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

### 3.1.3.1. CANAL DE ADUCCION Y CAMARA DE RECOLECCION

Tabla 16. Calculo canal de aducción y cámara de recolección.

CANAL DE ADUCCION		
Pendiente de canal (So) (%)	3	
Profundida critica (Yc) (m)	0,07490522	
longitud del canal (Lc) (m)	0,9088	
Profundida aguas arriba (Yo) (m)	0,10653763	
Velocidad de chorro (Uchorro) (m/s <sup>2</sup> )	0,37052265	
Area neta real (m <sup>2</sup> )	0,13967251	
Caudal captado por la rejilla (m <sup>3</sup> /s)	0,05175183	
Profundidad critica de Q rejilla (Yc) (m)	0,15583167	
Profundidad aguas arriba de Q rejilla (Yo) (m)	0,21443379	
Borde Libre (m) (asumido)	0,3	
Aguas abajo (Haa) (m)	0,54169779	
CAMARA DE RECOLECCION		
Area transversal (m <sup>2</sup> )	0,02011962	
Velocidad de entrada a la camara (m/s)	0,85721655	
Xs (m)	0,46132309	
Ancho de camara de recoleccion (Bc) (m)	0,56132309	0,6

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

### 3.1.3.2. VERTEDERO DE EXCESOS Y CANAL DE EXCESOS

Tabla 17. Calculo del vertedero de excesos y canal de excesos.

VERTEDERO DE EXCESOS		
Caudal de excesos maximo (m <sup>3</sup> /s)	0,03450496	
altura de vertedero (Hv) (m)/(cm)	0,22606705	22,6067055
L vertedero triangular (m)	0,45213411	
CUMPLE		
L rectangular asumido (m)	0,7	
Altura de vertedero rectangular (Hv) (m)	0,08953176	
CAMARA DE EXCESOS		
Area transversal (m <sup>2</sup> )	0,02404832	
Velocidad de entrada a la camara (m/s)	1,43481805	
Xs (m)	0,60907228	
Ancho de la camara de excesos (m)	0,70907228	

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales"

### 3.1.3.3. CANAL DE ADUCCION

Tabla 18. Calculo del canal de aducción

RECTANGULAR		TRAPEZOIDAL	
So	0,0032	So	0,0024
K	0,003963497	K	0,004576653
Yn (m)	0,115241677	Yn (m)	0,128369425
A (m <sup>2</sup> )	0,026561288	A (m <sup>2</sup> )	0,028541962
b (m)	0,230483353	b (m)	0,148228244
V media (m/s)	0,649323452	V media (m/s)	0,60426356
Dh	0,115241677	Dh	0,096277068
Fr	0,610691396	Fr	0,621771014
Pm (m)	0,460966707	Pm (m)	0,444671687
Rh	0,057620838	Rh	0,064186595
δ (Pa)	1,808833357	δ (Pa)	1,511209196
Cond. Vmd	SI CUMPLE	Cond. Vmd	SI CUMPLE
Cond. Fr	SI CUMPLE	Cond. Fr	SI CUMPLE
Cond. δ (Pa)	SI CUMPLE	Cond. δ (Pa)	SI CUMPLE

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

### 3.1.3. DESARENADOR

Tabla 19. Calculo parámetros de diseño desarenador.

GRAVEDAD	981	cm/s <sup>2</sup>
Parena	2,65	
Pagua	1	
Viscosidad	0,01146	cm <sup>2</sup> /s
<b>1. CAUDAL DE DISEÑO</b>		
Qdiseño	17,25	L/s
Qdiseño	0,017246867	m <sup>3</sup> /s
<b>2. DEFINIR PARTICULA DE DISEÑO</b>		
f	0,05	mm
	0,005	cm
<b>3. VELOCIDAD DE SIMENTACION PARTICULA DE DISEÑO</b>		
Vs	0,196171466	cm/s
	0,001961715	m/s
<b>4. GRADO DE REMOCIÓN</b>		
%Remoción	75%	
n	1	
N° Hazen	3	
<b>5. VELOCIDAD PARTICULA CRITICA</b>		
Vo	0,065390489	cm/s
	0,000653905	m/s

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 20. Calculo parámetros de diseño desarenador.

PARAMETROS SUPUESTOS EN ESTE COLOR					
<b>6. SUPONER PROFUNDIDAD</b>			<b>10. CARGA HIDRAULICA</b>		
1.5m <= H <= 4,5m			q	0,0006539	m3/m2*s
H	1,5	m		56,497382	m3/m2*dia
			CUMPLE		
<b>7. VOLUMEN TOTAL</b>			<b>11. DIMENSIONAR EL TANQUE</b>		
VT	39,562789	m3	Relacion	L	3
				B	1
<b>8.AREA SUPERFICIAL</b>			<b>Dimensiones tanque</b>		
As	26,375193	m2	B	3,0	m
			L	8,9	m
<b>9. CALCULO DE TIEMPOS</b>			<b>12. AREA TRANSVERSAL</b>		
<b>9.1 Tiempo de retencion</b>			AT	4,447628	m2
TR	2293,9116	s			
	0,6371977	h			
CUMPLE			<b>13. VELOCIDAD HORIZONTAL</b>		
<b>9.2 Tiempo particula de diseño</b>			Vh	0,0038778	m/s
t f diseño	764,6372	s	Vh	0,3877768	cm/s
	0,2123992	h	Vh	0,0038778	m/s
CUMPLE					

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 21. Calculo parámetros de diseño desarenador.

<b>14. VERIFICACIÓN VELOCIDADES</b>		
<b>14.1 Velocidad horizontal</b>		
$V_h < 20 \cdot V_s$	CUMPLE	
<b>14.2 Velocidad horizontal y partícula crítica</b>		
$V_h/V_0$	9,43	CUMPLE
<b>14.3 Diametro partícula de diseño</b>		
f partícula crítica	0,0029	cm
	0,0289	mm
	CUMPLE	
<b>14.4 Velocidad de resuspension</b>		
$V_r$	7,06	cm/sg
CUMPLE		
<b>15. DIMENSIONES FINALES DESARENADOR</b>		
B	3,00	m
L	9,00	m

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 22. Zona I cámara de aquietamiento.

<b>ZONA 1 - CAMARA DE AQUIETAMIENTO</b>		
B/3	1	m
B/2	1,5	m
Bz1	1,25	m
Bz1	2	m
H/3	0,5	m
HZ1	0,5	m
HEntrada	0,0280054	m
HEntrada	2,8005389	cm
At	0,0560108	m
Ventrada	0,3079205	m/s
Ventrada	30,792051	cm/s
Vertedero de excesos		
H	0,0681975	m
caudal de excesos (m <sup>3</sup> /s)	0,0013267	
Hv (m)	0,0614033	
altura de vertedero	0,2796008	
area transversal del caudal de excesos	0,0921049	
velocidad de chorro (m/s)	0,014404	
Xs (m)	0,1431238	0,2
B (m)	0,3	

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 23. Dimensionamiento Zona II y III.

<b>ZONA 2. DIMENSIONES DESARENADOR</b>		
L zona 2	2,25	m
H/2	0,75	m
Final Descarga	0,32	m
Centro descarga	6,32	m
15Hv	0,3205817	m
<b>Zona 3 zona de sedimentacion</b>		
longitud zona de sedimentacion LIII	6	m

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 24. Dimensionamiento zona IV.

<b>Zona 4 - Lodos</b>		
L/3 (m)	3	
2L/3 (m)	6	
HL (m)	0,9	0,9
S1 (%)	0,3	
S2 (%)	0,15	
volumen de zona de lodos (vzl) (m3)	8,1	
tiempo de vaciado teorico < Tr (s)	3000	
Caudal de vaciado (Qvac) (m3/s)	0,0027	

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

### 3.1.6. FLOCULADOR

Tabla 25. Condiciones de diseño.

CONDICIONES			
Caudal de diseño	Q	17	L/s
		0,017	(m <sup>3</sup> /s)
		1490,129333	(m <sup>3</sup> /dia)
Velocidad	V	0,2	(m/s)
Tiempo de retencion	tr	20	min
		1200	seg
Borde Muros de Floculador	b	0,45	m
Coeficiente de Concreto	n	0,010	
Ancho del floculador	A	1,2	m
Borde Libre	bl	0,3	m
Gravedad	g	9,81	m/s <sup>2</sup>
Viscocidad	v	0,0000010140	m <sup>2</sup> /s
Largo	L	6	m
Espesor Lamina AC	L AC	0,05	m
profundidad de flujo	Hflujo	1,118	m
Viscocidad	v	0,00114	kg/m.s

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

Tabla 26. Numero de pantallas necesarias.

Calculos			
Distancia recorrida	L	240	
volumen	v	20,69624074	
area Trans	a	0,086234336	
Distancia recorrida	d	0,191631859	FALSO
d corregida	d	1	
profundidad del tanque	H	1,3	m
espacio libre tabiques	e	0,129351505	m
espacio libre corregido	e	0,13	m
longitud efectiva	Le	5,87	m
Numero de canales	N	41	Uni
Longitud interior de la camara	Li	5,5	m
perdidas por friccion	hf	0,450988783	m
Perdidas adicionales	h	0,243922593	m
Perdida total	Hf	0,694911376	m
Gradiente de velocidad	G	74,8496224	s-1
Numero de camp	Gt	89819,54688	
Numero de pantallas	Np	110	uni

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

### 3.1.7. SEDIMENTADORES

Tabla 27. Numero de pantallas necesarias.

SEDIMENTADOR		
Largo	4,64	m
Ancho	1,25	m
Profundidad	1,9	m
Q	17,25	l/s
	0,01724687	m <sup>3</sup> /s
	1490,12933	m <sup>3</sup> /d
Nmero de Sedimentadore	2	unidades
espesor	100	m
alto	1,2	m
ancho	1,25	m
espaciamiento	0,07	m
$\theta$	60	1,04719755
viscosidad	1,014E-06	m <sup>2</sup> /s
Vo	0,02	cm/s
Sc	1	
L	17,1428571	
Vsc	0,00211922	m/s
Vsc	183,100231	m/d
Re	1380,67061	
tiempo de retencion	60	min
E	0,99930049	cm
	9,993E-05	mm
area superficial	14234,9339	m <sup>2</sup>
Ls	11387,9471	m
Nº de placas	100	unidades
	100	unidades

Fuente: Autores "Memorias de cálculo Acueducto Pajonales".

#### **4. PROPONER LINEAMIENTOS DE MEJORA PARA EL TREN DE TRATAMIENTO.**

En este capítulo se realizará la propuesta de mejoramiento del acueducto de la vereda pajonales mediante los datos obtenidos en la realización de los cálculos, con el fin de proponer el mejoramiento estructural en el numeral que sea necesario y hacer un aprovechamiento de las estructuras aptas del acueducto.

##### **4.1. COMPARACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y LOS CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DEL ACUEDUCTO**

Según lo evidenciado en el capítulo anterior en comparación con la caracterización del tren de tratamiento, se da la necesidad de mejoras de algunas estructuras del mismo, el aprovechamiento de algunos componentes y la recomendación del cambio total de algunas otras.

###### **4.1.1. CAPTACIÓN**

La altura máxima presente en la estructura no cumple con las velocidades de diseño en temporada de lluvia, ya que la velocidad es mayor a la velocidad de diseño y no realiza el proceso de captación del agua.

###### **4.1.2. REJILLA**

La rejilla presente en la estructura no realiza la función adecuada ya que las mediadas con las cuales está construida impiden que sea captada el agua necesaria para el correcto funcionamiento de dicha estructura, las medidas que se recomiendan según los cálculos de diseño son de 0,3 m de ancho y 0,8 m de largo con una composición de 12 varillas de ½ pulgadas.

###### **4.1.2.1. VERTEDERO DE EXCESOS**

Las dimensiones de la estructura actualmente no son las adecuadas para el caudal que se está manejando en este momento, lo cual hace que su estado sea crítico ya que su funcionalidad es por medio de unos ladrillos puesto rústicamente

para que el caudal del desarenador sea mayor y no se pierda el agua que debería ser evacuada como exceso.

#### **4.1.2.2. CANAL DE ADUCCIÓN**

Al realizar el diseño del canal de aducción se observó que el canal trapezoidal es el más favorable ya que su pendiente es mejor pero igualmente el canal rectangular es apto para el caudal, solo se debe aumentar su pendiente y cualquiera de los dos cumple con las condiciones calculadas, se propone el rectangular por facilidades constructivas.

#### **4.1.3. DESARENADOR**

De acuerdo con los cálculos establecidos en el capítulo anterior, el desarenador no cumple las especificaciones del reglamento técnico ras 2000, ya que las medidas de dicha estructura son insuficientes para el proceso de desarenado del agua, la estructura se encuentra en malas condiciones, ya que cuenta con una sola unidad de desarenado, lo cual crea una sobrecarga en el proceso. Presenta pérdidas de agua por la presencia de grietas en la estructura, por las filtraciones en la misma por cuestión del tiempo.

Se recomienda la construcción de un desarenador nuevo y la rehabilitación del existente.

#### **4.1.4. MACRO MEDIDOR**

Según el criterio de los autores se propone seguir haciendo el uso del macro medidor como aforador del caudal que ingresa a la planta.

#### **4.1.5. MEZCLA RÁPIDA**

El proceso de mezcla rápida se hace mediante un tanque en el cual simula el proceso resalto hidráulico, no es el más adecuado, pero cumple su función.

#### **4.1.6. FLOCULADOR**

El número de pantallas presentes en el actual floculador no son las necesarias, el proceso requiere que cuente con 110 unidades para el caudal que está siendo tratado actualmente.

#### **4.1.7. SEDIMENTADORES**

Esta estructura se encuentra en buen estado, cuenta con 106 pantallas divididas en dos tanques realizando la labor de decantación del agua tratada anteriormente en el floculador.

## 5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

De acuerdo con lo realizado en el documento se encontraron muchas falencias en la falta de apoyo en las entidades gubernamentales, por lo cual recomendamos realizar una campaña de acompañamiento a la realización de plantas de tratamiento de agua potable para los municipios en donde se presenten dificultades para la adquisición de agua potable.

Realizar una propuesta de creación ante el estado de una oficina encargada de asesoramiento y seguimiento de las mejoras de las plantas de tratamiento de agua potable ya establecidas en los pequeños municipios en las cuales se puedan presentar en las falencias encontradas en este proyecto.

Crear una concientización ante las alcaldías de los municipios un apoyo financiero a los acueductos rurales creados para mejorar la calidad de vida de sus suscriptores. Planeación nacional

Diseñar con las autoridades del municipio un plan de monitoreo y seguimiento a acueductos veredales para realizar sus mejoras a mediano y largo plazo.

Se recomienda la rehabilitación o nueva construcción de la bocatoma, al igual que la rejilla de captación.

Se debe realizar la construcción de un desarenador nuevo y la rehabilitación del existente.

Se recomienda adicionar 34 láminas divididas en los dos tanques presentes para realizar el correcto funcionamiento, lo cual se puede realizar en la estructura presente ya que tiene la capacidad para dicha adición.

Se recomienda realizar campañas de evaluación de las estructuras periódicamente para evitar el deterioro y así poder llevar el control de los arreglos a mediano y largo plazo para así mismo alargar la vida de dicha estructura.

Se deben realizar campañas de formación a los operarios a la hora de mantenimiento y puesta en marcha de todas las estructuras con el fin de preservarla y evitar inconvenientes durante su operación.

## CONCLUSIONES

Se identificó que existen muchas problemáticas en la mayoría de las estructuras hidráulicas presentes en el tren de tratamiento del acueducto, el funcionamiento del acueducto para el cual está diseñado no es el adecuado para el caudal que está siendo tratado actualmente, dicho acueducto está diseñado para un caudal máximo de 9 litros por segundo lo cual está creando un mal funcionamiento ya que la demanda es de 12 litros por segundo, haciendo que en algunas estructuras la velocidad no sea la óptima para cada uno de los procesos.

Igualmente se evidencio la falta de apoyo por medio de las entidades pertinentes para el asesoramiento y adecuamiento de las estructuras del acueducto.

Mediante a los datos obtenidos de la bocatoma se observó que dicha estructura no es la adecuada ya que sus medidas están sobre diseñadas y no realiza la captación del agua cruda necesaria en temporada verano, mientras en temporada de invierno la velocidad con la que pasa por la estructura el agua es muy alta, lo cual impide que el agua sea captada de forma correcta.

La rejilla de captación utilizada no es la óptima ya que sus medidas actuales son menores a las que debe poseer para el caudal que se maneja.

El desarenador no cumple la función ya que se ve saturado por la cantidad de agua a tratar en dicha estructura, se encuentra deteriorado y presenta pérdidas de agua tratada por agrietamientos.

El vertedero de excesos se encuentra en mal estado ya que sus medidas no son las adecuadas para el caudal tratado, su estado actual está en deterioro y necesita de ladrillos colocados artesanalmente para mitigar la perdida de agua y que se recolecte más agua para el proceso de desarenacion.

La medición del caudal se debería realizar por medio de una canaleta parshall, pero el sistema utilizado para esta función es por medio del macro medidor cumpliendo con la función de medición, por esto no se considera que sea necesario la realización de dicha estructura ya que se requiere de gran inversión económica.

El floculador presente en el acueducto se encuentra sobrecargado ya que las pantallas presentes no son las suficientes para el caudal tratado actualmente.

## REFERENCIAS

- Aldana Roa, M. (2018). *Directora Comercial y Operativa* . Pacho.
- Athanasia M. Goula, M. K. (2007). *A CFD methodology for the design of sedimentation tanks in potable water treatment Case study: The influence of a feed flow control baffle*. thessaloniki.
- Banco de la republica actividad cultural. (marzo de 2012). *banredcultura.org*. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/marzo2012/acueducto-bogota-publico-privado>
- Colombia, R. d. (2018). <http://redacueductoscomunitarios.co>. Obtenido de <http://redacueductoscomunitarios.co/leypropia/>
- Cualla, R. A. (1995). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUECTOS Y ALCANTARILLADOS* . Bogota : Escuela Colombiana de Ingenieria .
- MINI AMBIENTE. (S.F.). <http://biblovirtual.minambiente.gov.co>. Obtenido de [http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MD-0025/MD-0025\\_CAPITULO3.pdf](http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MD-0025/MD-0025_CAPITULO3.pdf)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS-2011. En T. B. SISTEMA DE ACUEDUCTO.
- Ministerio de Salud, Resolucion 0330 de 2017. (2017). *Min Salud*. Obtenido de [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resolución%200330%20de%202017.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%200330%20de%202017.pdf)
- MINISTERIO DE VIVIENDA, M. V. (s.f.). *MIN VIVIENDA*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co>: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>
- MINISTERIO, D. S. (s.f.). *Min Vivienda*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resolución%200330%20de%202017.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%200330%20de%202017.pdf)
- National Geographic España. (03 de NOVIEMBRE de 2014). *nationalgeographic.com.es*. Obtenido de [http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/acueductos\\_8592/1](http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/acueductos_8592/1)
- Nicandro Porcelli, S. J. (2010). *Chemical cleaning of potable water membranes: a review*. Cranfield.

- NIETO, B. (S.F.). III El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Oficial de Comunicación e Información UNICEF.
- Paez Jimenez , Y., & Sanchez Bohorquez , S. (2006). *diseño y construcción modelo de una planta de una planta de tratamiento de agua potable tipo alabama y sedimentador de alta tasa BELSA* . Bogota: trabajo de grado (Ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental) Universidad central.
- Publicaciones, I. S. (1999). *programa de captacion y certificacion del sector de agua potable y saneamiento basico*. 2da edicion ministerio de desarrollo economico.
- RAS-2000. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, sistema de acueducto RAS 2000.
- Rojas, J. A. (s.f.). Alfaomega .
- Romero Rojas, J. (s.f.). *Potabilizacion del Agua*. Bogota: Alpha omega.
- Romero, M. (2017). *gerente del acueducto de la vereda Pajonales* . Pacho.
- Tolima, C. A. (s.f.). *GUÍA AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE ACUEDUCTO*. 2018. Obtenido de <https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/sistemasacueducto/Sistemas%20acueducto%202.pdf>