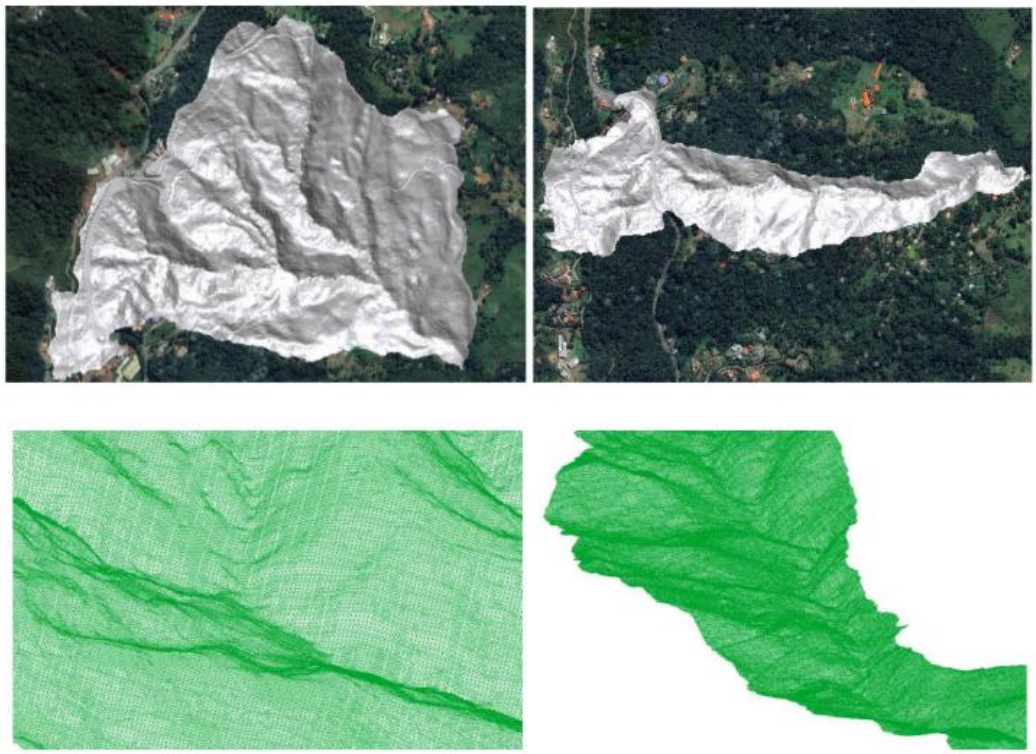
INFORME AVANCE SEMANA 1. MES DE ENERO DE 2026

Periodo comprendido del 29 de diciembre 2025 al 04 de enero 2026



CONTRATO No. 4182.010.26.1.784-2025

REALIZAR ESTUDIO DE ALTERNATIVAS CON ALCANCE DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA LAURELES, CORREGIMIENTO LA ELVIRA

Santiago De Cali, 06 de febrero 2026

Terracontrol CIP S.A.S.
Nit 900992200-7
info@terracontrol.com
Cel.: 3175015525

1. Introducción

Se realiza la aplicación de fichas de caracterización social en la vereda Los Laureles, perteneciente al corregimiento de La Elvira, con el propósito de recopilar información socioeconómica, demográfica y habitacional de las familias residentes en el territorio.

Esta actividad se enmarca en el proceso de implementación de alternativas con alcance de diseño del sistema de acueducto de la vereda laureles, corregimiento la elvira, cuyo objetivo principal es mejorar las condiciones de acceso al agua potable y promover el bienestar comunitario.

2. Objetivo

Consolidar la información base del proyecto y documentar las actividades ejecutadas durante la etapa inicial del contrato, con el fin de garantizar la trazabilidad del proceso y evidenciar las acciones desarrolladas por el equipo técnico riesgos, social y evaluador del contratista, según lo establecido en el presupuesto contractual.

3. Alcance

El informe comprende los avances realizados desde el 29 de diciembre de 2025 hasta 04 de enero de 2026, incluyendo la organización administrativa del proyecto, la socialización con actores locales, el levantamiento de información ambiental preliminar y la planificación técnica () de los estudios requeridos.

4. Identificación del proyecto

Clase de contrato	Contrato de Consultoría
Número de contrato	4182.010.26.1.784-2025
Objeto	Realizar estudio de alternativas con alcance de diseño del sistema de acueducto de la vereda laureles, corregimiento la elvira
Valor del contrato	390.679.380.00
Plazo	4 meses
Contratante	Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos - UAESP
NIT.	890399011-3
Consultor	Terracontrol CIP S.A.S. BIC
NIT	900992200-7
Ubicación de la a intervenir	Vereda Los Laureles, corregimiento La Elvira, Santiago de Cali.

5. Avances de actividades

5.1 Corrección de las observaciones hechas por el profesional hidráulico por parte de la interventoría según oficio de fecha de 10 de 10 de 2025.

Durante la primera semana del periodo reportado se desarrollaron actividades de organización técnica y administrativa del contrato, enfocadas en la revisión del alcance contractual, análisis de observaciones emitidas por la interventoría y consolidación de la información base requerida para dar inicio formal a las actividades técnicas. Asimismo, se realizó la entrega de insumos al profesional evaluador para iniciar el proceso de valoración de los lotes priorizados, garantizando la trazabilidad documental y jurídica del proyecto.

Al presente informe se anexan documentos denominados así: Memoria de cálculo Planta convencional y Memoria de cálculo planta FIME. Como respuesta a observaciones.

Cordialmente;

FABIAN ANDRES GALVIS CASTAÑO
REPRESENTANTE LEGAL TERRACONTROL CIP S.A.S
Nit: 900992200-7
Cel: 3175015525
Gerencia@terracontrol.com.co

ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI-UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES - UAESPM

NIT: 890.399.011-3

CONSULTOR

TERRACONTROL CIP SAS BIC

900992200-7

CONTRATO No 4182.010.26.1.784.2025

"REALIZAR ESTUDIO DE ALTERNATIVAS CON ALCANCE DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA LAURELES, CORREGIMIENTO LA ELVIRA".

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA VERDA LAURELES, LOCALIZACIÓN LOTE 1 Y 2

ENERO DE 2.026

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. COMPONENTES DEL SISTEMA 3
3. UBICACIÓN PLANTAS DE TRATAMIENTO 4
3.1. LOTE 1 4
3.2. LOTE 2 5
4. SELECCIÓN DEL LOTE POR UBICACIÓN 6
5. POBLACIÓN 7
5.1. Censos poblacionales 7
5.2. Periodo de proyección de población 7
5.3. Método aritmético 7
5.4. Método geométrico 9
5.5. Método exponencial 10
5.7. Población Vereda El Laurel 13
5.8. Proyección población 13
6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES 14
6.1. Dotación neta (dneta) 14
6.2. Caudal medio diario (Qmd) 14
6.3. Caudal máximo diario (QMD) 15
6.4. Caudal máximo horario (QMH) 15
6.5. Caudales de diseño 15
7. DISEÑO HIDRAULICO PLANTA DE TRATAMIENTO TIPO CONVENCIONAL 16
7.1. MEZCLA RÁPIDA, COAGULACIÓN 16
7.2. FLOCULACIÓN 21
7.3. SEDIEMTACIÓN 25
7.4. FILTRACIÓN 33
7.5. DESINFECCIÓN 44
7.6. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE 44
7.7. MACROMEDIDOR DE AGUA POTABLE 57
8. SELECCIÓN DE TECNOLOGIA 57

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de agua del tipo convencional son sistemas compuestos por diversos procesos, los cuales permiten la remoción de una variedad de elementos que contienen las aguas superficiales, este tipo de planta se ajustan muy bien a tipos de aguas donde la variación de turbiedades y colores pueden llegar a niveles por encima de 100 unidades, logrando conservar el tratamiento sin disminuir el caudal, operativamente son muy fácil de manejar un operador con conocimientos básicos esta en capacidad de operarla, cabe anotar que se requiere las competencias laborales para el personal que tenga a su cargo la operación del sistema

2. COMPONENTES DEL SISTEMA

La planta que a continuación se proyecta tendrá los siguientes componentes

Mezcla rápida o coagulación

Mezcla lenta o floculación

Sedimentación

Filtración

Desinfección

Almacenamiento

Cada uno de estos procesos va encadenado con el anterior.

Igualmente se proyectó un sistema de macro medición a la salida de la planta de tratamiento.

3. UBICACIÓN PLANTAS DE TRATAMIENTO

A continuación, se presenta los detalles de los lotes para la localización de la planta de tratamiento.

3.1.LOTE 1

Artículo 100, modificado por el artículo 25 de la resolución 0779 de 2021, ARTÍCULO 100. Ubicación de la planta potabilizadora. Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la PTAP son los siguientes:

Disponibilidad de predios para todas las fases de construcción del proyecto, verificada de acuerdo con los usos según corresponda, del Plan de Ordenamiento Territorial, o del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, o del Esquema de Ordenamiento Territorial.	*Predio identificado con matrícula inmobiliaria 337345, al fondo del lote se tiene una quebrada denominada Las Margaritas*
En la identificación del sitio que se va a seleccionar debe priorizarse la llegada del agua cruda por gravedad y de ser posible, su distribución de la misma forma; lo anterior, teniendo en cuenta las condiciones geomorfológicas, geográficas y orográficas. En caso contrario, de acuerdo con el análisis multicriterio de alternativas, se debe buscar el sitio más conveniente para realizar bombeo.	*El fondo de la quebrada que pasa por el lote está en la cota 1860.50, el lote en el punto de entrada a la planta de tratamiento está en la 1829.00, es decir se tiene una diferencia de niveles de 31.5 metros, lo cual permite la llegada a la planta de tratamiento por gravedad.*
El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; en todo caso, deben evaluarse Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER), fuentes convencionales de energía o soluciones híbridas.	*Alrededor del sitio se cuenta con viviendas conectadas Al servicio eléctrico, lo que permite contar con este servicio, igualmente se puede tener paneles solares.*
El terreno seleccionado debe tener buen drenaje y, adicionalmente, garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento, para lo cual deberá realizarse un análisis técnico de riesgo por inundación y estabilidad geotécnica del lote elegido.	*El lote cuenta con una pendiente hacia la vía, al fondo se tiene la cota 1.850 y a la entrada se tiene la cota 1827.39*

El terreno deberá seleccionarse para que se cuente con el área suficiente que facilite el manejo y tratamiento de los lodos.	*El lote cuenta con el área suficiente para el manejo de subproductos del tratamiento del agua potable.*
La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de construcción y de mantenimiento	*Se tiene una vía de acceso con un ancho medio de 3,0 metros y llega hasta el lote, la cual permite llegar con insumos para la planta, así como realizar labores de operación y mantenimiento.*

3.2. LOTE 2

Artículo 100, modificado por el artículo 25 de la resolución 0779 de 2021, ARTÍCULO 100. Ubicación de la planta potabilizadora. Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la PTAP son los siguientes:

Disponibilidad de predios para todas las fases de construcción del proyecto, verificada de acuerdo con los usos según corresponda, del Plan de Ordenamiento Territorial, o del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, o del Esquema de Ordenamiento Territorial.	*Predio identificado con certificado de paz y salvo con identificación 0000006083, se dispone de un canal de derivación denominado quebrada las mercedes.*
En la identificación del sitio que se va a seleccionar debe priorizarse la llegada del agua cruda por gravedad y de ser posible, su distribución de la misma forma; lo anterior, teniendo en cuenta las condiciones geomorfológicas, geográficas y orográficas. En caso contrario, de acuerdo con el análisis multicriterio de alternativas, se debe buscar el sitio más conveniente para realizar bombeo.	*El fondo de la quebrada que pasa por el lote está en la cota 1789, el lote en el punto de entrada a la planta de tratamiento está en la 1782.00, es decir se tiene una diferencia de niveles de 7 metros, lo cual permite la llegada a la planta de tratamiento por gravedad.*
El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; en todo caso, deben evaluarse Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER), fuentes convencionales de energía o soluciones híbridas.	*En el sitio no se cuenta con viviendas, el lote está rodeado de vegetación, puede tener paneles solares.*
El terreno seleccionado debe tener buen drenaje y, adicionalmente, garantizar la evacuación de agua de lavado de las	*El lote cuenta con una pendiente hacia uno de los extremos.*

unidades de tratamiento, para lo cual deberá realizarse un análisis técnico de riesgo por inundación y estabilidad geotécnica del lote elegido.	
El terreno deberá seleccionarse para que se cuente con el área suficiente que facilite el manejo y tratamiento de los lodos.	*El lote cuenta con el área suficiente para el manejo de subproductos del tratamiento del agua potable.*
La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de construcción y de mantenimiento	*No se tiene una vía de acceso para llegar hasta el lote, se debería realizar una vía permita llegar con insumos para la planta, así como realizar labores de operación y mantenimiento.*

4. SELECCIÓN DEL LOTE POR UBICACIÓN

De acuerdo con la ubicación el lote 1 presenta las mejores condiciones para la localización de una planta de tratamiento de agua potable, dispone de servicios, vías de acceso y fuente de agua superficial.

5. POBLACIÓN

5.1. Censos poblacionales

Para determinar la tasa de crecimiento y proyectar la correspondiente a la Vereda Laureles, corregimiento de la Elvira, se emplearon los censos poblacionales elaborados por el departamento administrativo nacional de estadísticas DANE, para los corregimientos del municipio de Santiago de Cali, para tal efecto se dispone de datos de censos de los siguientes años:

Año	Población	
1.985	26.133	Habit
1.993	24.970	Habit
2.005	35.754	Habit
2.018	77.567	Habit

Fuente. Dane

5.2. Periodo de proyección de población

El periodo de diseño (Td) para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo debe ser 25 años. (Art 40 res 0330 de 2017)

Td = 25 años

5.3. Método aritmético

Corresponde al crecimiento en línea recta de la población, la tasa de crecimiento (K) esta dada por la pendiente de la recta.

$$K = \frac{(P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci})}$$

Donde:

Pci = Población inicial en un perido de censo
Puc = Población al final en un perido de censo
Tci = Peridodo inicial del censo
Tuc = Peridodo final del censo

Para determinar la población futura correspondiente al periodo de diseño se aplica la siguiente expresión

$$P_F = P_{uc} + K \; x \; (T_{uc} - Y_{ci})$$

Donde:

Yci = Año final al periodo de diseño

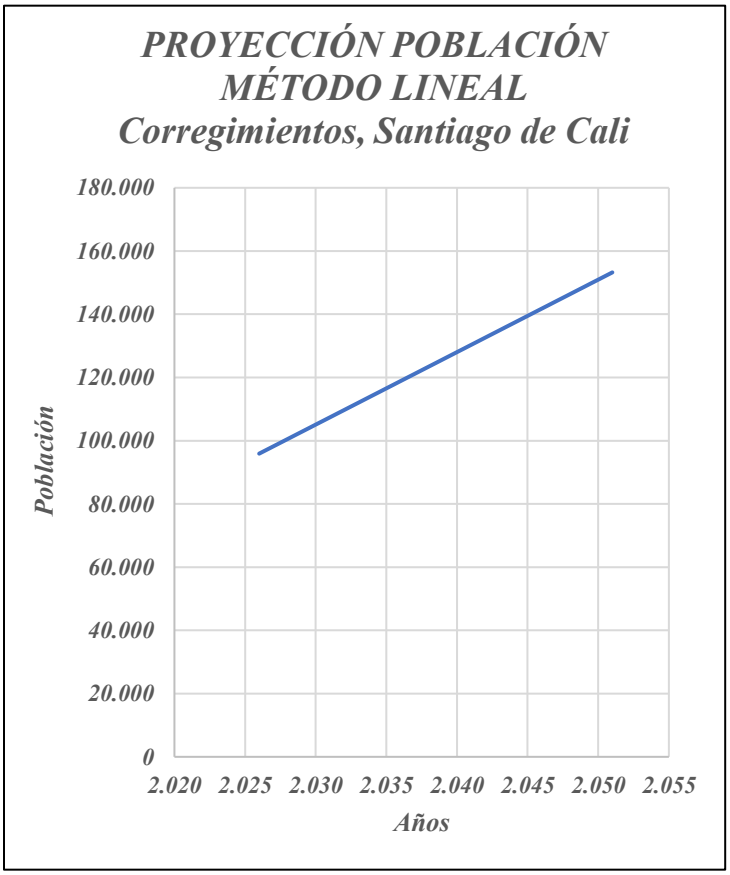
La tasa (K) se determina con los datos del censo para cada año y se toma el promedio

Censo	***Población***	***Tasa (K) hab/año***
1.985	*26.133*	
1.993	*24.970*	*1.558,6*
2.005	*35.754*	*2.103,9*
2.018	*77.567*	*3.216,4*
	Promedio	***2.293,0***

Año inicial de proyección = 2.026 (Mes de diciembre de 2026)
Año final de proyección = 2.051

El siguiente cuadro muestra los resultados mes a mes aplicando la ecuación de proyección de población

Año	***Población***
2.026	*95.911*
2.027	*98.204*
2.028	*100.497*
2.029	*102.790*
2.030	*105.082*
2.031	*107.375*
2.032	*109.668*
2.033	*111.961*
2.034	*114.254*
2.035	*116.547*
2.036	*118.840*
2.037	*121.133*
2.038	*123.426*
2.039	*125.719*
2.040	*128.012*
2.041	*130.305*
2.042	*132.598*
2.043	*134.891*



2.044	*137.184*
2.045	*139.477*
2.046	*141.770*
2.047	*144.063*
2.048	*146.356*
2.049	*148.649*
2.050	*150.942*
2.051	*153.235*

5.4.Método geométrico

Este método se usa en casos de poblaciones que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido en los periodos pasados, la gráfica corresponde a una curva de interés compuesto

$$P_f = P_{uc}\, x\, (1 + r)^{(T_f - T_{uc})}$$

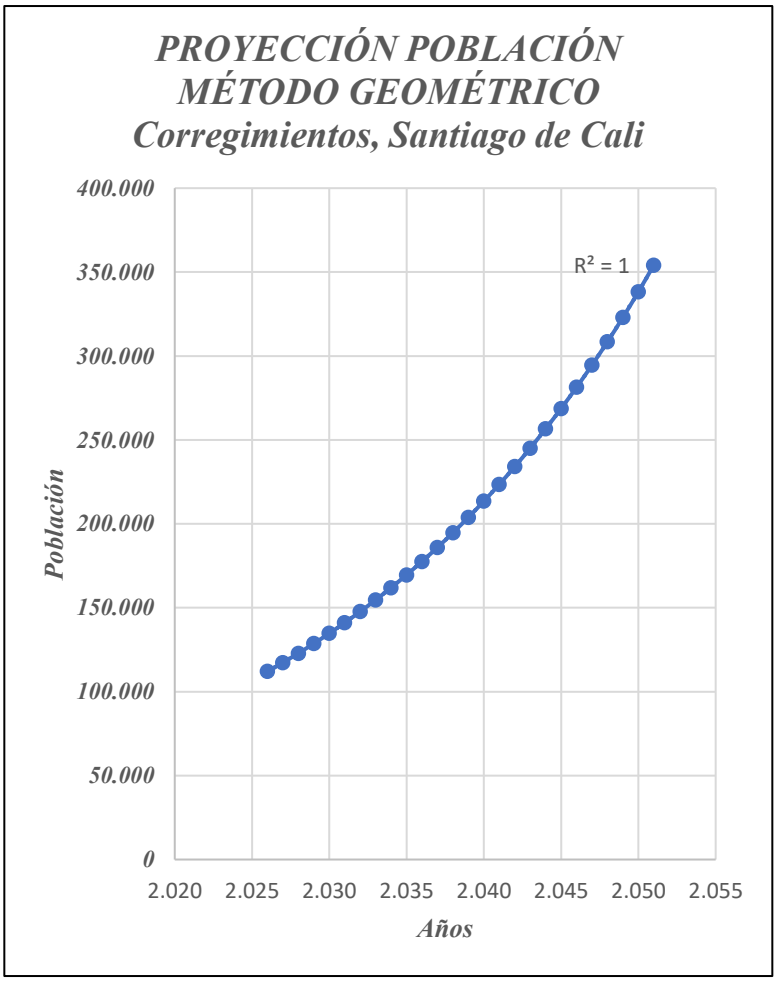
Donde:
Puc = Población al final en un pedido de censo
r = Tasa de crecimiento
T_f = Periodo final del censo
Tuc = Periodo inicial del censo

La tasa de crecimiento se obtiene despejando de la ecuación anterior:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_{uc}}\right)^{\left(\frac{1}{(T_f - T_{uc})}\right)} - 1$$

Censo	***Población***	***Tasa (r) hab/año***
1.985	*26.133*	*3,35%*
1.993	*24.970*	*4,64%*
2.005	*35.754*	*6,14%*
2.018	*77.567*	
	Promedio	***4,71%***

Año	Población
2.026	112.090
2.027	117.369
2.028	122.896
2.029	128.684
2.030	134.744
2.031	141.090
2.032	147.735
2.033	154.692
2.034	161.978
2.035	169.606
2.036	177.594
2.037	185.957
2.038	194.715
2.039	203.885
2.040	213.487
2.041	223.542
2.042	234.069
2.043	245.093
2.044	256.635
2.045	268.722
2.046	281.377
2.047	294.629
2.048	308.504
2.049	323.033
2.050	338.247
2.051	354.176



5.5.Método exponencial

Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE.

$$L_n P_f = L_n P_{ci} + K_g \,.\, (T_f - T_{ci})$$

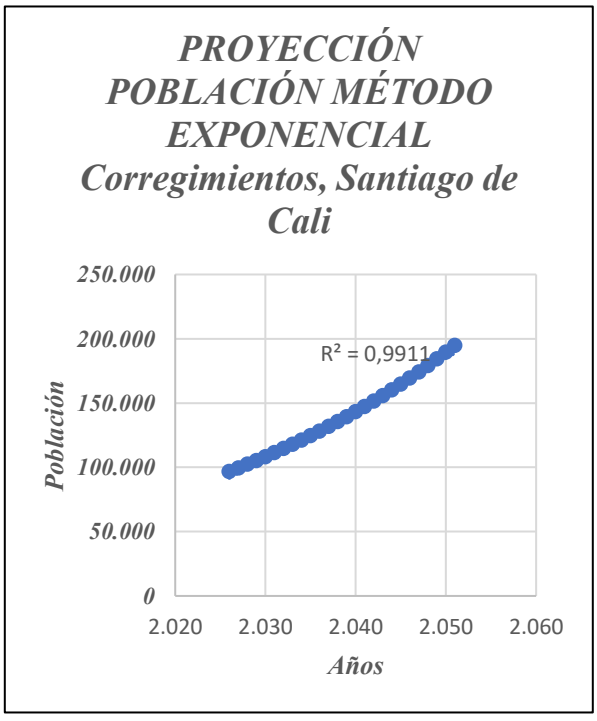
La tasa de crecimiento esta dada por:

$$kg = \frac{LnPi - LnP_{(i-1)}}{Ti - T_{(i-1)}}$$

Donde:
Pi = Población del censo posterior (proyección del DANE).
P(i-1) = Población del censo anterior (habitantes).
Ti = Año correspondiente al censo posterior.
T(i-1) = Año correspondiente al censo anterior.
Ln = Logaritmo natural o neperiano

Censo	Población	Logaritmo natural n	Tasa (kg) (%)
1.985	26.133	10,1710	-0,57%
1.993	24.970	10,1254	2,99%
2.005	35.754	10,4844	5,96%
2.018	77.567	11,2589	
	Promedio	**10,2603**	**2,79%**

Año	Población
2.026	96.990
2.027	99.738
2.028	102.563
2.029	105.468
2.030	108.456
2.031	111.528
2.032	114.688
2.033	117.936
2.034	121.277
2.035	124.713
2.036	128.245
2.037	131.878
2.038	135.614
2.039	139.455
2.040	143.406



2.041	*147.468*
2.042	*151.646*
2.043	*155.941*
2.044	*160.359*
2.045	*164.901*
2.046	*169.572*
2.047	*174.376*
2.048	*179.316*
2.049	*184.395*
2.050	*189.618*
2.051	*194.990*

5.6.Resumen de tasas por método

Método	***Tasa***	***Población Inicial***	***Población final***
Lineal	*2.293,0*	*95.911*	*153.235*
Geométrico	*4,71%*	*112.090*	*354.176*
Exponencial	*2,79%*	*96.990*	*194.990*

Método aritmético
El método aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.

Método geométrico
Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

Método exponencial
Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.

Para el caso de la vereda El Laurel, tenemos áreas de producción agrícola las cuales no muestran un desarrollo consolidado por múltiples razones, de orden público y entre otras la ausencia de servicios públicos básicos. Es claro que, al momento de contar con el servicio de agua potable con calidad del agua, tarifas asequibles, cobertura a toda la vereda y con las presiones y cantidad de agua suficiente estas tierras presentarán un alto desarrollo. por lo anterior el método de crecimiento geométrico y exponencial se ajustan a esta realidad.

El método geométrico proporciona una tasa más alta que el método exponencial, seleccionando el método geométrico tendríamos unos caudales de diseño más altos, lo cual permitiría el ingreso de más población a futuro.

Para la determinación de la población a servir se adopta la tasa del método geométrico

Tasa = 4,71%

5.7.Población Vereda El Laurel

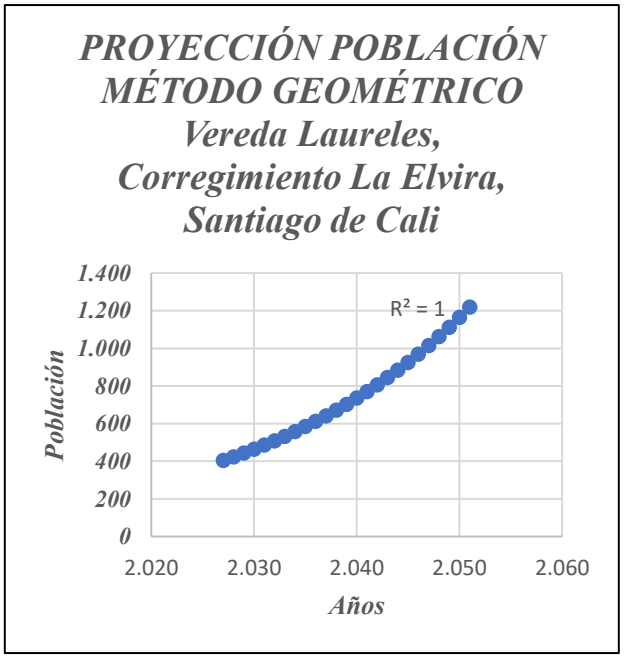
En la ausencia de censos poblacionales elaborados por la institución departamento administrativo nacional de estadísticas DANE, para La Vereda El Laurel, se procedió con investigación interna con la junta administradora local, la cual informa que, en la actualidad, (diciembre de 2.025) La vereda El laurel cuenta con 404 habitantes.

Población = 404 habitantes

5.8.Proyección población

Periodo de diseño = 25 años
Método geométrico
Tasa de crecimiento 4,71%

Año	*Población*
2.027	*404*
2.028	*423*
2.029	*443*
2.030	*464*
2.031	*486*
2.032	*509*
2.033	*532*
2.034	*558*
2.035	*584*
2.036	*611*
2.037	*640*
2.038	*670*



2.039	*702*
2.040	*735*
2.041	*770*
2.042	*806*
2.043	*844*
2.044	*883*
2.045	*925*
2.046	*969*
2.047	*1.014*
2.048	*1.062*
2.049	*1.112*
2.050	*1.164*
2.051	*1.219*

6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES

6.1.Dotación neta (d_{neta})

Los valores máximos son los dados en la tabla 1 del art 43 de la resolución 0330 de 2017

Altura sobre el nivel del mar *950,000* *msnm*

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

Dotación bruta (D_{bruta})

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{(1 - \%P)}$$

Donde:

d_{neta} = *140,00 l/hab-día*

$\%P$ = *25%*

D_{bruta} = *186,67 l/hab-día*

6.2.Caudal medio diario (Qmd)

$Qmd = D_{bruta} x P_f$

Donde:
Población (Pf)= *1.219 hab*
Qmd = *2,63 l/s*

6.3.Caudal máximo diario (QMD)

$QMD = K_1 . Qmd$

Donde:
K1 = *1,30*
QMD = *3,42 l/s*

6.4.Caudal máximo horario (QMH)

$QMH = K_2 . QMD$

Donde:
K2 = *1,60*
QMD = *5,48 l/s*

6.5.Caudales de diseño

Se toman los valores de referencia del art 47 de la resolución 0330 de 2017

Tabla 2. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Captación fuente superficial	$Q_{diseño} = 2.QMD$	*6,85*	*l/s*
Captación fuente subterránea	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Desarenador	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Aducción	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Conducción	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Tanque de almacenamiento	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Red de distribución	$Q_{diseño} = QMH$	*5,48*	*l/s*
Planta de tratamiento	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*

7. DISEÑO HIDRAULICO PLANTA DE TRATAMIENTO TIPO CONVENCIONAL

7.1.MEZCLA RÁPIDA, COAGULACIÓN

Para el proyecto se diseño un sistema de vertedero rectangular, el cual se ajusta muy bien para el caudal pequeño que se va a manejar.

Para normalizar el flujo de agua es necesario que el agua entre a un canal en flujo uniforme con el fin de que funcione bien el vertedero.

Cámara de aquietamiento

Volumen cámara de aquietamiento (Vc)

$$V_c = Q.t_r$$

Donde:

Q = Caudal nominal *0,0035* *m³/seg*

tr =Tiempo de retención *30* *seg*

Vc = *0,105* *m³*

Sección de la cámara de aquietamiento (Ao)

$$A_o = \frac{100.Q}{V_a}$$

Donde:

Va = Velocidad ascensional del agua *3,00* m/seg

Ao= *0,117* m²

Lado de la cámara de aquietamiento (L)

$$L = \sqrt{A_o}$$

L = *0,342* *m*

Redondeo = *0,550* *m*

Profundidad de la cámara de aquietamiento (Hv)

$$H_v = \frac{V_a}{A_o}$$

Hv = *0,35* *m*

Vertedero rectangular

Caudal por unidad de ancho (q)

Donde: $$q = \frac{Q}{B}$$

Q = Caudal nominal *0,0035* *m³/seg*
B = Ancho del canal *0,550* *m*
q= *0,006* *m³/s-m*

Profundidad crítica del flujo (hc)

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:
g = Aceleración de la gravedad *9,81* *m/s²*
hc = *0,016* *m*

Cresta del vertedero (H)

$$H = \left(\frac{Q}{1.86.L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:
Q = Caudal nominal *0,0035* *m³/seg*
L = Ancho del vertedero *0,550* *m*
H = *0,0229* *m*

Profundidades conjugadas (h1)

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}.h_c}{1.06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1.5}}$$

Donde:
P = Altura del vertedero
Se adopta la misma altura
de la cámara de aquietamiento
P= *0,347* *m*
h1= *0,0039* *m*

Velocidad (V1) en h1

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

V1= *1,647* *m/s*

Número de froude (F), para que haya resalto, F= 4.5-9

$$F = \frac{V_1}{\sqrt{g.h_1}}$$

F= *8,457*

Profundidades conjugadas (h2)

$$h_2 = \frac{h_1}{2}.\left(\sqrt{1+8F^2}-1\right)$$

h2= *0,044* *m*

Longitud mezcla (Lm)

$$L_m = 1.45.P^{0.54}.H^{0.46}$$

Lm = *0,144* *m*

Velocidad (V2) en h2

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

h2 = *0,144* *m*

Pérdida de energía (h)

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

h = *0,097* *m*

Longitud del resalto (Li)

$$L_i = 6.(h_2-h_1)$$

Li = *0,243* *m*

Altura espolón (h3)

$$h_3 = \frac{h_2}{6}$$

h3= *0,0074* *m*

Distancia regleta medición (Lr)

$$L_r = 4.H$$

Lr = *0,0915* *m*
Redondeo= *0,100* *m*

Velocidad media en el resalto (Vm)

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

Vm = *0,895* *m/seg*

Tiempo de mezcla rápida (t)

t = *0,271* *seg*

Gradiente de velocidad (G)

$$G = \sqrt{\frac{\gamma.h}{\mu.t}}$$

Peso específico del agua (Y) *9.800,00*
Viscosidad cinemática *0,001307*
G = *1.634,83* *S-1*

Como coagulante se utilizará policloruro de aluminio, el cual viene en presentaciones de 270 kilos, forma líquida, color ámbar, este se aplica con una bomba de diafragma.

Caudal planta = *3,50* *l/s*
Aforo= *100* *ml*
Tiempo *1,00* *min*
Caudal = *0,0017* *l/seg*
Dosis coagulante = *8,00* *mg/l*

$$C_1 = \frac{CxQ}{q_1}$$

C_1 = *0,0168* *gr/cm³*

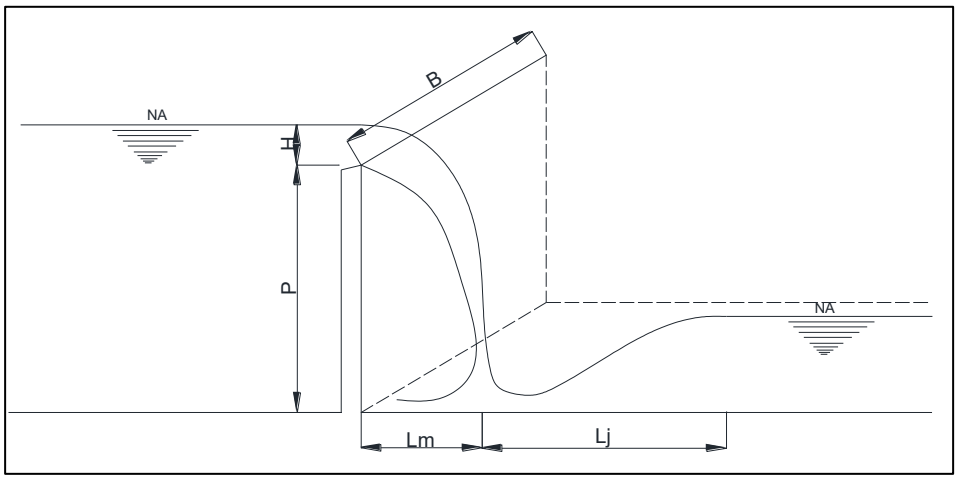
Dilución
C1 = *Concentración del producto* *1,32* *gr/cm³*

Volumen tanque de solución (V_1)= *250,0 l*

$$V = \frac{V_1 x C_1}{C}$$

V = *3,18 l*

ESQUEMA GENERAL VERTEDERO RECTANGULAR



7.2.FLOCULACIÓN

Los floculadores en tubería se consideran del tipo hidráulico, dado que si inyectamos coagulante en la tubería con el gradiente y tiempo de retención determinado este actúa floculando el agua de manera hidráulica pues la única energía la proporcionan las condiciones hidráulicas del agua. Para el proyecto se consideró floculadores horizontales y verticales hidráulicos, pero el resultado son tabiques de aproximadamente 15 cm, lo cual es constructivamente y operativamente complicado, para el caso de floculadores mecánicos estos requieren de energía eléctrica, variadores de velocidad, que para su operación son para personal debidamente entrenado.

El gradiente hidráulico se calculó con la siguiente expresión:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma x h_f}{\mu \, x \, T}}$$

Donde:
γ = Peso específico del agua
hf = Perdidas en el sistema
μ = Viscosidad dinámica
T = Tiempo de floculación

Las pérdidas de carga se pueden estimar mediante la fórmula de Hazen Williams

$$Q = 0{,}2785 \; x \; C \; x \; D^{2{,}63} x J^{0{,}54}$$

Donde:
Q = Caudal en m³/seg
D = Diámetro en m
J = Pérdida de carga en m/m
C = Coeficiente de rugosidad

De conformidad con lo establecido en el artículo 112 de la resolución 0330 de 2,017 "Las unidades de mezcla rápida y mezcla lenta deben ubicarse lo más cerca posible, para caudales menores de 250 l/s, el tipo de floculador podrá ser hidráulico o mecánico, mientras que para caudales mayores o iguales a 250 l/s será mecánico; en todos los casos de proyectos nuevos de deberán garantizar mínimo tres zonas de floculación, para alcanzar una disminución de los gradientes de velocidad de mezcla entre 70 s-1 y 10s-1 y cuyo gradiente medio del proceso deberá ser 40 s-1, se requieren tiempos de retención hidráulica de 20 a 40 minutos, en total, para el proceso.

La velocidad del agua en la tubería se obtiene así:

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

Donde:
Q = Caudal en m³/seg
Ao = Área del tubo

La longitud de la tubería en el producto de la velocidad por el tiempo

$$X = V \,.\, T$$

El número de tramos se determina como el cociente entre la longitud de tubería y la longitud del tramo

$$N_T = \frac{L}{L_t}$$

La longitud final de tubería es el producto de tramos por la longitud de cada tramo

$$L = L_t \, x \, N_t$$

Zona 1

Gradiente		
(G)	*70*	*S-1*
Caudal (Q)	*1,75*	*l/s*
	0,00175	*m3/s*
Tiempo (t)	*10*	*min*
	600	*S*
	20	
Temperatura del agua (T)		*°C*
Peso específico (γ)	*9789*	*N/m3*
Viscosidad dinámica (μ)	*0,001003*	*Kg/m-s*
Coeficiente HW "C"	*150*	
	3"	
Diámetro nominal (Dn)		
Diámetro interno real (D)	*0,08342*	*m*
Velocidad real (V)	*0,3202*	
Longitud de la tubería (L)	*192,114*	*m*
Longitud de tramo (Lt)	*3*	*m*
No tramos (Nt)	*64,038*	
	65	*Unidades*
No de curvasen "U"	*64*	*Unidades*

R E S U L T A D O S		
Longitud final tubería	*195,000*	*m*
Gradiente hidráulico	*0,001411*	*m/m*
Pérdida por tubería	*0,275118*	*m*
Pérdida por curvas	*0,136868*	*m*
Pérdida por salida	*0,002399*	*m*
Pérdidas totales	*0,414385*	*m*
Velocidad real	*0,320190*	*m/s*
Tiempo real	*609,01*	*Seg*
	10,15	*Min*
Gradiente de mezcla	*81,49*	*S^{-1}*

Zona 2

Gradiente	*40*	*S-1*
Caudal (Q)	*1,75*	*l/s*
	0,00175	*m3/s*
Tiempo (t)	*10*	*min*
	600	*S*

	20	
Temperatura del agua		*°C*
Peso específico (γ)	*9789*	*N/m3*
Viscosidad dinámica (μ)	*0,001003*	*Kg/m-s*

Coeficiente HW "C"	4"	
Diámetro nominal		
Diámetro interno real	*0,10728*	*m*
Velocidad real	*0,1936*	
Longitud de la tubería	*116,161*	*m*
Longitud de tramo	*3*	*m*
No tramos	*38,720*	
	39	*Unidades*
No de curvasen "U"	*38*	*Unidades*

RESULTADOS		
Longitud final tubería	*117,000*	*m*
Gradiente hidráulico	*0,000415*	*m/m*
Pérdida por tubería	*0,048542*	*m*
Pérdida por curvas	*0,030464*	*m*
Pérdida por salida	*0,000904*	*m*
Pérdidas totales	*0,079911*	*m*
Velocidad real	*0,193602*	*m/s*
Tiempo real	*604,33*	*Seg*
	10,07	*Min*
Gradiente de mezcla	*35,92*	*S^{-1}*

Zona 3

Gradiente	*10*	*S-1*
Caudal (Q)	*1,75*	*l/s*
	0,00175	*m3/s*
Tiempo (t)	*10*	*min*
	600	*S*
Temperatura del agua	*20*	*°C*
Peso específico (γ)	*9789*	*N/m3*
Viscosidad dinámica (μ)	*0,001003*	*Kg/m-s*
Coeficiente HW "C"		
Diámetro nominal	*6"*	
Diámetro interno real	*0,15792*	*m*
Velocidad real	*0,0893*	
Longitud de la tubería	*53,61*	*m*
Longitud de tramo	*3*	*m*
No tramos	*17,87*	
	18	*Unidades*
No de curvasen "U"	*17*	*Unidades*

RESULTADOS

Longitud final tubería	*54,000*	*m*
Gradiente hidráulico	*0,000063*	*m/m*
Pérdida por tubería	*0,003414*	*m*
Pérdida por curvas	*0,003027*	*m*
Pérdida por salida	*0,000202*	*m*
Pérdidas totales	*0,006644*	*m*
Velocidad real	*0,089346*	*m/s*
Tiempo real	*604,39*	*Seg*
	10,07	*Min*
Gradiente de mezcla	*10,36*	*S^{-1}*

Pérdidas totales floculador	*0,501*	*m*
Tiempo total de floculación	*30,30*	*min*
Gradiente promedio	*42,59*	*S-1*

7.3.SEDIEMTACIÓN

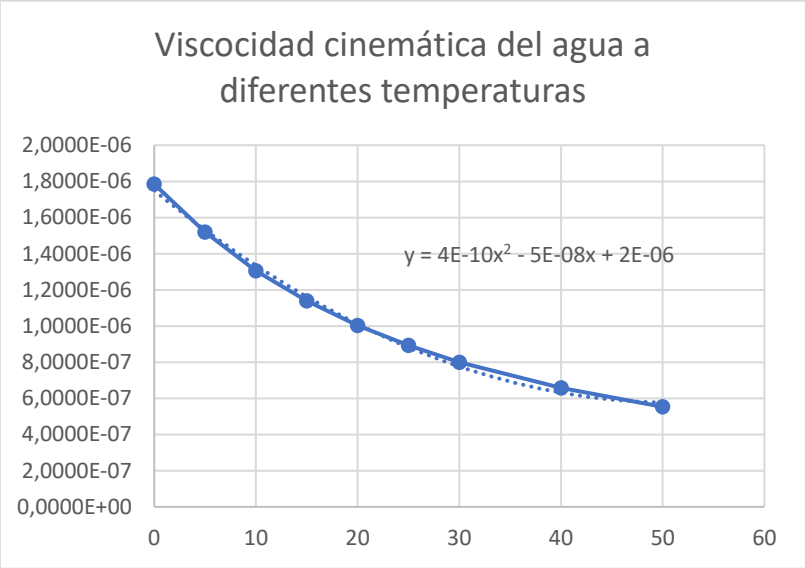
El proceso de sedimentación se realizará con unidades de sedimentación de alta tasa, los cuales nos permiten reducir el área requerida y nos da mayor eficiencia en el proceso y lograr carreras de los filtros mas largas

Caudal (Q) =		*3,50*	*l/s*
		0,0035	*m^3/s*
Temperatura del agua (T)	*ºC*	*20*	

Tabla. Viscocidad del agua

Temperatura (°C)	***Viscocidad cinemática (γ.10-6 m^2/s)***
0	*1,7850E-06*
5	*1,5190E-06*
10	*1,3060E-06*
15	*1,1390E-06*
20	*1,0030E-06*
25	*8,9300E-07*
30	*8,0000E-07*
40	*6,5800E-07*

50	*5,5300E-07*



2,E-06

x10-6

Viscosidad del agua (γ) *1,003* *m²/s*

0,010030 *cm²/s*

Tipo de celda de sedimentación

Placas planas paralelas

Tabla. Factor de eficiencia (S)

Elemento	***S***
Tubos circulares	*1,333*
Tubos cuadrados	*1,375*
Placas planas paralelas	*1,000*
Conductos hexagonales	*1,000*
Placas onduladas paralelas	*1,000*

S = *1,00*

Placas utilizadas

Tamaño placas	*1.20m x 2.40m Angostas, cortadas a la mitad*
No líneas	*1*

Largo (l) = 1,20 m
Ancho (a) = 1,20 m
Espesor (p) = 0,008 m
Angulo de inclinación de placas (Φ)
60°
Espaciamiento entre placas (e)
e = 0,05 m
Relación l/e 24,00

Carga superficial (CA)
La carga superficial de la unidad debe estar entre 120 y 185 m3/(m2.día) para placas angostas y de 200 a 300 m3/(m2.día) para placas profundas. Para velocidades mayores deberá hacerse ensayos en planta piloto.

CS = 180 m3/m2-día
Igualando la CS en la siguiente ecuación:

$$Cs = V_O . \sin \Theta$$

Donde:
Vo = Velocidad de flujo entre placas (m/s)
Θ = Angulo de plaquetas

$$V_O = \frac{C_S}{\sin \Theta}$$

Reemplazando
Vo = 207,85 m3/m2-día
0,24 cm/seg

Chequeo el número de Reynolds

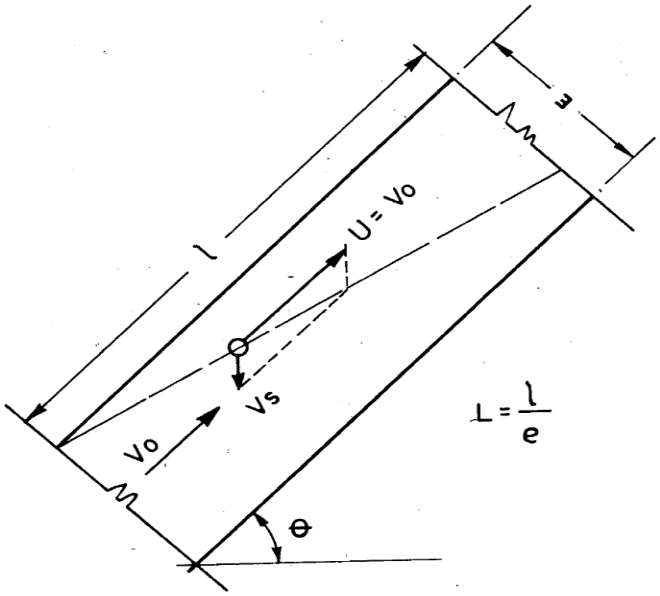
$$R = \frac{V_o . e}{\gamma}$$

R <
250

(Flujo laminar

R = 119,9 R<250)

Figura. Sedimentación entre placas



De acuerdo a la figura anterior la velocidad de sedimentación crítica (Vs) es:

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

Donde:

$$L_u = \frac{l}{e} - 0.013 R_e$$

Reemplazando en Vsc:

$$V_{sc} = \frac{V_o}{\sin\theta + \left(\frac{l}{e} - 0.013 R_e\right) . \cos\theta}$$

Angulo= 60
Radianes = 1,047
Sen θ 0,866
Cos θ 0,648

Vsc = 0,015 cm/seg

El área del sedimentador se determina con la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q}{C_s}.\left(\frac{e-p}{e}\right)$$

As = 1,9488 m2

Área por línea 1,9488 m²

El ancho de cada unidad será equivalente al largo de la placa, por lo tanto, el largo será:

$$Largo = \frac{A_s}{Ancho}$$

Largo = 1,62 m

El número de canales se calcula así:

$$N = \frac{Q}{a.V_o.e}$$

Donde:

N = Número de canales
Q = Caudal (m³/s)
a = Ancho de la placa (m)
Vo = Velocidad de flujo (m/s)
e = Espaciamiento entre placas (m)
N = 25 Unidades/línea

Chequeo longitud

Largo = 1,905 m

Chequeo caudal total

$$Q = N.a.e.V_o$$

Q = 0,00361 m³/seg (OK)

El número de placas se determina con:

$$N_p = N - 1$$

NP = Número de placas

Donde:

N = Número de canales
NP = 24 Unidades/línea

Zona de salida

La salida del agua sedimentada se realizará por tubería perforada y los tubos entregarán a un canal en concreto, tanto el canal como la tubería se diseña para que descarguen a flujo libre.
Para el diseño se tiene en cuenta el siguiente cuadro adaptado de Fair Geyer Okun.

A orificios/A total	*0.001 5 - 0.005*
A lateral/A orificios	*2 - 4*

Caudal por sedimentador = 3,50 l/s
Área sedimentación = 3,898 m²
A orificios/A total = 0,001 5

Orificios

Area de orificios = 0,005 8 m²
φ orificios = 1/2"
Área orificio = 0,0001267 m²
No orificios = 46,2 Unidades
Redondeo = 46 Unidades
Area total orificios = 0,0058271 m²

Laterales

A lateral/A orificios = 3
Area laterales = 0,0174814 m²
Diámetro lateral = 4" pulg
Area lateral = 0,00840038 m²
No laterales = 2,08 Unidades
Redondeo = 2 Unidades
Separaciones laterales 0,812 m
Redondeo = 0,810 m
El primer lateral y último estarán separados de la pared una distancia de:

0,407 m

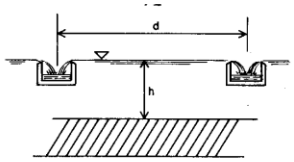
No orificios por lateral = 23,0 Unid

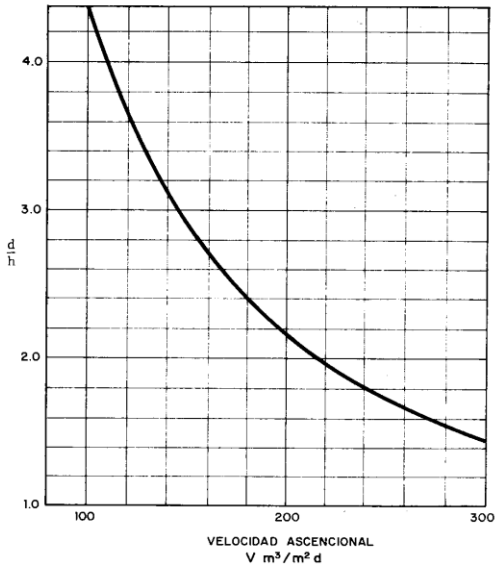
Longitud lateral = 1,20 m

Separación c-c orificios/2 = 0,05 m

Redondeo = 0,05 m

Altura de agua sobre las plaquetas, se utiliza la siguiente gráfica:





h = 0,338 m

0,600

Caudal por orificio = 0,076 l/s

Zona de entrada

La entrada del agua floculada se realizará mediante múltiples difusores los cuales consisten de tuberías perforadas:

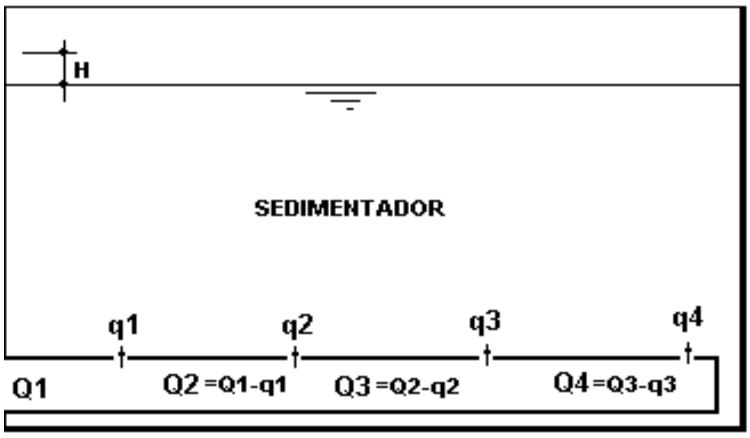
Velocidad en el multiple 0,150 m/s

Coeficiente manning 0,010

Gradiente = 15,0 G-1

La diferencia de caudal entre el primero y el último orificio no debe ser mayor del 10%.

Hay que garantizar que el gradiente en los orificios debe ser menor que el de la última cámara de floculación.



Orificios

Area de orificios =	*0,005 8*	*m ²*
φ orificios =	*1"*	
Área orificio =	*0,0005067*	*m²*
No orificios =	*11,54*	*Unidades*
Redondeo =	*12*	*Unidades*
Area total orificios =	*0,0060805*	*m²*

Laterales

A lateral/A orificios =	*3*	
Area laterales =	*0,0182415*	*m²*
Diámetro lateral =	*6"*	*pulg*
Area lateral =	*0,018198405*	*m²*
No laterales =	*1,00*	*Unidades*
Redondeo =	*1*	*Unidades*
Separaciones laterales	*1,624*	*m*
Redondeo =	*1,620*	*m*
No orificios por lateral =	*12,0*	*Unid*
Longitud lateral =	*1,20*	*m*
Separación c-c orificios/2 =	*0,10*	*m*
Redondeo =	*0,10*	*m*

7.4.FILTRACIÓN

La filtración es el proceso mediante el cual las partículas que logran pasar por el proceso de sedimentación las cuales por ser de un tamaño muy pequeño y requieren de un tiempo de sedimentación prolongado, salen del sedimentador y en el proceso de filtración son removidas.

Para el proceso de filtración se dispone de filtros que pueden ser de tasa constante, tasa declinante, con lavado mutuo, igual se tienen los denominados filtros rápidos que pueden ser de lecho simple o lecho mixto.

Para el caso particular del proyecto Laureles se evaluó inicialmente filtros de tasa constante y variable, no obstante, los resultados se muestran a continuación:

Paso	*Resultado*	*Datos*	*Cantidad*	*Unidad*	*Criterios*	*Cálculos*	*Unidad*
1	*Área de cada filtro*	*Caudal (Q)*	*0,00175*	*m³/s*	$A_F = \frac{Q}{V_L}$	*0,150*	*m²*
		Velocidad de lavado (V L)	*0,7000*	*m/mín*			
		Ancho (B)	*0,4*	*m*			
		Largo (L)				*0,40*	*m*
		Chequeo área				*0,16*	*m²*

Como se puede observar las dimensiones del filtro son muy pequeñas, lo que lo hace inoperantes, debido a esto se optó por diseñar filtros rápidos con lechos mixtos, hechos en lámina de forma circular, se proyectaron dos unidades cada uno con la mitad del caudal (QMD/2)

Parámetros de diseño

Caudal = 3.5 l/seg

Tasas del filtración=

Tabla 10. Características de Filtración convencional

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

Tomado de la resolución 0330 de 2.017

Diseño sistema de filtración

Área de filtración (AT)

$$A = \frac{Qx86400}{T_f}$$

Donde:

Q = 3.5 l/seg

Tf = 200 m³/m²-dia

A = 1.51 m²

Área por filtro (Af)

$$A_f = \frac{AT}{N_F}$$

Donde:

AT= 1.51 m²

Nf = Número de filtros, 2 unid

Af = 0.756 m²

Diámetro del filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{\frac{4xA_f}{\pi}}$$

Donde:

Af =0.756 m²

Df = 0.981 m

Se adopta un Df =1,0 m

Chequeo área de filtración = 0,79 m²

Tamaño de la antracita correspondiente al 90% que pasa por la malla.

Tamaño efectivo de la arena (d10) = 0,50 mm

$d'_{90} = 3.d_{10}$

d'90 =1,50 mm

Tamaño efectivo de la antracita.

$$d'_{10} = \frac{d'_{90}}{2}$$

d'10 = 0,75 mm

Tamaño correspondiente al 60% de la arena.

Coeficiente de uniformidad de la arena y antracita (Cu) = 1,5

$d_{60} = C_u.d_{10}$

d60 = 0,75 mm

Tamaño correspondiente al 60% de la antracita

$d''_{60} = C_u.d'_{10}$

d60 = 1,125 mm

Diámetro equivalente de la capa mas fina (De)

$D_e = \sqrt{d_1.\ d_2}$

Diámetro mas fino de la capa de antracita (d1). = 0,42 mm

Diámetro mas grueso de la capa de arena (d2) = 0,50 mm

De =0,458 mm

Número de Galileo para la capa mas fina de la arena (Ga).

$$G_a = \frac{D_e^3.p_a.(p_s - p_a)}{g.u^2}$$

Donde:

Peso específico del agua (pa) = 1.000 Kg/m³

Peso específico de la arena (ps) = 2.650 Kg/m³

Viscosidad del agua para la temperatura (u). = 1,11E-04 Kg-s/m²

Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

Ga =1.313.71

Número de Reynolds (Re)

$$R_e = \frac{T_f . D_e}{\gamma}$$

Donde:

Viscosidad cinemática del agua (Y) 0,000001004 m²/s = 1521,44

Re = 1.521,44

Altura lecho de arena (L) = 0,30 m

Altura lecho de antracita (L') = 0,50 m

Porosidad del lecho expandido (ei)

$$\frac{X_i}{1 - i}$$

Coeficiente de esfericidad = 0,7

Fracción del lecho filtrante que ocupa la capa 1 o capa mas fina (Xi) = 0,05

Ei =1,56

Porosidad expandida promedio de la capa de arena (e)

$$e = 1 - \frac{1}{\sum \frac{X_i}{1 - i}}$$

$$\sum \frac{X_i}{1 - i} = 2{,}247e$$

e = 0,555

Porosidad expandida promedio de la capa de antracita (e´)

$$e' = 1 - \frac{1}{\sum \frac{X_i'}{1 - e_i'}}$$

$$\sum \frac{X_i'}{1 - e_i'} = 2{,}336$$

e´ = 0,572

Porcentaje de expansión promedio de la arena (E)

$$E = \frac{e - e_o}{1 - e}$$

Porosidad de la arena limpia (eo) = 0,42
E =0,303

Porcentaje de expansión promedio de la antracita (E´)

$$E' = \frac{e' - e_o''}{1 - e'}$$

Porosidad de la antracita limpia (E'o) = 0,45
E´ = 0,285

Altura del lecho filtrante expandido (Le)

$$L_e = L.(1 + E) + L'.(1 + E')$$

Le = 1,033 m

Caudal de lavado (Ql)

$$w = \sqrt{\frac{4xQ_l}{\pi x V_f}}$$

Velocidad de filtración (Vf) = 0,020 m/s
Ql =0,0157 m³/seg

Pérdidas de carga en la arena durante el lavado (hf)

$$h_f = (D_{h20} - e_a)x(D_{ar} - \gamma)xL$$

Donde:
Densidad de la arena (Da) = 2,65 gm/cm³
Densidad del agua (υ) = 1,00 gm/cm³
Espesor capa de arena = 0,3 m
Porosidad de la arena limpia (eo)= 0,43

hf = 0,28 m

Pérdida de carga de la antracita durante el lavado (h'f)

$$h_{f'} = (D_{antra} - e_{a'})x(D_{antra} - \gamma)xL$$

Densidad de la antracita = 1,7 gm/cm³
Porosidad de la antracita = 0,48 gm/cm³
Espesor capa de antracita = 0,50 m

hf' = 0,182 m

Pérdida de carga total en el lecho filtrante durante el lavado (hf1)

$$h_{fl} = h_f + h_{f'}$$

hfl = 0,464 m

Pérdidas de carga en tuberías y accesorios (ht) durante lavado

Ecuación = Hazen Williams
R D E = 21
Coeficiente "C" = 150
Velocidad asumida = 2,50 m/s
Caudal = 15,7 l/s
Diametro nominal = 3" 3"
Dinterno = 0,08042 m
Vreal = 3,091 m/s
V²/2g = 0,4874 m
J = 0,096684 m/m
Longitud H 0,59 m
Longitud V 3,12 m

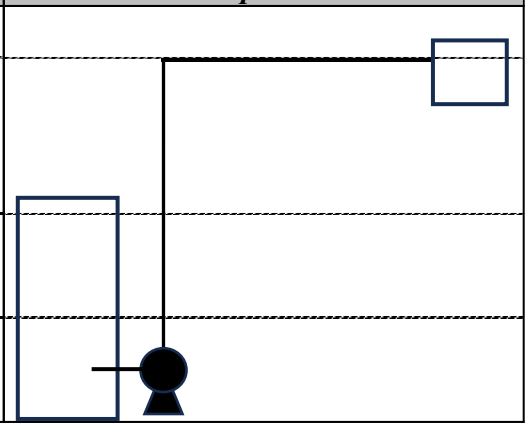
Pérdidas en accesorios

Accesorio	φ Pulg	C	Cant	Le (m)
CODO x 90° RADIO MEDIO	3"	150	4	5,5590
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	3"	150	2	0,7147
TEE PASO DE LADO Y SALIDA LATERA	3"	150	8	26,7361
SALIDA DE TUBERIA	3"	150	2	3,1104
				36,1202

Longitud total 39,830 m
Pérdida total 3,851 m

Bomba para lavado

Figura. Esquema de descarga

Descripción	***Nivel***	***Esquema***
Cota nivel desarga	*3,00*	
Cota nivel máximo agua	*1,80*	
Cota nivel mínimo	*0,50*	
Cota fondo bombeo	*0,00*	

Ecuación	*Hazen Williams*
Material tubería	*PVC*

Succión bomba

Caudal =	*15,70*	*l/s*	*248,8 gpm*
Velocidad	*2,00*	*m/s*	
C =	*150*		
Dnominal =	*3"*	*Pulg*	*3"*
Dinterno =	*0,08042*	*m*	
Vreal =	*3,091*	*m/s*	
V²/2g =	*0,4874*	*m*	
J =	*0,096684*	*m/m*	
Longitud H	*1,00*	*m*	
Longitud V	*0,50*	*m*	

Pérdidas en accesorios

Tabla. *Pérdidas de carga en accesorios succión*

Accesorio	*φ Pulg*	*C*	*Cant*	*Le (m)*
CODO x 90° RADIO MEDIO	*3"*	*150*	*1*	*1,3897*
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	*3"*	*150*	*1*	*0,3574*
VALVULA DE PIE CON COLADERA	*3"*	*150*	*1*	*12,9313*
				14,678

Longitud total	*16,18*	*m*
Pérdida total	*1,564*	*m*

Impulsión bomba

Ecuación	*Hazen Williams*
Material tubería	*PVC*

Caudal =	*15,70*	*l/s*	*248,8 gpm*
Velocidad	*1,50*	*m/s*	
C =	*150*		
Dnominal =	*3"*	*Pulg*	*3"*
Dinterno =	*0,08042*	*m*	
Vreal =	*3,091*	*m/s*	
V²/2g =	*0,4874*	*m*	
J =	*0,096684*	*m/m*	
Longitud H	*1,00*	*m*	
Longitud V	*0,50*	*m*	

Pérdidas en accesorios

Tabla. *Pérdidas de carga en accesorios impulsión*

Accesorio	*φ Pulg*	*C*	*Cant*	*Le (m)*
TEE PASO DE LADO Y SALIDA LATERA	*3"*	*150*	*1*	*3,3420*
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	*3"*	*150*	*1*	*0,3574*
VALVULA DE RETENCIÓN TIPO PESAD	*3"*	*150*	*1*	*6,3730*
				10,072

Longitud total *11,572* *m*

Pérdida total *1,1189* *m*

TDH

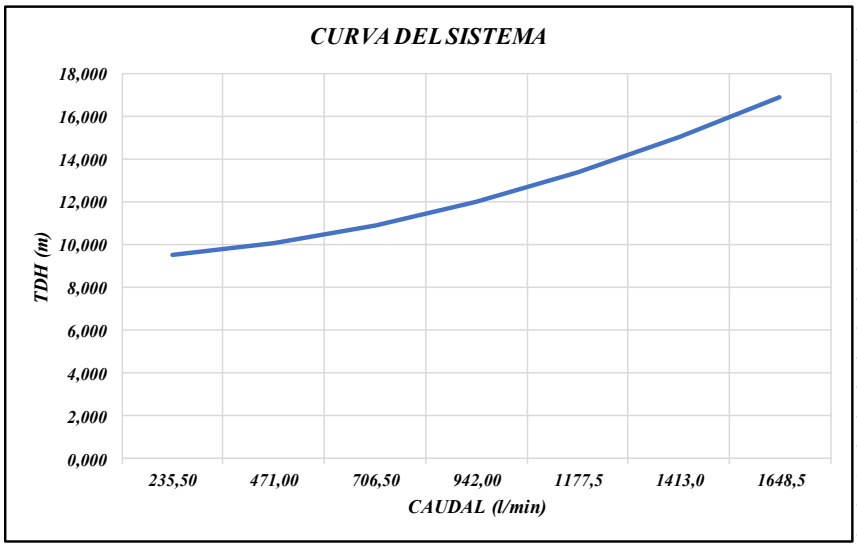
Altura estática	*3,00*	*m*	
Pérdidas succión	*1,5642*	*m*	
Pérdidas impulsión	*1,1189*	*m*	
Pérdidas en el sistema	*4,32*	*m*	
Carga velocidad	*0,97*	*m*	
Presión residual	*2,00*	*m*	
TDH	*12,97*	*m*	*18,4 psi*

DATOS DE OPERACIÓN

Caudal = 15,70 l/s 248,8 gpm
TDH = 12,97 m 18,4 psi
Liquido a bombear= Agua potable
Tipo de bomba = Centrifuga
Succión = Positiva
No bombas = 1
Bombas en reserva 1
Caudal/Bomba = 15,70 l/s 248,8 gpm
Control de operación= Variador de velocidad
Energia = 220-440

Tabla. Curva del sistema

Caudal (l/min)	Ø (pulg)	Ø Interno (metros)	V Real (m/s)	V²/2g (m)	J (m/m)	hf (m)	TDH (m)
235,50	3"	0,08042	0,773	0,030464	0,007439	0,206	9,521
471,00	3"	0,08042	1,545	0,121856	0,026819	0,744	10,059
706,50	3"	0,08042	2,318	0,274176	0,056783	1,576	10,891
942,00	3"	0,08042	3,091	0,487424	0,096684	2,683	11,998
1177,5	3"	0,08042	3,864	0,761601	0,146096	4,054	13,369
1413,0	3"	0,08042	4,636	1,096705	0,204702	5,681	14,996
1648,5	3"	0,08042	5,409	1,492737	0,272254	7,555	16,870



7.5.DESINFECCIÓN

El proceso de desinfección se realizará utilizando como desinfectante hipoclorito de sodio, en estado líquido, para su aplicación se utilizará un sistema hidráulico de cabeza constante, el cual aplicará a un tanque de contacto de cloro con un tiempo de retención de 20 minutos.

Caudal =	*3.5*	*l/seg*		
TRH =	*20*	*min*	*(Resolución 0330/2017)*	
Volumen (V) =			*4,20*	*m3*
Profundidad =		*1*	*metro*	
Ancho =		*1,00*	*m*	
Largo =		*4,20*	*m*	
No canales =		*4*	*Unid*	
Largo =	*1,05*	*m*		
Cloro				
Caudal =		*3,5*	*l/s*	
Dosis cloro =		*2*	*mg/l*	
Capacidad =		*0,60*		*Kg/día*
La especificación del equipo de cloración viene dada en Lb				
Capacidad =		*1,33*	*Lb/día*	

7.6.TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

Como parte del sistema de abastecimiento de agua potable se proyecta al final del tratamiento un tanque de almacenamiento que a su vez servirá como sistema de regulación para las horas pico que se presenten durante el día.

De acuerdo a lo conversado con la población los consumos máximos de agua están asociados a las costumbres de trabajo en el campo, estos se presentan alrededor de las 5 de la mañana cuando comienzan las labores de campo, en este tiempo se hacen preparación de baño personal, preparación de alimentos, alimentos y demás actividades, posteriormente

tipo 5:00pm se presenta nuevamente un poco de consumo cuando las personas retornan a sus viviendas.

Teniendo en cuenta lo establecido en la resolución 0330 de 2017, articulo 81, el cual reza: "El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento".

La capacidad de almacenamiento se define como 1/3 del volumen del día de mayor consumo, mientras que la regulación se debe estimar por métodos gráficos o analíticos.

Para el presente proyecto el volumen de regulación se estimará mediante el uso gráfico del método de curva de masas, para ello se construyó una curva de consumos según las costumbres de los habitantes.

Para estimar el volumen de almacenamiento se utilizó la siguiente ecuación según la resolución 0330 de 2027.

$$V = 28.8xQMD$$ *(Ecuación 1)*

Donde:

V = Volumen de tanque de almacenamiento (m³)

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

Aplicando la ecuación se tiene un volumen de almacenamiento de 98,0 m³

Como se mencionó anteriormente para el cálculo del volumen de regulación se aplicará el método de curva de masas, para esto se estimó una curva de consumos según las costumbres de sus habitantes.

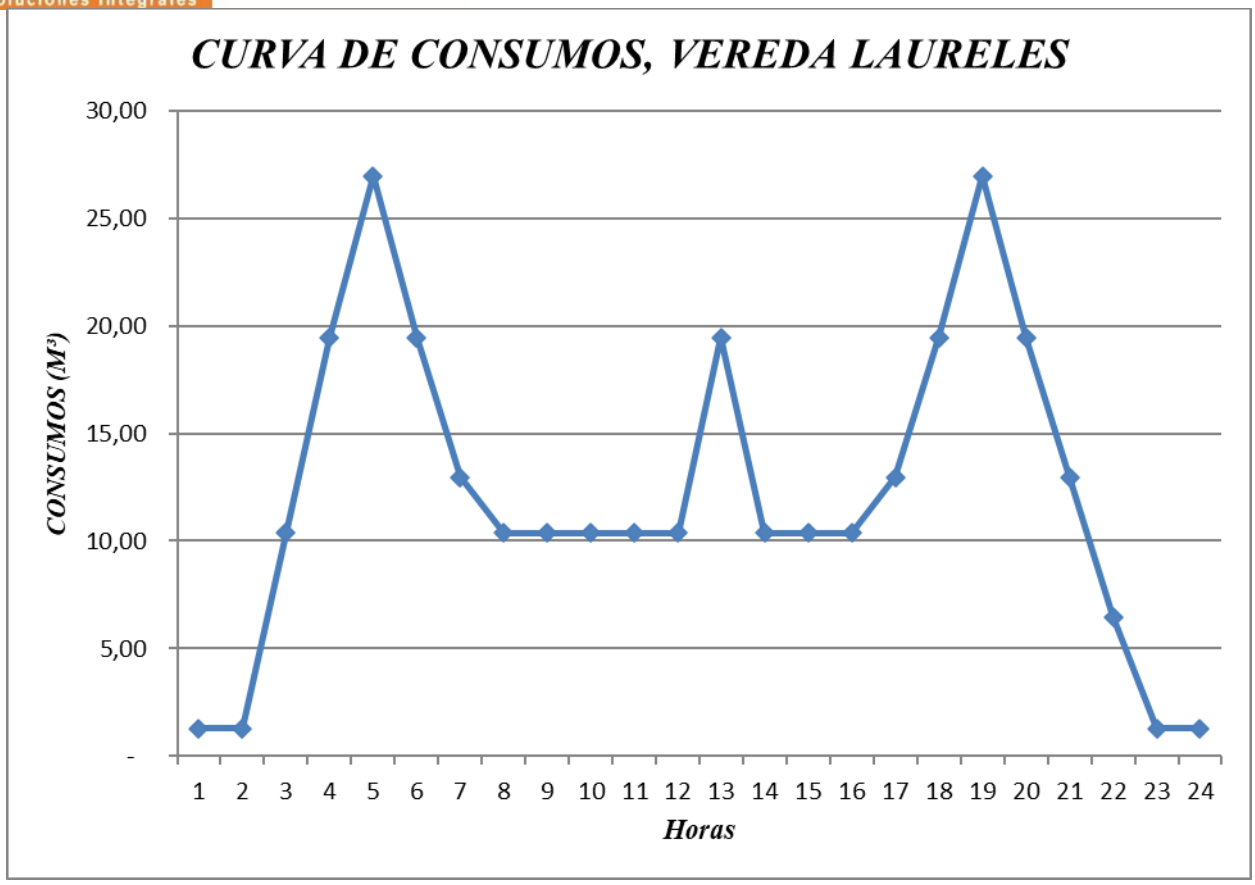
Los datos de calibración de la curva son los siguientes:

Dotación de agua	140	l/hab-día			
Habitantes	1.216	Habitantes			
Consumo medio	1,97	l/s	170,24	m3/día	
Pérdidas del sistema	25%				
Consumo total	2,63	l/s	226,99	m3/día	
Factor QMH	2,08				
% Consumo mínimo	0,10%				
Volumen almacenamiento		160,00	m3		
Altura almacenamiento		2	m3		
Área		80,00	m2		
Caudal de entrada		2,78	l/s	240,19	m3/dia
Caudal de salida		2,63	l/s	226,99	m3/dia
Altura inicial		2	m	1,82	

Horas pico
5
0
18

Con estos datos se construyó la curva de consumos:

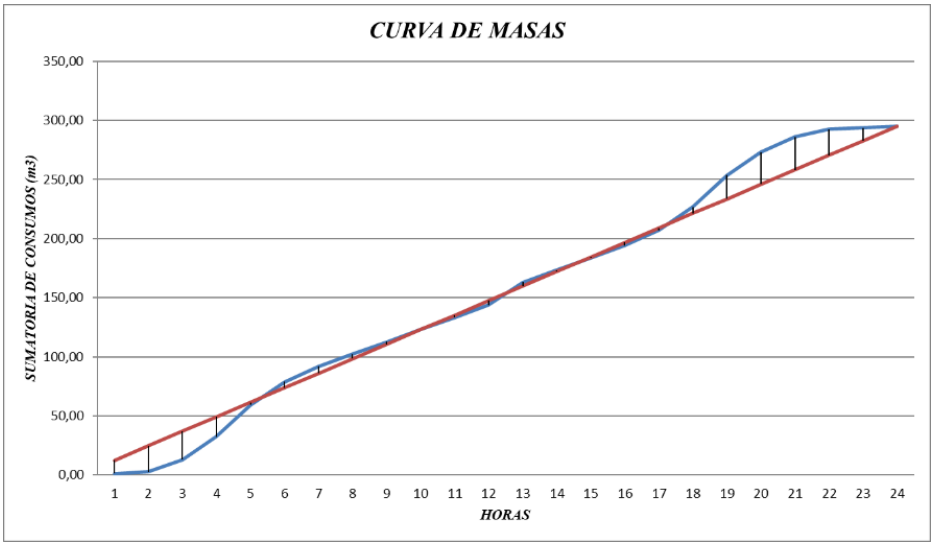
Terracontrol CIP S.A.S.
Nit 900992200-7
info@terracontrol.com
Cel.: 3175015525



Con esta curva se construyó la siguiente tabla de consumos acumulados que sirve para elaborar la curva másica del sistema de almacenamiento.

Factor consumo	Consumo horario (%)	Consumo (m3)	ΣConsumo (m3)	Demanda (m3)	ΣDemanda (m3)	D - C	Σ(D-C) (m^3)
0,10	0,44%	1,30	1,30	12,30	12,30	11,00	11,00
0,10	0,44%	1,30	2,59	12,30	24,59	11,00	22,00
0,80	3,51%	10,37	12,96	12,30	36,89	1,92	23,92
1,50	6,59%	19,45	32,41	12,30	49,18	-7,15	16,77
2,08	9,14%	26,97	59,38	12,30	61,48	-14,67	2,10
1,50	6,59%	19,45	78,83	12,30	73,77	-7,15	-5,06
1,00	4,39%	12,96	91,79	12,30	86,07	-0,67	-5,73
0,80	3,51%	10,37	102,16	12,30	98,36	1,92	-3,80
0,80	3,51%	10,37	112,54	12,30	110,66	1,92	-1,88
0,80	3,51%	10,37	122,91	12,30	122,95	1,92	0,04
0,80	3,51%	10,37	133,28	12,30	135,25	1,92	1,97
0,80	3,51%	10,37	143,65	12,30	147,54	1,92	3,89
1,50	6,59%	19,45	163,10	12,30	159,84	-7,15	-3,26
0,80	3,51%	10,37	173,47	12,30	172,13	1,92	-1,34
0,80	3,51%	10,37	183,84	12,30	184,43	1,92	0,58
0,80	3,51%	10,37	194,22	12,30	196,72	1,92	2,51
1,00	4,39%	12,96	207,18	12,30	209,02	-0,67	1,84
1,50	6,59%	19,45	226,63	12,30	221,31	-7,15	-5,32
2,08	9,14%	26,97	253,59	12,30	233,61	-14,67	-19,99
1,50	6,59%	19,45	273,04	12,30	245,90	-7,15	-27,14
1,00	4,39%	12,96	286,01	12,30	258,20	-0,67	-27,81
0,50	2,20%	6,48	292,49	12,30	270,49	5,81	-22,00
0,10	0,44%	1,30	293,79	12,30	282,79	11,00	-11,00
0,10	0,44%	1,30	295,08	12,30	295,08	11,00	0,00
22,76	100,00%	295,08					

Max sobrante	23,92
max deficit	-27,81
Volumen	51,73



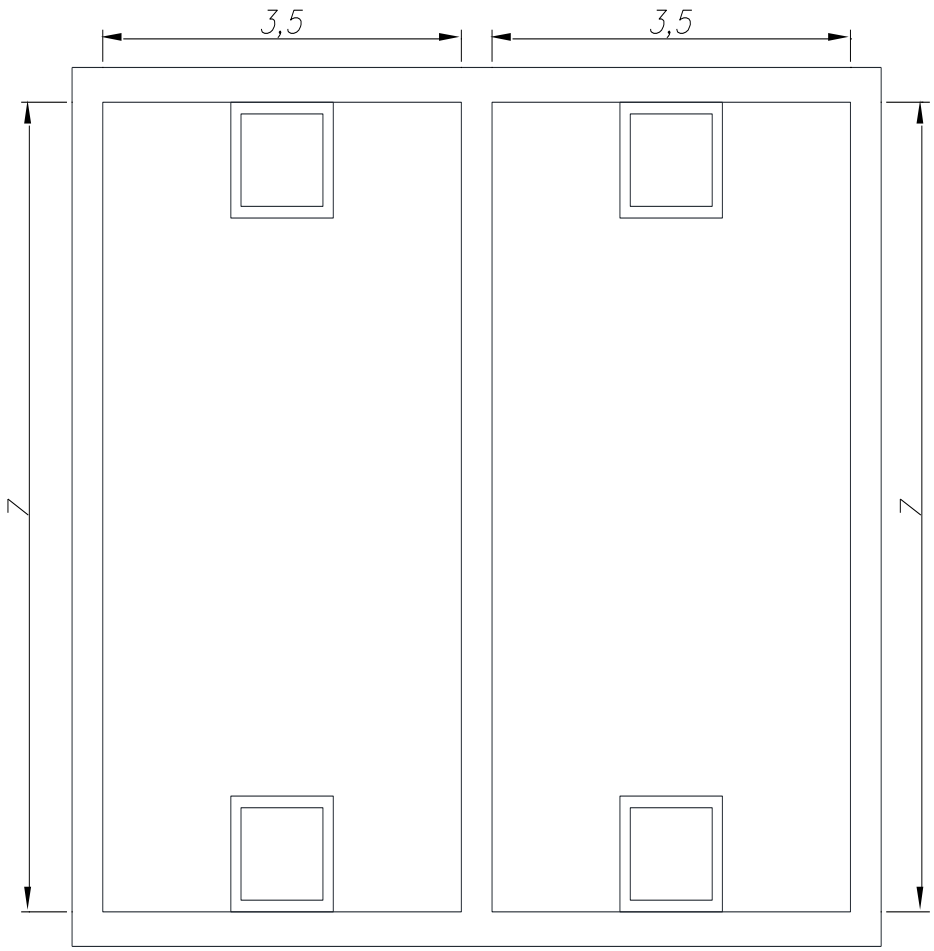
De acuerdo a lo anterior el volumen de regulación es de 51.73 m³, y el volumen de almacenamiento es de 98,0 m³, esto significa que a la luz de la resolución 0330 de 2017 el volumen resultante será el mayor de los dos (2), es decir se toma como volumen del tanque 98 m³.

El tanque deberá ser de dos compartimentos para efectos de limpieza, contará con ventanas de acceso, las esquinas deberán ser en chaflan y demás recomendaciones dadas en el artículo 79 de la resolución 0330 de 2017.

Las dimensiones del tanque serán las siguientes:

Altura (H) = 2 m
Área (A) = 49,00 m2
Ancho = 7,00 m
Largo = 7,00 m
Volumen = 98,00 m3

Cada módulo del tanque será de forma rectangular, siguiendo un esquema de flujo tipo FIFO.



La altura de agua será de 2,0 m y el borde libre será de 0.30 m, para una altura total de 2,30 m.

Ventilación

Diámetro acometida de llenado	3"	*Pulgadas*
Diámetro interno real	*0,08042*	*m*
Área acometida de llenado	*0,00508*	*m²*
Área mínima de ventilación 4 x φ	*0,02032*	*m²*
Número de tubos ventilación	*4*	
Diámetro tubos ventilación	*3,17*	*Pulgadas*
Diámetro adoptado	*4,00*	*Pulgadas*

Desague

Volumen del tanque	*25.888,86*	*galones*
Diámetro del desague	*4"*	*pulg*

Tabla 2. Dimensión de la tubería de lavado para tanques de agua

Capacidad del tanque Litros (galones)	Tubería de lavado (pulgadas)
Hasta 2 839 (Hasta 750)	1
2 840 a 5 678 (751 a 1 500)	1 ½
5679 a 11 355 (1 501 a 3 000)	2
11 356 a 18 925 (3 001 a 5 000)	2 ½
18 925 a 28 388 (5 000 a 7 500)	3
Más de 28 388 (Más de 7 500)	4
Factores de conversión: 25,4 mm = 1 pulgada=, 1 L = 0,3 galón.	

Fuente: Tabla 7.6.5.7 – NTC 1500:2020 Dimensión de la tubería de lavado para tanqu
de agua

Rebosadero

Caudal de llenado	*27,74*	*gpm*
Diámetro del rebosadero	*2"*	*pulg*

Tabla 1. Dimensiones para rebosaderos de tanques de suministro de agua

Máxima capacidad de la tubería de suministro al tanque de agua L/min (gpm)	Diámetro del rebosadero (pulgadas)
0 – 189 (0 – 50)	2
189 – 568 (50 – 150)	2 ½
568 – 757 (150 – 200)	3
757 – 1514 (200 – 400)	4
1514 – 2650 (400 – 700)	5
2650 – 3785 (700 - 1000)	6
Más de 3785 (Más de 1000)	8
Factores de conversión: 25,4 mm = 1 pulgada=, 1 L/min = 0,26 galón/min.	

Fuente. Tabla 7.6.5.4 – NTC 1500:2020 Dimensiones para rebosaderos de tanques de suministro de agua

Tubería de conexión tanque de contacto de cloro – tanque de almacenamiento.

Esta tubería se diseña para un caudal de 3.5 l/s, la estimación de las pérdidas se realizó con la aplicación de la ecuación de Hazen Williams.

Ecuación de Hazen Williams

Se utilizó para diámetros mayores a dos (2) pulgadas.

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785.C.D^{2.63}}\right)^{1.85}$$

(Ecuación 2)

Donde:

J = Pérdidas de carga (m/m)

C = Coeficiente de fricción

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

Factor de fricción C

El factor "C" en las ecuaciones anteriores se determinó según la tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes "C" típicos

Material	Flamant	HW
Hierro fundido	0,00031	120
Hierro galvanizado	0,00023	100
Acero	0,00018	100
Cobre	0,00012	140
PVC, polietileno	0,0001	150

Se proyectan válvulas a la entrada de cada tanque, las válvulas serán del tipo mariposa, las cuales funcionan totalmente abiertas o totalmente cerradas, su operación es muy sencilla solo tienen un giro de 90°, en estos puntos no se registrarán presiones que superen los 5,00 mca.

Ecuación = Hazen Williams
R D E = 21
Coeficiente "C" = 150
Velocidad asumida = 1,50 m/s
Caudal = 3,5 l/s
Diametro nominal = 2.1/2" 2.1/2"
Dinterno = 0,06607 m
Vreal = 1,021 m/s
V²/2g = 0,0532 m
J = 0,01566 m/m
Longitud H 10,00 m
Longitud V 2,50 m

Pérdidas en accesorios

Accesorio	φ Pulg	C	Cant	Le (m)
CODO x 90° RADIO MEDIO	2.1/2"	150	3	3,5041
TEE PASO DIRECTO NORMAL	2.1/2"	150	1	0,9033
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	2.1/2"	150	1	0,3011
ENTRADA NORMAL	2.1/2"	150	1	0,7081
				5,4167

Longitud total 17,917 m
Pérdida total 0,281 m

Tapas de acceso

Para realizar labores de mantenimiento interno del tanque de almacenamiento se proyectaron dos tapas de acceso por cada tanque una a la entrada del agua y otra a la salida del agua potable, el espacio de cada tapa será de 0.80m x 0.80m, realzadas 0.10m sobre la losa superior del tanque de almacenamiento, las tapas deben ser en lámina de alfajor, tal como se muestra en los detalles del plano respectivo.

Tubería de salida tanque

Se determina siguiendo el mismo procedimiento que se aplicó con la tubería entre el tanque de contacto de cloro – tanque de almacenamiento, para la salida del tanque se evaluará con el caudal máximo horario (QMH) por ser parte de la línea de conducción, se proyectarán válvulas de salida a cada tanque y válvula general de control, las válvulas proyectadas serán del tipo compuerta.

Ecuación = Hazen Williams
R D E = 21
Coeficiente "C" = 150
Velocidad asumida = 1,50 m/s
Caudal = 5,5 l/s
Diametro nominal = 3"
Dinterno = 0,08042 m
Vreal = 1,083 m/s
V²/2g = 0,0598 m
J = 0,013887 m/m
Longitud H 2,20 m
Longitud V 0,00 m

Pérdidas en accesorios

Accesorio	*φ Pulg*	*C*	*Cant*	*Le (m)*
CODO x 90° RADIO MEDIO	*3"*	*150*	*1*	*1,3897*
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	*3"*	*150*	*1*	*0,3574*
TEE PASO DE LADO Y SALIDA LATERAL	*3"*	*150*	*1*	*3,3420*
				5,0891

Longitud total 7,289 m
Pérdida total 0,101 m

7.7.MACROMEDIDOR DE AGUA POTABLE

Caudal = 5,50 l/s
Consumo medio diario= 475,2 m3/día
Consumo horario= 19,80 m3/hora
Diámetro Medidor= 3"
Tipo = Ultrasónico
DN = 50
R = 500

8. SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

De acuerdo con los resultados de los diseños hidráulicos la planta tipo convencional para la ubicación en los lotes 1 y 2, no presenta las mejores condiciones de operación y mantenimiento, a pesar que el lote 1 dispone de servicios de energía esta planta de tratamiento requiere dos equipos de bombeo, los cuales incrementan los costos de operación y mantenimiento, el personal de operación deberá ser más calificado, los insumos químicos requeridos son el policloruro de aluminio e hipoclorito de sodio.

Ing Sanitario
tp 7623747891vll

ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI-UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES - UAESPM

NIT: 890.399.011-3z

CONSULTOR

TERRACONTROL CIP SAS BIC

900992200-7

CONTRATO No 4182.010.26.1.784.2025

"REALIZAR ESTUDIO DE ALTERNATIVAS CON ALCANCE DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA LAURELES, CORREGIMIENTO LA ELVIRA".

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO TIPO FIME (FILTRACIÓN EN MULTIPLES ETAPAS) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA VERDA LAURELES, LOCALIZACIÓN LOTE 1 Y 2

ENERO DE 2.026

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 4
2. COMPONENTES DEL SISTEMA 4
3. UBICACIÓN PLANTAS DE TRATAMIENTO 4
3.1. LOTE 1 4
3.2. LOTE 2 5
4. POBLACIÓN 7
4.1. Censos poblacionales 7
4.2. Periodo de proyección de población 7
4.3. Método aritmético 7
4.4. Método geométrico 9
4.5. Método exponencial 10
3.6. Población Vereda El Laurel 13
3.7. Proyección población 14
5. DETERMINACIÓN DE CAUDALES 15
5.1. Dotación neta (dneta) 15
5.2. Caudal medio diario (Qmd) 15
5.3. Caudal máximo diario (QMD) 15
5.4. Caudal máximo horario (QMH) 15
5.5. Caudales de diseño 16
6. DISEÑO PLANTA FIME 17
6.1. FILTRO GRUESO DINÁMICO 17
6.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 18
6.1.2. DIMENSIONAMIENTO 19
Vertedero triangular 27
6.2. FILTRO GRUESO ASCENDENTE 34
6.2.1. PARAMETROS DE DISEÑO 34
6.2.2. DIMENCIONAMIENTO 36
6.3. **DISEÑO FILTRO LENTO EN ARENA** 38
6.3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 38
6.3.2. DIMENCIONAMIENTO 41
6.4. DESINFECCIÓN 48

6.5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE 49
6.6. MACROMEDIDOR DE AGUA POTABLE 59

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de agua del tipo FIME (filtración en múltiples etapas), son sistemas tratamiento que se caracterizan por su fácil operación, se ajustan muy bien para pequeñas comunidades, presentan buena remoción de múltiples parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, se requiere áreas de terreno relativamente grandes, se usan fundamentalmente para aguas del tipo superficial, no obstante, se encuentran en poco uso para aguas subterráneas. Como restricciones manejan aguas con turbiedades por debajo de 50 unidades, su uso está sujeto a que la mayor parte del tiempo tenga estas turbiedades. Como se mencionó operativamente son muy fácil de manejar un operador con conocimientos básicos está en capacidad de operarla, cabe anotar que se requiere las competencias laborales para el personal que tenga a su cargo la operación del sistema

2. COMPONENTES DEL SISTEMA

La planta que a continuación se proyecta tendrá los siguientes componentes

Filtro dinámico

Filtro grueso

Filtro lento

Desinfección

Almacenamiento

Cada uno de estos procesos va encadenado con el anterior.

Igualmente se proyectó un sistema de macromedición a la salida de la planta de tratamiento.

3. UBICACIÓN PLANTAS DE TRATAMIENTO

A continuación, se presenta los detalles de los lotes para la localización de la planta de tratamiento.

3.1.LOTE 1

Artículo 100, modificado por el artículo 25 de la resolución 0779 de 2021, ARTÍCULO 100. Ubicación de la planta potabilizadora. Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la PTAP son los siguientes:

Disponibilidad de predios para todas las fases de construcción del proyecto, verificada de acuerdo con los usos según corresponda, del Plan de Ordenamiento Territorial, o del Plan Básico de	*Predio identificado con matrícula inmobiliaria 337345, al fondo del lote se tiene una quebrada denominada Las Margaritas*

Ordenamiento Territorial, o del Esquema de Ordenamiento Territorial.	
En la identificación del sitio que se va a seleccionar debe priorizarse la llegada del agua cruda por gravedad y de ser posible, su distribución de la misma forma; lo anterior, teniendo en cuenta las condiciones geomorfológicas, geográficas y orográficas. En caso contrario, de acuerdo con el análisis multicriterio de alternativas, se debe buscar el sitio más conveniente para realizar bombeo.	*El fondo de la quebrada que pasa por el lote está en la cota 1860.50, el lote en el punto de entrada a la planta de tratamiento está en la 1829.00, es decir se tiene una diferencia de niveles de 31.5 metros, lo cual permite la llegada a la planta de tratamiento por gravedad.*
El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; en todo caso, deben evaluarse Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER), fuentes convencionales de energía o soluciones híbridas.	*Alrededor del sitio se cuenta con viviendas conectadas Al servicio eléctrico, lo que permite contar con este servicio, igualmente se puede tener paneles solares.*
El terreno seleccionado debe tener buen drenaje y, adicionalmente, garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento, para lo cual deberá realizarse un análisis técnico de riesgo por inundación y estabilidad geotécnica del lote elegido.	*El lote cuenta con una pendiente hacia la vía, al fondo se tiene la cota 1.850 y a la entrada se tiene la cota 1827.39*
El terreno deberá seleccionarse para que se cuente con el área suficiente que facilite el manejo y tratamiento de los lodos.	*El lote cuenta con el área suficiente para el manejo de subproductos del tratamiento del agua potable.*
La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de construcción y de mantenimiento	*Se tiene una vía de acceso con un ancho medio de 3,0 metros y llega hasta el lote, la cual permite llegar con insumos para la planta, así como realizar labores de operación y mantenimiento.*

3.2.LOTE 2

Artículo 100, modificado por el artículo 25 de la resolución 0779 de 2021, ARTÍCULO 100. Ubicación de la planta potabilizadora. Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la PTAP son los siguientes:

Disponibilidad de predios para todas las fases de construcción del proyecto, verificada de acuerdo con los usos según corresponda, del Plan de Ordenamiento Territorial, o del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, o del Esquema de Ordenamiento Territorial.	*Predio identificado con certificado de paz y salvo con identificación 0000006083, se dispone de un canal de derivación denominado quebrada las mercedes.*
En la identificación del sitio que se va a seleccionar debe priorizarse la llegada del agua cruda por gravedad y de ser posible, su distribución de la misma forma; lo anterior, teniendo en cuenta las condiciones geomorfológicas, geográficas y orográficas. En caso contrario, de acuerdo con el análisis multicriterio de alternativas, se debe buscar el sitio más conveniente para realizar bombeo.	*El fondo de la quebrada que pasa por el lote está en la cota 1789, el lote en el punto de entrada a la planta de tratamiento está en la 1782.00, es decir se tiene una diferencia de niveles de 7 metros, lo cual permite la llegada a la planta de tratamiento por gravedad.*
El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; en todo caso, deben evaluarse Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER), fuentes convencionales de energía o soluciones híbridas.	*En el sitio no se cuenta con viviendas, el lote está rodeado de vegetación, puede tener paneles solares.*
El terreno seleccionado debe tener buen drenaje y, adicionalmente, garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento, para lo cual deberá realizarse un análisis técnico de riesgo por inundación y estabilidad geotécnica del lote elegido.	*El lote cuenta con una pendiente hacia uno de los extremos.*
El terreno deberá seleccionarse para que se cuente con el área suficiente que facilite el manejo y tratamiento de los lodos.	*El lote cuenta con el área suficiente para el manejo de subproductos del tratamiento del agua potable.*
La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de construcción y de mantenimiento	*No se tiene una vía de acceso para llegar hasta el lote, se debería realizar una vía permita llegar con insumos para la planta, así como realizar labores de operación y mantenimiento.*

4. SELECCIÓN DEL LOTE POR UBICACIÓN

De acuerdo con la ubicación el lote 1 presenta las mejores condiciones para la localización de una planta de tratamiento de agua potable, dispone de servicios, vías de acceso y fuente de agua superficial.

5. POBLACIÓN

5.1. Censos poblacionales

Para determinar la tasa de crecimiento y proyectar la correspondiente a la Vereda Laureles, corregimiento de la Elvira, se emplearon los censos poblacionales elaborados por el departamento administrativo nacional de estadísticas DANE, para los corregimientos del municipio de Santiago de Cali, para tal efecto se dispone de datos de censos de los siguientes años:

Año	Población	
1.985	26.133	Habit
1.993	24.970	Habit
2.005	35.754	Habit
2.018	77.567	Habit

Fuente. Dane

5.2. Periodo de proyección de población

El periodo de diseño (Td) para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo debe ser 25 años. (Art 40 res 0330 de 2017)

Td = 25 años

5.3. Método aritmético

Corresponde al crecimiento en línea recta de la población, la tasa de crecimiento (K) esta dada por la pendiente de la recta.

$$K = \frac{(P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci})}$$

Donde:

Pci = Población inicial en un perido de censo
Puc = Población al final en un perido de censo
Tci = Peridodo inicial del censo
Tuc = Peridodo final del censo

Para determinar la población futura correspondiente al periodo de diseño se aplica la siguiente expresión

$$P_F = P_{uc} + K\ x\ (T_{uc} - Y_{ci})$$

Donde:

Yci = Año final al periodo de diseño

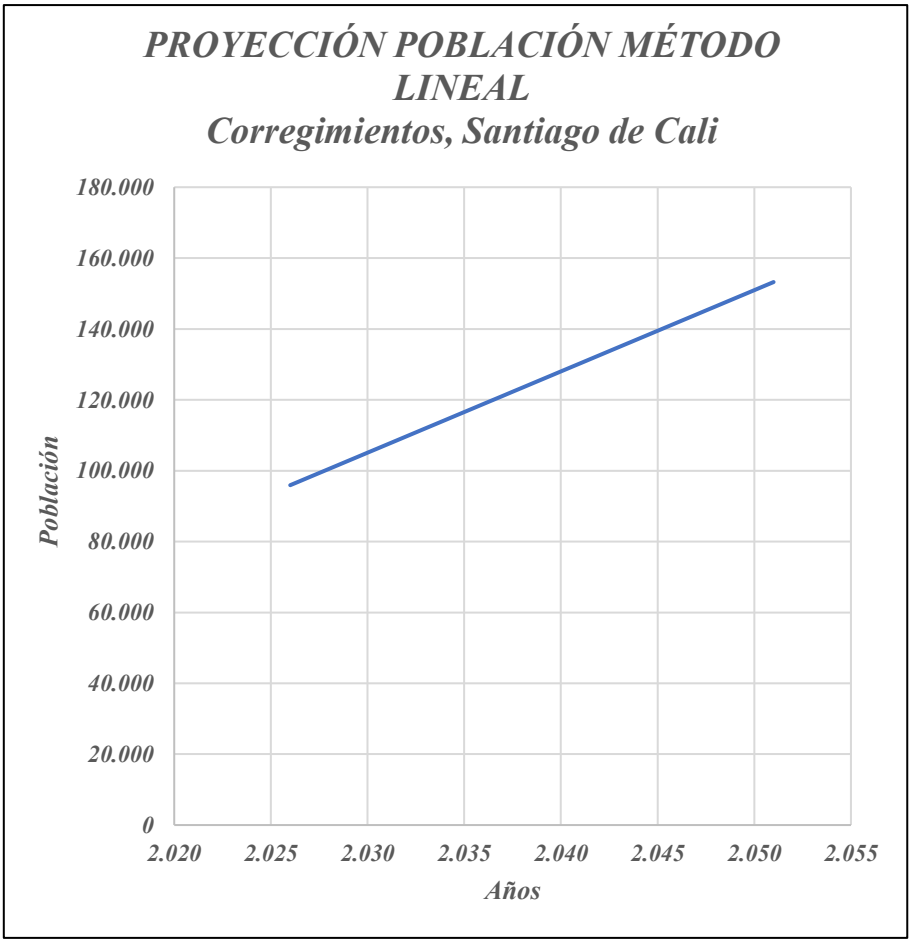
La tasa (K) se determina con los datos del censo para cada año y se toma el promedio

Censo	***Población***	***Tasa (K) hab/año***
1.985	*26.133*	
1.993	*24.970*	*1.558,6*
2.005	*35.754*	*2.103,9*
2.018	*77.567*	*3.216,4*
	Promedio	***2.293,0***

Año inicial de proyección = *2.026* *(Mes de diciembre de 2026)*
Año final de proyección = *2.051*

El siguiente cuadro muestra los resultados mes a mes aplicando la ecuación de proyección de población

Año	***Población***
2.026	*95.911*
2.027	*98.204*
2.028	*100.497*
2.029	*102.790*
2.030	*105.082*
2.031	*107.375*
2.032	*109.668*
2.033	*111.961*



2.034	*114.254*
2.035	*116.547*
2.036	*118.840*
2.037	*121.133*
2.038	*123.426*
2.039	*125.719*
2.040	*128.012*
2.041	*130.305*
2.042	*132.598*
2.043	*134.891*
2.044	*137.184*
2.045	*139.477*
2.046	*141.770*
2.047	*144.063*
2.048	*146.356*
2.049	*148.649*
2.050	*150.942*
2.051	*153.235*

5.4.Método geométrico

Este método se usa en casos de poblaciones que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido en los periodos pasados, la gráfica corresponde a una curva de interés compuesto

$$P_f = P_{uc}\, x\, (1 + r)^{(T_f - T_{uc})}$$

Donde:

Puc = Población al final en un pedido de censo

r = Tasa de crecimiento

T_f = Periodo final del censo

Tuc = Periodo inicial del censo

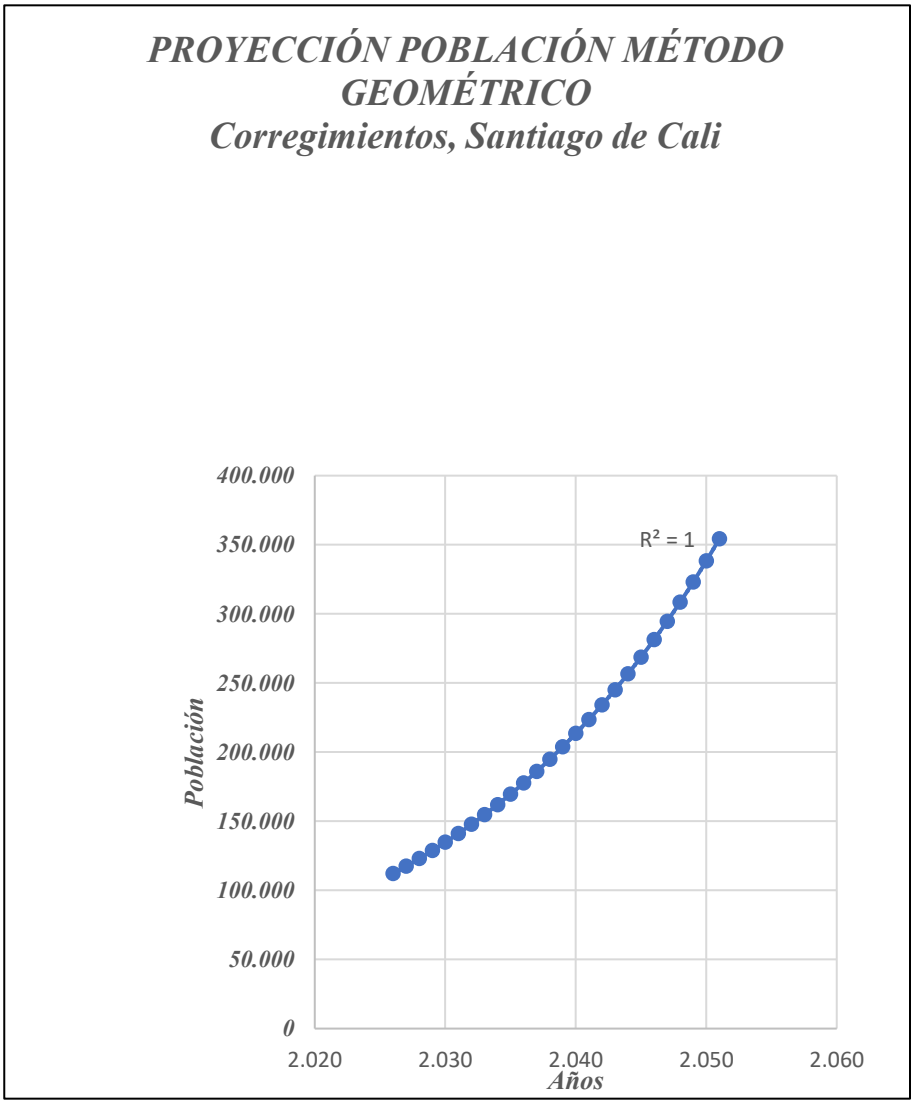
La tasa de crecimiento se obtiene despejando de la ecuación anterior:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_{uc}}\right)^{\left(\frac{1}{(T_f - T_{uc})}\right)} - 1$$

Censo	***Población***	***Tasa (r) hab/año***

1.985	*26.133*	*3,35%*
1.993	*24.970*	*4,64%*
2.005	*35.754*	*6,14%*
2.018	*77.567*	
	Promedio	***4,71%***

Año	***Población***
2.026	*112.090*
2.027	*117.369*
2.028	*122.896*
2.029	*128.684*
2.030	*134.744*
2.031	*141.090*
2.032	*147.735*
2.033	*154.692*
2.034	*161.978*
2.035	*169.606*
2.036	*177.594*
2.037	*185.957*
2.038	*194.715*
2.039	*203.885*
2.040	*213.487*
2.041	*223.542*
2.042	*234.069*
2.043	*245.093*
2.044	*256.635*
2.045	*268.722*
2.046	*281.377*
2.047	*294.629*
2.048	*308.504*
2.049	*323.033*
2.050	*338.247*
2.051	*354.176*



5.5.Método exponencial

Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE.

$$L_nP_f = L_nP_{ci} + K_g \,.\, (T_f - T_{ci})$$

La tasa de crecimiento está dada por:

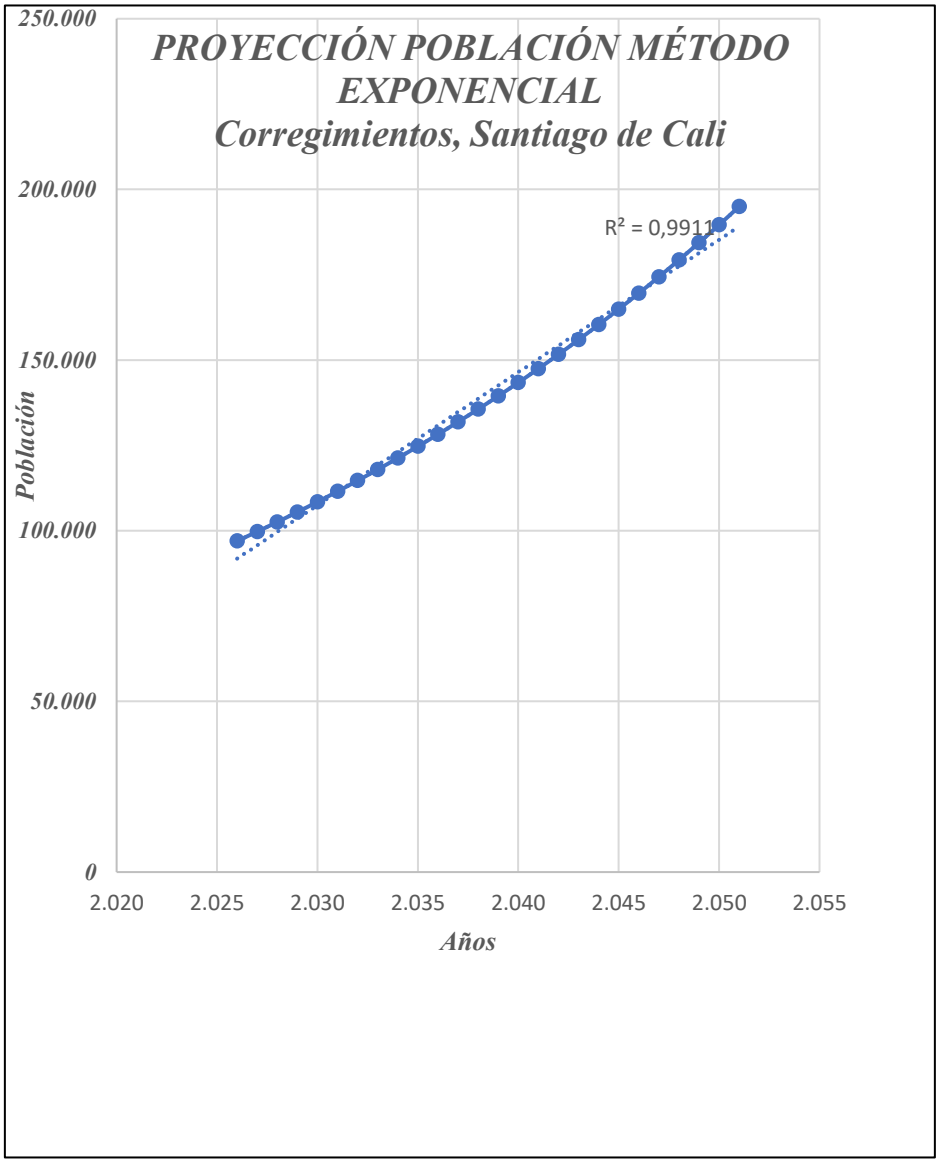
$$kg = \frac{LnPi - LnP_{(i-1)}}{Ti - T_{(i-1)}}$$

Donde:

Pi = Población del censo posterior (proyección del DANE).
P(i-1) = Población del censo anterior (habitantes).
Ti = Año correspondiente al censo posterior.
T(i-1) = Año correspondiente al censo anterior.
Ln = Logaritmo natural o neperiano

Censo	***Población***	***Logaritmo natural n***	***Tasa (kg) (%)***
1.985	*26.133*	*10,1710*	*-0,57%*
1.993	*24.970*	*10,1254*	*2,99%*
2.005	*35.754*	*10,4844*	*5,96%*
2.018	*77.567*	*11,2589*	
	Promedio	***10,2603***	***2,79%***

Año	Población
2.026	96.990
2.027	99.738
2.028	102.563
2.029	105.468
2.030	108.456
2.031	111.528
2.032	114.688
2.033	117.936
2.034	121.277
2.035	124.713
2.036	128.245
2.037	131.878
2.038	135.614
2.039	139.455
2.040	143.406
2.041	147.468
2.042	151.646
2.043	155.941
2.044	160.359
2.045	164.901
2.046	169.572
2.047	174.376
2.048	179.316
2.049	184.395
2.050	189.618
2.051	194.990



5.6.Resumen de tasas por método

Método	*Tasa*	*Población Inicial*	*Población final*
Lineal	*2.293,0*	*95.911*	*153.235*
Geométrico	*4,71%*	*112.090*	*354.176*
Exponencial	*2,79%*	*96.990*	*194.990*

Método aritmético

El método aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.

Método geométrico

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

Método exponencial

Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.

Para el caso de la vereda El Laurel, tenemos áreas de producción agrícola las cuales no muestran un desarrollo consolidado por múltiples razones, de orden público y entre otras la ausencia de servicios públicos básicos. Es claro que, al momento de contar con el servicio de agua potable con calidad del agua, tarifas asequibles, cobertura a toda la vereda y con las presiones y cantidad de agua suficiente estas tierras presentarán un alto desarrollo. por lo anterior el método de crecimiento geométrico y exponencial se ajustan a esta realidad.

El método geométrico proporciona una tasa más alta que el método exponencial, seleccionando el método geométrico tendríamos unos caudales de diseño más altos, lo cual permitiría el ingreso de más población a futuro.

Para la determinación de la población a servir se adopta la tasa del método geométrico

Tasa = 4,71%

3.6.Población Vereda El Laurel

En la ausencia de censos poblacionales elaborados por la institución departamento administrativo nacional de estadísticas DANE, para La Vereda El Laurel, se procedió con investigación interna con la junta administradora local, la cual informa que, en la actualidad, (diciembre de 2.025) La vereda El laurel cuenta con 404 habitantes.

Población = 404 habitantes

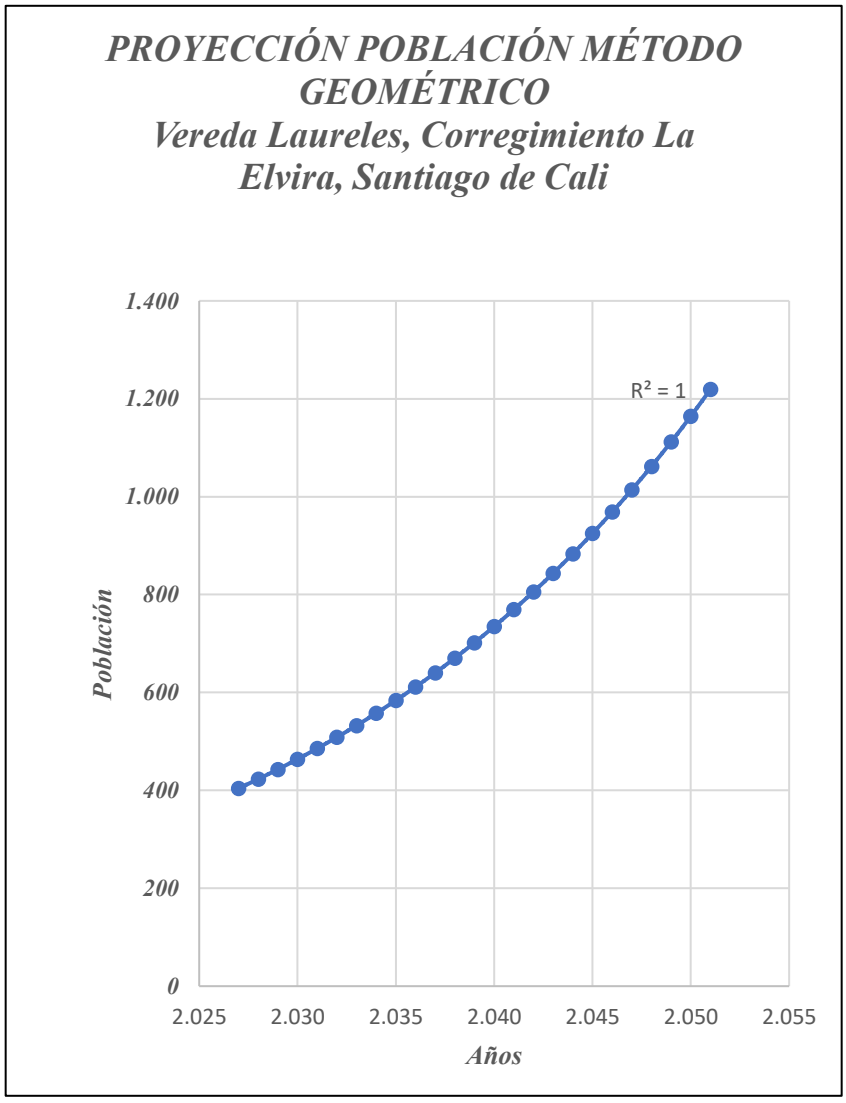
3.7.Proyección población

Periodo de diseño = 25 años

Método geométrico

Tasa de crecimiento 4,71%

Año	*Población*
2.027	404
2.028	423
2.029	443
2.030	464
2.031	486
2.032	509
2.033	532
2.034	558
2.035	584
2.036	611
2.037	640
2.038	670
2.039	702
2.040	735
2.041	770
2.042	806
2.043	844
2.044	883
2.045	925
2.046	969
2.047	1.014
2.048	1.062
2.049	1.112
2.050	1.164
2.051	1.219



6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES

6.1. Dotación neta (d_{neta})

Los valores máximos son los dados en la tabla 1 del art 43 de la resolución 0330 de 2017

Altura sobre el nivel del mar *950,000* *msnm*

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

Dotación bruta (D_{bruta})

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{(1 - \%P)}$$

Donde:

d_{neta} = *140,00* *l/hab-día*

$\%P$ = *25%*

D_{bruta} = *186,67* *l/hab-día*

6.2. Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = D_{bruta} x P_f$$

Donde:

Población (Pf)= *1.219* *hab*

Qmd = *2,63* *l/s*

6.3. Caudal máximo diario (QMD)

$$QMD = K_1 . Qmd$$

Donde:

K1 = *1,30*

QMD = *3,42* *l/s*

6.4. Caudal máximo horario (QMH)

$$QMH = K_2 . QMD$$

Donde:

K2 = *1,60*

QMD = 5,48 l/s

6.5. Caudales de diseño

Se toman los valores de referencia del art 47 de la resolución 0330 de 2017

Tabla 2. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Captación fuente superficial	$Q_{diseño} = 2.QMD$	*6,85*	*l/s*
Captación fuente subterránea	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Desarenador	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Aducción	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Conducción	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Tanque de almacenamiento	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*
Red de distribución	$Q_{diseño} = QMH$	*5,48*	*l/s*
Planta de tratamiento	$Q_{diseño} = QMD$	*3,42*	*l/s*

7. DISEÑO PLANTA FIME
7.1.FILTRO GRUESO DINÁMICO

El filtro grueso dinámico tiene como función ser una etapa de acondicionamiento de la calidad del agua cruda, fundamentalmente disminuye los parámetros de turbiedad y sólidos suspendidos, igualmente sirve como una estructura que amortigua los picos en estos parámetros que se presentan por condiciones de lluvia en la cuenca de la fuente.

Filtro Grueso Dinámico "Parcelación Cañasgordas"



Los elementos que constituyen un filtro grueso dinámico son:

a) Cámara de filtración.
b) Lechos filtrantes y de soporte.
c) Estructuras de entrada y salida.
d) Sistema de drenaje y cámara de lavado.
e) Accesorios de regulación y control.

Los porcentajes de remoción que esta estructura nos puede dar, se encuentran resumidos en la tabla

Parámetro	Reducción Típica
Sólidos Suspendidos	Entre el 70 y el 80%, con fuentes en el rango de 10 a 200 mg/l
Turbiedad	Entre 30 y el 50% en fuentes de zona plana. En fuentes de ladera, la remoción fue aproximada al 50%. La eficiencia de remoción es afectada por la naturaleza, tamaño y distribución de las partículas.
Color Real	Entre 10 y 25%, con fuentes en el rango entre 15 y 20 UPC.
Hierro, Manganeso	Entre 40 y 70% como hierro total y entre el 40 y 60% para manganeso.
Coliformes Fecales	Entre 50 y 80%, para niveles de coliformes fecales en el agua cruda en el rango 2000 a 100000 UFC/100 ml y sólidos suspendidos entre 10 y 50 mg/l.

siguiente:
Tomado del libro "Filtración En Múltiples Etapas", Cinara.

7.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Caudal de diseño

Se tomará como caudal de diseño el Caudal Máximo Diario (QMD)

QMD = 3.50 l/seg

12.60 m ³ 3/h

Periodo de operación Po

= 24 h/día

1,3 velocidad de filtración

Se adopta la velocidad de filtración sugerida en la tabla 11 de la resolución 0330 de 2.017

Tabla 11. Rangos de tasa de Filtración lenta en múltiples etapas (FIME)

Parámetro	Filtración lenta en arena	Filtro grueso dinámico	Filtro grueso ascendente
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	48 – 72	7,2 – 14,4
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 (0,2 cada capa)	0,4 – 0,9

Tasa de filtración = 60.0 m ³/m ²/día

Vf = 2.50 m/h

Número mínimo de unidades

Nu = 2 Unidades

Área máxima de filtración por unidad Af

=<10 m ²

Velocidad superficial de flujo durante lavado Vs

= 0,15 - 0,3 m/seg

Vs = 0.25 m/seg

Longitud total del medio filtrante L

MF 1 m

Longitud total del medio de soporte L

MS 0.30 m

Altura total del vertedero de rebose

h_R = 0,03 - 0,05 m

h_R = 0.05 m

Razón de flujo

R = 1 a 1

Relación largo ancho

No = 5 a 1

Borde libre

B = 0.30 m

Carga de agua en la superficie del lecho, debe estar entre 0,03 y 0,05 m

Valor adoptado 0.04 m

Pendiente caja filtro 0.50%

7.1.2. DIMENSIONAMIENTO

Área total de filtración

$$A_F = \frac{Q}{V_F}$$

Donde: *Q =* 12.60 *m³/h*

Vf = 2.50 *m/h*

A f = 5.04 *m²*

Área de filtración de cada unidad

$$A_f(Unidad) = \frac{A_f\ Total}{N}$$

Donde: *A f Total =* *5.04* *m ²*
N = *2.0* *Unidades A f (Unidad) =* *2.52* *m ² OK*

Caudal por cada filtro

$$Q_f = \frac{Q}{N}$$

Donde: *Q =* *12.60* *m ³/h*
N = *2.0* *Unidades*
Qf = *6.30* *m ³/h*

Caudal total

$$Q_T = Q + RxQ$$

Donde: *Q =* *12.60* *m ³/h*
R = *1.0*
Q T = *25.2* *m ³/h*

Caudal de toma

$$Q_D = \frac{Q_T}{N}$$

Donde: *QT =* *25.20* *m ³/h*
N = *2.0* *Unidades*
Q D = *12.6* *m ³/h*

Caja de filtración

La caja de filtración se diseña teniendo en cuenta la relación No (largo (L) / ancho (W)).
Se determina el ancho (W) de la caja mediante la siguiente expresión:

$$W = \sqrt{\frac{A_F}{N_o}}$$

Donde:

A f/unid = 2.52 m²
No = 5.0
W = 0.710 m

El largo (L) de la caja es:

$$L = N_o \, x \, W$$

Donde:

No = 5.0
W = 0.710 m
L = 3.55 m

La longitud de la caja de recuperación de arena debe ser un 20% de la longitud del filtro, por lo tanto, la longitud total (Lt) será de:

$$L_T = L \, x \, 1.2$$

Donde:
L = 3.55 m
L T = 4.26 m

La longitud de la caja de recuperación de arena es:

L CR = 0.71 m

Las medidas anteriores se ajustan a unidades mas cercana a la decena:

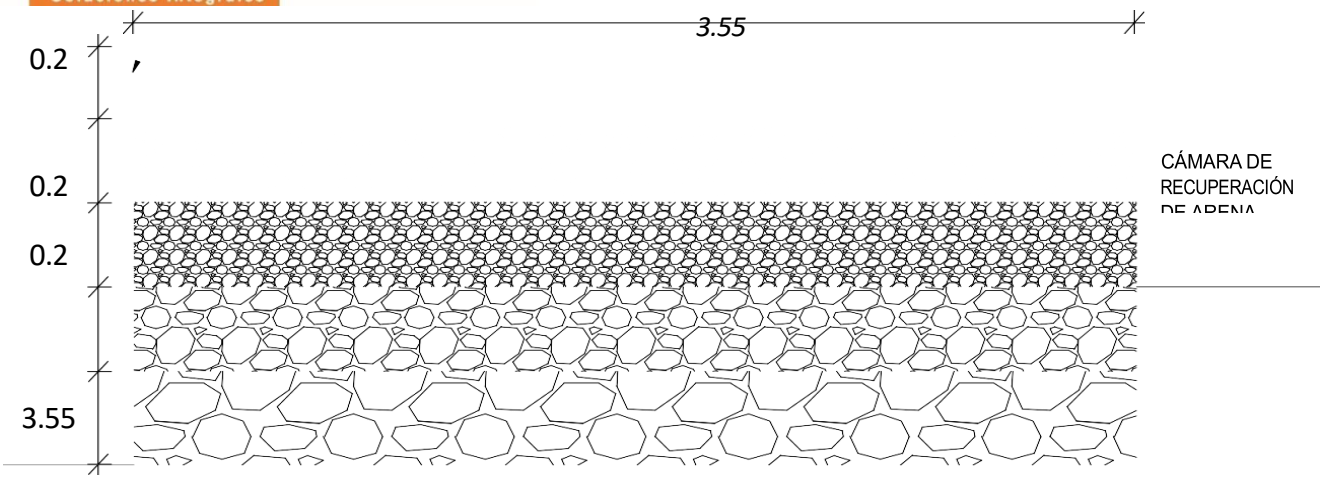
W = 0.70 m
L T = 4.30 m

Altura total pared del filtro

$$H_T = H_{MS} + H_{MF} + B$$

Donde:

HMS = 0.30 m Altura medio soporte
H MF = 0.60 m Altura medio filtrante
Hver = 0.05 m Altura medio filtrante-vertedero
B = 0.30 m Borde libre
HT = 1.25 m



La distribución del medio de soporte se muestra en la tabla siguiente:

Posición en la Unidad	Espesor de la Capa (m)	Tamaño de Grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 - 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13.0 - 25.0

La distribución del medio filtrante se muestra en la tabla siguiente:

Capa	Tipo	Diámetro de la particula (mm)	Espesor de la capa (mm)
Superior	Arena gruesa	1 - 2	50
Segunda	Grava fina	2 - 5	50
Tercera	Grava	5 - 10	50
Inferior	Grava gruesa	10 - 25	150

VERTEDERO DE ENTRADA

Pérdidas de energía lecho filtrante

Las pérdidas de energía por paso del a traves del lecho filtrante se estiman con la siguiente expresión:

$$hg = \frac{0.00608 \; x \; V \; x \; L_o}{d^2}$$

V = Velocidad de filtración (cm/seg)
Lo = Espesor capa (cm)
d 2 = Diámetro grava (cm)

Pérdida de carga en el medio filtrante

Diametro grava			*Espesor (cm)*	*Velocidad (cm/seg)*	*hg (cm)*
Pulgadas	*Cm*	*Prom*			
1/4"	*0.635*	*0.635*	*20.0*	*0.0694*	*0.0209*
3/8" - 1/2"	*0,953 - 1,27*	*1.1115*	*20.0*	*0.0694*	*0.0068*
1/2" - 3/4"	*1,27 - 1,905*	*1.5875*	*20.0*	*0.0694*	*0.0034*
1"	*2.54*	*2.540*	*30.0*	*0.0694*	*0.002*

0.0331

Se adopta una pérdida de carga de: 0.100 m

Cámara de disipación

Esta cámara se diseña con el mismo ancho de la caja de filtración, el largo es igual a un 20% de la longitud del filtro.

L CD = 0,2L

Donde: L = 3.55 m
L T = 0.71 m

La profundidad de la cámara de disipación es igual a la profundidad de la caja de filtración

Largo 0.70 m
Profundidad 1.25 m
Ancho 0.70 m

El tiempo de retención se calcula con la expresión:

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

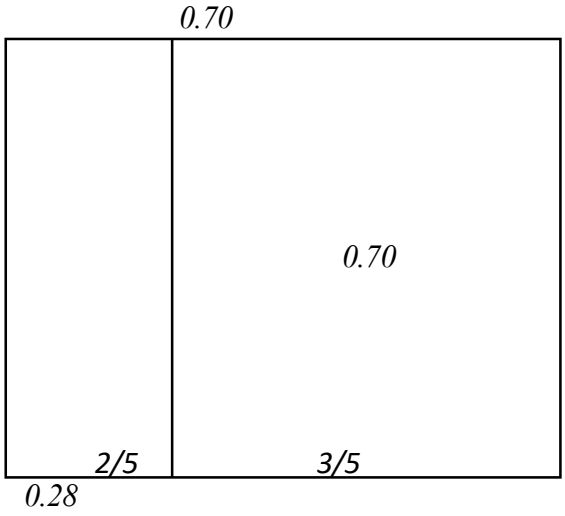
Donde: *V = 0.61 m³*
Q = 6.3 m ³/h

$t =$ 0.10 h

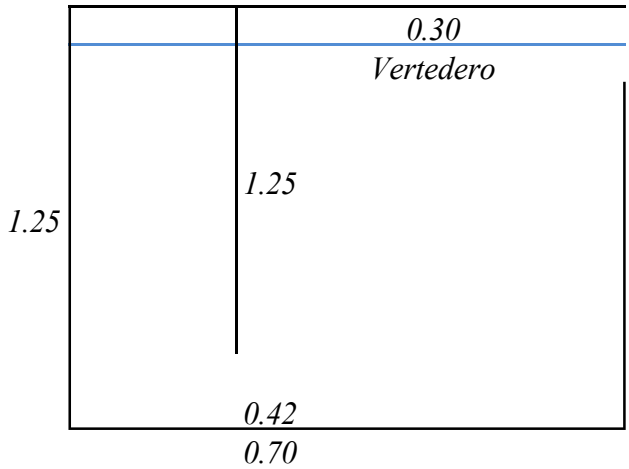
5.83 minutos

En esta cámara se instala una pantalla a 3/5 del vertedero de entrada a la caja de filtración.

Esta pantalla deberá dejar un espacio equivalente a 2/3 de la altura medida desde el fondo de la caja de filtración a la lámina de agua.



Se adoptan 0.30m y 0.40m



Perfil caja de disipación

Pérdidas de energía cámara de disipación

Las pérdidas de energía por paso del a través de la cámara de disipación se estima con la siguiente expresión:

$$h_f = \frac{n\ x\ V}{R_H^{\frac{2}{3}}}\ x\ l$$

Donde: *n = 0.013*

V = Velocidad en el tramo (m/seg) *R H = Radio hidraulica sección (m)*

l = Longitud tramo (m)

Tramo llegada

Q =	*12.60*	*m ³/h*
	0.0035	*m ³/seg*
Área =	0.490	*m²*
V =	0.0071	*m/seg*
Perímetro m =	2.80	*m*
R H =	0.175	*m*
l =	0.53	*m*
hf1 =	0.0002	*m*

Tramo salida

Q = 12.60 m ³/h 0.0035 m ³ /seg

Área = 0.294 m ²

V = 0.0119 m/seg

Perímetro m = 2.24 m

R H = 0.131 m l = 0.53 m

hf1 = 0.00032 m

Entre la entrada y salida se adopta un (1) centimetro en pérdidas

Vertedero rectangular de entrada y salida

Ancho del vertedero = 0.70 m

Caudal = 0.0035 m ³/seg

Altura del agua sobre el vertedero

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

Donde:

Q =	0.004	*m ³/seg*
B =	*0.70*	*m*
H =	*0.0195*	*m*
H =	*0.02*	*m*

Chequeo velocidad superficial del agua.

Radio hidráulico

$$R_H = \frac{A}{P_M}$$

Donde:

$A = 0.028 \quad m^2$
$PM = 0.78 \quad m^2$

$RH = 0.04 \quad m$

Para estimar la velocidad en la superficie del filtro utilizamos la ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} \, x \, R^{\frac{2}{3}} \, x \, S_f^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

n = *0.030*
R H = *0.04* *m*
Sf = *0.01*
V = *0.26* *m/s*

Vertedero triangular

Se utilizará a la entrada un vertedero de pared delgada tipo triangular, este nos permitirá medir el caudal de ingreso a la estructura.

La ecuación general para este tipo de vertederos es:

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \left(Tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \right) h^{\frac{5}{2}}$$

Despejando en función de h

$$h = \left(\frac{15Q}{8C_d \sqrt{2g} Tan(\frac{\beta}{2})} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Valores de Cd

Angulo	*Cd*	*Prom*
15	*0,52 - 0,75*	*0.635*
30	*0,59 - 0,72*	*0.655*
45	*0,59 - 0,69*	*0.64*
60	*0,50 - 0,54*	*0.52*
90	*0,50 - 0,60*	*0.55*

Donde:

Q = *0.0018* *m³/seg* *β =* *45* *º*

C d = *0.64*
h = *0.095* *m*

Medición de caudales

h (cm)	Q (l/s)	Vf (m/h)
1	0.006	0.009
2	0.035	0.051
3	0.098	0.140
4	0.200	0.287
5	0.350	0.501
6	0.552	0.791
7	0.811	1.162
8	1.133	1.623
9	1.521	2.179
10	1.979	2.836
11	2.512	3.598
12	3.122	4.473
13	3.814	5.464
14	4.590	6.576
15	5.455	7.814
16	6.410	9.182
17	7.459	10.685
18	8.604	12.326
19	9.850	14.110
20	11.197	16.040

La regleta de medición debe instalarse a una distancia de 6 h

= 0.57 m

Canal de entrada filtros

La relación entre la distancia entre el vértice del vertedero y el fondo del canal debe ser menor o igual a 1,2

Por lo tanto la distancia mínima entre el vértice del vertedero y el fondo del canal será:

P = 0.079 m

0.08 m

La altura total del agua en el canal será:

Y = 0.175 m

Para tener un área hidráulica de máxima eficiencia el ancho del canal debe ser dos veces el nivel del agua

T = 2Y

T = 0.350 m

$$F = \frac{V}{\sqrt{gY}}$$

Redond = 0.35 m

Chequeo No de Froude

V= 0.029 m/seg
g = 9.6 m/seg²
Y = 0.175 m
F = 0.02 OK

Borde libre:

Por 50%

Bl = 0.088 m

Altura total del canal Ht =
0.263 m

Redond= 0.27 m

Para que no se presente ahogamiento del vertedero triangular el nivel de agua a la salida del vertedero deberá estar a mas de 5,5 cm medidos del vértice del vertedero al nivel del agua en la caja de disipación del filtro

Nivel = 0.10 m

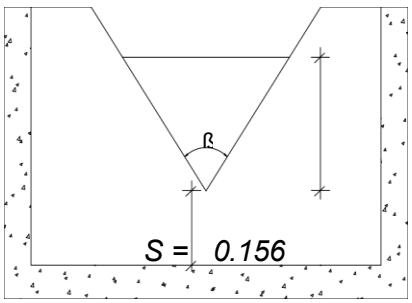
Pendiente del canal

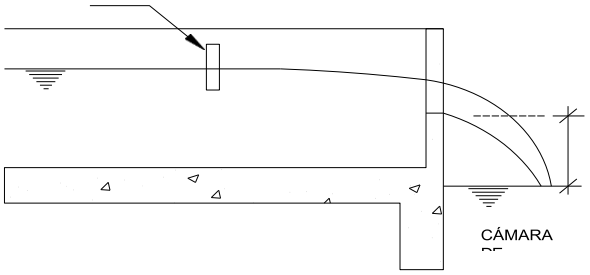
$$S = \left(\frac{Qn}{AR^{\frac{2}{3}}}\right)^2$$

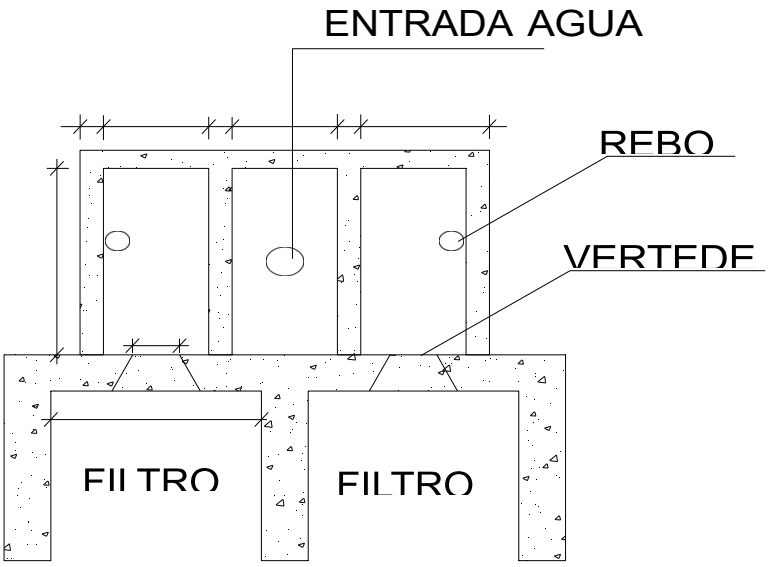
Donde:

Q = 0.0018 m³/seg
n = 0.013

A = 0.0613 m²
P = 0.7004 m
R = 0.0875 m







Cámara de distribución de caudales

Tiempo de retención = 0.5 min 0.008 h
Caudal de diseño = 25.2 m³/h

El volumen de la cámara se calcula así:

$$V = Q \ x \ t$$

Donde:

Q_T = 25.2 m³/h

t = 0.008 m/h

V = 0.210 m³

La cámara debe quedar entre los dos canales de entrada a los filtros.

Ancho caja de filtración =	*0.70*	*m*
Espesor muro filtros =	*0.2*	*m*
Espesor muros caja =	*0.1*	*m*
Ancho caja distrib. =	*0.70*	*m*

La altura de la cámara se toma igual a la de los canales:

= 0.27 m

La longitud de la cámara será:

$$L = \frac{V}{ah}$$

Donde:

Vol = 0.21 m³
h = 0.50 m³
a = 0.70 m³
L = 0.60 m

Múltiples recolectores

Criterios de diseño

$\frac{Área\ de\ orificios}{Área\ del\ lecho} = 0.0015\ a\ 0.005$ *0.0015*

$\frac{Área\ de\ laterales}{Área\ de\ orificios} = 2\ a\ 4$ *3*

$\frac{Área\ de\ multiples}{Área\ de\ orificios} = 1.5\ a\ 3$ *2.25*

Diámetro de los orificios : de 1/4" a 3/4" *0.0127 m Espaciamiento de los orificios: 3" a 12"*

$\frac{Longitud\ de\ cada\ lateral}{Diámetro\ del\ lateral} < 60$

Separación entre laterales (m) 0,5 - 1,0	*0.4*	*m*
Espaciamiento entre orificios (m) 0,1 - 0,3	*0.22*	*m*

Área de lecho	*2.52*	*m ²*
Área orificios =	*0.0038*	*m ²*

Largo del filtro =	*0.70*	*M*
No de laterales =	*1.75*	*Unid*
Redondeo =	*2.00*	
Longitud efectiva =	*0.40*	
Separación a eje de	*0.15*	*M*

Área de oricios por lateral =	*0.0019*	*m ²*
Diámetro del lateral =	*4*	*pulg*
	0.1016	*m*
Área del lateral =	*0.0081*	*m ²*

Diámetro orificios =	*0.375*	*pulg*
	0.0095	*m*
Área orificio =	*7E-05*	*m ²*
No orificios por lateral =	*26.524*	*Unid*
	27	*unid*
Área de orificios =	*0.0019*	*m ²*

Relación orificios/lateral =	*0.24*

Ancho del filtro =	*3.55*	*m*
Largo multiple =	*3.55*	*m*
No de orificios =	*27.00*	*Unid*
No orificios por hilera	*13.50*	*Unid*
Longitud efectiva =	*2.75*	

Separación a eje de los extremos = *0.40* *m*

Caudal por lateral =	*0.002*	*m ³/seg*
Velocidad lateral =	*0.216*	*m/seg*

Caudal por orificio =	*0.000*	*m ³/seg*
Velocidad lateral =	*0.910*	*m/seg*

Cámara de recuperación de arena

Esta cámara tiene por objeto recuperar la arena que pueda salir del filtro, en esta cámara se instala un sistema de rebose.

Longitud de la cámara = 0.71 m
Ancho de la cámara = 0.70 m
Altura de la cámara = 0.50 m

Diámetro tubería de rebose = 6 Pulgadas

Cámara de recolección agua filtrada

Esta cámara tiene por objeto recolectar el agua filtrada, que sale por los múltiples recolectores, en los extremos de estos tubos se instalan adaptadores de limpieza.

Longitud de la cámara = 0.50 m
Ancho de la cámara = 0.70 m
Altura de la cámara = 0.55 m

Diámetro 6 Pulgadas

A la salida de cada filtro se instala una válvula de mariposa de 4".

Altura vertedero rectangular a la entrada de la caja de filtración

Altura vertedero de salida = 0.95 m

Altura de agua sobre vertedero de salida = 0.02 m
Pérdidas en el multiples = 0.00 m

Pérdidas en el medio filtrante = 0.10 m

Altura vertedero entrada caja de filtración = 1.07 m Altura de agua vertedero de entrada = 1.09 m Borde libre a la entrada caja de filtración= 0.16 m

7.2. FILTRO GRUESO ASCENDENTE

Los filtros gruesos son sistemas de pretratamiento que se utilizan como estructuras de acondicionamiento previo a los sistemas de filtración lenta en arena.Los sistemas de filtros gruesos de flujo vertical, son muy eficientes debido a que acumulan todo el material sólido en el fondo de la estructura y esta es removida por un mecanismo de retrolavado.

Los componentes de un filtro grueso son:
a) Estructura de entrada y salida.
b) Caja de filtración.
c) Estructuras de drenaje y cámara de lavado.
d) Accesorios de regulación y control.
e) Dispositivos para limpieza superficial.

7.2.1. PARAMETROS DE DISEÑO

Caudal de diseño (Q)

Se tomara como caudal de diseño el Caudal Máximo Diario (QMD)

QMD = 3,50 l/seg
12,60 m³/h

Periodo de operación

Po = 24 h/Día

Velocidad de filtración (Vf)

De acuerdo con la resolución 0330 de 2017.

0,30 m/h 7,2 m³/(m².día)
0,60 m/h 14,4 m³/(m².día)

Se adopta una velocidad de filtración de:

Vf = 0,60 m/h 14,4 m³/(m².día)

Número mínimo de unidades

Nu = 2 Unidades

Altura del agua sobre el lecho filtrante

H = 0,20 m

Composición del medio filtrante.

Deben estar conformados

Para el lecho filtrante se recomienda la siguiente granulometría y espesor de capas.

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 – 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m):						
• **Soporte**	0.30	0.30	0.35	0.30	0.50	0.45
• **Lecho Filt.**	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45 - 0.75

* Lecho de soporte

Longitud total del medio filtrante

FGAC

19 - 25mm 0,30 m
13 - 19mm 0,20 m
6 - 13mm 0,15 m
3 - 6mm 0,15 m
1.6 - 3mm 0,10 m
Soporte 0,30 m
L_{MF} = *1,20 m*

Dispositivo de salida

El dispositivo de salida deberá estar a una altura de por lo menos 0,2 m mayor que la cota del nivel máximo del lecho total de gravas.

Borde libre

B = 0,30 m

Velocidad de lavado

Vl = 0,50 cm/seg

Cota terreno

1.736,00 msnm

7.2.2. DIMENCIONAMIENTO

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
1	Área medio filtrante por unidad,. (As)	Caudal de diseño (Q) =	12,6	m³/h	$A_s = \frac{Q}{NxV_f}$	10,50	m ²
		Velocidad de filtración (Vf)	0,60	m/h			
		Número de filtros (N) =	2,00	Unidades			
2	Coeficiente de mínimo costo (K)	Número de filtros (N) =	2	Unidades	$K = \frac{2N}{N+1}$	1,33	
3	Longitud de cada unidad (L)	As =	10,50	m ²	$L = \sqrt{A_f xK}$	3,74	m
		K =	1,33				
4	Ancho de cada unidad (A)	As =	10,50	m ²	$A = \sqrt{\frac{A_f}{K}}$	2,81	m
		K =	1,33				
5	Medidas finales				Largo =	3,80	m
					Ancho =	2,90	m
6	Altura total del filtro (Hf)				Altura del agua en lavado=	0,2	m
					Borde libre =	0,3	m
					19 - 25mm =	0,3	m
					13 - 19 mm =	0,2	m
					6 - 13 mm =	0,2	m
					3 - 6 mm =	0,2	m
					1.6 - 3 mm =	0,1	m
					Soporte mm =	0,3	m
					Total =	1,7	m
8	Périda de carga en el lecho filtrante (Hf)	19 - 25mm =	30,0	cm	$h_f = \frac{0.00608.V.L_o}{d^2}$	0,00085	m
		13 - 19 mm =	20,0	cm		0,00101	
		6 - 13 mm =	15,0	cm		0,00210	
		3 - 6 mm =	15,0	cm		0,00680	
		1.6 - 3 mm =	10,0	cm		0,02833	
		Soporte mm =	30,0	cm		0,00038	
		Velocidad de filtración (Vf) =	0,016667	cm/seg			
					Total =	0,03947	
					Se adopta =	0,05	

Terracontrol CIP S.A.S.
Nit 900992200-7
info@terracontrol.com
Cel.: 3175015525

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
20	Cámara de aquietamaiento entrada de filtros. Área de la estructura	Velocidad ascensional del agua (Vas)	3,00	cm/seg	$A = \frac{Q}{V_{as}}$	0,116667	m²
			0,03	m/seg			
		Tiempo de detención (t)=	30,0	seg			
		Caudal (Q) =	0,0035	m³/seg			
21	Lado de la cámara (L)				$L = \sqrt{A}$	0,341565	m
					Redondeo	0,50	
22	Volumen de la cámara (Vol)				$V = Qt$	0,1050	m³
	Altura de la cámara (Hc)				$V = \frac{Q.t}{A_o}$	0,42	m
23	Chequeo:				Área (Ac) =	0,25	m²
					Volumen final =	0,105	m³
					Tiempo de detención =	30,0	seg
24	Pérdidas de energía cámara de disipación	n =	0,013		$h_f = \left(\frac{nxV}{R_H^{\frac{2}{3}}}\right)^2 xl$	0,0000004	m
		Vas =	0,0140	m/seg			
		RH =	0,085	m			
		l =	0,42	m			
25	Múltiples recolectores	$\frac{Área\ de\ orificios}{Área\ del\ lecho} = 0.0015 - 0.005$			Relación Ao/Al =	0,0015	
					Área lecho filtrante (Af)	11,02	m2
					Área de orificios (Ao)	0,0165	m2
					Largo del filtro (l)	3,80	m
					Separación entre laterales (El)	0,4	m
		$\frac{Área\ de\ orificios}{Área\ de\ lateral} = 0.3 - 0.5$			No de laterales (Nl)	8,50	Unid
					Redondeo	9,00	Unid
					Longitud efectiva (Le)	3,20	m
					Área de oricios por lateral =	0,00184	m2
					Diámetro del lateral =	3"	pulg
						0,0762	m
					Área del lateral =	0,004560367	m²
		$\frac{Área\ de\ lateral}{Área\ ppal} = 0.3 - 0.5$			Diámetro orificios (Ø o)	3/8"	pulg
						0,009525	m
					Área orificio =	7,12559E-05	m²
					No orificios por lateral =	25,77564125	Unidad
						26	Unidad
					Área de orificios =	0,001852654	m²
					Relación orificios/lateral =	0,41	
					Diámetro del ppal =	4"	pulg
						0,1077	m
					Área del ppal =	0,009110061	m²
					Relación lateral/ppal =	0,50	
					Ancho del filtro =	2,90	m
					Largo múltiple =	2,70	m
					No de orificios =	26,0	Unidad
					No orificios por hilera =	13,0	Unidad
					Separación entre orificios (Eo)	0,19	m

7.3. DISEÑO FILTRO LENTO EN ARENA

La filtración lenta en arena consiste en hacer pasar el agua a baja velocidad por un lecho filtrante poroso, Por mecanismos de retención se elimina del agua material en suspensión y de naturaleza coloidal, igualmente se reduce significativamente los microorganismos. En la superficie del lecho filtrante se forma una capa biológica activa que actúa sobre la materia orgánica.

Esquema general de un filtro lento en arena. (Adaptado de la guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas, OPS/CEPIS/06,174)

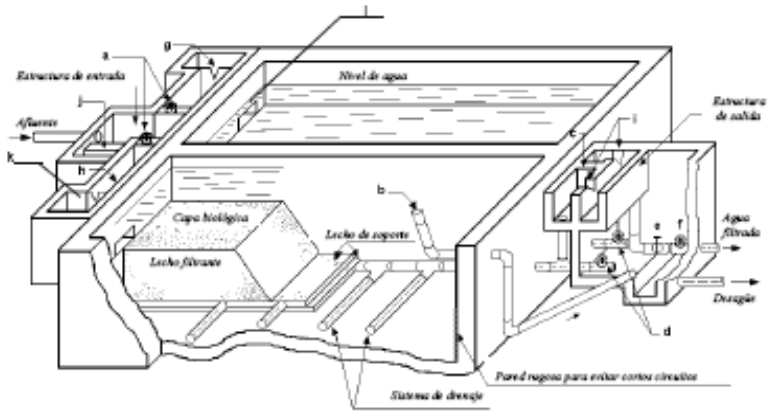


Figura 5: Componentes básicos de un FLA con control a la entrada.

a. Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración
b. Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, "cuello de ganso".
c. Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia
d. Válvula para drenar lecho filtrante
e. Válvula para desechar agua tratada
f. Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia
g. Vertedero de entrada
h. Indicador calibrado de flujo
i. Vertedero de salida.
j. Vertedero de excesos
k. Cámara de entrada a FLA
l. Ventana de acceso a FLA

7.3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Caudal de diseño

Se tomara como caudal de diseño el Caudal Máximo Diario (QMD)

QMD = 3.50 l/s
12.60 m³/s

Periodo de operación

Po =24,0 h/día

Tasa de filtración (Vf)

De acuerdo con la resolución 0330 de 2017

Tabla 11. Rangos de tasa de Filtración lenta en múltiples etapas (FIME)

Parámetro	Filtración lenta en arena	Filtro grueso dinámico	Filtro grueso ascendente
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	48 – 72	7,2 – 14,4
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 (0,2 cada capa)	0,4 – 0,9

Se adopta una tasa de filtración de:

Vf = 7,20 m³/m²/día

0,300 m/h

Número mínimo de unidades

Nu = 2,0 Unidades

Área máxima de filtración por unidad para fácil operación de raspado manual en menos de 24 horas

Af = < 200 m²

Altura del agua sobre el lecho filtrante

H = 1,0 m

Características del lecho filtrante

El material filtrante usado debe estas compuesto por granos de arena duros, redondeados, inerte, durable y limpio. Debe estar libre de arcillas y materia orgánica.

No debe con tener mas del 2% de carbonato de calcio y magnesio, para evitar que se produzcan cavitaciones en el medio filtrante al ser atacados estos elementos por aguas con alto contenido de dióxido de carbono (CO2).

El diámetro efectivo (d10) debe ser de:

0,35 *mm*
0,55 *mm*

El coeficiente de uniformidad debe ser de:

2 a 4

Longitud lecho de arena

La = *1,00* *m*

Longitud total del medio de soporte

LMS = *0,25* *m*

Dispositivo de salida

El dispositivo de salida deberá estar a una altura de por lo menos 0,1 m mayor que la cota del nivel máximo del lecho de arena.

Velocidad del agua a la entrada

Ve =0,10 m/h

Pérdida de carga

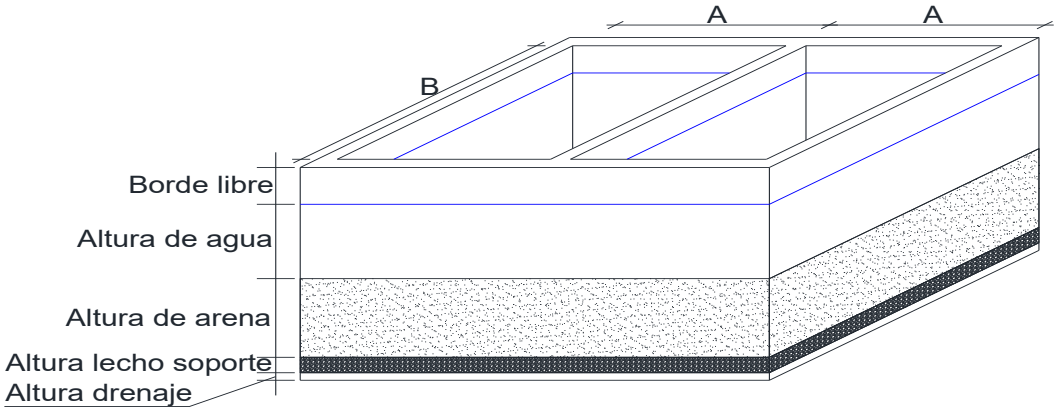
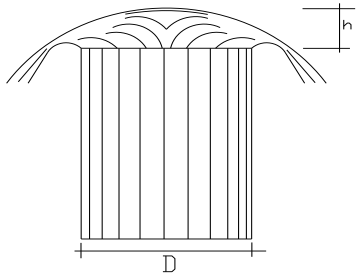
0.1 - 1.0 *m*

Borde libre

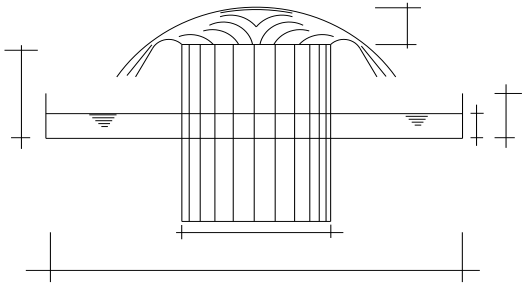
B = *0,30* *m*

7.3.2. DIMENCIONAMIENTO

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
1	Área medio filtrante por unidad,. (As)	Caudal de diseño (Q) =	12,6	m³/h	$A_s = \frac{Q}{NxV_f}$	21,00	m ²
		Velocidad de filtración (Vf)	0,30	m/h			
		Número de filtros (N) =	2,00	Unidades			
2	Coeficiente de mínimo costo (K)	Número de filtros (N) =	2	Unidades	$K = \frac{2N}{N+1}$	1,33	
3	Longitud de cada unidad (L)	As =	21,00	m ²	$L = \sqrt{A_f x K}$	5,29	m
		K =	1,33				
4	Ancho de cada unidad (A)	As =	21,00	m ²	$A = \sqrt{\frac{A_f}{K}}$	3,97	m
		K =	1,33				
5	Medidas finales				Largo =	5,30	m
					Ancho =	4,00	m
6	Altura total del filtro (Hf)				Longitud lecho arena =	1,0	m
					Longitud lecho soporte =	0,25	m
					Estructura drenaje =	0,1	m
					Altura de agua sobre arena =	1,0	m
					Borde libre =	0,30	m
					Total =	2,7	m
7	Deposito para almacenar arena	Altura de raspado =	0,03	m	$V = 2A \times B \times E \times N$	1,27	m ³
		No de raspados por año =	12	m			
		A =	4,00	m			
		B =	5,30	m			
		E =	0,03	m			
		N =	2	m			
8	Périda de carga en el lecho filtrante (Hf)	Longitud lecho arena 0,5 mm =	100,00	cm	$h_f = \frac{0.00608.V.L_o}{d^2}$	0,02267	m
		Grava de 9 - 19 mm =	15,00	cm		0,00105	
		Grava de 2 - 9 mm =	5,00	cm		0,00113	
		Arean gruesa 1 - 1.5 =	5,00	cm		0,00018	
		Velocidad de filtración (Vf) =	0,008333	cm/seg			
					Total =	0,02503	
					Se adopta =	0,05	

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
9	*Esquema filtros lentos* 						
10	*Vertedero distribución en el filtro lento* *Cresta sobre el vertedero de plantilla circular*	*Caudal filtro (Q) =* *Cnstante gravitacional (g)* *Coeficiente vertedero (μ)=* *Diametro (pulg) =* 4" *Perimetro vertedero (b) =*	*0,00175* *9,80* *0,63* *0,10770* *0,33835*	*m³/seg* *m/seg²* *m* *m*	$h = \left(\frac{3}{2}\ x\ Q\ x\ \frac{1}{\sqrt{2g}}\ x\ \frac{1}{\mu\ x\ b}\right)^{\frac{2}{3}}$ *Para salida tipo vertedero se debe cumplir que: h/D < 0,2*	*0,00166*	*m*
11	*Relación h/D*	*h =* *D =*	*0,00166* *0,10770*	*m* *m*		*0,01543*	*OK*
12							

Terracontrol CIP S.A.S.
Nit 900992200-7
info@terracontrol.com
Cel.: 3175015525

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
13	Cálculo bandeja perforada				$A = \frac{\pi . \emptyset^2}{4}$	7,12557E-05	m²
	Área por orificio (Ao)	Diámetro de orificios =	3/8"	Pulg			
			0,009525	m			
14	Área efectiva de orificios (Ae)	Velocidad del agua por orificios =	0,50	m/s	$A_o = \frac{Q}{V}$	0,00350	m²
		Caudal entrada filtros =	0,00175	m³/seg			
15	Número de orificios =				$N_o = \frac{A_e}{A_o}$	49,0	Unidades
16	Altura del agua sobre los orificios	Cd =	0,97		$H = \frac{1}{19.6}\left(\frac{Q}{C_d A_o}\right)^2$	0,0136	m
17	Altura total bandeja (hb)					0,05	m
18	Lado de la bandeja (L)				$L = 3\emptyset$	0,30	m
19							
20	Cámara de aquietamaiento entrada de filtros. Área de la estructura	Velocidad ascensional del agua (Vas)	3,00	cm/seg	$A = \frac{Q}{V_{as}}$	0,116667	m²
			0,03	m/seg			
		Tiempo de detención (t)=	30,0	seg			
		Caudal (Q) =	0,0035	m³/seg			
21	Lado de la cámara (L)				$L = \sqrt{A}$	0,341565	m
					Redondeo	0,50	
22	Volumen de la cámara (Vol)				$V = Qt$	0,1050	m³
	Altura de la cámara (Hc)				$V = \frac{Q.t}{A_o}$	0,42	m

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
23	Chequeo:				Área (Ac) =	0,25	m²
					Volumen final =	0,105	m³
					Tiempo de detención =	30,0	seg
24	Pérdidas de energía cámara de disipación	n =	0,013		$h_f = \left(\frac{nxV}{R_H^{\frac{2}{3}}}\right)^2 xl$	0,0000001	m
		Vas =	0,0140	m/seg			
		RH =	0,250	m			
		l =	0,42	m			
26	Vertedero triangular				$h = \left(\frac{15Q}{8C_d\sqrt{2g}Tan(\frac{\beta}{2})}\right)^{\frac{2}{5}}$	h (cm)	Q (l/s)
		Valores de Cd				1	0,006
		Angulo / Cd / Prom				2	0,035
		15 / 0,52 - 0,75	0,635			3	0,098
		30 / 0,59 - 0,72	0,655			4	0,200
		45 / 0,59 - 0,69	0,640			5	0,350
		60 / 0,50 - 0,54	0,520			6	0,552
		90 / 0,50 - 0,60	0,550			7	0,811
		Q =	0,00175	m³/seg		8	1,133
		β =	45,0	º		9	1,521
		C d =	0,64			10	1,979
		h =	0,095	m		11	2,512
		Distancia de la regleta (6h) =	0,571	m		12	3,122
		Altura (P) del vertice al fondocanal (1.2) =	0,079	m		13	3,814
						14	4,590
						15	5,455
						16	6,410
						17	7,459
						18	8,604
						19	9,850
						20	11,197
						21	12,650
						22	14,210
						23	15,880
						24	17,663
						24,5	18,597
27	Altura del agua en el canal de entrada (Y)				$Y = h + P$	0,175	m

Terracontrol CIP S.A.S.
Nit 900992200-7
info@terracontrol.com
Cel.: 3175015525

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
28	Ancho del canal (b)				$b = 2Y$	0,349	m
					Redondeo	0,400	
29	Velocidad del agua en el canal	Área transversal (V) =	0,070	m²	$V = \frac{Q}{A}$	0,02507	m/seg
30	Chequeo No de Froude (Fr)	V=	0,025	m/seg	$F = \frac{V}{\sqrt{gY}}$	0,0194	
		g =	9,6	m/seg²			
		Y =	0,175	m			
						OK	
31	Altura total del canal (Hc)	Borde libre (Bl) =	0,20	m	$H_c = Y + B_L$	0,375	m
					Redondeo	0,400	
32	Pendiente del canal	Q =	0,00175	m³/seg	$S = \left(\frac{Qn}{AR^{\frac{2}{3}}}\right)^2$	0,00025%	%
		n =	0,013				
		A =	0,070	m²			
		P =	0,749	m			
		R =	0,093197	m			
33	Nivel del agua pasando el vertedero	Altura de agua bajo el vertice (Nh) =	0,10	m			
34	Lado de la caja entrada filtro (Le) =	Diámetro tubería entrada (Ø) =	0,10770	m	$L_e = 2x\emptyset$	0,21540	m
					Redondeo =	0,40	
35	Profundidad caja entrada (Pe) =				$P_e = 4x\emptyset$	0,32310	m
					Redondeo =	0,40	
36	Múltiples recolectores	$\frac{\text{Área de orificios}}{\text{Área del lecho}} = 0.0015 - 0.005$			Relación Ao/Al =	0,0015	
					Área lecho filtrante (Af)	21,20	m2
					Área de orificios (Ao)	0,0318	m2
					Largo del filtro (l)	5,30	m
		$\frac{\text{Área de orificios}}{\text{Área de lateral}} = 0.3 - 0.5$			Separación entre laterales (El)	0,5	m
					No de laterales (Nl)	9,60	Unid
					Redondeo	10,00	
		$\frac{\text{Área de lateral}}{\text{Área ppal}} = 0.3 - 0.5$			Longitud efectiva (Le)	4,50	m
					Separación a eje de los laterales extremos con el muro	0,40	m
					Área de oricios por lateral =	0,00318	m2
					Diámetro del lateral =	3"	pulg
						0,0762	m
					Área del lateral =	0,004560378	m²

					Diámetro orificios (Øo)	3/8"	pulg
						0,009525	m
					Área orificio =	7,12559E-05	m²
					No orificios por lateral =	44,62787977	Unidad
						45	Unidad
					Área de orificios =	0,003206516	m²
					Relación orificios/lateral =	0,70	
					Diámetro del ppal =	4"	pulg
						0,1077	m
					Área del ppal =	0,009110061	m²
					Relación lateral/ppal =	0,50	
					Ancho del filtro =	4,00	m
					Largo múltiple =	3,80	m
					No de orificios =	45,0	Unidad
					No orificios por hilera =	22,5	Unidad
					Separación entre orificios (Eo)	0,16	m
	Perdida de carga multiples						
37	Velocidad en el conducto ppal (Vppal)	Caudal en el conducto ppal (Qppal)	0,00175	m³/s	$V_{ppal} = \frac{Q_{ppal}}{A_{ppal}}$	0,192	m/s
		Área del conduco ppal (Appal)	0,00911	m²			
38	Pérdida de carga en el conducto ppal (Hppal)	Diámetro conducto ppal (Dppal)	0,1077	m	$H_{ppal} = \frac{1}{3}.\frac{0{,}0175.L}{D}.\frac{V^2}{2g}$	0,000540	m
		Velocidad conducto ppal (Vppal)	0,192095	m/s			
		Longitud conducto ppal	5,30	m			
39	Caudal por lateral Qlateral	Caudal en el conducto	0,00175	m³/s	$Q_{lateral} = \frac{Q_{ppal}}{N_{leteral}}$	0,00018	m³/s
		Número de laterales Nlat	10,00	Unidad			
40	Velocidad en el conducto lateral (Vlateral)	Caudal en el conducto	0,000175	m³/s	$V_{lateral} = \frac{Q_{lateral}}{A_{lateral}}$	0,0384	m/s
		Área del conduco lateral	0,00456	m²			
41	Pérdida de carga en el conducto lateral (Hlateral)	Diámetro conducto lateral	0,0762	m	$H_{ppal} = \frac{1}{3}.\frac{0{,}0175.L}{D}.\frac{V^2}{2g}$	0,00002186	m
		Velocidad conducto lateral	0,038374	m/s			
		Longitud conducto lateral	3,80	m			
42	Pérdida de carga por descarga al ppal (Hdes.ppal)	Velocidad conducto lateral (Vlateral)	0,038374	m/s	$H_o = 1{,}5.\frac{V^2}{2g}$	0,0001127	m
43	Caudal por orificio (Qorificio)	Caudal en el conducto	0,00018	m³/s			

Paso	Resultado	Datos	Cantidad	Unidad	Criterios	Cálculos	Unidad
		Número de orificios en laterales (Norificios)	45	Unidad	$Q_{orificios} = \frac{Q_{lateral}}{N_{orificios}}$	0,00000389	m³/s
44	Velocidad en el orificio (Vorificio)	Caudal en el orificio	3,89E-06	m³/s	$V_{orificio} = \frac{Q_{orificio}}{A_{orificio}}$	0,054576	m/s
		Área del orificio (Aorificio)	7,13E-05	m²			
45	Pérdida de carga por descarga al lateral (Hdes.lateral)	Velocidad en el orificio (Vorificio)	0,054576	m/s	$H_o = 1{,}5.\frac{V^2}{2g}$	0,0002	m
46	Pérdida de carga total				= Hppal +Hlateral+Hdes.ppal+	0,0009	m
47					Valor adoptado	0,01	m
48	Altura nivel de agua cámara de entrada filtro (NAFG), medido desde la losa de fondo	Lecho filtrante	E (cm)	Tamaño (cm)	$H_g = 0{,}00608.V_f.\frac{L_o}{{D_o}^2}$		
		Grava de 9 - 19 mm =	15,00	1,9		0,000211	m
		Grava de 2 - 9 mm =	5,00	0,09		0,031276	m
		Arean gruesa 1 - 1.5 =	5,00	0,15		0,011259	m
		Velocidad de filtación =	0,00833	cm/seg			
49	Estructura de salida						
	Pérdida de carga en tubería de salida	Diametro tubería (D)=	0,1077	m	$h_f = \left(\frac{nxV}{R_H^{\frac{2}{3}}}\right)^2 xl$	0,00049	m
		Área (Ao) =	0,00911	m²			
		Perímetro mojado (P) =	0,33835	m			
		Radio hidrauico (R) =	0,026925	m			
		Caudal (Q) =	0,00175	m³/seg			
		Velocidad del agua (Vas) =	0,19210	m/seg			
		n =	0,00900				
		Longitud (l) =	1,32500	m			
50	Carga sobre el vertedero circular	Caudal (Q) =	0,00175	m³/seg	$H = \left(\frac{Q_v}{1{,}518.D^{0{,}693}}\right)^{\frac{1}{1{,}807}}$	0,05561	m
		Diametro tubería (D)=	0,1077	m			
					Total	0,05610	m

7.4.DESINFECCIÓN

El proceso de desinfección se realizará utilizando como desinfectante hipoclorito de sodio, en estado líquido, para su aplicación se utilizará un sistema hidráulico de cabeza constante, el cual aplicará a un tanque de contacto de cloro con un tiempo de retención de 20 minutos.

Caudal =	*3.5*	*l/seg*		
TRH =	*20*	*min*	*(Resolución 0330/2017)*	
Volumen (V) =			*4,20*	*m3*
Profundidad =		*1*	*metro*	
Ancho =		*1,00*	*m*	
Largo =		*4,20*	*m*	
No canales =	*4*	*Unid*		
Largo =	*1,05*	*m*		
Cloro				
Caudal =		*3,5*	*l/s*	
Dosis cloro =	*2*	*mg/l*		
Capacidad =			*0,60*	*Kg/día*
La especificación del equipo de cloración viene dada en Lb				
Capacidad =		*1,33*	*Lb/día*	

7.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

Como parte del sistema de abastecimiento de agua potable se proyecta al final del tratamiento un tanque de almacenamiento que a su vez servirá como sistema de regulación para las horas pico que se presenten durante el día.

De acuerdo a lo conversado con la población los consumos máximos de agua están asociados a las costumbres de trabajo en el campo, estos se presentan alrededor de las 5 de la mañana cuando comienzan las labores de campo, en este tiempo se hacen preparación de baño personal, preparación de alimentos, alimentos y demás actividades, posteriormente tipo 5:00pm se presenta nuevamente un poco de consumo cuando las personas retornan a sus viviendas.

Teniendo en cuenta lo establecido en la resolución 0330 de 2017, articulo 81, el cual reza: "El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento".

La capacidad de almacenamiento se define como 1/3 del volumen del día de mayor consumo, mientras que la regulación se debe estimar por métodos gráficos o analíticos.

Para el presente proyecto el volumen de regulación se estimará mediante el uso gráfico del método de curva de masas, para ello se construyó una curva de consumos según las costumbres de los habitantes.

Para estimar el volumen de almacenamiento se utilizó la siguiente ecuación según la resolución 0330 de 2027.

$$V = 28.8 x QMD$$ *(Ecuación 1)*

Donde:

V = Volumen de tanque de almacenamiento (m³)

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

Aplicando la ecuación se tiene un volumen de almacenamiento de 98,0 m³

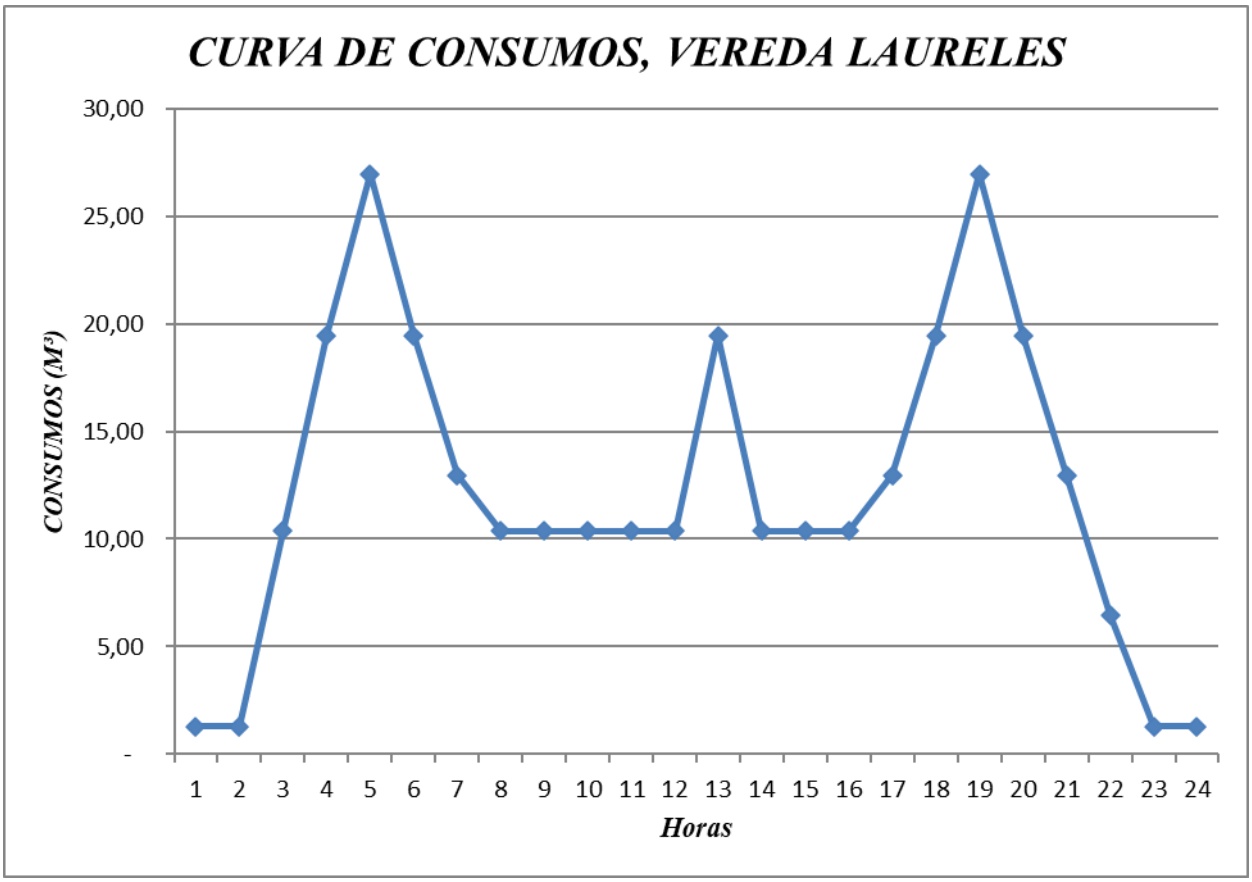
Como se mencionó anteriormente para el cálculo del volumen de regulación se aplicará el método de curva de masas, para esto se estimó una curva de consumos según las costumbres de sus habitantes.

Los datos de calibración de la curva son los siguientes:

Dotación de agua	140	l/hab-día		
Habitantes	1.216	Habitantes		
Consumo medio	1,97	l/s	170,24	m3/día
Pérdidas del sistema	25%			
Consumo total	2,63	l/s	226,99	m3/día
Factor QMH	2,08			
% Consumo mínimo	0,10%			
Volumen almacenamiento	160,00	m3		
Altura almacenamiento	2	m3		
Área	80,00	m2		
Caudal de entrada	2,78	l/s	240,19	m3/dia
Caudal de salida	2,63	l/s	226,99	m3/dia
Altura inicial	2	m	1,82	

Horas pico
5
0
18

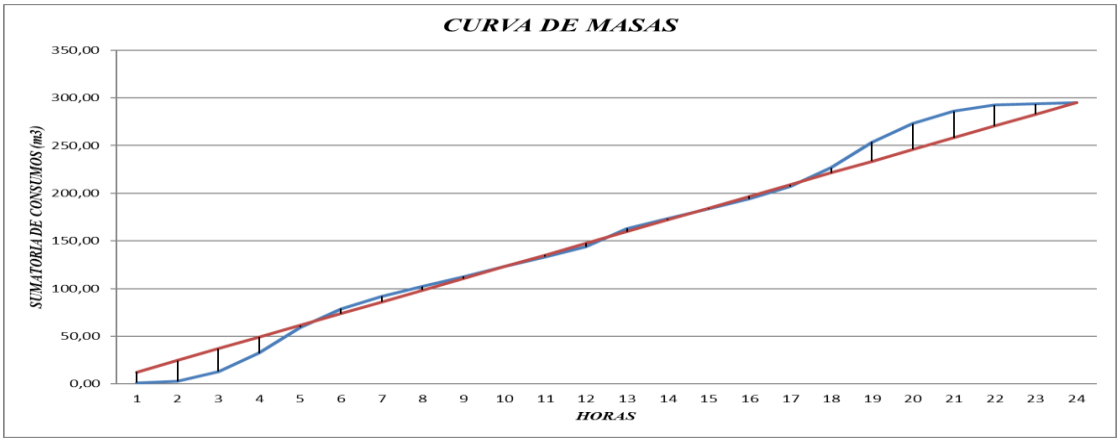
Con estos datos se construyo la curva de consumos:



Con esta curva se construyó la siguiente tabla de consumos acumulados que sirve para elaborar la curva másica del sistema de almacenamiento.

Factor consumo	Consumo horario (%)	Consumo (m3)	ΣConsumo (m3)	Demanda (m3)	ΣDemanda (m3)	D - C	Σ(D-C) (m³)
0,10	0,44%	1,30	1,30	12,30	12,30	11,00	11,00
0,10	0,44%	1,30	2,59	12,30	24,59	11,00	22,00
0,80	3,51%	10,37	12,96	12,30	36,89	1,92	23,92
1,50	6,59%	19,45	32,41	12,30	49,18	-7,15	16,77
2,08	9,14%	26,97	59,38	12,30	61,48	-14,67	2,10
1,50	6,59%	19,45	78,83	12,30	73,77	-7,15	-5,06
1,00	4,39%	12,96	91,79	12,30	86,07	-0,67	-5,73
0,80	3,51%	10,37	102,16	12,30	98,36	1,92	-3,80
0,80	3,51%	10,37	112,54	12,30	110,66	1,92	-1,88
0,80	3,51%	10,37	122,91	12,30	122,95	1,92	0,04
0,80	3,51%	10,37	133,28	12,30	135,25	1,92	1,97
0,80	3,51%	10,37	143,65	12,30	147,54	1,92	3,89
1,50	6,59%	19,45	163,10	12,30	159,84	-7,15	-3,26
0,80	3,51%	10,37	173,47	12,30	172,13	1,92	-1,34
0,80	3,51%	10,37	183,84	12,30	184,43	1,92	0,58
0,80	3,51%	10,37	194,22	12,30	196,72	1,92	2,51
1,00	4,39%	12,96	207,18	12,30	209,02	-0,67	1,84
1,50	6,59%	19,45	226,63	12,30	221,31	-7,15	-5,32
2,08	9,14%	26,97	253,59	12,30	233,61	-14,67	-19,99
1,50	6,59%	19,45	273,04	12,30	245,90	-7,15	-27,14
1,00	4,39%	12,96	286,01	12,30	258,20	-0,67	-27,81
0,50	2,20%	6,48	292,49	12,30	270,49	5,81	-22,00
0,10	0,44%	1,30	293,79	12,30	282,79	11,00	-11,00
0,10	0,44%	1,30	295,08	12,30	295,08	11,00	0,00
22,76	100,00%	295,08					

Max sobrante	23,92
max deficit	-27,81
Volumen	51,73



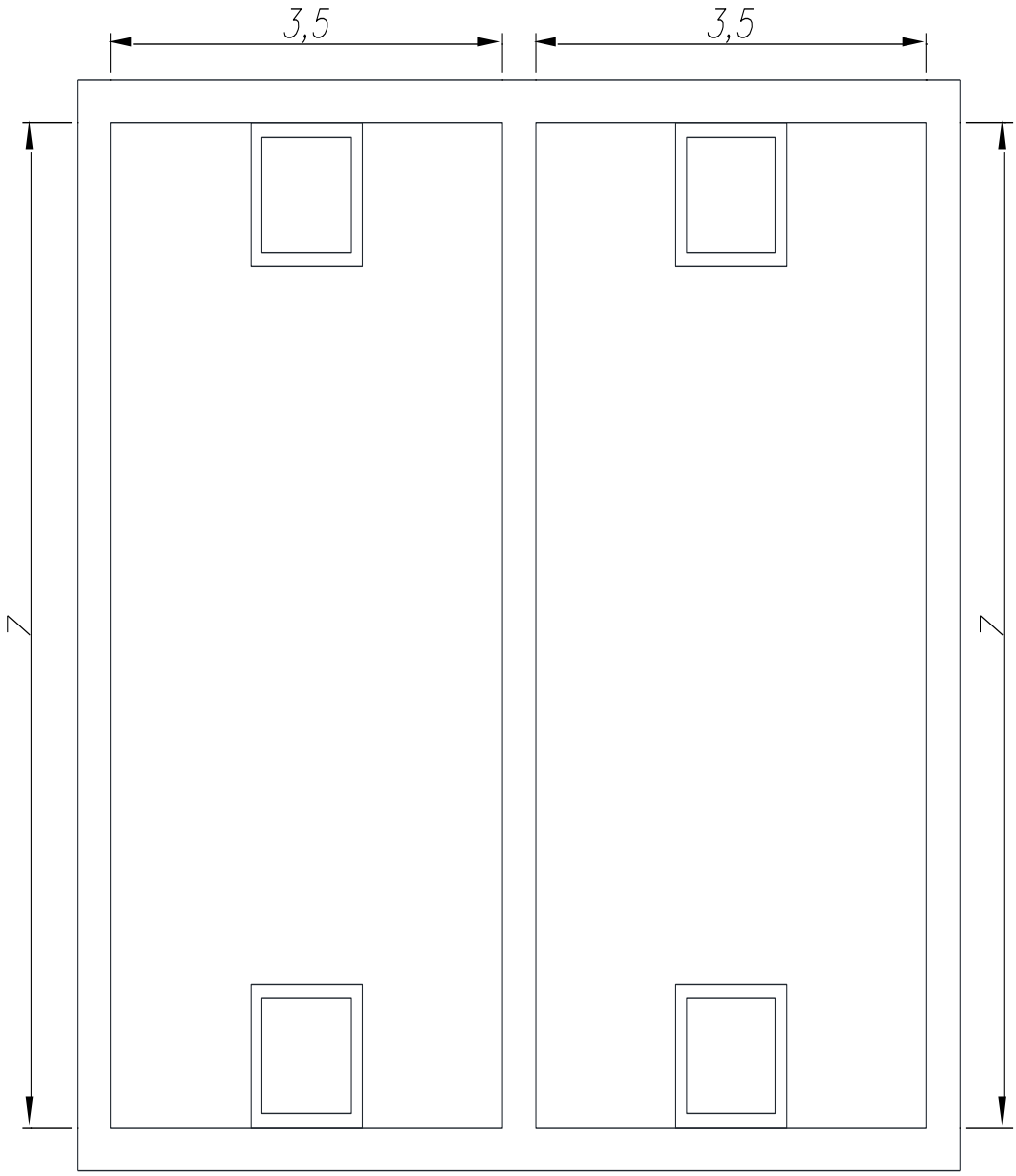
De acuerdo a lo anterior el volumen de regulación es de 51.73 m³, y el volumen de almacenamiento es de 98,0 m³, esto significa que a la luz de la resolución 0330 de 2017 el volumen resultante será el mayor de los dos (2), es decir se toma como volumen del tanque 98 m³.

El tanque deberá ser de dos compartimentos para efectos de limpieza, contará con ventanas de acceso, las esquinas deberán ser en chaflan y demás recomendaciones dadas en el artículo 79 de la resolución 0330 de 2017.

Las dimensiones del tanque serán las siguientes:

Altura (H) =	*2*	*m*
Área (A) =	*49,00*	*m2*
Ancho =	*7,00*	*m*
Largo =	*7,00*	*m*
Volumen =	*98,00*	*m3*

Cada módulo del tanque será de forma rectangular, siguiendo un esquema de flujo tipo FIFO.



La altura de agua será de 2,0 m y el borde libre será de 0.30 m, para una altura total de 2,30 m.

Ventilación

Diámetro acometida de llenado	3"	*Pulgadas*
Diámetro interno real	*0,08042*	*m*
Área acometida de llenado	*0,00508*	*m²*
Área mínima de ventilación 4 x φ	*0,02032*	*m²*
Número de tubos ventilación	*4*	
Diámetro tubos ventilación	*3,17*	*Pulgadas*
Diámetro adoptado	*4,00*	*Pulgadas*

Desague

Volumen del tanque	*25.888,86*	*galones*
Diámetro del desague	*4"*	*pulg*

Tabla 2. Dimensión de la tubería de lavado para tanques de agua

Capacidad del tanque Litros (galones)	Tubería de lavado (pulgadas)
Hasta 2 839 (Hasta 750)	1
2 840 a 5 678 (751 a 1 500)	1 ½
5679 a 11 355 (1 501 a 3 000)	2
11 356 a 18 925 (3 001 a 5 000)	2 ½
18 925 a 28 388 (5 000 a 7 500)	3
Más de 28 388 (Más de 7 500)	4
Factores de conversión: 25,4 mm = 1 pulgada=, 1 L = 0,3 galón.	

Fuente: Tabla 7.6.5.7 – NTC 1500:2020 Dimensión de la tubería de lavado para tanqu
de agua

Rebosadero

Caudal de llenado	*27,74*	*gpm*
Diámetro del rebosadero	*2"*	*pulg*

Tabla 1. Dimensiones para rebosaderos de tanques de suministro de agua

Máxima capacidad de la tubería de suministro al tanque de agua L/min (gpm)	Diámetro del rebosadero (pulgadas)
0 – 189 (0 – 50)	2
189 – 568 (50 – 150)	2 ½
568 – 757 (150 – 200)	3
757 – 1514 (200 – 400)	4
1514 – 2650 (400 – 700)	5
2650 – 3785 (700 - 1000)	6
Más de 3785 (Más de 1000)	8
Factores de conversión: 25,4 mm = 1 pulgada=, 1 L/min = 0,26 galón/min.	

Fuente. Tabla 7.6.5.4 – NTC 1500:2020 Dimensiones para rebosaderos de tanques de suministro de agua

Tubería de conexión tanque de contacto de cloro – tanque de almacenamiento.

Esta tubería se diseña para un caudal de 3.5 l/s, la estimación de las pérdidas se realizó con la aplicación de la ecuación de Hazen Williams.

Ecuación de Hazen Williams

Se utilizó para diámetros mayores a dos (2) pulgadas.

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785.C.D^{2.63}}\right)^{1.85}$$ *(Ecuación 2)*

Donde:

J = Pérdidas de carga (m/m)

C = Coeficiente de fricción

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

Factor de fricción C

El factor "C" en las ecuaciones anteriores se determinó según la tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes "C" típicos

Material	Flamant	HW
Hierro fundido	0,00031	120
Hierro galvanizado	0,00023	100
Acero	0,00018	100
Cobre	0,00012	140
PVC, polietileno	0,0001	150

Se proyectan válvulas a la entrada de cada tanque, las válvulas serán del tipo mariposa, las cuales funcionan totalmente abiertas o totalmente cerradas, su operación es muy sencilla solo tienen un giro de 90°, en estos puntos no se registrarán presiones que superen los 5,00 mca.

Ecuación = Hazen Williams
R D E = 21
Coeficiente "C" = 150
Velocidad asumida = 1,50 m/s
Caudal = 3,5 l/s
Diametro nominal = 2.1/2" 2.1/2"
Dinterno = 0,06607 m
Vreal = 1,021 m/s
V²/2g = 0,0532 m
J = 0,01566 m/m
Longitud H 10,00 m
Longitud V 2,50 m

Pérdidas en accesorios

Accesorio	φ Pulg	C	Cant	Le (m)
CODO x 90° RADIO MEDIO	2.1/2"	150	3	3,5041
TEE PASO DIRECTO NORMAL	2.1/2"	150	1	0,9033
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	2.1/2"	150	1	0,3011
ENTRADA NORMAL	2.1/2"	150	1	0,7081
				5,4167

Longitud total 17,917 m
Pérdida total 0,281 m

Tapas de acceso

Para realizar labores de mantenimiento interno del tanque de almacenamiento se proyectaron dos tapas de acceso por cada tanque una a la entrada del agua y otra a la salida del agua potable, el espacio de cada tapa será de 0.80m x 0.80m, realzadas 0.10m sobre la losa superior del tanque de almacenamiento, las tapas deben ser en lámina de alfajor, tal como se muestra en los detalles del plano respectivo.

Tubería de salida tanque

Se determina siguiendo el mismo procedimiento que se aplicó con la tubería entre el tanque de contacto de cloro – tanque de almacenamiento, para la salida del tanque se evaluará con el caudal máximo horario (QMH) por ser parte de la línea de conducción, se proyectarán válvulas de salida a cada tanque y válvula general de control, las válvulas proyectadas serán del tipo compuerta.

Ecuación = Hazen Williams
R D E = 21
Coeficiente "C" = 150
Velocidad asumida = 1,50 m/s
Caudal = 5,5 l/s
Diametro nominal = 3"
Dinterno = 0,08042 m
Vreal = 1,083 m/s
V²/2g = 0,0598 m
J = 0,013887 m/m
Longitud H 2,20 m
Longitud V 0,00 m

Pérdidas en accesorios

Accesorio	*φ Pulg*	*C*	*Cant*	*Le (m)*
CODO x 90° RADIO MEDIO	*3"*	*150*	*1*	*1,3897*
VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	*3"*	*150*	*1*	*0,3574*
TEE PASO DE LADO Y SALIDA LATERAL	*3"*	*150*	*1*	*3,3420*
				5,0891

Longitud total 7,289 m
Pérdida total 0,101 m

7.6 MACROMEDIDOR DE AGUA POTABLE

Caudal = 5,50 l/s
Consumo medio diario= 475,2 m3/día
Consumo horario= 19,80 m3/hora
Diámetro Medidor= 3"
Tipo = Ultrasónico
DN = 50
R = 500

8. SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

De acuerdo con los resultados de los diseños hidráulicos la planta FIME (Filtración en múltiples etapas se acomoda mejor a las condiciones del lote 1, este sistema no requiere energía, en cuanto a insumos solo se necesita hipoclorito de sodio, se observó la calidad del agua de la fuente superficial denominada las Margaritas, cual se puede transportar en canecas de 50 kg, la vía de acceso llega hasta el sitio de localización de la planta.

Las plantas FIME, son de fácil operación, las labores que se realizan a diario corresponden a verificaciones de tasas de filtración, las cuales se miden en las regletas de los vertederos, el filtro lento requiere mantenimiento aproximadamente cada 45 días, tiempo en el cual hay que raspar los primeros 5 centímetros de la capa superior, la preparación de cloro.



Ing Sanitario
tp 7623747891vll