

INFORME FINAL TRABAJO SOCIAL

DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA DE TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN  
FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA CABECERA  
CORREGIMENTAL DE EL PALMAR, MUNICIPIO DE LA VEGA CAUCA.

ROSA LORENA GOMEZ RENGIFO

Código N° 104913010514



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

POPAYÁN

2018

DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA DE TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN  
FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA CABECERA  
CORREGIMENTAL DE EL PALMAR, MUNICIPIO DE LA VEGA CAUCA.

ROSA LORENA GÓMEZ RENGIFO  
Código N° 104913010514

Informe final de trabajo de grado en la modalidad de trabajo social, como requisito parcial para  
optar el título de Ingeniera Ambiental

Director  
Mauricio Hernán Aguirre Gómez  
Ingeniero Civil, MSc.



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2018

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios***

Por darme la oportunidad de vivir, por darme salud y sabiduría para cumplir mis objetivos.

### ***A mi madre Noralba***

Por su amor incondicional, su apoyo, sus consejos, por ser ejemplo de perseverancia, honestidad, respeto, solidaridad, por sus esfuerzos y dedicación.

### ***A mi padre Henry***

Por ser mi ángel guardián.

### ***A mi hijo Juan José***

Por ser el motor que me impulsa a buscar una mejor calidad de vida.

### ***A mis hermanos Luz, Andrés, Antonio, Luis***

Por su apoyo incondicional, a Andrés, el pilar fundamental y por darme innumerables impulsos para cumplir mis objetivos

### ***A mis amigas; Laura Muñoz, Leidy Martínez, Anabel Zambrano y Ginary Vargas.***

Por el apoyo que recibí en la formación profesional, por compartir inolvidables momentos en el transcurso de este proceso.

### ***A mi director MSc Mauricio Aguirre***

Le expreso mis más sinceros agradecimientos por su apoyo en el desarrollo del presente proyecto, por su tiempo, orientación y por su disponibilidad.

### ***A la comunidad de El Palmar***

Por su apoyo incondicional en cada una de las actividades que se desarrollaron para cumplir los objetivos propuestos.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma director

Mauricio Hernán Aguirre Gómez

---

Firma Jurado 1

---

Firma Jurado 2

---

POPAYÁN, OCTUBRE DE 2018

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. UBICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL .....</b>	<b>9</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO ACTUAL.....</b>	<b>10</b>
3.1.1. Recolección de información. ....	10
3.1.2. Descripción general del sistema de alcantarillado. ....	11
3.1.3. Componentes de infraestructura del sistema de alcantarillado. ....	11
3.1.4. Aplicación de encuesta. ....	11
<b>3.2. REQUERIMIENTOS DE CAMPO .....</b>	<b>11</b>
3.2.1. Aforo de caudales. ....	11
3.2.2. Caracterización de aguas residuales y naturales. ....	12
3.2.3. Calculo de la concentración de saturación de oxígeno disuelto. ....	13
3.2.4. Determinación de cargas contaminantes domésticas. ....	14
3.2.5. Determinación de la carga contaminante del lavado del café. ....	16
<b>3.3. DISEÑO DEL EMISOR FINAL AL STAR .....</b>	<b>16</b>
3.3.1. Actividades preliminares. ....	16
Asignación del nivel de complejidad .....	18
Dotación neta .....	19
Determinación de caudales de aguas residuales domesticas .....	19
3.3.2. Levantamiento topográfico. ....	21
3.3.3. Diseño del emisor final a STAR. ....	21
<b>3.4. SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....</b>	<b>22</b>
3.4.1. Tipos de tratamiento. ....	22
• Pretratamiento .....	22
• Tratamientos primarios.....	23

•	Tratamientos Secundarios .....	24
3.4.2.	Criterios de selección de tecnología .....	26
3.4.3.	Selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas. ....	27
3.4.4.	Opciones de tratamiento. ....	28
<b>3.5. REALIZAR LOS DISEÑOS HIDRAULICO Y SANITARIO A LA ALTERNATIVA</b>		
<b>SELECCIONADA .....</b>		<b>28</b>
3.5.1.	Diseños. ....	28
<b>4. ANALISIS Y RESULTADOS.....</b>		
<b>4.1. RECOLECCION DE INFORMACION PRIMARIA. ....</b>		<b>29</b>
<b>4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....</b>		<b>29</b>
4.2.1.	Entidad responsable.....	30
4.2.2.	Componentes del sistema. ....	30
<b>4.3. COMPONENTES DE INFRESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO... 31</b>		
4.3.1.	Cámaras y cajas de inspección. ....	31
4.3.2.	Componentes de las cámaras y cajas de inspección. ....	33
	Estado general de los pozos .....	36
<b>4.4. ANALISIS DE ENCUESTA APLICADA .....</b>		<b>38</b>
<b>4.5. REQUERIMIENTOS DE CAMPO .....</b>		<b>44</b>
4.5.1.	Aforo de caudales. ....	44
4.5.2.	Caracterización de aguas residuales y naturales. ....	47
4.5.3.	Calculo de la concentración de saturación de oxígeno disuelto .....	47
4.5.4.	Determinación de la carga contaminante de los habitantes .....	48
4.5.5.	Evaluación del impacto ambiental.....	51
4.5.6.	Objetivos del tratamiento de aguas residuales.....	53
4.5.7.	Determinación de la carga contaminante de los productores de café. ....	54
<b>4.6. DISEÑO DEL EMISOR FINAL A STAR.....</b>		<b>55</b>
4.6.1.	Métodos de estimación de la población futura. ....	56
4.6.2.	Asignación del nivel de complejidad.....	57
4.6.3.	Asignación de la dotación neta máxima por habitante. ....	57
4.6.4.	Determinación de caudales de aguas residuales domesticas.....	57
<b>4.7. SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....</b>		<b>58</b>
4.7.1.	Selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales domesticas .....	58

4.7.2.	Opciones de tratamiento.....	60
4.7.3.	Elección de tren de tratamiento.....	60
<b>4.8.</b>	<b>REALIZAR LOS DISEÑOS HIDRÁULICO Y SANITARIO AL TREN DE</b>	
	<b>TRATAMIENTO SELECCIONADO.....</b>	<b>61</b>
4.8.1.	Tren de tratamiento.....	61
4.8.2.	Vertedero de excesos.....	61
4.8.3.	Diseño unidad desarenadora.....	63
4.8.4.	Diseño de rejillas.....	64
4.8.5.	Diseño tanque séptico.....	65
4.8.6.	Diseño filtro anaerobio.....	67
4.8.7.	Eficiencias de tratamiento.....	69
4.8.8.	Diseño del lecho de secado.....	71
4.8.9.	Tren de tratamiento para sistema prefabricado.....	72
4.8.10.	Proceso de desinfección.....	72
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Asignación del nivel de complejidad .....	18
Tabla 2: dotación neta máxima por habitante .....	19
Tabla 3: ventajas y desventajas de tratamientos preliminares .....	22
Tabla 4: ventajas y desventajas de tratamientos primarios.....	23
Tabla 5: ventajas y desventajas de tratamientos secundarios .....	24
Tabla 6: Caracterización de cámaras.....	32
Tabla 7: Caracterización de cajas .....	32
Tabla 8: Componentes de las cámaras.....	34
Tabla 9: Componentes de las cajas de inspección.....	34
Tabla 10: Estado general de los pozos de inspección.....	37
Tabla 11: Disposición de agua residual de café.....	42
Tabla 12: Resultados de parámetros físico-químicos .....	47
Tabla 13: Concentración de saturación de oxígeno disuelto.....	48
Tabla 14: Determinación de Carga contaminante de DBO <sub>5</sub> per cápita.....	49
Tabla 15: Determinación de Carga contaminante de SST per cápita.....	49
Tabla 16: Cargas promedio de las ARD en el área rural.....	50
Tabla 17: Determinación de la concentración de DBO <sub>5</sub> Y SST .....	51
Tabla 18: Características de un agua residual doméstica típica.....	51
Tabla 19: Balance de masa entre vertimientos y Quebrada .....	52
Tabla 20: Objetivos de tratamiento de ARD .....	54
Tabla 21: Carga contaminante de DBO <sub>5</sub> por caficultor .....	55
Tabla 22: Método de crecimiento geométrico y exponencial .....	56
Tabla 23: Población actual y futura por ramales.....	56
Tabla 24: Determinación de caudales de aguas residuales domésticas.....	57
Tabla 25: Promedio ponderado para selección de la tecnología.....	59
Tabla 26. Diseño del canal de llegada e ingreso a la planta.....	62
Tabla 27. Diseño del vertedero de excesos .....	62
Tabla 28. Diseño cámara desarenadora.....	63
Tabla 29. Diseño de rejillas .....	64
Tabla 30: Diseño Tanque Séptico – tratamiento in situ.....	66
Tabla 31: Diseño Filtro Anaerobio – tratamiento in situ .....	68
Tabla 32: Continuación diseño Filtro Anaerobio – tratamiento in situ.....	69
Tabla 33: Valores característicos de a y b .....	70
Tabla 34: Eficiencias de remoción del STAR .....	70
Tabla 35: Parámetros diseño para lecho de secado .....	71



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Ubicación del Municipio de La Vega En el CaucaFuente:</b> .....	4
<b>Figura 2: Ubicación del Corregimiento El Palmar en El Municipio de La Vega Fuente:</b> .....	7
<b>Figura 3: Corregimiento de El Palmar en Municipio de La Vega Cauca</b> .....	8
<b>Figura 4: Esquema de localización de puntos monitoreados y balances de masa</b> .....	15
<b>Figura 5: Área tributaria</b> .....	20
<b>Figura 6: Ubicación de líneas de alcantarillado sobre imagen satelital</b> .....	31
<b>Figura 7: Caja de inspección sedimentada</b> .....	33
<b>Figura 8: Caja de inspección con tapa en mal estado</b> .....	35
<b>Figura 9: Caja de inspección con cañuela en concreto</b> .....	35
<b>Figura 10: Cámara de inspección con peldaños y tubería en PVC.</b> .....	35
<b>Figura 11: Cámara de inspección con tapa en buen estado</b> .....	35
<b>Figura 12: Cámara de inspección en regular estado</b> .....	36
<b>Figura 13: Caja de inspección en mal estado</b> .....	36
<b>Figura 14: Clasificación de cámaras</b> .....	37
<b>Figura 15: Clasificación de cajas</b> .....	38
<b>Figura 16: Distribución de frecuencias habitantes por casa</b> .....	39
<b>Figura 17: Distribución porcentual de población por edades</b> .....	40
<b>Figura 18: Distribución porcentual de aparatos sanitarios</b> .....	41
<b>Figura 19: Distribución porcentual de contaminación de fuentes hídricas</b> .....	43
<b>Figura 20: Distribución porcentual de afectación por problemas de contaminación</b> .....	43
<b>Figura 21: Importancia de las características de un sistema de aguas residuales</b> .....	44
<b>Figura 22: Aforos realizados a tres puntos específicos</b> .....	45
<b>Figura 23: Registro 09 de abril</b> .....	46
<b>Figura 24: Registro 11 de julio</b> .....	46
<b>Figura 25: Remoción de DBO y Solidos en tanques de sedimentación primaria.</b> .....	66

## INTRODUCCIÓN

Puede afirmarse que solamente a partir de la década de los 60, los problemas de contaminación del aire, agua y suelo, cobraron real importancia debido al creciente interés en la protección del medio ambiente y en la ecología. El incremento poblacional, la demanda creciente de servicios y la industrialización, los cambios en el uso del suelo, han llevado a la utilización intensiva de los recursos naturales, variaciones drásticas en el clima debidas a la pérdida en la capacidad de regulación de nuestros sistemas hídricos, el incremento en los volúmenes y emisión de cargas contaminantes al medio ambiente, así como la disminución en la capacidad de asimilación de las fuentes hídricas, deteriorando su cantidad y desmejorando su calidad, sólo con el fin de conseguir un progreso material (Ramalho, 1996).

Aunque la contaminación es un problema serio y es por supuesto deseable que el ciudadano sea consciente de ello, el instinto de conservación de las especies es una motivación básica para la humanidad. El ser humano está equipado para corregir el deterioro del medio ambiente antes de que sea demasiado tarde. Esencialmente, el conocimiento técnico básico requerido para resolver el problema de la contaminación está ya a la disposición del hombre y, en la medida en que quiera pagar un precio razonable por conseguirlo, la pesadilla de la destrucción a través de la contaminación nunca se hará realidad (Ramalho, 1996).

Generalmente, es en los pequeños núcleos de población en donde se localizan las mayores carencias relacionadas con la gestión de las aguas, debido principalmente a su particularidad de zona sensible, su localización descentralizada, la limitación de sus recursos económicos y en determinadas situaciones de no disponer de personal especializado. Todo esto propicia el escaso control de la calidad de los efluentes y la consecuente contaminación de los mismos debido a vertidos a medios receptores de aguas residuales sin tratar (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2006).

La comunidad de El Palmar, Municipio de La Vega Cauca no es ajena a la contaminación de fuentes hídricas, debido al manejo y disposición inadecuada, además de la ausencia de tratamiento de aguas residuales domésticas. Por esta razón y por la constante preocupación de los pobladores debida a la contaminación hídrica en el sitio, se gestionó con la Universidad del Cauca la posibilidad de obtener un diagnóstico sobre la situación actual del sistema de alcantarillado, realizar el diseño del emisor final, y seleccionar y diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental vigente, pero adecuado a las condiciones particulares del sitio. Se obtuvo una respuesta positiva por parte de la Universidad y se cree que con este estudio, la gestión de los

recursos y la implementación de la tecnología favorecerán a la población en aspectos sociales, ecológicos y económicos reduciendo riesgos actuales y potenciales asociados a picaduras de insectos, efectos nocivos por olores desagradables y problemas gastrointestinales, siendo la población infantil la más vulnerable a este tipo de eventos especialmente por la cercanía de uno de los vertimientos al hogar infantil.

En la zona del proyecto, se han presentado con anterioridad diversos eventos de deslizamientos de tierra por inestabilidad de los suelos y se ha identificado que muchos de estos son propiciados por escurrimientos de aguas lluvias o vertimientos de aguas residuales que carecen de debida canalización o recolección, razón por lo cual, los pobladores consideraron que debía realizarse un estudio de la situación actual del sistema de alcantarillado y conscientes en el daño ambiental que causan las aguas residuales domésticas, se crea la necesidad de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales que solucione tanto los problemas ambientales, como los sociales.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer y diseñar una alternativa para dar solución al transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas del corregimiento de El Palmar municipio de La Vega Cauca.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar el sistema de recolección que une las dos descargas y el tramo final hasta el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Seleccionar una alternativa tecnológica para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- Realizar los diseños hidráulico y sanitario a la alternativa seleccionada.

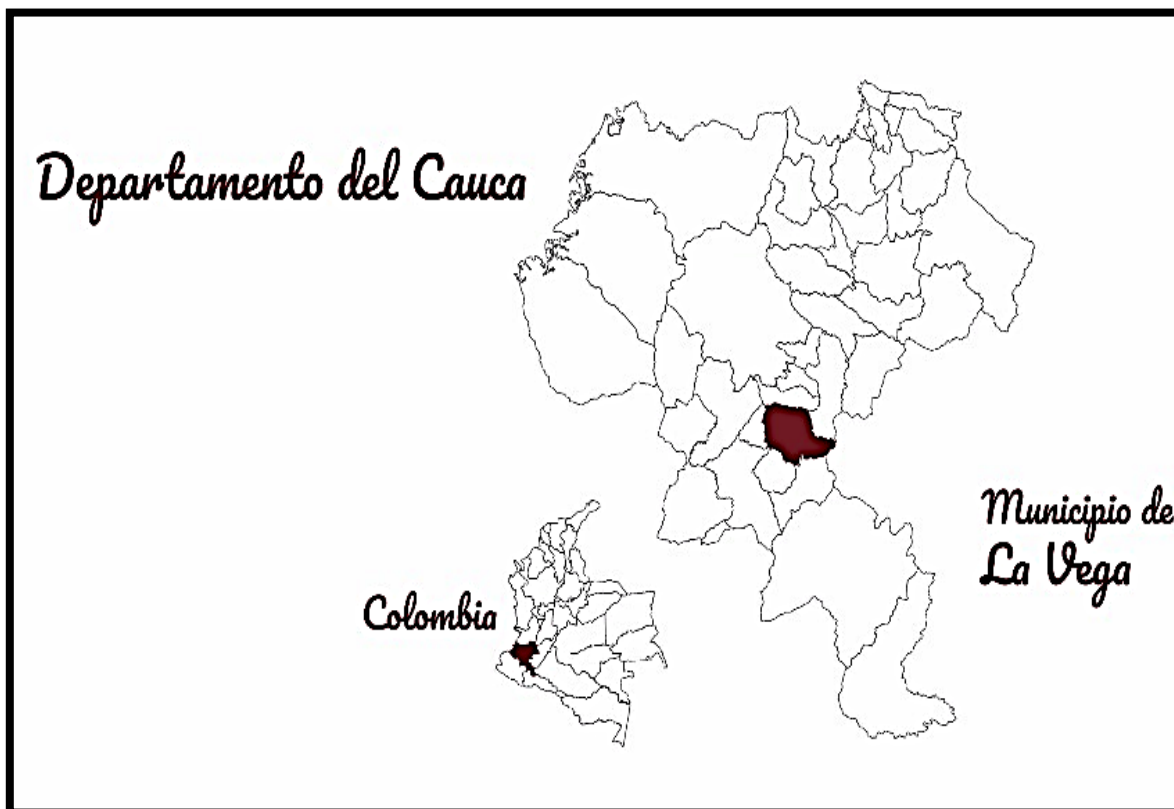
## 2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se presenta la información general del municipio de La Vega Cauca y de la zona de estudio, El Corregimiento de El Palmar, conceptos y normatividad vigente aplicable que permita el adecuado diseño del sistema de tratamiento requerido.

### 2.1. UBICACIÓN

La figura 1 representa la ubicación del Municipio de La Vega Cauca en el Departamento del Cauca.

**Figura 1: Ubicación del Municipio de La Vega En el Cauca**



**Fuente:** Institución Educativa Agropecuaria Yanaconas Municipio de La Vega Cauca

Las coordenadas geográficas que corresponden a la cabecera municipal son: Latitud: **2.083**, Longitud: **-76.767** y 2° 4' 59" Norte, 76° 46' 1" Oeste.

El municipio de la Vega está ubicado en la república de Colombia a 119 Km de la ciudad de Popayán, al sur-oriente del departamento del Cauca, en las estribaciones del Macizo Colombiano, limitando al norte con el Municipio de la Sierra y Sotará; al oriente con el departamento del Huila; al sur con los municipios de San Sebastián y Almaguer y al occidente con los municipios de Sucre y Patía. Por estar dentro del Departamento del Cauca, se encuentra totalmente dentro de la Zona Tropical o Ecuatorial, con altas temperaturas y bajas presiones durante todo el año; sin estaciones. Sólo presenta un periodo estacionario al año con dos subperíodos: Uno seco, que se denomina sequía (verano) y otro en el que llueve con mayor frecuencia e intensidad que se denomina lluvias (invierno). El municipio de La Vega tiene una extensión de 484 Km<sup>2</sup>. Su altura promedio sobre el nivel del mar es de 2.272 metros y en su territorio se pueden encontrar toda la gama de climas (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002).

La temperatura media más baja del año se producen en el mes de noviembre con 14.9°C y la media más alta corresponde al mes de mayo con un valor de 15.6°C, sin embargo el valor de temperatura promedio en La Vega es 15.3°C, la temperatura mínima es de 10°C para el mes de septiembre, mes en el cual se presenta también la temperatura máxima de 20.9°C. Valores obtenidos de la tabla climática / datos históricos del tiempo La Vega (Climate-Data.Org).

El Territorio Municipal presenta como divisiones administrativas tradicionales el sector urbano determinado por el perímetro urbano de la cabecera municipal y el sector rural el cual está conformado por doce (12) corregimientos; dos de los cuales son Resguardos Indígenas pertenecientes a la comunidad Yanacona.

Para efectos del Componente Cultural del Esquema de Ordenamiento Territorial, el municipio de la Vega, se dividió en (2) dos zonas específicas, con sus corregimientos y sus respectivas veredas, la razón de hacer esta zonificación cultural la constituye los dos grupos étnicos identificados: la comunidad Indígena y la comunidad Campesina, las zonas 1,2 y 3 de adscripción Campesina, están conformadas así:

La zona 1: Formada por los corregimientos de Santa Rita, El Palmar, Los Uvos y el Diviso, se caracteriza por albergar habitantes de 21 veredas.

La zona 2: Consolidada por los corregimientos de Santa Bárbara, Albania, Altamira y la Vega (cabecera Municipal), se caracteriza por albergar la totalidad de habitantes que corresponden a 23 veredas.

La zona 3: Cubre los corregimientos de Arbela, Santa Juana y San Miguel, se caracteriza por albergar población distribuida en 35 veredas.

La Zona 4 y 5: caracterizada por demarcar el espacio de pertenencia indígena; allí encontramos los resguardos de Guachicono y Pancitará conformados por (13) trece y (12) doce veredas respectivamente (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002).

La zona de estudio está ubicada en la cabecera del corregimiento de El Palmar en el municipio de La Vega, Cauca, exactamente en la Zona 1, Zona que debido a la diversidad litológica, el fuerte relieve, las variaciones climáticas, la intervención del hombre mediante la construcción de carreteras, deforestación de la parte alta de las principales microcuencas y la actividad sísmica, se considera con Amenaza de Origen Geomorfológico, ya que se presentan numerosos movimientos en masa de diferente tamaño que han y siguen causando dificultades en la red vial y están contribuyendo en la sedimentación excesiva en el lecho de los principales ríos de la zona.

Esta amenaza está representada por la presencia de derrumbes (generalmente en sitios intervenidos por el hombre como orillas de carretera y zonas deforestadas) y deslizamientos que constituyen la mayor afectación sobre las veredas que presentan suelos arenosos con cobertura boscosa inexistente o altamente intervenida, presentando hundimientos en áreas inestables.

Los centros poblados de El Palmar y Santa Rita presentan un problema grave de hundimientos debido a que los sitios se encuentran ubicados sobre un área de suelos altamente inestables. La no canalización y la ausencia de alcantarillado en caseríos han influido en la inestabilidad del terreno, (INGEOMINAS. Visita 1994), lo que amerita un estudio detallado de este fenómeno

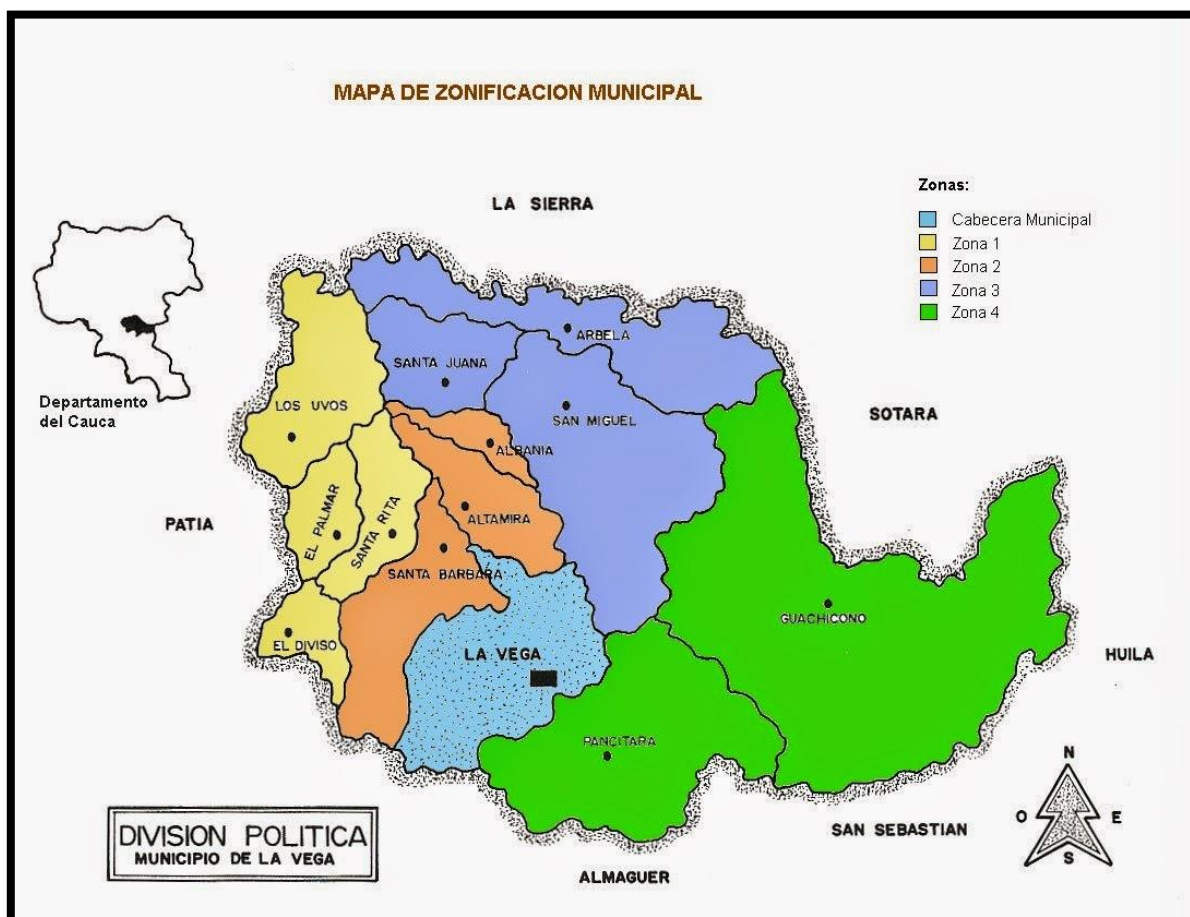
Desde 1971 hasta 1994 se realizaron estudios y visitas técnicas al municipio de La Vega, por parte de INGEOMINAS CAUCA, debido al estado de emergencia que presentaron algunas comunidades a causa de deslizamientos de tierra, en 1990 se consideraron altamente inestable un área de 6 Km<sup>2</sup> en el área entre Santa Rita y El Palmar, en septiembre de 1991 se registra un deslizamiento en esta misma zona, en abril de 1999 se activó el deslizamiento registrado en 1990, se presentó un nuevo deslizamiento que ocasionó incremento en tamaño de la corona y longitud del mismo, dejando totalmente incomunicadas las poblaciones, en el informe se anota que no se observó activación de las grietas y movimientos en masa en los centros poblados de Santa Rita y el Palmar (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002).

Por prevención la localidad del centro poblado de El palmar se reubicó temporalmente en las instalaciones de la escuela de la vereda El Estoraque, durante aproximadamente 2 meses.

En la actualidad se han presentado deslizamientos y derrumbes, en los que no se han implementado medidas preventivas como nuevas reubicaciones, pero si se han implementado entre ellas, la construcción de una canaleta para recolección de agua lluvia en la parte superior del pueblo que canaliza el agua, evita que el agua se infiltre y cause deslizamientos al interior del pueblo, además la pavimentación del poblado por su topografía logra conducir el agua hacia el zanjón del pueblo, disminuyendo los riesgos.

En la Figura 2 se presenta la ubicación del Corregimiento de El Palmar en el mapa de zonificación municipal de La Vega Cauca.

**Figura 2: Ubicación del Corregimiento El Palmar en El Municipio de La Vega**



**Fuente:** Página web Alcaldía Municipal La Vega Cauca



En la Figura 3 se presentan dos fotografías de la cabecera del corregimiento de El Palmar en las que se puede apreciar la mayoría de las viviendas que hacen parte del estudio realizado.

**Figura 3: Corregimiento de El Palmar en Municipio de La Vega Cauca**



**Fuente:** Pobladores del sector, 2015

Las coordenadas geográficas de la cabecera del corregimiento de El Palmar, en el municipio de la vega Cauca son: Latitud: **2.07005** Longitud: **-76.8621** (Dices.net).

El Palmar está dividido en 3 veredas (Campo Alegre, El Estoraque, El recuerdo) y el centro poblado, el área de cada vereda se relaciona a continuación:

El Recuerdo 275.54 Has

El Estoraque 367.95 Has

Campo Alegre 441 Has

El Palmar 281.60 Has

**El corregimiento El Palmar:** Fundado en 1955 al noroccidente del Municipio de La Vega, sobre una altura de 1.800 msnm, cuenta con una temperatura promedio de 20°C. Limita al norte con los Corregimientos de Santa Rita y Los Uvos, al sur con el Corregimiento de El Diviso, al occidente con el Municipio de Sucre y al oriente con el Corregimiento de Santa Rita.

Sus principales accidentes físicos son los cerros EL Cedral, El Mandur y Palo Verde. La flora está representada por el achiapo, guamo, guayacán, limonero, papayo. Los cultivos

más tradicionales son plátano, café, piña y yuca, hacen parte de la diversidad de fauna presente en la región los conejos, el garrapatero, golondrina, gorrión etc.

El principal producto del sector agropecuario es el café, seguido de la caña panelera y el plátano. La ganadería con pastoreo libre, se concentra en el corregimiento como actividad importante en la economía.

La parte baja del corregimiento, El estoraque y el Recuerdo comprenden la Microrregión N° 2: Tiene una superficie de 31.65 kilómetros cuadrados, con una longitud de 15.32 hectáreas, el relieve es bastante quebrado con pendientes entre 15 y 75 %, ligeramente afectado por erosión de tipo hídrico laminar, reptación (pata de vaca) y deslizamiento en masa; el drenaje natural es bueno. Se destacan temperaturas de 18 a 24° C y precipitaciones entre 1000 y 4000 mm/ año factor que divide y caracteriza las zonas en: sub-húmeda, húmeda y per húmeda (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002).

## **2.2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL**

- RESOLUCION 1096 DE 2000 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS" del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- DECRETO 3930 DE 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- RESOLUCIÓN 631 DE 2015 Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- DECRETO 1076 DE 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009". Expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

### **3. METODOLOGÍA**

Esta práctica se realizó bajo la dirección del profesor MAURICIO HERNÁN AGUIRRE GÓMEZ, docente de la Universidad del Cauca, Además se llevó a cabo el acompañamiento y colaboración de la comunidad del Corregimiento de EL PALMAR, municipio de La Vega Cauca.

Una actividad preliminar fue la socialización con la comunidad del trabajo a realizar dentro de los cuales se contemplaron temas como: tramites, presupuesto, disponibilidad de terreno y aportes en mano de obra.

El desarrollo metodológico se divide en cinco puntos y se describen a continuación:

#### **3.1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO ACTUAL**

##### **3.1.1. Recolección de información.**

El primer paso para la etapa de diagnóstico fue recopilar información primaria de la zona de estudio por medio de la revisión de la página oficial del municipio y la información secundaria obtenida de personas que habitan la localidad.

La comunidad estuvo muy presta a colaborar, tanto es así que el día antes de la revisión que estaba programada para el día 20 de marzo, la junta de acción comunal convocó una minga para lograr ubicar las líneas de alcantarillado, cajas y cámaras no visibles en el recorrido con el fin de optimizar el trabajo, destapar los pozos y permitir que se ventilara el sistema antes de la revisión.

En campo, la revisión actual del sistema de alcantarillado y la recolección de información, contó con la participación de 5 personas, 4 de ellas habitantes de la comunidad de El Palmar, la comisión compuesta por Donaldo Cerón, Jorge Luis Rengifo, Jaime Rengifo, Juan José Muñoz y Rosa Lorena Gómez. Se realizó la inspección del sistema de alcantarillado, se tomó registro fotográfico, se georreferenciaron las cámaras y cajas de inspección y se registró la información requerida como profundidad, diámetro de la tubería, diámetro de las tapas o en su defecto longitud para las cajas de inspección de formas rectangular y cuadrada.

### **3.1.2. Descripción general del sistema de alcantarillado.**

En esta etapa se realizó un recorrido con el fin de georreferenciar y ubicar las cámaras y cajas de inspección, componentes del sistema, tipo de tubería, número de pozos de inspección y cobertura.

### **3.1.3. Componentes de infraestructura del sistema de alcantarillado.**

Se realizó la identificación y caracterización de los pozos de inspección, estado de las tuberías y cámaras de inspección, verificando condiciones de operación, infiltración o exfiltración, presencia de sedimentación, problemas de tipo hidráulico y finalmente se clasifica el estado general de los pozos como bueno, regular y malo.

### **3.1.4. Aplicación de encuesta.**

En la localidad de El Palmar, se aplicó una encuesta los días 8 y 9 de abril de 2018, estuvo compuesta por 10 preguntas, ahondando en diferentes aspectos, entre ellos la población actual, por rangos de edades, el número de aparatos sanitarios por vivienda, el estado de llaves, sifones y sumideros, identificar las personas que lavan café en la casa, las arrobas de café producidas en el día pico, la frecuencia de lavado, donde vierten el agua de lavado, calificar el nivel de contaminación de las fuentes hídricas en la localidad, si los pobladores se han visto afectados por problemas de contaminación a causa de la disposición de las aguas residuales domésticas y finalmente calificar entre 7 características de un sistema de tratamiento de aguas residuales con el fin de elegir la alternativa de diseño que más se ajuste a las necesidades y los requerimientos de las personas, posterior a esto se realizó el análisis correspondiente y mediante gráficas se presenta la información.

## **3.2. REQUERIMIENTOS DE CAMPO**

### **3.2.1. Aforo de caudales.**

Esta actividad se realizó el día 9 de abril, para la fuente receptora y los vertimientos 1 y 2, durante las horas de la mañana alternando hora de muestreo con el fin de obtener mediciones en horario escolar y fuera de él.

La medición del caudal tanto de los vertimientos como de la fuente receptora se realizó mediante el método volumétrico, ya que las corrientes presentan una caída de agua y fue posible poner un recipiente con volumen conocido, al final de los descoles de los vertimientos y del ducto de la fuente receptora, cumpliendo así con las características de este método, sobre todo se garantizó que no se perdiera agua al momento de aforar (Corantioquia, 2014).

La fórmula utilizada para determinar los caudales se describe a continuación:

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

Q = Caudal en litros por segundo, l/s

V = Volumen en litros, l

T = Tiempo en segundos, s

Para los aforos se utilizó siempre un balde con capacidad para 12 litros, el diámetro de la tubería para los dos vertimientos es de 6" y para la fuente receptora de 21" (Zanjón 2), cabe aclarar que se presenta un flujo parcialmente lleno.

### **3.2.2. Caracterización de aguas residuales y naturales.**

Posterior a la actividad de aforo de caudales se realizó la caracterización de los dos vertimientos y de la fuente receptora en dos puntos, uno donde no hay intervención y el segundo 1 metro antes del vertimiento 2.

La identificación de cada punto de monitoreo se representa de la siguiente forma:

**P<sub>1</sub>**: Punto de monitoreo N°1, que corresponde a la descarga del vertimiento 1.

**P<sub>2</sub>**: Punto de monitoreo N°2, que corresponde a la fuente receptora, (aproximadamente 180 m antes de llegar al vertimiento 2)

**P<sub>3</sub>**: Punto de monitoreo N°3, que corresponde a fuente receptora 1 metro antes del vertimiento 2.

**P<sub>4</sub>**: Punto de monitoreo N°4, que corresponde a la descarga del vertimiento 2.

La caracterización de las aguas residuales y naturales se llevó a cabo el 17 de abril de 2018 con la determinación de parámetros en campo tales como: pH, Temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, para ello se utilizó el equipo multiparamétrico del laboratorio Ambiental de la Universidad del Cauca y las respectivas sondas para pH, conductividad y oxígeno disuelto, solicitada con antelación.

Las muestras simples de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Sólidos Sedimentables, Grasas y Aceites se colectaron y preservaron teniendo en cuenta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

Las pruebas fueron colectadas, transportadas y recepcionadas el 18 de abril de 2018, siguiendo el protocolo y las recomendaciones que exige el Laboratorio Ambiental de La

Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, con acreditación vigente por el IDEAM. Ver anexo C1.

### 3.2.3. Cálculo de la concentración de saturación de oxígeno disuelto.

La concentración de saturación de oxígeno disuelto, en agua expuesta a presión normal de 760 mm Hg, se puede calcular mediante la ecuación de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), ignorando el efecto de la salinidad (Rojas J. , 1999).

$$ODS = 14.654 - 0.41022 T + 0.007991 T^2 - 0.000077774 T^3$$

Con un análisis de regresión Matlab, la fórmula para aplicar queda de la siguiente forma, cabe anotar que la fórmula tiene una regresión del 100%. (Información suministrada por el Ingeniero Mauricio Aguirre)

$$ODS = 114.59 - 0.3965 T + 0.007984 T^2 - 0.000083 T^3$$

Donde:

ODS ó  $C_s$  = concentración de saturación de OD, mg/L

T = temperatura, °C

Para corregir el valor de ODS a diferentes altitudes, se puede usar la fórmula de Halley

$$P = 760 * e^{-\frac{E}{8005}}$$

Donde:

P = presión atmosférica a la elevación E, mm Hg

E = Elevación, msnm

El valor de la concentración de saturación corregida será:

$$C's = C_s \left( \frac{P}{760} \right)$$

C's = concentración de saturación de OD corregida, mg/L

El efecto de la presión sobre el valor de  $C_s$ , en la superficie del agua corriente puede estimarse por la Ley de Henry. Según esta la concentración de oxígeno disuelto en la fase líquida es proporcional a la presión parcial del oxígeno en la fase gaseosa. La presión

parcial de aire en la fase gaseosa se obtiene restando de la presión barométrica P, el valor de la presión del agua Pv, a la temperatura del sistema (R.S., 1996).

Para corregir el valor por presión de vapor se tiene:

$$C's = C_s \left( \frac{P - p_v}{760 - p_v} \right)$$

Donde:

Pv = presión de vapor de agua a la temperatura dada, mm Hg

Para determinar el porcentaje de saturación, se tiene:

$$\% \text{ de saturación} = \left( \frac{OD \text{ medido}}{C's} \right) * 100$$

#### **3.2.4. Determinación de cargas contaminantes domésticas.**

A partir de la información obtenida de la caracterización de aguas residuales y mediante las correspondientes ecuaciones se logró determinar la carga contaminante per cápita tanto para DBO<sub>5</sub> como para sólidos suspendidos totales, finalmente se compararon estos valores con los de la Resolución 0330 de 2017.

$$Cc = Q * C * 0.0864 * \left( \frac{t}{24} \right)$$

Donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0864 = Factor de conversión de unidades

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h).

#### **Evaluación de impacto ambiental de vertimientos.**

La evaluación de impacto ambiental se realizó de forma cualitativa y cuantitativa, esta última se determinó realizando tres balances de masa, partiendo de los resultados de la

caracterización de las aguas residuales y naturales. Cabe aclarar que para la quebrada El Estoraque los valores de caudal y temperatura son valores que se midieron en una práctica escolar realizada hace poco más de un año por la docente de la escuela del corregimiento con fines académicos y los parámetros de OD, DBO y SST se asumió que esta fuente conserva las mismas características de la fuente receptora inicial (zanjón 2) valores registrados para el punto P2.

La identificación de cada punto para realizar el balance de masas se representa de la siguiente forma:

**P<sub>1</sub>**: Punto de monitoreo N°1, que corresponde a la descarga del vertimiento 1.

**P<sub>3</sub>**: Punto de monitoreo N°3, que corresponde a fuente receptora 1 metro antes del vertimiento 2.

**P<sub>4</sub>**: Punto de monitoreo N°4, que corresponde a la descarga del vertimiento 2.

**P<sub>5</sub>**: Punto de mezcla entre los puntos **P<sub>3</sub>** y **P<sub>4</sub>**

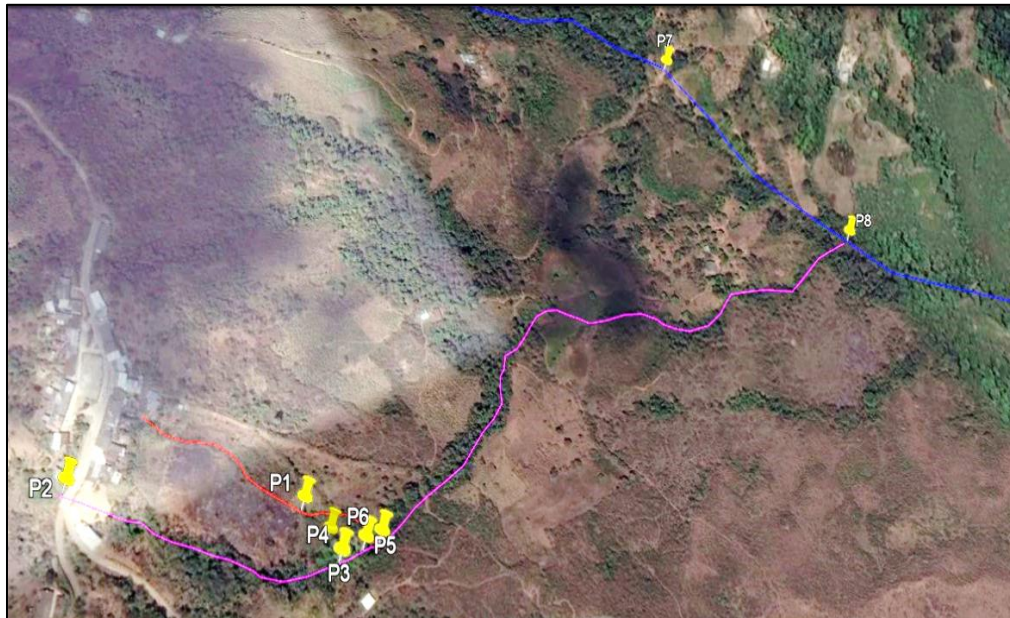
**P<sub>6</sub>**: Punto de mezcla entre los puntos **P<sub>1</sub>** y **P<sub>5</sub>**

**P<sub>7</sub>**: Punto N°6, que corresponde a la Fuente receptora (Quebrada El Estoraque).

**P<sub>8</sub>**: Punto de mezcla entre los puntos **P<sub>6</sub>** y **P<sub>7</sub>**

En la figura 4 se presenta el esquema de localización de los puntos monitoreados y balances de masa anteriormente descritos.

**Figura 4: Esquema de localización de puntos monitoreados y balances de masa**



**Fuente:** Elaboración propia - imagen Google Earth



### 3.2.5. Determinación de la carga contaminante del lavado del café.

Pese a que no es el objetivo de este trabajo, se realizó una cuantificación general de las cargas contaminantes que pueden estar siendo vertidas por el beneficio del café en la zona de influencia directa del proyecto.

Esa determinación se realizó mediante la utilización de la siguiente ecuación:

$$Cc = Q * C * 10^{-3}$$

Donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio, metros cúbicos por día (m<sup>3</sup>/día)

C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.001 = Factor de conversión de unidades

A partir de las encuestas se determinó que las aguas residuales del lavado de café de 4 de los productores es vertida al alcantarillado y dos directamente al zajón, estos dos realizan el lavado en una casa, lo que me convierte en 5 fuentes puntuales, a cada una se determinó la carga contaminante con base en la cantidad de café colectado en el día pico, se asume una concentración de DBO<sub>5</sub> de 3780 mg/L, porque no fue posible realizar la caracterización de esos vertimientos, entonces se referenció a partir de un estudio de caracterización de agua residual de café realizado en la finca El Pomorroso, ubicada en Sotará, Cauca, la cual presenta condiciones similares a la zona de estudio, finalmente se asume un valor teórico del agua utilizada por kilogramo para el lavado de café que corresponde a 5 litros /Kg cps (café pergamino seco), ( Urrea Paola , Solarte Claudia , 2017).

## 3.3. DISEÑO DEL EMISOR FINAL AL STAR

### 3.3.1. Actividades preliminares.

Para realizar el diseño hidráulico del sistema de recolección final que conduce hasta el sistema de tratamiento de aguas residuales a implementarse, fue necesario realizar una serie de actividades preliminares, entre las cuales están:

- Estimación de la población futura
- Asignación del nivel de complejidad
- Dotación neta por habitante
- Determinación de caudales para aguas residuales domesticas

Para estimar la población de diseño, se aplicaron dos métodos estadísticos, el Método de Crecimiento Geométrico y el Método de Crecimiento Exponencial descritos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.TITULO B, Sistemas de Acueducto. Métodos de estimación de la población futura.

A continuación se describe la determinación de la población de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la población de El Palmar, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los censos base para la determinación de la población corresponden a los años 1951, 1964, 1985,1993 y 2005, para el total de población del municipio de La Vega Cauca. Recopilación que se tomó del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). (DANE, 1954), (DANE, 2006)
- El dato de la población del último censo corresponde a la población actual del corregimiento resultado de la encuesta, es decir 173 habitantes y el año 2018.
- La proyección de la población se realiza para periodos de diseño de 15,20 y 25 años.

#### **Método de crecimiento geométrico:**

Aunque en la RAS 2000, título B, se contemple que este método 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, se realiza la proyección de la población por que se recomienda para un nivel de complejidad medio o bajo, por esta razón se calcula con este criterio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

La ecuación que se emplea es:

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

Donde:

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P<sub>f</sub> = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P<sub>uc</sub>= Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

P<sub>ci</sub>= Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T<sub>uc</sub>= Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T<sub>f</sub> = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \frac{Puc^{1/(Ti-Tuc)}}{Pi} - 1$$

### Método de crecimiento logarítmico o exponencial:

El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015) el último censo corresponde a la proyección del DANE, para este caso en particular corresponde a la población actual.

La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$Pf = Pci * e^{(Tf-Tci)}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$K = \frac{LnPcp - LnPca}{Tcp - Tca}$$

Donde:

Pcp= Población del censo posterior

Pca= Población del censo anterior

Tcp= Año correspondiente al censo posterior

Tca= Es el año correspondiente al censo anterior

Ln = Logaritmo natural o neperiano (RAS 2000, 2003)

### Asignación del nivel de complejidad

Este criterio se eligió teniendo en cuenta la resolución 0330 de 2017, (Ver tabla 1)

**Tabla 1: Asignación del nivel de complejidad**

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

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según la metodología del DNP.

**Fuente:** RAS 2000

### Dotación neta

La dotación neta que se tuvo en cuenta para realizar los cálculos correspondientes es tomada de la tabla 2 dotación neta máxima por habitante de la resolución 0330 de 2017.

**Tabla 2: dotación neta máxima por habitante**

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

**Fuente:** Resolución 0330 de 2017

### Determinación de caudales de aguas residuales domesticas

La determinación del caudal de aguas residuales domésticas se realizó mediante la aplicación de las ecuaciones de la Resolución 1096 de 2000, la Resolución 0330 de 2017 y los resultados de la proyección de la población.

- El caudal de aguas residuales domesticas utilizando proyección de población según la resolución 0330 de 2017 se determina con la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R * P * D_{NETA}}{86400}$$

Donde:

$D_{NETA}$  = Dotacion neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab.día)

$C_R$  = Coeficiente de retorno 0.85

P = población proyectada (hab.)

Por tratarse de dos ramales de aguas residuales domésticas, el cálculo del caudal se realizó para cada uno de ellos.

Reemplazando los valores se tiene:

- El caudal medio diario corresponde a la suma de los aportes domésticos, comerciales e institucionales, que para el caso corresponde al valor calculado anteriormente por no tener otro tipo de aportes.

$$Q_{MD} = Q_D$$

- El caudal máximo horario requiere un factor de mayoración que se encuentra entre los valores 1.4 y 3.8, en este caso se asume el mayor rango, porque al tratarse de una Zona rural sin control en el consumo de agua, se asume que no hay un buen sistema de ahorro.

$$Q_{MH} = Q_D * 3.8$$

- El caudal de diseño se obtiene sumando, el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas

$$Q_{diseño} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CER}$$

- En el caudal de infiltraciones, por ausencia de información se asume un valor entre 0.1 y 0.3 L/s. Ha, es decir se asumió 0.1 L/s. Ha.
- En el caudal de conexiones erradas, por ausencia de información se asume un valor de 0.2 L/s. Ha. Estos dos caudales requieren del valor del área tributaria, valor que se determinó a partir de la topografía realizada en la zona de estudio.
- El área tributaria aproximada se determinó a partir de la topografía realizada en la zona de estudio, para cada uno de los ramales como puede evidenciarse en la figura 5, al lado derecho, el Ramal 1 (2.5 Ha) y el izquierdo al Ramal 2 (1.8 Ha).

**Figura 5: Área tributaria**



**Fuente:** Elaboración propia- Imagen Google Earth

### **3.3.2. Levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico, fue realizado por el Ingeniero Henry Andrés Gómez, oriundo de la zona, con quien se gestionó la actividad y colaboró gratuitamente a la comunidad con la disponibilidad sus equipos topográficos, el desplazamiento de estos y la realización de la acción.

Para esta actividad la comunidad colaboró con tres cadeneros, quienes estuvieron a disposición para las diferentes acciones a realizarse, también estuve presente en el recorrido, sobre todo para que se tuvieran en cuenta las recomendaciones realizadas por el director de este trabajo, además de complementar conocimientos a partir de una necesidad real.

Una vez realizado el levantamiento topográfico, se inició con la modelación digital del terreno, a partir de la información que se obtuvo de la estación total de topografía se incorporaron a la aplicación de diseño conformando puntos asignándoles una identificación y elevación entre otros, para su posterior manejo en el modelo digital mediante la utilización del Software Topo 3, Luego esa información se trasladó al formato CAD y se presentó por parte del Ingeniero, el plano inicial del área donde se llevará a cabo el proyecto. En el anexo F.3 se presenta el plano inicial obtenido.

### **3.3.3. Diseño del emisor final a STAR.**

De la topografía obtenida se plantearon dos líneas de flujo de alcantarillado, la línea 1 está compuesta por 5 tramos, es decir tiene 4 cámaras (C7.1, C7.2, C7.3, C7.4, C7.5), y la línea 2 tiene 2 tramos, es decir 1 cámara (C15.1), hay una cámara común que es donde se juntan los dos vertimientos (C7.6) y dará inicio a las unidades de las que se compone el sistema de tratamiento.

El fundamento de la ubicación de la última cámara (C7.6) aparte de optimizar el espacio con el que se cuenta para el STAR y que sea visiblemente agradable, fue diseñar con los parámetros como: el esfuerzo cortante, la pendiente de cada tramo la velocidad máxima y mínima, entre otros aspectos a tener en cuenta a partir de la Resolución 330 de 2017.

Para optimizar el diseño de los tramos de alcantarillado se utilizó una hoja de cálculo diseñada por TUBOSISTEMAS PAVCO, la cual permite realizar los chequeos de los parámetros de diseño establecidos en Resolución 0330 de 2017, teniendo en cuenta las condiciones de la zona de estudio, incluso resume las actividades preliminares como el cálculo de caudales, la población proyectada, el área tributaria para cada tramo, además presenta los valores de las relaciones hidráulicas para cada tramo, con lo que finalmente se corrobora que las líneas de alcantarillado cumplen los parámetros de diseño.

En el anexo D.2 se presenta la hoja de cálculo correspondiente al diseño del emisor final hasta el inicio del sistema de tratamiento.

### 3.4. SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

#### 3.4.1. Tipos de tratamiento.

Antes de seleccionar la alternativa tecnológica que se requiere diseñar, se deben conocer las características de los tratamientos, estos corresponden únicamente a una alternativa que va desde tratamiento preliminar hasta tratamiento secundario, aquí se describe brevemente cada uno y se tienen en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno.

- **Pretratamiento**

Las aguas residuales, antes de su depuración propiamente dicha, se someten a una etapa de pretratamiento, que consta de una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objeto separar la mayor cantidad posible de materias (sólidos gruesos arenas y grasas) que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento, en la tabla 3 se presentan las ventajas y desventajas de las estructuras de tratamiento preliminar de las rejillas, desarenadores y tanques de homogenización (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

**Tabla 3: ventajas y desventajas de tratamientos preliminares**

Pretratamiento	Ventajas	Desventajas
Rejillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de sólidos gruesos y abrasivos indeseables.</li> <li>• Mayor vida útil y de mantenimiento en otras estructuras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las rejillas mecánicas requieren mayor mano de obra calificada, no son recomendadas en plantas de tratamiento pequeñas.</li> </ul>
Desarenadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de arenas abrasivas</li> <li>• Facilita la digestión anaeróbica que requiere mayor mantenimiento en presencia de arenas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un mal diseño puede generar malos olores por depósito de material orgánico.</li> </ul>
Tanques de homogenización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite regular caudales</li> <li>• Evita la construcción de unidades de tratamiento de mayor dimensión para caudales pico.</li> <li>• Homogenizan la concentración de sustancias nocivas a procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor requerimiento de mantenimiento para evacuar los sólidos sedimentados.</li> </ul>

**Fuente:** Aguas Residuales Municipales- MMA

- **Tratamientos primarios**

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables), consiguiéndose, además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. En el caso de las pequeñas poblaciones, los tratamientos primarios más empleados vienen representados por las Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Sedimentadores Primarios, ver ventajas y desventajas en la tabla 4.

**Tabla 4: ventajas y desventajas de tratamientos primarios**

Tratamientos primario	Ventajas	Desventajas
Tanque séptico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriado para comunidades rurales, edificaciones, parques y moteles.</li> <li>• Limpieza no frecuente.</li> <li>• Tiene un bajo costo de construcción y operación.</li> <li>• Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.</li> <li>• Fácil y rápida instalación en el caso de las unidades prefabricadas.</li> <li>• Nulo impacto visual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso limitado para un máximo de 350 habitantes.</li> <li>• También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.</li> </ul>
Tanques Imhoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tienen partes mecánicas, por lo que son de fácil operación.</li> <li>• Baja septicidad en los efluentes tratados.</li> <li>• Bajos costes de explotación y mantenimiento.</li> <li>• Fácil y rápida instalación en el caso de las unidades prefabricadas.</li> <li>• Simplifican la gestión de los lodos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tan sólo permiten alcanzar niveles de tratamiento primario, por lo que sus efluentes normalmente precisan de tratamientos complementarios.</li> <li>• Escasa estabilidad frente a sobrecargas hidráulicas.</li> <li>• Riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en caso de construcción deficiente.</li> </ul>
Sedimentadores primarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten la remoción de un importante porcentaje de sólidos sedimentables (45%-55%).</li> <li>• Bajos costes de explotación y mantenimiento.</li> <li>• Fácil y rápida instalación en el caso de las unidades prefabricadas.</li> <li>• Escaso impacto visual al disponerse enterrados casi en su totalidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren de un control, manejo y disposición adecuada de lodos sedimentados.</li> <li>• Tan sólo permiten alcanzar niveles de tratamiento primario.</li> <li>• Posibles impactos olfativos como consecuencia de una mala gestión de los lodos.</li> <li>• Se generan lodos no estabilizados que hay que extraer con frecuencia del sistema.</li> </ul>

**Fuente:** (Aguas Residuales Municipales) - MMA, (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010)



- **Tratamientos Secundarios**

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello los procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación (Rojas J. , 1999), en la tabla 5 se listan algunas ventajas y desventajas que tienen los sistemas de tratamiento secundario.

**Tabla 5: ventajas y desventajas de tratamientos secundarios**

Tratamientos secundarios	Ventajas	Desventajas
Procesos de lodos activados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja generación de malos olores.</li> <li>• Es un sistema que permite controlar diferentes calidades del afluente.</li> <li>• Las variables de operación son conocidas y controlables.</li> <li>• Requieren áreas moderadamente pequeñas.</li> <li>• Requiere infraestructura adicional de sedimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos operativos por el requerimiento de energía para suministrar oxígeno.</li> <li>• Se genera un alto volumen de lodos que requieren un adecuado manejo y disposición.</li> <li>• Requiere profesional especializado para operación</li> </ul>
Filtros percoladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un sistema aeróbico que no requiere de aireación superficial.</li> <li>• Es de fácil operación y mantenimiento.</li> <li>• Es un sistema menos costoso porque no requiere equipos de aireación.</li> <li>• Buena tolerancia a sobrecargas hidráulicas puntuales.</li> <li>• Buen comportamiento frente a choques tóxicos.</li> <li>• Bajo consumo energético y bajos costes de explotación.</li> <li>• Bajo nivel de ruidos.</li> <li>• Robustez de las instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtienen remociones orgánicas más bajas.</li> <li>• Requiere áreas más grandes.</li> <li>• Potencial generación de olores.</li> <li>• Baja generación de lodos.</li> <li>• Mayor número de equipos electromecánicos, que consumen energía eléctrica y que requieren un mantenimiento más complejo y costoso.</li> <li>• Generación de fangos sin estabilizar.</li> <li>• Mala integración paisajística.</li> </ul>
Biodiscos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplicidad</li> <li>• Tiempos de retención cortos</li> <li>• Bajos costos de operación y mantenimiento</li> <li>• Lodos de buena sedimentabilidad</li> <li>• Construcción modular</li> <li>• Requieren menos energía que los lodos activados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de personal especializado y mayor mantenimiento.</li> <li>• Requiere grandes áreas en relación con lodos activados.</li> <li>• Costes de implantación elevados debido el coste de los equipos.</li> <li>• Generación de fangos sin estabilizar.</li> <li>• Instalación mecánica relativamente compleja y cierta dependencia de la empresa fabricante.</li> </ul>

Continuación Tabla 5		
Tratamientos secundarios	Ventajas	Desventajas
Lagunas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil operación y mantenimiento.</li> <li>• Bajos costos de operación, no requieren energía.</li> <li>• Baja producción de lodos.</li> <li>• Facilidad constructiva.</li> <li>• Consumo energético nulo, si el agua residual llega por gravedad hasta la estación de tratamiento.</li> <li>• Ausencia de averías cuando se opera sin equipos electromecánicos en la etapa de desbaste.</li> <li>• largos tiempos de retención.</li> <li>• Alto poder de inactivación de microorganismos patógenos.</li> <li>• Buena integración medioambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren de grandes áreas para el tratamiento.</li> <li>• En lagunas anaeróbicas se tiene un alto potencial de producción de malos olores</li> <li>• Se pueden generar procesos de eutrofización.</li> <li>• Elevados requisitos de terreno para su implantación.</li> <li>• Su implantación puede verse desaconsejada en zonas frías o de baja radiación solar.</li> <li>• Pérdidas de agua por evaporación, lo que provoca un aumento de la salinidad de los efluentes tratados.</li> <li>• Proliferación de las microalgas.</li> </ul>
UASB (reactor anaeróbico de manto de lodos y flujo ascendente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos consumos de energía.</li> <li>• Se genera gas metano aprovechable energéticamente.</li> <li>• Baja producción de lodos.</li> <li>• Requiere un área relativamente baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El arranque y operación es más complejo.</li> <li>• El manto de lodos es muy sensible a cambios operativos.</li> <li>• Potencial alto de generación de olores.</li> <li>• Requiere de personal especializado.</li> </ul>
Humedales Artificiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sencillez operativa.</li> <li>• Consumo energético nulo o muy bajo.</li> <li>• Bajo coste de explotación y mantenimiento.</li> <li>• Posible aprovechamiento de la biomasa vegetal generada (ornamentación, alimentación animal).</li> <li>• Los Humedales de Flujo Superficial, principalmente, permiten la creación y restauración de zonas húmedas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren una mayor superficie de terreno para su implantación</li> <li>• Costes de construcción, por adquisición de terreno</li> <li>• Los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial, principalmente los horizontales, presentan riesgos de colmatación del sustrato</li> </ul>
Filtros anaerobios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de fácil operación y mantenimiento.</li> <li>• Requieren áreas menores en comparación con otros sistemas.</li> <li>• Bajos consumos de energía.</li> <li>• Baja producción de lodos.</li> <li>• Ha sido utilizado en áreas rurales.</li> <li>• Riesgo de taponamiento mínimo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden generar malos olores.</li> <li>• Baja reducción de patógenos y nutrientes.</li> <li>• Es una alternativa de mejoramiento de la calidad del efluente pero no una alternativa de disposición final.</li> <li>• Requiere hábitos específicos de las viviendas</li> </ul>

**Fuente:** (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010), (Rojas J. , 1999)

### 3.4.2. Criterios de selección de tecnología

Los criterios de selección que se tuvieron en cuenta en adelante para la selección de la tecnología son descritos a partir del Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

Para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, al objeto de generar un vertido final conforme a la legislación vigente, es de suma importancia la selección de la tecnología más apropiada para cada caso concreto. En ese proceso de selección se deben considerar tanto criterios de carácter **técnico**, como **ambiental** y **económico**.

Teniendo en cuenta las particularidades de las pequeñas poblaciones, a la hora de seleccionar las tecnologías apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales en este ámbito poblacional, debe darse prioridad a aquellas soluciones técnicas, que cumpliendo con los requisitos de vertido exigidos, presenten unas demandas mínimas, tanto en consumo energético como en tiempo de operador y en mantenimiento de equipos, que ofrezcan un funcionamiento eficaz ante un amplio rango de caudales y cargas, con un riesgo de fallo o avería bajo y que, en caso de producirse esta avería, el deterioro de la calidad en el efluente sea el menor posible.

Los criterios de selección tendrán una mayor o menor relevancia, esto depende de las circunstancias locales cabe aquí resaltar que otro aspecto a tener en cuenta es la pregunta número 10 de la encuesta que se realizó en la zona de estudio, la cual da un orden de características basadas en la ubicación y situación actual de la población.

#### **Criterios técnicos:**

- *Calidad requerida del efluente según el medio receptor*, este es el principal factor a tener en cuenta, ya que la eficiencia de cada tecnología permite asegurar los límites permisibles exigidos por la autoridad ambiental.
- *El tamaño de la población a tratar y las características del terreno disponible para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas (STAR)*, en especial la superficie es un limitante para la aplicación de determinadas tecnologías.
- *Origen y concentración de la contaminación en el agua residual* influente pueden llegar a ser determinantes en la selección de unas u otras tecnologías debido a su comportamiento a influentes de distinta naturaleza
- *Versatilidad del tratamiento*, entendiendo como su capacidad de adaptación frente a las importantes variaciones de caudal y carga horarias, debido a la concentración de la actividad en pocas horas a lo largo del día.

- *El factor climatológico* deberá ser tenido en cuenta sobre todo en lugares donde deban tomarse precauciones necesarias en el diseño de las instalaciones. La temperatura es el factor climatológico de mayor importancia, y afecta especialmente a los procesos biológicos, ya sea en el tratamiento del agua residual o en la estabilización de los lodos.
- Entre los criterios técnicos, más relacionados con la gestión de las instalaciones, deben tenerse en cuenta: *la cantidad y calidad de los lodos generados, grado de estabilización y frecuencia requerida para la retirada de los mismos.*
- *la complejidad de la operación, mantenimiento de las infraestructuras* es un factor clave en el proceso de selección de la tecnología más adecuada para cada situación concreta.

#### **Criterios ambientales:**

- *Producción de malos olores*, es uno de los principales impactos ambientales asociados a los sistemas de tratamiento y motivo de frecuentes quejas por parte de la población. Los sistemas de tratamiento aerobio presentan un menor riesgo de generación de olores desagradables que los sistemas anaerobios, siempre y cuando estén bien operados.
- *Generación de ruidos*, este factor suele venir asociado al funcionamiento de equipos electromecánicos (bombas, soplantes, etc.).
- *Interacción paisajística*, es necesario implantar soluciones que presenten un bajo impacto visual, sobre todo si los tratamientos se sitúan en zonas con alto valor ecológico o con elevada calidad paisajística.

#### **Criterios económicos:**

Generalmente las pequeñas poblaciones suelen presentar limitados recursos económicos para la gestión del saneamiento y la depuración de las aguas residuales generadas en su localidad.

La mayor o menor capacidad económica y de gestión de una población depende de varios aspectos, entre ellos: del tamaño de la población, de su nivel económico. Es por ello que, en el proceso de selección de la tecnología más apropiada, es necesario tener en cuenta criterios de carácter económico. En concreto se han de considerar tanto los *costos de explotación como los costos de implantación de cada una de las tecnologías.*

#### **3.4.3. Selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas.**

Se realizó un análisis de promedio ponderado, para los sistemas de filtro anaerobio, humedales artificiales y lagunas, a partir de las ventajas y desventajas que cada sistema tiene relacionadas con las características propias de la población, principalmente se relacionan tres criterios, el técnico, el económico y el ambiental, a cada aspecto de estos se le dan algunos parámetros y las respectivas ponderaciones ( $P_i$  (0-1)), luego a cada sistema se le da una calificación de variable ( $v_i$ (0-100)), el valor más cercano a 100 corresponde a

la mayor conveniencia de la tecnología; posteriormente cada valor de variable  $v_i$  es multiplicado por el valor de ponderación  $P_i$ , esto nos da un valor parcial, finalmente se suman los valores parciales de cada sistema y ese será el valor asignado para cada tecnología, se registran los resultados obtenidos a partir del método aplicado (Rodríguez J, García C, Pardo J, 2015). En el anexo E.1 se detalla su determinación.

El mayor puntaje obtenido será la tecnología con mayor probabilidad de selección como óptima para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas en el corregimiento de El Palmar.

#### **3.4.4. Opciones de tratamiento.**

Aquí se tienen dos opciones que consisten en dos trenes de tratamiento el primero consta de: tratamiento preliminar (cámara de cribado que incluye aliviadero), tratamiento primario (tanque séptico) y el tratamiento secundario (Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente), para este tren se diseñaron todas las unidades en concreto y para el segundo se sustituye el tanque séptico y el FFAFA por un sistema integrado prefabricado con las dos unidades separadas.

### **3.5. REALIZAR LOS DISEÑOS HIDRAULICO Y SANITARIO A LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

#### **3.5.1. Diseños.**

Inicialmente se plantea un tren de tratamiento con las unidades que requiere la alternativa seleccionada, ella incluye un tratamiento preliminar compuesto de un vertedero lateral y una cámara de cribado, luego sigue el tratamiento primario compuesto por un tanque séptico, el cual tiene una disminución del tiempo de retención hidráulico (6 horas), el tratamiento secundario se compone de un filtro anaerobio de flujo ascendente, finalmente se realiza el diseño para el lecho de secado de lodos.

Para los diseños se tienen en cuenta las Resoluciones 1096 de 2000, Resolución 631 de 2015, la Resolución 0330 de 2017.

## **4. ANALISIS Y RESULTADOS**

A continuación se describirán los resultados obtenidos a partir de la metodología descrita en el numeral 3 del presente informe, permitiendo la secuencia de actividades, análisis y manejo de información sobre la localidad de El Palmar.

### **4.1. RECOLECCION DE INFORMACION PRIMARIA.**

El Palmar es uno de los corregimientos que cuenta con servicio de alcantarillado, aunque no se conoce información del año de construcción se infiere que fue construido a partir del año 2013, ya que para el 2012 había terminado su caducidad (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002).

La Junta de Acción comunal de la población no cuenta con ningún tipo de información como mapas, cobertura del servicio de alcantarillado, registros de funcionamiento y mantenimiento del sistema, ‘planos de redes, programación y control de acciones de inspección y limpieza de las redes de alcantarillado, entre otros, documentos que permitieran facilitar el trabajo en campo.

Sin embargo, dialogando con personas que hicieron parte del grupo de trabajo cuando se diseñó y construyó el sistema de alcantarillado actual, se logró determinar que el tiempo de construcción del alcantarillado sanitario es de 15 años aproximadamente y la posible ubicación de las cajas de inspección y cámaras que al parecer desde que se construyó el sistema no habían tenido una inspección y limpieza a nivel general, solo se intervenía el tramo que presentaba problemas de obstrucción y se manifestaba en reboce de cajas o cámaras.

### **4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Se realizó la inspección de condiciones del sistema de alcantarillado con el fin de realizar un diagnóstico y determinar la situación de infraestructura del sistema, en este sentido se considera muy importante asegurarse del correcto estado de la red de saneamiento, “de nada sirve implantar la mejor tecnología de tratamiento disponible, si las aguas residuales que debe tratar se pierden, o diluyen, por el camino, por el deficiente estado de la red de saneamiento” (Salas, 2017).

#### **4.2.1. Entidad responsable.**

La comunidad de El Palmar, no cuenta con una entidad que se encargue de prestar los servicios de saneamiento básico, acueducto, alcantarillado y recolección de residuos sólidos, los recursos que se requieren para estos fines son colectados mediante actividades comunitarias como bingos, rifas, festivales, cuotas por usuarios, entre otros, con esta forma de conseguir recursos han logrado comprar terrenos y delimitar los sectores en los que se ubican las bocatomas que abastecen la cabecera del corregimiento, por tanto no hay medidores, no se realiza un cobro mensual por servicios, es decir se realiza un manejo comunitario sin cuotas fijas.

#### **4.2.2. Componentes del sistema.**

El tipo de sistema encontrado en la localidad es sanitario, ya que principalmente transporta aguas residuales domésticas, sin embargo al sistema entran aguas residuales provenientes de actividades como lavado de café, además, se encontraron tres conexiones atípicas; la primera corresponde a un filtro construido en el momento de la pavimentación de la vía con el fin de coleccionar el agua que brota en época de invierno, la segunda es un agua que vierte en una casa y logra abastecer las necesidades de agua en la comunidad cuando el acueducto presenta algún inconveniente y la tercera, la disposición de agua pluvial de 4 viviendas.

La cobertura del servicio de alcantarillado es del 100%, para la población que habita el caserío, las descargas se hacen directamente hacia el Zanjón del pueblo por medio de dos redes de alcantarillado, uno de ellos forma un Zanjón que conduce el agua aproximadamente 64 m antes de llegar al Zanjón principal, no existe ningún tipo de tratamiento de agua residual.

En la revisión del sistema de alcantarillado se lograron ubicar dos líneas en las que se encontraron 16 cámaras y 30 cajas de inspección, se desconoce el número de cajas que se quedaron sin revisión debido a que no fue posible ubicarlas, pues se encuentran enterradas y los usuarios más cercanos no brindaron la información por desconocimiento, otra situación que se presentó es que una caja presentaba muchos escombros y otra se encuentra debajo de un sistema parabólico para secar café, dificultando así la visualización del estado.

El material de la tubería es PVC, con diámetros que oscilan entre 4" (la tubería que llega desde las cajas domiciliarias, generalmente entran por la parte alta de cámaras o cajas) ,6" (la tubería que entra y sale de cámaras y cajas y la tubería que conecta la última cámara con la canaleta de descole). El estado físico de las tuberías no fue posible determinarlo, ya que no se cuenta con los equipos adecuados que permitan cuantificar el tiempo de vida útil restante de la tubería

En la figura 6 se presenta la ubicación de las líneas de alcantarillado sanitario, los ramales y la ubicación de los vertimientos.

**Figura 6: Ubicación de líneas de alcantarillado sobre imagen satelital**



**Fuente:** Elaboración propia - imagen Google Earth

### **4.3. COMPONENTES DE INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

La estructura de los componentes de infraestructura del sistema de alcantarillado fue determinado a partir del documento “Diagnóstico de la Infraestructura de las redes de Alcantarillado del municipio de Fosca, Cundinamarca” (Poveda K, Hernandez Y, 2015).

#### **4.3.1. Cámaras y cajas de inspección.**

El sistema de alcantarillado está conformado por dos ramales, en los cuales se ubicaron 16 cámaras de inspección logrando realizar la revisión del (100%), también se lograron identificar 30 cajas de inspección que conforman el 100%; donde 26 de ellas se inspeccionaron, 4 cajas no se revisaron por encontrarse debajo de muchos escombros y se desconoce el estado y número de las cajas que no se lograron ubicar.

El material predominante de las cámaras de inspección es ladrillo con repello en concreto y el de las cajas es concreto.



El poblado cuenta con una vía principal pavimentada sobre la cual se ubicaron solo dos cámaras de inspección, los demás pozos se encuentran ubicados hacia la parte posterior de las viviendas.

**Condiciones y tipo de sedimentación:** en las tablas 6 y 7 se observa que en las cámaras, 8 de ellas (50%) se encontraron con sedimentos, donde predominó la materia orgánica (31.25%). Haciendo referencia a las cajas de inspección, 13 (43.33%) presentaron sedimentación, como se observa en la figura 7 predominando la materia orgánica con el 23.33%, cabe resaltar aquí, que otros sedimentos encontrados fueron un cepillo de dientes y un trapo, con lo que se deduce que algunos de los sifones y sumideros no se encuentran en buen estado, aunque la encuesta realizada en esos tramos reporte lo contrario, finalmente tanto en las cámaras como en las cajas se encuentran 2 unidades estancadas en cada grupo, que corresponden al 12.5% y 3.33% respectivamente.

**Tabla 6: Caracterización de cámaras**

Identificadas	16	100%
Inspeccionadas	16	100%
Sin inspección	0	0%
Condiciones de sedimentación		
Hay sedimentos	7	43.75%
Estancado	2	12.50%
No hay sedimentos	7	43.75%
Tipo de sedimentos		
Arenas y gravas	2	12.50%
Materia orgánica	5	31.25%
Arcillas y lodos	1	6.25%
Ninguno	7	43.75%
Otro	1	6.25%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 7: Caracterización de cajas**

Identificadas	30	100%
Inspeccionadas	26	86.67%
Sin inspección	4	13.33%
Condiciones de sedimentación		
Hay sedimentos	13	43.33%
Estancado	2	3.33%
No hay sedimentos	11	36.67%
Sin inspección	4	13.33%
Tipo de sedimentos		
Arenas y gravas	5	16.67%
Materia orgánica	7	23.33%
Arcillas y lodos	1	3.33%
Ninguno	11	36.67%
Otro	2	6.67%

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 7. Se puede evidenciar una caja de inspección con sedimentos que impiden el flujo y provoca estancamiento.

**Figura 7: Caja de inspección sedimentada**



**Fuente:** Gómez, L 2018

#### **4.3.2. Componentes de las cámaras y cajas de inspección.**

A partir de la información colectada, se presenta un cuadro resumen (Tablas 8 y 9) con los resultados de los componentes tanto de las cámaras como de las cajas de inspección, su estructura, el material y el porcentaje que representa. Algunos estados de los componentes de los pozos de inspección se muestran en las figuras 7 a 10.

**Tapa:** el 100% de los pozos inspeccionados, tienen tapa en concreto, sean las circulares para las cámaras y rectangulares o cuadradas para las cajas, la gran mayoría de tapas se encuentran en buen estado, solo un 3.33% que corresponde a una caja tiene la tapa en malas condiciones, por ello ha sido necesario colocar una sobre tapa en concreto, que no logra cumplir a cabalidad la función de evitar el ingreso de piedras, arena, entre otros.

**Aro:** el 100%, es decir las 16 cámaras inspeccionadas cuenta con aro en concreto a nivel general se encuentran en regular estado.

**Peldaños:** el 87.5% que equivale a 14 de la cámaras posee peldaños, mientras que en las cajas solo una (3.33%) los posee, generalmente se presentan en las cámaras y cajas que tienen una profundidad mayor a 1 metro, estos peldaños tienen cierto grado de corrosión notándose más en algunos casos, sobre todo en cámaras que tienen entrada de agua en la parte superior que corresponden a conexiones posteriores al diseño inicial.

**Cañuela:** el 100% tanto de cámaras como de cajas de inspección tienen las cañuelas en concreto, a nivel general permiten que el flujo se conduzca de manera adecuada, aunque se

requiere que se realice mantenimiento porque en algunos casos se encuentran cubiertas con raíces parasitas.

**Tabla 8: Componentes de las cámaras**

Tapa		
Hay	16	100%
No hay	0	0%
Concreto		
Hay	16	100%
Metal	0	0%
Otro	0	0%
Aro		
Hay	16	100%
No hay	0	0%
Concreto		
Hay	16	0%
Metal	0	0%
Otro	0	0%
Peldaños		
Hay	14	87.5%
No hay	2	12.5%
Cañuela		
Hay	16	100%
No hay	0	0%
Concreto		
Hay	16	100%
PVC	0	100%
Otro	0	100%
Material de la cámara		
Pozos en ladrillo	16	100%
Repello concreto	4	25%
Tubería PVC	16	100%

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 9 por tratarse de cámaras rectangulares y cuadradas se omite el componente Aro pero se aclara que todas las tapas tienen sus respectivos ángulos para evitar el deterioro de las tapas.

**Tabla 9: Componentes de las cajas de inspección**

Tapa		
Hay	30	100%
No hay	0	0%
Concreto		
Hay	30	100%
Metal	0	0%
Otro	0	0%
Peldaños		
Hay	1	3.33%
No hay	29	96.67%
Cañuela		
Hay	30	100%
No hay	0	0%
Concreto		
Hay	30	100%
PVC	0	0%
Otro	0	0%
Material de la caja		
Pozos en ladrillo	30	100%
Repello concreto	30	100%
Tubería PVC	30	100%

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8: Caja de inspección con tapa en mal estado**



**Fuente:** Gómez, L 2018

**Figura 9: Caja de inspección con cañuela en concreto**



**Fuente:** Gómez, L 2018

**Figura 10: Cámara de inspección con peldaños y tubería en PVC.**



**Fuente:** Gómez, L 2018

**Figura 11: Cámara de inspección con tapa en buen estado**



**Fuente:** Gómez, L 2018



### **Estado general de los pozos**

Finalmente, se realiza la clasificación general del estado tanto de las cámaras como de las cajas de inspección, se destaca que no se realiza comparación de cumplimiento con la normatividad ambiental vigente, ya que no se tiene certeza del año de construcción, además algunos pobladores manifiestan que fueron dos diseños y algunos pozos que actualmente se utilizan corresponden al primer diseño. Por lo anterior los parámetros de clasificación se basan en lo siguiente:

**Pozo en buen estado:** pozo que no presenta sedimentación que afecte el libre flujo del agua, que no se evidencie tanto exfiltración como infiltración, que su estructura en general no presente deterioro y que la tubería tanto de entrada como de salida sea en PVC.

**Pozo en regular estado:** presenta sedimentación, pero no hay estancamiento de agua, su estructura presenta leves deterioros.

**Pozo en mal estado:** presenta sedimentación, es notorio el estancamiento, su estructura presenta graves deterioros y se evidencia infiltración o exfiltración.

En las figuras 12 y 13 se evidencia el estado regular y malo de una cámara y una caja de inspección respectivamente. En la figura 12 es notorio que las cámaras en mampostería no tienen recubrimiento en repello e impermeabilización, razón por la cual son muy propensas tanto a exfiltración como a infiltración.

**Figura 12: Cámara de inspección en regular estado**



**Fuente:** Gómez, L 2018

**Figura 13: Caja de inspección en mal estado**



**Fuente:** Gómez, L 2018

Para la red de alcantarillado del corregimiento de El Palmar se determinó que la clasificación es regular, teniendo en cuenta el estado y funcionamiento del sistema, ya que las cámaras registran un 93.75% en regulares condiciones, porcentaje similar al de las cajas de inspección que cuentan con un 90%, mientras que los porcentajes de malas condiciones no pasan del 10%, para un alcantarillado que tiene un rango de edad entre los 15 años y 20 años. En la tabla 10 se resume el estado general de los pozos de inspección. En los anexos B.1 y B.3 detallan las características de cada pozo inspeccionado y las evidencias fotográficas respectivamente.

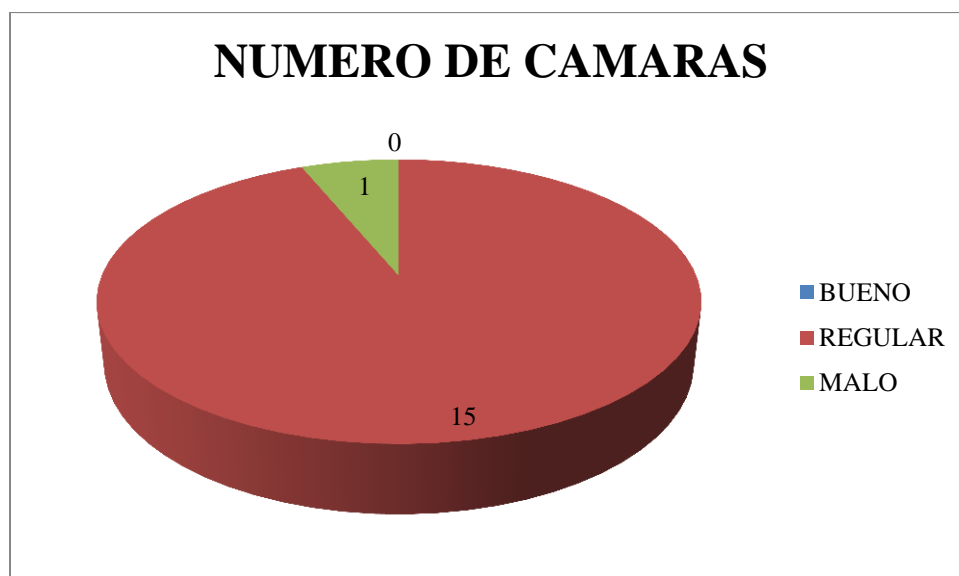
**Tabla 10: Estado general de los pozos de inspección.**

	CALIFICACION			TOTAL
	BUENO	REGULAR	MALO	
<b>NUMERO DE CAMARAS</b>	0	15	1	16
<b>Porcentaje</b>	0%	93.75%	6.25%	100%
<b>NUMERO DE CAJAS</b>	0	27	3	30
<b>Porcentaje</b>	0%	90%	10%	100%

**Fuente:** Elaboración propia

En las figuras 14 y 15 se muestra la clasificación tanto de cámaras como de cajas de inspección.

**Figura 14: Clasificación de cámaras**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15: Clasificación de cajas**



**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.4. ANALISIS DE ENCUESTA APLICADA**

Como se trató de una encuesta que pretendía conocer la totalidad de habitantes no se determinó el tamaño de la muestra si no que se realizó en la totalidad de las viviendas, aunque 4 de ellas se encuentran temporalmente inhabitadas, El total de encuestas realizadas es de 33 viviendas y 2 establecimientos comunitarios que son el Hogar Infantil y la Escuela Rural Mixta.

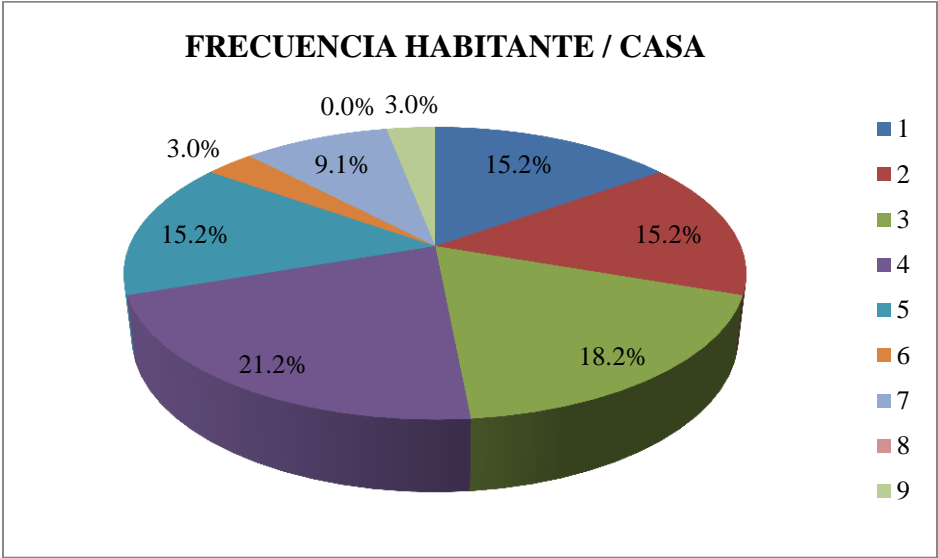
De las 33 viviendas encuestadas se encontró que el número de personas que habitan las viviendas varía desde 1 hasta máximo 9, distribuidos porcentualmente así en el 15.15% habitan 1, 2 y 5 personas, en el 18.18% habitan 3 personas, en el 21.21% habitan 4 personas, siendo esta la mayor frecuencia encontrada, tan solo en el 3.03% habitan 6 y 9 personas, en el 9.09% de las viviendas hay 7 personas, finalmente en ninguna casa habitan 8 personas.

Con respecto al Hogar Infantil, hay 17 niños menores de 5 años, 14 de ellos pertenecen a dos veredas del Corregimiento, los 3 restantes ya están incluidos en las 33 viviendas del caserío, situación similar sucede para la escuela, en el momento hay 51 personas, de las

cuales 48 son niños entre 5 y 12 años, 32 de ellos pertenecen a otras comunidades y los 16 niños restantes ya se reportaron en la encuesta.

Los resultados de la encuesta se tabulan y se grafica la distribución de frecuencias de habitantes por casa que se muestra en la figura 16. El formato de la encuesta se presenta en el anexo B.2

**Figura 16: Distribución de frecuencias habitantes por casa**



**Fuente:** Elaboración propia

El cuestionario se relaciona a continuación, cada pregunta tiene la justificación por la que fue planteada, se relacionan en una serie de figuras que resumen los objetivos propuestos, para ello se tiene:

**1. ¿Cuántas personas conforman su hogar?, incluyéndolo.**

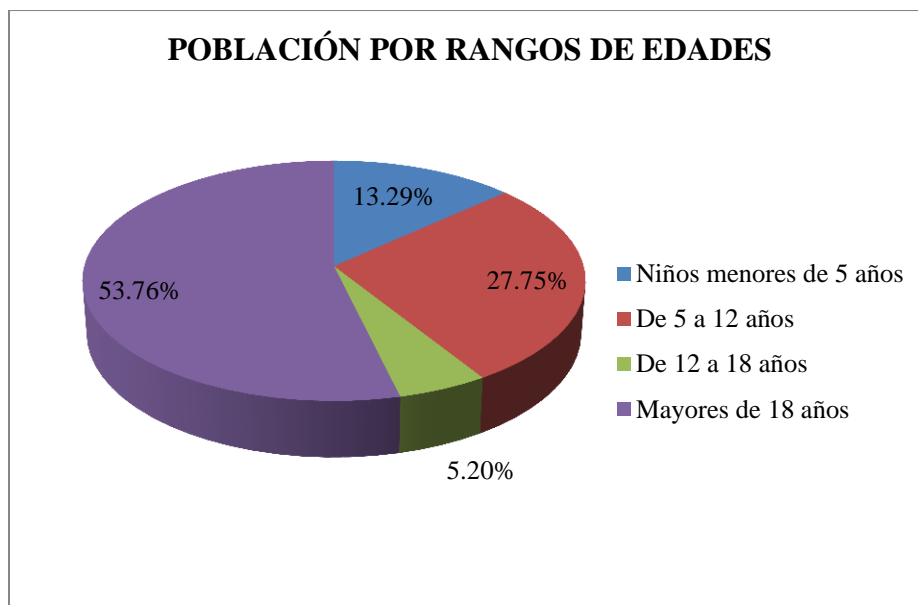
Inicialmente se pretende conocer el total de personas, para determinar la proyección de la población de diseño y el rango de edad.

La figura 17 muestra la distribución de la población por rango de edades, de la que se observa que el 13.29% de la población que corresponde a 23 niños, es la población actual más vulnerable al problema de contaminación a causa de la cercanía del hogar infantil con la disposición final del agua residual doméstica sin tratamiento, el 27.75 % corresponde a los 48 niños que realizan un aporte de carga contaminante de manera intermitente durante la época de estudio, el 5.20 %, es decir, son las 9 personas entre 12 y 18 años y el 53.76% son 93 personas mayores de 18 años, son la población que debe asumir la responsabilidad



de gestionar los recursos para concretar el proyecto. La población total encuestada es de 173 habitantes.

**Figura 17: Distribución porcentual de población por edades.**



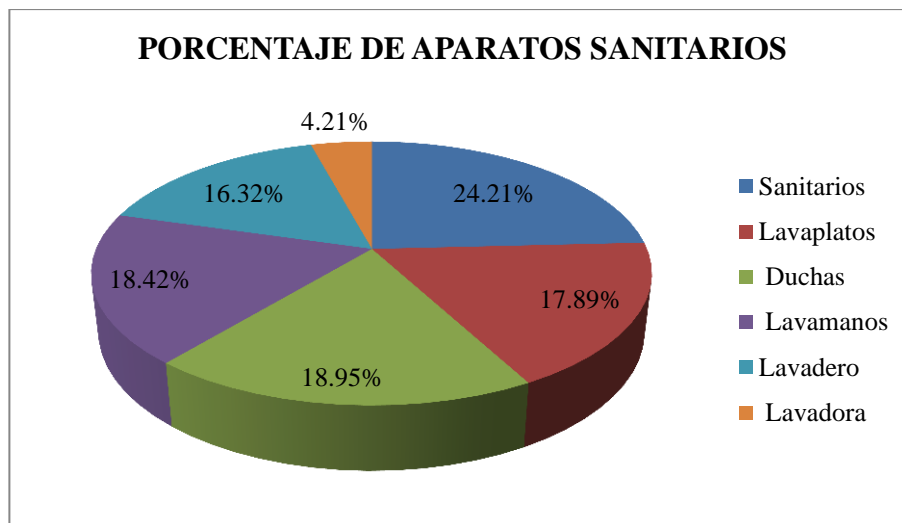
**Fuente:** Elaboración propia

Con la siguiente pregunta se pretende conocer el número de grifos que tienen las viviendas y el estado en el que se encuentran, ver figura 18.

**2. ¿Cuántos aparatos sanitarios tiene en su hogar? Indique el número de cada uno.**

El total de grifos de las viviendas es de 190, de los cuales el 24.21% (46) corresponde a sanitarios, el 17.89% (34) a lavaplatos, el 18.95% (36) son duchas, el 18.42% (35) son lavamanos, el 16.32% (31) son lavaderos y tan solo el 4.21% (8) son lavadoras.

**Figura 18: Distribución porcentual de aparatos sanitarios**



**Fuente:** Elaboración propia

**3. ¿Todas las llaves, sifones y sumideros, se encuentran en buen estado?**

De las 35 encuestas realizadas 32 personas afirman tener en buen estado las llaves, sifones y sumideros y las tres restantes afirman que por lo menos una de sus llaves tiene fuga.

**4. ¿Usted lava café en su casa?**

Esta pregunta y las siguientes tres, radican principalmente en que por tratarse de zona cafetera, las personas realizan esta labor en su casa y al tener un sistema de alcantarillado se asume que el agua residual del café en época de cosecha tiene como destino final el zanjón 2 del pueblo. De las 35 encuestas 9 personas afirman que lavan café en su casa.

**5. ¿Cuántas arrobas de café cereza son despulpadas al día en su beneficiadero?**

La cantidad de arrobas de café por productor varía entre 5 y 74 @ de café cereza /día, en la tabla 6 se registran los valores de cada caficultor.

**6. ¿Cuántos días a la semana realiza lavado de café?**

La frecuencia del lavado de café depende de la cantidad que se produce y para el caso en particular entre uno y tres días a la semana se realiza esta actividad.

**7. ¿El agua del lavado de café es vertida a: alcantarillado, zanjón, otro**

De nueve caficultores que realizan el lavado de café en su casa, 3 de ellos vierten el agua a sus fincas debido a la poca cantidad de café que producen, 2 de ellos (en la misma casa) disponen el agua residual al zanjón directamente por medio de un tubo, por la cercanía al

zanjón y finalmente 4 de ellos vierten el agua al sistema de alcantarillado, empeorando de esta forma el problema de contaminación a causa de la concentración de contaminantes presentes en el agua del lavado del café.

A continuación en la tabla 11 se relacionan las preguntas 5,6 y 7, caracterizando a cada productor de café.

**Tabla 11: Disposición de agua residual de café**

CAFICULTOR	CANTIDAD @/día	LAVADO día/semana	DISPOSICIÓN AGUA DE LAVADO
Fabio	50	3	Alcantarillado
Esperanza	5	1	finca
Cervelia	5	1	finca
Rosa	20	1	finca
Obidio	56	2	Alcantarillado
Jairo	70	3	Alcantarillado
Jaime	74	3	zanjón
Amparo P	10	1	zanjón
Amparo R	10	1	Alcantarillado

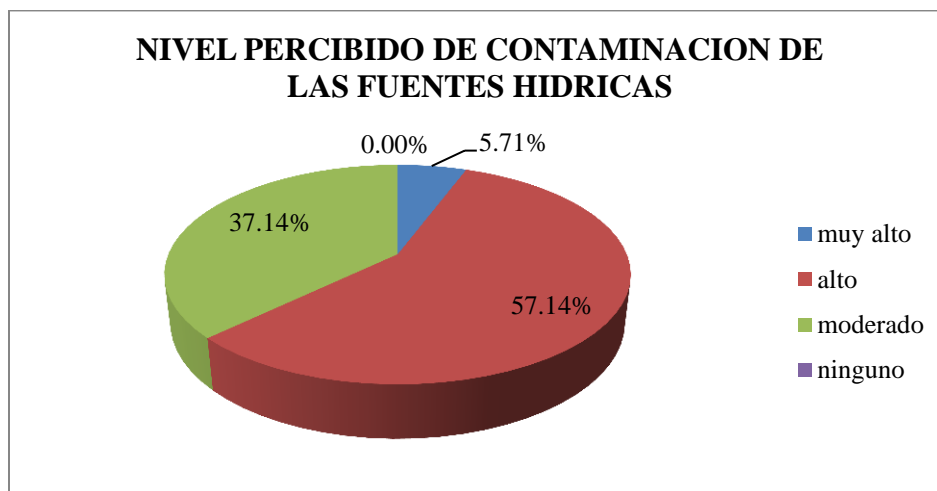
**Fuente:** Elaboración propia

#### **8. Califique el nivel de contaminación de las fuentes hídricas en su localidad.**

La intención de la pregunta 8 es sondear a la población si perciben algún grado de contaminación de las fuentes hídricas, el resumen se presenta en la figura 19.

Para la mayoría de la población que representa el 57.14%, es decir 20 personas consideran que el nivel de contaminación es alto, mientras que 13 personas un 37.14% aseguran que es moderado y tan solo el 5.71%, 2 encuestados consideran que es muy alto, es así como se ha evaluado el nivel de contaminación de las fuentes hídricas en la localidad de El Palmar, en La Vega, Cauca, es por eso la preocupación de tener un sistema de tratamiento que logre disminuir por lo menos la contaminación de una fuente hídrica con bajo caudal.

**Figura 19: Distribución porcentual de contaminación de fuentes hídricas**



**Fuente:** Elaboración propia

**9. ¿Se ha visto afectado por problemas de contaminación a causa de la disposición actual de las aguas residuales domésticas?**

La disposición actual de las aguas residuales domésticas del corregimiento ha afectado según la encuesta al 97.14% de los pobladores, que corresponde 34 encuestas y el 2.86% restante asegura no haber sido afectado es decir 1 persona, Ver figura 20.

**Figura 20: Distribución porcentual de afectación por problemas de contaminación**

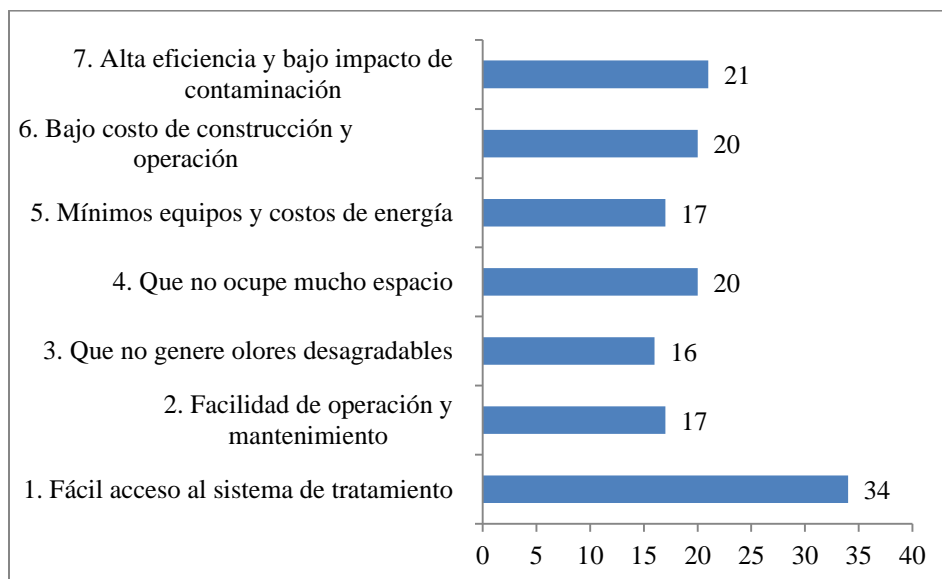


**Fuente:** Elaboración propia

**10. Califique de mayor a menor, donde 7 es la mayor importancia de las características de un sistema de tratamiento de aguas residuales.**

Esta es sin lugar a duda la pregunta más importante, ya que permite tomar decisiones sobre la selección de la tecnología que más convenga a la población en cuanto a aspectos sociales, económicos y ambientales. La población considera que lo más importante es que el sistema de tratamiento tenga alta eficiencia y bajo impacto de contaminación, seguida de un bajo costo de construcción y operación, seguida de mínimos equipos y costos e energía, que tampoco ocupe mucho espacio, que a la vez no genere olores desagradables, sin menor importancia consideran la facilidad de operación y mantenimiento y la menos importante el fácil acceso al sistema, es así como se muestra gráficamente la calificación que se dio a cada característica y el nivel de preferencia. Resultados que se muestran en la figura 21. La ampliación de la información de la encuesta se presenta en el anexo B.4

**Figura 21: Importancia de las características de un sistema de aguas residuales**



**Fuente:** Elaboración propia

## **4.5. REQUERIMIENTOS DE CAMPO**

### **4.5.1. Aforo de caudales.**

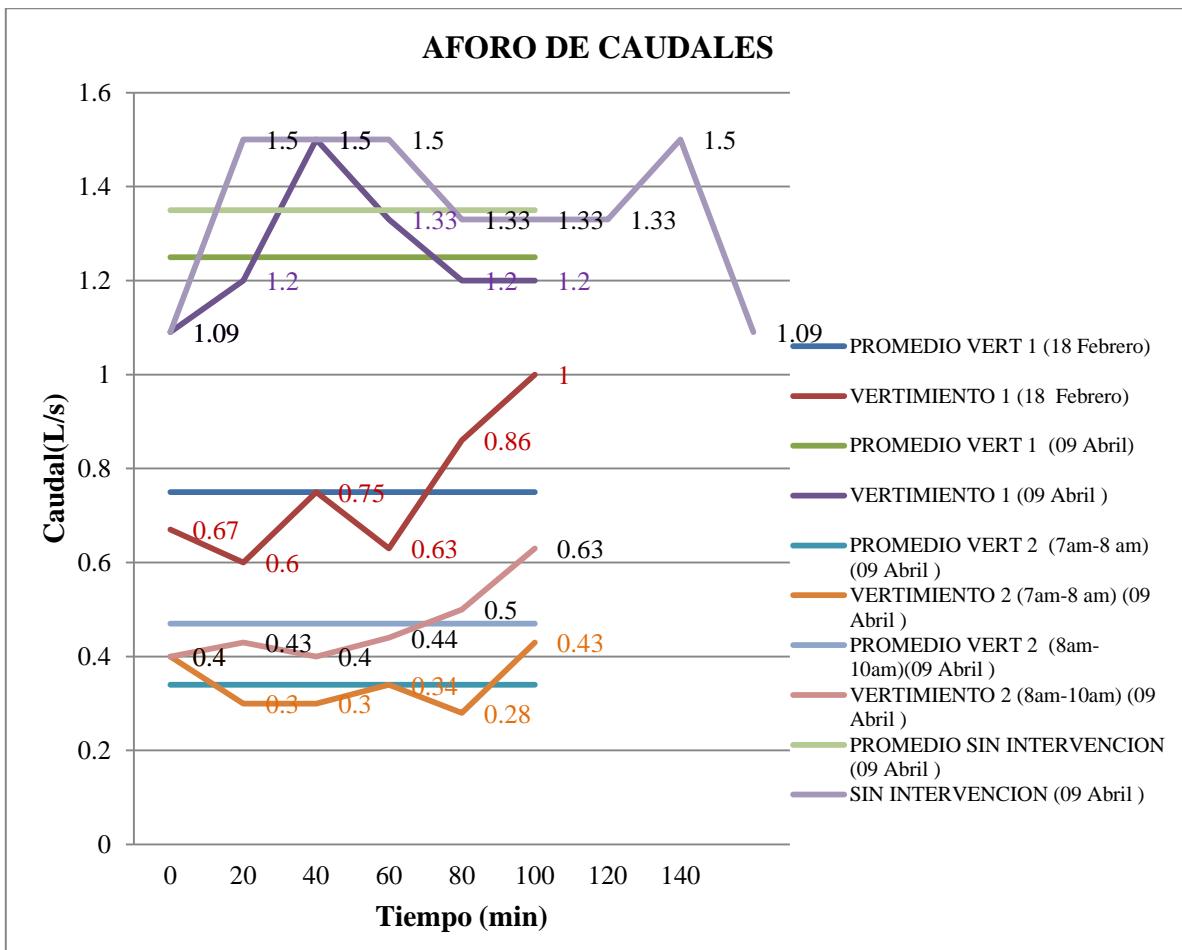
El primer aforo se realizó al vertimiento 1, el 18 de febrero de 2018 con el fin de tener referencia antes que se intensificara la ola invernal, ya que como se mencionó en la revisión del sistema de alcantarillado esta descarga presenta 4 conexiones atípicas que

posteriormente contribuirán a la variación del caudal. En esta fecha se midieron diferentes volúmenes con lapsos de tiempo de 10 minutos.

El resultado del aforo para el vertimiento 2 tiene un caudal promedio de 0.34 L/s, antes de la jornada escolar, para aforos realizados cada 10 minutos durante 1 hora y para la jornada escolar un caudal promedio de 0.47 L/s, para aforos realizados durante 2 horas.

En la misma fecha se realizó el aforo para la fuente receptora o agua sin intervención que es como se nombra en algunos casos, este aforo se realizó al final de un Box Culvert, con diámetro de 21 pulgadas, que permite el flujo natural del agua que además colecta el agua lluvia de una canaleta construida en la parte superior y el agua lluvia que recoge el área pavimentada del pueblo, los valores obtenidos se registran a nivel general en la figura 21 pero se detallan en el anexo C.2

**Figura 22: Aforos realizados a tres puntos específicos**



**Fuente:** Elaboración propia

El aforo para el vertimiento 1, se realizó con lapsos de tiempo de 20 minutos entre cada toma, al comparar los valores promedio de caudal en las dos fechas se evidencia un incremento de caudal de 0.5 L/s en la fecha del 9 de abril, lo que indica que posiblemente hubo influencia de las conexiones atípicas en el sistema de alcantarillado, ya que los aforos se realizaron en el mismo horario, pero ya había iniciado la temporada invernal. Es evidente que hubo un incremento de caudal promedio de 0.13 L/s comparando los resultados del vertimiento 2, en el horario comprendido entre las 8:00 am y 10:00 am, que corresponde al horario escolar, los caudales en este horario se midieron cada 20 minutos, durante las 2 horas.

La principal preocupación de los pobladores es la llegada del verano, época en la cual el caudal de la fuente receptora disminuye considerablemente, esto se evidencia entre las imágenes 23 y 24, la principal consecuencia es la generación de olores desagradables, ya que el caudal del zanjón 2 es únicamente el caudal de las aguas residuales de los vertimientos.

**Figura 23: Registro 09 de abril**



**Fuente:** Gómez, L 2018

**Figura 24: Registro 11 de julio**



**Fuente:** Gómez, L 2018

#### 4.5.2. Caracterización de aguas residuales y naturales.

En la tabla 12 se registran los valores de parámetros resultados de la caracterización de las aguas residuales y naturales.

**Tabla 12: Resultados de parámetros físico-químicos**

TIPO	PARAMETROS	PUNTOS DE MONITOREO			
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
PARAMETROS EN CAMPO	CAUDAL (L/S)	1.09	1.33	1.09	1.00
	pH	7.04	6.7	6.91	6.82
	Temperatura(°C)	21.4	18.8	19	19.6
	CONDUCTIV (µs/Cm)	382	128.3	192.6	128.2
	OD (Mg/L)	5.02	6.75	6.72	5.03
PARAMETROS EN LABORATORIO	DBO (Mg/L)	58	< 0.9	< 0.9	28.4
	DQO (Mg/L)	132	<15	<15	52.8
	SST (Mg/L)	48	<5	60.6	30
	SOLIDOS SED (MI/L)	0.2	<0.1	<0.1	0.1
	GRASAS Y ACEITES (Mg/L)	6	-	-	<5

**Fuente:** Elaboración propia-Reporte CRC. Solicitud N° 100

En el anexo C.1 se presenta el resultado de los parámetros analizados en el Laboratorio Ambiental de La Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, además se presenta el método utilizado para cada parámetro.

Los parámetros como pH, conductividad, DQO, sólidos sedimentables y grasas y aceites no serán evaluados individualmente, ya que corresponden generalmente a características propias de puntos muestreados en particular para un momento y no requieren de análisis particulares por no tener valores representativos que se desvíen de características típicas de aguas residuales o en su defecto aguas naturales.

Al revisar los datos de la tabla 12, específicamente en el parámetro Oxígeno disuelto (OD) se nota que los valores de OD están considerablemente alterados, teniendo en cuenta que los vertimientos deben tener valores de OD muy bajos o en su defecto nulos, razón por la cual se determinó el porcentaje de oxígeno de saturación.

#### 4.5.3. Calculo de la concentración de saturación de oxígeno disuelto

A continuación (ver tabla 13), se relacionan los porcentajes de saturación de cada uno de los puntos en los que se tomaron valores de oxígeno disuelto, Los valores de presión de vapor de agua se obtuvieron a partir del método de interpolación a partir de la Presión de



vapor del agua líquida entre 0 °C y 373 °C. (vaxasoftware.com), el detalle de la determinación se presenta en el anexo C.3

**Tabla 13: Concentración de saturación de oxígeno disuelto**

Ubicación	T (°C)	msnm	OD medido (mg/L)	P vapor (mm Hg)	CS (mm Hg)	P barom (mm Hg)	C'S (mg/L)	%Sat
<b>P<sub>3</sub></b>	19	1775	6.72	16.49	9.37	608.86	7.46	90.0
<b>P<sub>2</sub></b>	18.8	1820	6.75	16.29	9.41	605.44	7.45	90.6
<b>P<sub>1</sub></b>	21.4	1791	5.02	19.13	8.95	607.64	7.11	70.6
<b>P<sub>4</sub></b>	19.6	1755	5.03	17.13	9.26	608.86	7.38	68.2
<b>Mezcla</b>	19.5	1768	6.59	17.02	9.28	609.39	7.4	89.1

**Fuente:** Elaboración propia

En conclusión, los valores calculados del porcentaje de saturación de O.D. indican que las fuentes superficiales antes de las descargas de vertimientos (**P<sub>2</sub>** y **P<sub>3</sub>**), presentan muy buena condición de calidad del agua. Sin embargo, para los puntos en los vertimientos (**P<sub>1</sub>** y **P<sub>4</sub>**), los valores de O.D se consideran inusualmente altos, debido seguramente a falta de calibración en la sonda multiparamétrica, además pudo presentarse influencia de factores como la temperatura e incluso la toma de las muestras, ya que en campo las condiciones para cada punto son totalmente distintas y evitar que no haya un cambio en el contenido gaseoso de la muestra resulta casi imposible, si se debe evitar que la muestra se agite o no dejar que esta permanezca en contacto con el aire al tomar las muestras al final de una tubería de difícil acceso; si es para conocimiento que el análisis del O.D es clave en el impacto sobre la fuente receptora.

#### **4.5.4. Determinación de la carga contaminante de los habitantes**

Haciendo referencia a la DBO<sub>5</sub>, en los vertimientos los valores obtenidos, no corresponden a valores cercanos a la caracterización de aguas residuales domésticas, considero que los bajos valores obtenidos en la caracterización corresponden a la dilución que hay en los vertimientos por dos causas, la primera por el agua constante de los nacimientos registrados y la segunda por el agua que se fuga de las llaves en mal estado y llega al sistema de alcantarillado, situación que se corrobora en la pregunta 3 de la encuesta realizada, por esta razón se procede a determinar la carga contaminante per cápita.

Los valores obtenidos se registraron en las tablas 14 y 15.

**Tabla 14: Determinación de Carga contaminante de DBO<sub>5</sub> per cápita**

Parámetro	Caudal (L/s)	Concentración (mg/L)	Cc (Kg/día)	Numero habitantes (hab)	Contribución per cápita (gDBO <sub>5</sub> /hab*día)
Vertim 1	1.09	58	5.46	102	54
Vertim 2	1	28.4	2.45	71	34
TOTAL	<b>2.09</b>		<b>7.91</b>	<b>173</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 15: Determinación de Carga contaminante de SST per cápita**

Parámetro	Caudal (L/s)	Concentración DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Cc (Kg/día)	Numero habitantes (hab)	Contribución per cápita (g/hab*día)
Vertim 1	1.09	48	4.52	102	44
Vertim 2	1	30	2.59	71	36
TOTAL	<b>2.09</b>		<b>7.11</b>	<b>173</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

De los resultados de la tabla 12 y solo por esa caracterización se puede afirmar que los caudales aforados para la población actual en cada vertimiento son superiores a los típicos, por tanto se confirma que hay dilución en el caudal de los dos vertimientos, por otro lado los valores de concentraciones son muy bajas para las típicas concentraciones de aguas residuales domésticas, pero al determinar la contribución per cápita las cargas contaminantes se conservan, lo anterior se confirma al comparar los valores obtenidos (54 y 34 g DBO<sub>5</sub>/hab/día), los cuales se encuentran en el rango 25-80 g DBO<sub>5</sub>/hab/día, para una temperatura de 20°C registrados en la tabla 24. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas de la Resolución 0330 de 2017.

Situación similar sucede para los SST, los valores obtenidos (44 y 36 g/hab\*día), (tabla 15) se encuentran en el rango 30-100 g/hab\*día de la misma Resolución.

En conclusión de lo anterior se tiene un caudal de aguas residuales domésticas superiores a los típicos, baja concentración tanto de DBO como de SST para el número de pobladores y valores de cargas contaminantes per cápita típicas para aguas residuales domésticas, lo que confirma que hubo dilución momentánea, pero que no ingresó otro tipo de agua residual no doméstica como lavado de café.

De la conclusión anterior se confirma que tanto la cantidad y concentración de las aguas residuales es función de su origen y de sus componentes, por lo que las cargas equivalentes o contribuciones per cápita por día varían de un sitio a otro, pero para comunidades pequeñas o áreas rurales las aguas residuales son predominantemente domésticas, (Rojas J. , 1999) basada en esto, no se tendrán en cuenta los valores registrados en las tablas 14 y 15, aunque los valores de concentraciones para DBO<sub>5</sub> y SST estén en los rangos típicos establecidos para aguas residuales domésticas, corresponden a valores presuntivos.

Ahora, para conocer la concentración a partir del caudal de aguas residuales de la población con el fin de plantear los objetivos de tratamiento del sistema, se asumieron los valores de la tabla 1.10. Cargas promedio de las aguas residuales domesticas en el área rural (Rojas J. , 1999), donde la dotación neta es de 150 L/hab\*día, los valores de concentración de DBO y SST serán el valor superior del rango para cada parámetro, es decir 35 y 30 g/hab\*día respectivamente. En la tabla 16 pueden verificarse los anteriores valores.

**Tabla 16: Cargas promedio de las ARD en el área rural**

Parámetro	valor
Caudal	150 L/c.d
DQO	75-80g/c.d
DBO	30-35 g/c.d
Solidos Suspendidos	25-30 g/c.d
Nitrógeno	8-9 g/c.d
Fósforo	3.5-4 g/c.d
Coliformes totales	10 <sup>8</sup> NMP/100 ml

**Fuente:** (Rojas J. , 1999)

$$Q_{ARD} = \frac{0.85 * 173\text{hab} * \frac{150\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}}{86400\text{s}} = 0.26\text{L/s}$$

Con el nuevo caudal se determina la carga contaminante para DBO<sub>5</sub> y SST (ver tabla 17) de la población actual así:

$$C_C = \frac{C_{PER\ CAPITA} * P_{ACTUAL}}{1000}$$

Finalmente se determinan las concentraciones para los parámetros de DBO y SST.

**Tabla 17: Determinación de la concentración de DBO<sub>5</sub> Y SST**

Parámetro	Caudal (L/s)	Numero habitantes (hab)	Contribución per cápita (g/hab*día)	Cc (Kg/día)	Concentración (mg/L)
DBO <sub>5</sub>	0.26	173	35	6.06	269
SST	0.26	173	30	5.19	231

**Fuente:** Elaboración propia

Los valores de concentración registrados en la tabla 17, se consideran no típicos característicos de un agua residual doméstica, por consiguiente las concentraciones que se tienen en cuenta para plantear los objetivos de tratamiento son:

DBO: 200 mg/L y SST: 200 mg/L, tomados de la Tabla 1.6. Características de un agua residual domestica típica valores transcritos en la tabla 18.

**Tabla 18: Características de un agua residual doméstica típica**

Parámetro	Magnitud
DBO	200 mg/L
DQO	400 mg/L
Solidos suspendidos totales	200 mg/L
Solidos suspendidos volátiles	150 mg/L
Nitrógeno amoniacal	30 mg/L - N
Ortofosfatos	10 mg/L - P

**Fuente:** (Rojas J. , 1999)

#### **4.5.5. Evaluación del impacto ambiental.**

A partir de la caracterización de aguas residuales y naturales de los puntos de muestreo se realizó el balance de masas en tres puntos, el primer balance (punto 5) que corresponde al vertimiento 2 y al agua que conduce el zanjón 2 aproximadamente un metro antes de la descarga 2, se aprecia que hay una disminución aparente de DBO y SST, (ver tabla 19) esto indica que la fuente no tiene otro tipo de descargas no domésticas.

En el balance 2 (punto 6), corresponde a la mezcla del primer balance y la descarga del vertimiento 1, este ocasiona un aumento en los parámetros de DBO y SST, ya que este vertimiento presentó los mayores valores de concentraciones de los parámetros antes mencionados, pero de entrada estarían cumpliendo con los límites permisibles de la resolución 0631 de 2015.

El tercer balance se realiza entre la mezcla de los 2 zanjones y la quebrada El Estoraque (punto 8), en este punto, la fuente receptora con las condiciones evaluadas tiene unas concentraciones de DBO y SST que no representan riesgo significativo para las personas aguas abajo de la descarga, se asume que el Oxígeno Disuelto está por encima de 6mg/L, ya que se encuentra fauna acuática típica de la zona. En la tabla 19 se presentan los valores que se determinaron para cada balance de masas.

Los cálculos que se plantearon para obtener los valores de los parámetros DBO, SST, OD y Temperatura para cada balance de masa, se realizaron a partir de la siguiente ecuación:

$$(Q_x * C_x) + (Q_y * C_y) = (Q_z * C_z)$$

$$(1.09 \text{ L/s} * 0.9\text{mg/L}) + (1\text{L/s} * 28.4\text{mg/L}) = (2.09\text{L/s} * X\text{mg/L})$$

$$X = 14.06\text{mg/L}$$

**Tabla 19: Balance de masa entre vertimientos y Quebrada**

PARAMETRO	P1	P3	P4	P5: P3+P4	P6: P1+P5	P7	P8:P6+P7
CAUDAL (L/s)	1.09	1.09	1	2.09	3.18	200	203.18
DBO (mg/L)	58	0.9	28.4	14.06	29.12	0.9	1.34
OD (mg/L)	5.02	6.72	5.03	5.91	5.61	6.75	6.73
SST (mg/L)	48	60.6	30	45.96	46.66	5	5.65
T (°C)	21.4	19	19.6	19.29	20.01	17	17.05

**Fuente:** Elaboración propia

La caracterización de esta importante fuente no fue posible realizarla debido a la limitación de los recursos económicos que presenta la comunidad, pero cualitativamente es posible definir que la quebrada presenta muy buenas condiciones, actualmente desde su nacimiento no presenta ninguna descarga directa por vertimientos de tipo industrial o aguas residuales domésticas ubicadas aguas arriba de la intercepción con el zanjón 2 del pueblo que conduce las aguas residuales de la comunidad de El Palmar, que como ya se había mencionado por el deficiente caudal que transporta ese zanjón difícilmente logra llegar a la quebrada, este se percola en el trayecto evitando impactar de manera drástica la fuente.

Se considera que los objetivos de tratamiento que se proponen para este diseño, por ser valores más exigentes que lo que la misma Resolución 0631 del 2015 permite no logra alterar de manera significativa la capacidad de asimilación del cuerpo receptor evidenciándose en la actividad de pesca que algunos pobladores realizan de forma ocasional.

Los márgenes de la quebrada tampoco son utilizados como botaderos de escombros o residuos sólidos que ocasionen problemas de erosión, cambios en el paisaje o aportes de sedimentos que disminuyan la calidad del agua, el arrastre por residuos sólidos a lo largo del cauce provienen principalmente de material vegetal y rocas de la parte alta.

En el numeral 3.2.4 se presenta el esquema de localización de los puntos monitoreados para la caracterización de aguas naturales y residuales.

#### **4.5.6. Objetivos del tratamiento de aguas residuales.**

El objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad. Si se arrojan aguas residuales crudas a un río o cuerpo de agua, en exceso de la capacidad de asimilación de contaminantes del agua receptora, este se verá disminuido en su calidad y aptitud para usos benéficos por parte del ser humano.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objetivo de la regulación, por parte de normas, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ellas (Rojas J. , 1999).

La resolución 0631 de 2015 establece los límites máximos permisibles en los vertimientos de aguas residuales domesticas para diferentes actividades, para el caso de estudio se debería tener un efluente con valores máximos de 90 mg/L para DBO<sub>5</sub> y 90 mg/L para SST, con eficiencias de 55% para DBO<sub>5</sub> y SST.

Estas concentraciones son consideradas muy altas para ser vertidas a una fuente receptora con un caudal tan pequeño (1.35L/s), aún más crítico si nos remitimos a la figura 24, donde se evidencia que el caudal en época de verano es casi nulo.

La Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, en la tabla 1. Resume los objetivos de calidad de agua en los municipios, utilizando el modelo de STREETER AND PHELPS, con actualización en el Acuerdo del año 2014 (C.R.C. Corporacion Autónoma Regional del

Cauca, 2014). Establece que para el municipio de La Vega, el escenario aguas abajo del río Pancitará para el año 2019 es:

- La concentración de OD deberá ser  $> 5.6\text{mg/L}$
- La concentración de DBO deberá ser  $<2,5\text{ mg/L}$
- La concentración de Sólidos suspendidos totales SST deberá ser  $<30\text{ mg/L}$

Estos valores representan los usos de agua sugeridos para pesca y recreación, por lo tanto son muy exigentes en  $\text{DBO}_5$ , además los objetivos corresponden a una fuente con diferentes condiciones a la fuente receptora que para este caso es la Quebrada del Estoraque, esta fuente no tiene estudios de calidad por lo tanto se asume que para conservación de flora y fauna la concentración de Oxígeno Disuelto debe ser mayor a  $4\text{mg/L}$  estipulado en el Decreto 1076 de 2015.

Los objetivos de tratamiento que se definieron para el sistema, se presentan en la tabla 20, los valores iniciales de concentración se tomaron como los valores de parámetros  $\text{DBO}_5$  y SST característicos de un agua residual doméstica típica.

**Tabla 20: Objetivos de tratamiento de ARD**

Parámetro / unidad	Valor inicial concentración	Límite máximo permisible Res 0631 de 2015 /eficiencia %		Objetivos de tratamiento para el diseño/eficiencia %	
$\text{DBO}_5\text{ mg/L}$	200	90 mg/l	55	30 mg/l	85
SST mg/L	200	90 mg/l	55	40 mg/l	80

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.5.7. Determinación de la carga contaminante de los productores de café.

A partir de la ecuación presentada en el numeral 3.2.5 de la metodología se determinaron los valores de cargas contaminantes por productor de café y total, valores que son registrados en la tabla 21.

**Tabla 21: Carga contaminante de DBO<sub>5</sub> por caficultor**

TRAMO 1				
	contribuyente	Café Cereza (arroba / día)	Caudal (m3/día)	Carga contaminante (kg/día)
1	Ovidio Mamián	56	3.5	13.23
2	María R Mamián	70	4.375	16.54
3	Fabio Rengifo	50	3.125	11.81
4	Jaime Rengifo	84	5.25	19.85
5	Amparo Pino	10	0.625	2.36
		<b>TOTAL</b>	16.875	63.79

**Fuente:** Elaboración propia

Se determina a qué población equivalente le corresponde la carga total de café para posteriormente realizar una comparación.

$$Num\ hab = \frac{Carga\ contaminante\ (kg/día)}{contrib\ per\ capita\ (Kg/hab * día)}$$

$$Num\ hab = \frac{63.79(kg/día)}{0.054\ (Kg/hab * día)} = 1181\ hab$$

Al comparar las tablas 14 y 21 correspondientes a las cargas contaminantes de DBO<sub>5</sub> tanto para habitantes como para aportes del lavado de café, se puede analizar que las cargas contaminantes resultado del proceso agrícola son muy grandes en comparación a las cargas de la población, es más la población equivalente para esa carga contaminante de café corresponde a 1181 habitantes, es una cantidad similar a una población de una cabecera municipal, por esta razón se determinó que el sistema de tratamiento solo se realiza para la población proyectada (300 habitantes) las personas que tienen esta actividad agrícola deben estudiar una opción de disminuir la contaminación y que esos residuos no entren al sistema de tratamiento, ya que trae consigo un sobredimensionamiento del sistema y la temporada de cosecha dura máximo 3 meses en el año.

#### 4.6. DISEÑO DEL EMISOR FINAL A STAR



#### 4.6.1. Métodos de estimación de la población futura.

Para el cálculo de la población futura los cálculos se realizan con el menor valor de  $r$ , porque en el Diagnostico Prospectiva Escenarios Tendenciales Alternativos y Concertados, La Vega 2002, Tabla 25. Población del municipio por corregimientos 1999, en ese año, la cabecera del corregimiento tenía 190 habitantes (Administración Municipal La Vega Cauca, 2002) y en el momento se registran 173 habitantes (población objetivo), 29 habitantes de 6 viviendas que hacen parte de la Junta de Acción Comunal, están dispersas, y alejadas de la principal zona de estudio, razón por la cual no hacen parte del estudio, se resalta aquí que y al no contar con otros datos entre los años 1999 y 2018, se considera que el crecimiento de la población no es significativo. En la tabla 16 se presentan los valores correspondientes a los métodos aplicados y en el anexo D.1 se detallan los cálculos correspondientes a los dos métodos.

**Tabla 22: Método de crecimiento geométrico y exponencial**

<b>Año</b>	<b>Geométrico</b>	<b>Exponencial</b>
	<b>T<sub>total</sub> futura</b>	<b>T<sub>total</sub> futura</b>
2018	173	173
2033	235	242
2038	260	270
2043	288	302

**Fuente:** Elaboración propia

El promedio de la población por los dos métodos es de 295 habitantes, pero se aproxima ese valor a 300 habitantes, para facilitar los cálculos, la población de cada ramal se detalla en la tabla 17 tanto para la población actual como futura.

**Tabla 23: Población actual y futura por ramales**

<b>Población actual (hab)</b>		<b>Población futura (hab)</b>	
Ramal1	Ramal 2	Ramal 1	Ramal 2
102	71	177	123
<b>Total:</b>	<b>173</b>	<b>Total:</b>	<b>300</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.6.2. Asignación del nivel de complejidad.

La asignación del nivel de complejidad para la población de El Palmar según la tabla 1, de este documento es bajo al igual que la capacidad económica por tratarse de una población menor a 2500 habitantes, el periodo máximo de diseño es de 25 años, según en el artículo 40, Capítulo 1 de los aspectos generales de la Resolución 0330 de 2017.

#### 4.6.3. Asignación de la dotación neta máxima por habitante.

Basado en que no se tiene información histórica disponible, se utiliza un valor de dotación neta máxima por habitante de 130 L/hab \*día, ya que la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona de estudio es de 1800 m.s.n.m, valor que se encuentra en tabla 2 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

#### 4.6.4. Determinación de caudales de aguas residuales domésticas

Los valores de caudales de las aguas residuales domésticas se determinaron para cada ramal, teniendo en cuenta la población, el nivel de complejidad, la dotación neta por habitante, el coeficiente de retorno, factor de mayoración y área tributaria para cada ramal. Los correspondiente valores se calcularon a partir de las formulas descritas en el numeral 3.3.1 de la metodología del presente documento. Los valores se registran en la tabla 24.

**Tabla 24: Determinación de caudales de aguas residuales domésticas**

Caudales (Q)	Formula	Ramal 1 Valor L/s	Ramal 2 Valor L/s	Total Valor L/s
Q de aguas residuales domésticas	$Q_D = \frac{C_R * P * D_{NETA}}{86400}$	0.23	0.16	0.39
Q medio diario	$Q_{MD} = Q_D$	0.23	0.16	0.39
Q máximo horario	$Q_{MH} = Q_D * 3.8$	0.87	0.61	1.48
Q infiltraciones	$Q_{INF} = \frac{0.1L}{s. ha} * \text{area trib}$	Área trib(2.5ha)	Área trib(1.8ha)	0.43
		0.25	0.18	
Q conexiones erradas	$Q_{CE} = \frac{0.2L}{s. ha} * \text{area trib}$	0.5	0.36	0.86
Q de diseño	$Q_{dis} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CER}$	1.62	1.15	2.77

**Fuente:** Elaboración propia

El diseño del emisor final se resume prácticamente en el plano 1 del anexo F.3 y en la hoja calculo diseñada por TUBOSISTEMAS PAVCO que permite chequear los parámetros de diseño de la resolución 0330 de 2017 adjunta en el anexo D.2.

## **4.7. SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

### **4.7.1. Selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales domesticas**

Para la selección del tratamiento preliminar se tuvo en cuenta la simplicidad en el proceso, teniendo en cuenta que el desbaste será el primer proceso en el tratamiento y se requiere la eliminación de sólidos de tamaño pequeño y mediano. Se eligieron **las rejillas** porque además de cumplir con las condiciones antes descritas se resulta económicamente viable, también se decide que el tratamiento preliminar este tenga una cámara de cribado y desarenador.

La tecnología de tratamiento primario que se eligió fue el **Tanque Séptico**, este es un dispositivo que permite un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido de sólidos en suspensión, tanto sedimentables (los que se acumulan en el fondo de las fosas) como flotantes (incluyendo aceites y grasas), generalmente se disponen enterradas y constituyen uno de los tratamientos previos más usados en los sistemas de depuración descentralizados y en poblaciones de tamaño pequeño (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

La remoción de DBO en un tanque séptico puede ser de 30 al 50%, de grasas y aceites un 70 a 80% y de 50 a 70% de SS. Otro factor a tener en cuenta es que el tanque séptico requiere escasa superficie tanto la limpieza como el mantenimiento son fáciles, estas operaciones pueden ser ejecutadas por personal sin calificación específica (Rojas J. , 1999).

Debido a que el agua residual llegará hasta la estación de tratamiento por gravedad, el tanque séptico no requiere de consumo energético para su funcionamiento, (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010). Finalmente para la población de estudio es posible recurrir a unidades prefabricadas.

Como alternativa de tratamiento secundario se tuvo en cuenta a partir de las ventajas y desventajas de la tabla 5 de la metodología que la unidad no requiera consumo energético, ya que esta característica es una limitante, ya sea por el incremento en los costos como por el servicio energético deficiente que se presta en algunas épocas del año. Los resultados de la selección de esta tecnología (promedios ponderados) se presentan en la tabla 25.

**Tabla 25: Promedio ponderado para selección de la tecnología**

Atributo	Variable Vi	Ponderaciones Pi (0-1)	Filtro Anaerobio		Humedales Artificiales		Lagunas	
			Variable Vi (0-100)	Parcial (Vi*Pi)	Variable Vi (0-100)	Parcial (Vi*Pi)	Variable Vi (0-100)	Parcial (Vi*Pi)
<b>Técnico</b> <b>42%</b>	Confiabilidad	0.07	100	7	100	7	100	7
	Viabilidad	0.07	90	6.3	100	7	100	7
	Complejidad	0.07	90	6.3	100	7	100	7
	Accesibilidad	0.07	90	6.3	90	6.3	90	6.3
	Requerimientos de Análisis y Controles	0.07	90	6.3	80	5.6	80	5.6
	Tratamiento y manejo de Subproductos	0.07	80	5.6	70	4.9	70	4.9
<b>Económico</b> <b>30%</b>	Costos (Inversión, Operación y Mantenimiento)	0.075	50	3.75	80	6	90	6.75
	Requerimiento de área	0.075	100	7.5	50	3.75	40	3
	Requerimiento de Personal calificado	0.075	100	7.5	100	7.5	100	7.5
	Participación local	0.075	90	6.75	90	6.75	90	6.75
<b>Ambiental</b> <b>28%</b>	Generación de olores	0.056	90	5.04	90	5.04	90	5.04
	Generación de ruidos	0.056	100	5.6	100	5.6	100	5.6
	Impacto estético	0.056	100	5.6	90	5.04	80	4.48
	Reutilización de aguas tratadas	0.056	90	5.04	100	5.6	90	5.04
	Estabilidad del STAR	0.056	100	5.6	90	5.04	90	5.04
	<b>SUMA <math>\Sigma</math> Pi=1</b>	1						
	<b>SUMA TOTAL <math>\Sigma</math> (Vi*Pi)</b>			90.18		88.12		87

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de la tabla 25 se observa que la alternativa de realizar un Filtro Anaerobio es la que mejor se ajusta a las condiciones de la zona de estudio, este sistema es también una alternativa de tratamiento complementario al efluente de un Tanque Séptico, además la pérdida de energía hidráulica en el filtro es de 3 a 5 cm, en condiciones normales de operación. En estas condiciones se puede esperar un rendimiento del 70% en remoción de DBO y una operación satisfactoria, sin mantenimiento, durante 18 a 24 meses (Rojas J. , 1999).

#### **4.7.2. Opciones de tratamiento.**

Se tiene en cuenta que las aguas residuales son colectadas y transportadas por el sistema de alcantarillado y conducidas por gravedad hasta el terreno disponible para la aplicación de la tecnología en el sistema de tratamiento.

Una vez seleccionadas las unidades que incluye el sistema de tratamiento de aguas residuales (pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario), se considera que este sistema también tiene dos opciones, la primera es diseñar las unidades de tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente para sistemas in situ con estructuras en concreto y la segunda es la implementación de tanques prefabricados para las mismas dos unidades.

#### **4.7.3. Elección de tren de tratamiento.**

Se recomienda la implementación del sistema de tratamiento con tanques en concreto por diferentes razones entre ellas se encuentran: estos tanques son duraderos y perfectamente podrían doblar el tiempo de duración de los sistemas prefabricados, claro está si se conservan las especificaciones de construcción y mantenimiento que estos requieren.

Otro aspecto es que la planta tendrá una línea de flujo lo que ocasiona que cuando se realice el mantenimiento del tanque séptico y el FAFA, estos no tendrán el inconveniente de que flotarán como si podría suceder con los sistemas prefabricados debido a su peso, en estos el retiro de los lodos en estos tanques se debe realizar por las cámaras de entrada, ya que no poseen en la parte inferior un sistema que permita retirar los lodos como si lo tendrán los tanques en concreto.

Los tanques prefabricados requieren de un transporte de carga adecuado para lograr su traslado hasta el punto final, este es otro inconveniente que se tendría en la zona, ya que la vía de acceso no tiene las condiciones para un transporte de carga larga, sin embargo se realizó la cotización para la implementación de los sistemas en paralelo (tanque séptico y FAFA), pero hay un incremento en los costos debido a que se debe someter a los volúmenes comerciales que el fabricante ofrece, además el transporte depende de las unidades no del volumen, esto incrementaría aún más los costos y si a esto le sumamos que la cotización solo es hasta la ciudad de Popayán y por cada kilómetro a partir de allí se debe pagar \$5000, esto incrementa aún más el costo. Ver detalles de cotización en el anexo F.5.

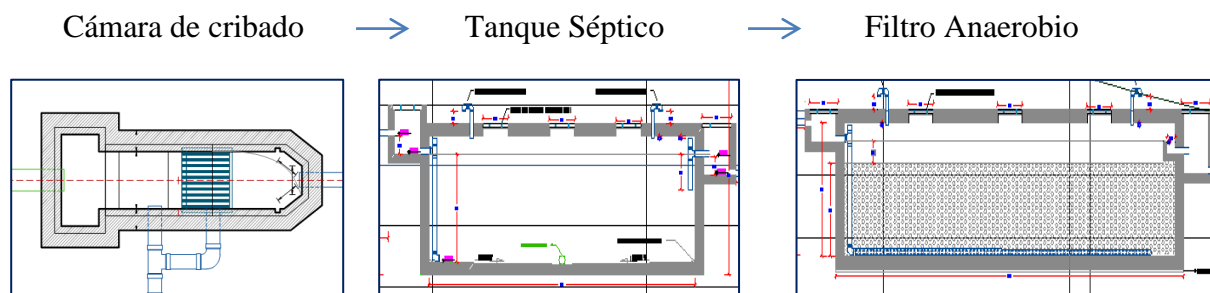
Con respecto al material filtrante se recomienda que se utilicen las rosetas plásticas, ya que con la porosidad de este material se determinó el volumen del Filtro anaerobio.

Luego de realizar el presupuesto para el sistema de tratamiento también se pudo evidenciar que la opción más económica resultan ser los tanques elaborados en concreto reforzado, estos tendrían un costo aproximado de \$ 52.044.167, mientras que los tanques prefabricados con transporte solo hasta la ciudad de Popayán costarían \$ 67.859.706, teniendo en cuenta el material filtrante y el IVA, estos últimos tendrían un incremento de \$15.815.539, más el transporte Popayán - El Palmar.

#### 4.8. REALIZAR LOS DISEÑOS HIDRÁULICO Y SANITARIO AL TREN DE TRATAMIENTO SELECCIONADO

##### 4.8.1. Tren de tratamiento

El tren de tratamiento para la alternativa seleccionada es el siguiente:



##### 4.8.2. Vertedero de excesos

El sistema de tratamiento cuenta con un aliviadero como unidad individual, este se diseñó con el fin de disminuir el volumen de agua con el que la planta operará, esto contribuye a disminuir los costos de la planta, sea en construcción como en conducción. Lo que se pretende es que se desvíe el valor de caudal de infiltraciones y conexiones erradas, la planta tendrá la capacidad de operar con el caudal máximo horario.

Las dimensiones del canal de llegada se determinaron con el caudal de diseño y caudal máximo horario mediante la aplicación de la ecuación del Ingeniero Irlandés Robert Manning (Alfonso, 2007), a partir de esta se conoció el tirante normal de agua (1.90 cm y 1.29cm), son alturas a la cual se debe ubicar el vertedero de excesos, como puede evidenciarse en la tabla 26. Al considerar que es una altura muy pequeña se busca otra opción.

**Tabla 26. Diseño del canal de llegada e ingreso a la planta**

	Parámetros de diseño	Formula/fuente	Canal de ingreso	Canal ingreso
Q	Caudal diseño (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{dis} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CER}$	0.00277	
Q	Caudal máximo horario	$Q_{MH} = Q_D * 3.8$		0.00148
b	Ancho de la solera (m)	Asumido	0.4	0.4
n	Rugosidad	Rugosidad concreto	0.013	0.013
S	Pendiente (m/m)	Asumido	0.005	0.005
y	Tirante normal (m)	$Q = \frac{b * y}{n} * \left(\frac{b * y}{b + 2y}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	0.0190	0.0129
A	Área hidráulica (m <sup>2</sup> )	$A = y * b$	0.0076	0.0051
T	Espejo de agua (m)	$T=b$	0.4	0.4
F	Número de Froude	$F = \frac{V}{\sqrt{g * y}}$	0.8444	0.8067
	Tipo de flujo	Para $F < 1$	subcrítico	Subcrítico
p	Perímetro mojado (m)	$p = b + 2y$	0.4380	0.4258
R	Radio hidráulico	$R = \frac{A}{p}$	0.0173	0.0121
V	Velocidad (m/s)	$V = \frac{Q}{A}$	0.3645	0.2868
E	Energía específica (m-Kg/Kg)	$E = Y * \frac{V^2}{2g}$	0.0258	0.0171
BL	Borde libre (m)	Asumido	0.60	0.60

**Fuente:** Elaboración propia

Al resultar constructivamente poco viable se tomó la decisión de realizar un vertedero de excesos lateral pero con el tubo de entrada al sistema, con el fin de que se aumentara el tirante normal y tener mejor control del caudal de entrada a la cámara de cribado, para el cálculo se utilizó el software HCANALES y los resultados se presentan a continuación en la tabla 27.

**Tabla 27. Diseño del vertedero de excesos**

Datos		
Caudal (Q)	0.00277	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d)	0.145	m
Rugosidad (n)	0.009	

Pendiente (s)	0.005	m/m
Resultados		
Tirante normal (y)	0.0434	m
Área hidráulica (A)	0.0042	m <sup>2</sup>
Espejo de agua (T)	0.1328	m
Numero de Froude (F)	1.2044	
Tipo de flujo	supercrítico	
Perímetro mojado (p)	0.1679	m
Radio hidráulico (R)	0.0247	m
Velocidad (v)	0.6670	m/s
Energía específica (E)	0.0661	m.kg/kg

**Fuente:** Elaboración propia- datos HCANALES

#### 4.8.3. Diseño unidad desarenadora.

El propósito de diseñar una unidad de desarenado de flujo horizontal es remover arena, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de aguas residuales (Rojas J. , 1999). Los cálculos realizados se registran en la tabla 28, presentada a continuación.

**Tabla 28. Diseño cámara desarenadora**

Cámara Desarenadora			
	Descripción	Unidad	Valor
Q	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0.00148
B	Ancho	(m)	0.4
V	Velocidad Aproximación	(m/s)	0.3
B/H	Relación		1.5
Vs	Velocidad Sedimentación	(m/s)	1.15
H	Profundidad de flujo	(m)	0.057
$\frac{Vc^2}{2g}$	Altura de velocidad en la sección de control	(m)	0.020
dc	Profundidad en la sección de control	(m)	0.0400
Vc	Velocidad en la sección de control	(m/s)	0.626



<b>Continuación tabla 28</b>			
	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
a	Área sección de control	( m <sup>2</sup> )	0.00236
W	Ancho sección de control	(m)	0.0592
L	Longitud de la cámara desarenadora	(m)	0.898
L <sub>MIN</sub>	Longitud mínima adicional	(m)	0.115
L <sub>MAX</sub>	Longitud máxima adicional	(m)	0.449
L <sub>T</sub>	Longitud total	(m)	1.00

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 28 resume los valores de los cálculos correspondientes a la cámara desarenadora, valores que no serán adaptados en el diseño final, ya que por cuestiones de operación y mantenimiento resultaría poco eficiente diseñar con unos valores tan pequeños que dificultarían actividades de limpieza e incluso la construcción.

#### 4.8.4. Diseño de rejillas

La función de las rejillas es separar el material grueso del agua, esta rejilla será de limpieza manual por tener una abertura mayor a ¼ de pulgada se clasifica como gruesa y puede remover económicamente partículas suspendidas mayores a 0.64 cm (Rojas J. , 1999).

Se utilizarán rejillas rectangulares de caras rectas de 1 pulgada de ancho por 3/16 de pulgada de espesor. En la tabla 23 se detallan las características y dimensiones con las que se diseñaran las rejillas, basadas en la normatividad vigente.

**Tabla 29. Diseño de rejillas**

<b>REJILLAS BARRAS RECTANGULARES DE CARAS RECTAS</b>			
<b>DESCRIPCION</b>			<b>VALOR</b>
W	ancho de platinas (m)	Disponible comercialmente	0.00476
b	abertura o espaciamento (m)	Disponible comercialmente	0.025
β	Factor de forma de barras (A)	Tabla E.4.6 RAS 2000	2.42
∅	pendiente con la vertical	Asumido rango RAS	45°
V	Velocidad de acercamiento (m/s)	Asumido rango RAS	0.5
B	ancho del canal (m)	Asumido	0.4

<b>Continuación tabla 29</b>			
<b>DESCRIPCION</b>			<b>VALOR</b>
K		$K = \beta * \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \alpha$	0.187
H	Perdida de energía (m)	$H = K * \frac{V^2}{2g}$	0.00239
	Perdida de energía (m)	Asumida	0.15
Q	caudal (m <sup>3</sup> /s)	Calculado	0.00148
A	área (m <sup>2</sup> )	$A = \frac{QM_H}{v}$	0.00296
h	Altura de la lámina de agua (m)	$h = \frac{A}{B}$	0.0074
L	Longitud de la rejilla (m)	$L = \frac{h}{\sin 45}$	0.0105
nb	Número de barras	$B = nb * w + (nb - 1) * b$	14
BL	borde libre (m)	Asumido	0.5

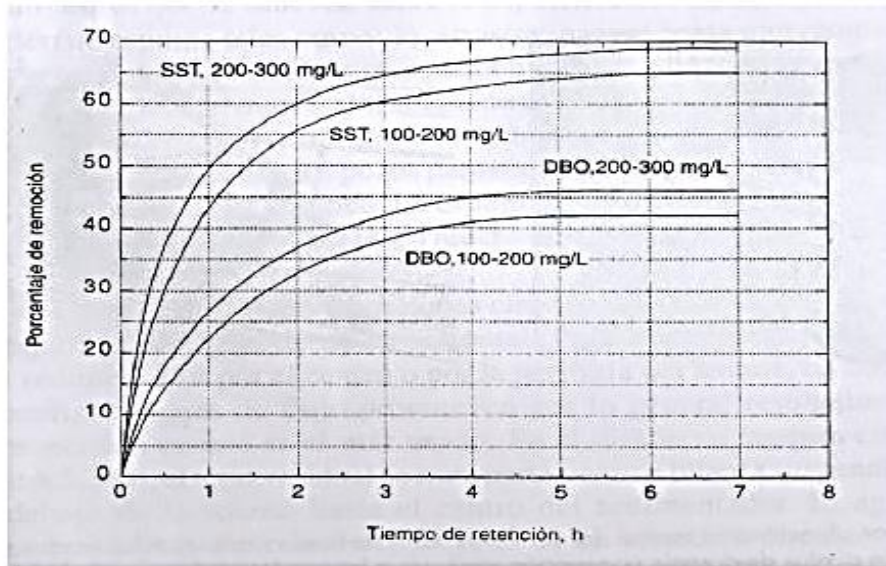
**Fuente:** Elaboración propia

Los valores registrados en la tabla 29 son los valores con los cuales la rejilla fue diseñada y serán los que se tendrán en cuenta en la unidad de cribado a excepción de la longitud de la rejilla, que por tener la dimensión tan pequeña no se considera constructivamente viable.

#### **4.8.5. Diseño tanque séptico.**

En el artículo 173 de la RAS 2017 se establece que el tiempo de retención hidráulico para Tanque Séptico debe estar entre 12 y 24 horas, este diseño se realizó para un tiempo de retención de 6 horas, ya que resultaría ineficiente diseñar con tanto tiempo de retención si la eficiencia de remoción no aumenta con el tiempo después de 6 horas, a partir de ese tiempo la eficiencia para DBO y SST tienen tendencia a ser constantes como se observa en la figura 25, por esta razón se disminuye el tiempo de retención y disminuyendo así el tamaño del tanque séptico que para este caso se comportaría como sedimentador y, para alcanzar los objetivos de tratamiento del efluente, se aumentará el tiempo de retención en el Filtro Anaerobio si es necesario y las características del efluente se tratarán vía biológica en el FAFA.

**Figura 25: Remoción de DBO y Solidos en tanques de sedimentación primaria.**



**Fuente:** (Metcalf & Eddy 1996)

Los parámetros de diseño del tanque séptico se resumen en la tabla 30, Son los valores con los cuales se realizó el diseño y las dimensiones pueden verificarse en el anexo F.3, en el plano de estructuras.

**Tabla 30: Diseño Tanque Séptico – tratamiento in situ**

	PARÁMETRO	FORMULA/ FUENTE	VALOR
$N_c$	número de contribuyentes		300
C	contribución de aguas residuales	Tabla E.7.1 RAS 2000	100
T	Tiempo de retención (d)	Art 173 RAS 2017	0.25
K	Tasa de acumulación de lodos	Tabla E.7.3 RAS 2000	65
	Intervalo de limpieza (año)	Tabla E.7.3 RAS 2000	1
	Temperatura	Alcaldía La Vega	18°C
$L_f$	Contribución de lodo fresco	Tabla E.7.3 RAS 2000	1
$V_u$	Volumen útil del tanque Séptico ( $m^3$ )	$V_u = 1000 + N_c(C * T + K * L_f)$	28

Continuación tabla 30			
	PARÁMETRO	FORMULA/ FUENTE	VALOR
H <sub>u</sub>	Profundidad útil (m)	Tabla 25 RAS 2017	1.8
BL	Borde libre (m)	Asumido	0.3
A <sub>s</sub>	Área superficial (m <sup>2</sup> )	$A_{\text{superficial}} = \frac{V_u}{H_u}$	15.56
L/B	Relación (m)	$\frac{L}{B} = 2.5$	2.5
L	Longitud (m)	$L = 2.5B$	6.25
B	Ancho (m)	$B = \sqrt{\frac{A_{\text{sup}}}{2.5}}$	2.5

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.8.6. Diseño filtro anaerobio

El diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente, estará construido por un tanque en forma rectangular que tendrá un medio de soporte o lecho filtrante que permitirán el crecimiento biológico anaerobio, el medio filtrante (piedra redonda, rosetas plásticas y botellas plásticas) se elegirá al determinar de las tres opciones cual presentaría mejor desempeño.

Con el valor de concentración de DBO de entrada al sistema (100.8 mg/L) se obtienen los valores de TRH y coeficiente K, a partir de la tabla E.4.29 (RAS 2000), este valor está en el rango 80-300 mg/L, en la tabla 31 se registran los valores de los parámetros determinados inicialmente.

**Tabla 31: Diseño Filtro Anaerobio – tratamiento in situ**

	PARÁMETRO	FORMULA/ FUENTE	VALOR	UNIDAD
Q	Caudal		5.33	m <sup>3</sup> /hora
N <sub>c</sub>	número de contribuyentes		300	hab
C	contribución de aguas residuales	Tabla E.7.1 RAS 2000	100	L/hab/día
T	Tiempo de retención	$\theta = \frac{4 + 4.65}{2}$	5.25	horas
K	coeficiente	$TRH = \frac{1.1 + 1.3}{2}$	1.2	
m	coeficiente piedra redonda		0.665	
E	eficiencia de remoción	$E = 100 * \left(1 - \frac{k}{\theta^m}\right)$	60.2	%

Se realiza el cálculo para determinar si la eficiencia requerida es la obtenida anteriormente:

$$l_{Efluente} = l_{afluente} * (1 - \% \text{remoción})$$

$$l_{Efluente} = 100.8 \text{ mg/L} * (1 - 0.602)$$

$$l_{Efluente} = 40.12 \text{ mg/L}$$

Debido a que la concentración del objetivo de calidad para el sistema es un efluente de 30 mg/L de DBO la eficiencia del filtro debe ser mayor, por lo tanto se recalcula el tiempo de retención. Para el objetivo de tratamiento se requiere que el porcentaje de remoción sea del 70.2%, entonces tenemos:

$$70.2 = 100 * \left(1 - \frac{1.2}{X^{0.665}}\right); \text{ iterando}$$

$$X = 7.9 \text{ horas} \approx \text{aprox } 8 \text{ horas}$$

Como el valor de THR máximo es de 12 horas, se cumple para un el tiempo de retención de 8 horas y se cumple con el objetivo de tratamiento de 30 mg/LDBO.

Posteriormente se calcula el volumen filtro teniendo en cuenta tres medios filtrantes, de los cuales se especifican las características en la tabla 26.

**Tabla 32: Continuación diseño Filtro Anaerobio – tratamiento in situ**

	Piedra redonda 4a7 cm	Área específica	Tabla E.7.6 RAS 2000	130	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
		porosidad		46	%
	Rosetas plásticas	Área específica	Quimerk Ltda.	90	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
		porosidad		92	%
	Botellas plásticas	Área específica	Revista Cenicafé 2015	51.67	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
		porosidad		98.7	%
V <sub>u</sub>	Volumen filtro	Piedra redonda	$V_u = \frac{Q * TRH}{n}$	92.70	m <sup>3</sup>
		Rosetas plásticas		46.35	m <sup>3</sup>
		Botellas plásticas		43.51	m <sup>3</sup>
H <sub>u</sub>	Profundidad útil		Tabla 25 RAS 2017	1.8	m
	Área superficial	Piedra redonda	$A_{superficial} = \frac{V_u}{H_u}$	51.50	m <sup>2</sup>
		Rosetas plásticas		25.75	m <sup>2</sup>
		Botellas plásticas		24.17	m <sup>2</sup>
	Relación L/B		$\frac{L}{B} = 2.5$	2.5	
L	Longitud	Piedra redonda	$L = 2.5B$	11.35	m
		Rosetas plásticas		8.02	m
		Botellas plásticas		7.77	m
B	Ancho	Piedra redonda	$B = \sqrt{\frac{A_{sup}}{2.5}}$	4.54	m
		Rosetas plásticas		3.21	m
		Botellas plásticas		3.11	m
Bl	Borde libre			0.3	m

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.8.7. Eficiencias de tratamiento.

Las eficiencias del tratamiento se determinaron de la siguiente forma:

- Para el tratamiento preliminar se tuvo en cuenta la tabla 29, rangos de eficiencia en los procesos de tratamiento de la resolución 0330 de 2017.
- Para la eficiencia de remoción del tanque séptico se utilizó la ecuación de Crites & Tchobanoglous y los valores de la tabla 33

$$R = \frac{t}{a+bt}$$

Donde:

R= porcentaje de remoción DBO y SST

t= tiempo de retención

a y b= constantes empíricas

**Tabla 33: Valores característicos de a y b**

Parámetro	a	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

**Fuente:** (Tchobanoglous, 2000)

- Las concentración de salida de cada uno de los tratamientos se determinó con la siguiente ecuación y se registran en la tabla 28

$$C_{Efluyente} = C_{afluente} * (1 - \% \text{ remoción})$$

**Tabla 34: Eficiencias de remoción del STAR**

Tratamiento	Unidad De Tratamiento	Parámetro	TRH Horas	Afluente mg/L	Efluente mg/L	Remoción %
<b>Preliminar</b>	Cámara	DBO		200	180	10
	Cribado	SST		200	140	30
<b>Primario</b>	Tanque Séptico	DBO	6	180	100.8	44
		SST		140	47.6	66
<b>Secundario</b>	FAFA	DBO	8	100.8	30	70.2
		SST		47.6	40	16

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.8.8. Diseño del lecho de secado.

Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para el que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %. Para el diseño del lecho de secado se tuvo en cuenta algunos de los parámetros estipulados en la RAS 2000 (borde libre, tuberías de drenaje, capas de arena y grava). En la tabla 29 se relacionan los parámetros y sus respectivos valores para el diseño del lecho de secado.

Se asume que por tratarse de un sistema anaerobio las cantidades de lodo producidas son bajas por esta razón se decidió disminuir el área efectiva del lecho de secado, además no se cuenta con mucha disponibilidad de espacio, si a esto se le suma que es una estructura que será utilizada de forma intermitente y uno de los propósitos es no incrementar los costos, con este diseño se pretende que se tenga una torta de lodo de aproximadamente 30 cm.

**Tabla 35: Parámetros diseño para lecho de secado**

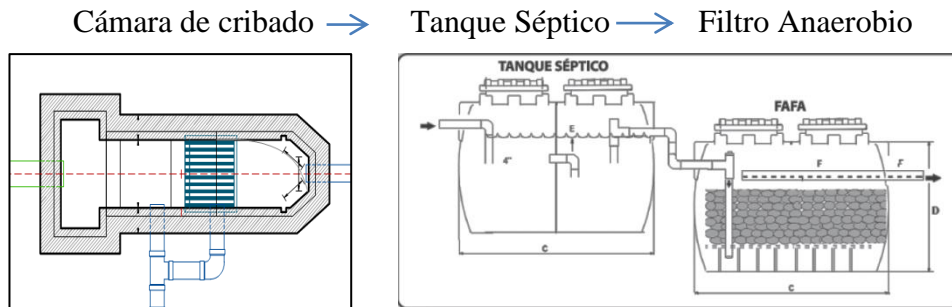
		Detalle	valor	unidad
A	Área requerida	asumida	3	m <sup>2</sup>
L	Largo		2	m
B	ancho		1.5	m
BL	Borde libre		60	cm
H	Altura		1.40	m
	Tubería PVC		4	pulgadas
	Perforación tubería	diámetro	1	pulgada
		distancia	0.10	m
	Grava	Espesor	1 ½ y 2	pulgadas
		altura	30	cm
	Arena gruesa	Espesor	1	pulgadas
		altura	10	cm
	Ladrillo tablón	espesor	0.05	mm
		dimensión	0.25*0.25	m
	Techo	Teja policarbonato traslucido	Opcional	m
	Perlín metálico	correas	Opcional	m
		Columnas	Opcional	m
		Vigas	Opcional	m

**Fuente:** Elaboración propia



#### 4.8.9. Tren de tratamiento para sistema prefabricado.

El tren de tratamiento para la alternativa de sistema prefabricado es el siguiente:



Las unidades de pretratamiento y el lecho de secado para el tren de tratamiento se tendrán las mismas dimensiones del sistema in situ, aquí solo se cambian las unidades de tanque séptico y filtro anaerobio por un sistema integrado que se adquiere comercialmente y para el cual se realizaron dos cotizaciones, en la primera los encargados de vender el producto realizan el cálculo correspondiente del volumen del sistema que se debe emplear según la población, adicionalmente se recibe un manual de instrucciones en el que se dan las respectivas recomendaciones de uso, mantenimiento y ensamble entre otros.

En la primera cotización recibida el 5 de julio de 2018, los fabricantes afirman que para una población de 300 habitantes se requieren dos sistemas sépticos integrados de 45000L cada uno, más 11200 unidades de filtro plástico tipo colmena, cantidad recomendada por la empresa. Ver anexo F.4.

La segunda cotización, se realizó luego de realizar los cálculos correspondientes para tanque séptico y FAFA, con el fin de que el sistema a implementar fuese independiente, el tanque séptico según los cálculos debe ser de 28 m<sup>3</sup>, al no estar disponible este volumen se cotiza el inmediatamente superior, es decir 30000L, un filtro anaerobio de 45000L y 11200 rosetones plásticos tipo colmena que requiere ese volumen. En la misma cotización se solicitaron 2 tanques sépticos con capacidades de 15000L cada uno y dos FAFA de 25000L y 14960 rosetones tipo colmena, con el fin de disminuir los volúmenes para el transporte. Ver detalles en anexo F.5, entre las dos opciones esta resultaría ser la más conveniente.

#### 4.8.10. Proceso de desinfección

El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento cuando este último pueda crear peligros para la salud en las comunidades aguas abajo de la descarga, en este diseño se considera que no se requiere del proceso, ya que no hay abastecimiento de agua para el consumo humano aguas abajo, la quebrada en la que descarga esta fuente receptora se ubica a aproximadamente 1 km, incluso por el bajo caudal generalmente el agua no llega hasta la quebrada, otro factor para no considerar la desinfección es el incremento en costos por requerir equipo y suministros.

## 5. CONCLUSIONES

Utilizar una herramienta como lo fue la encuesta familiar resultó de gran importancia en muchos aspectos como la organización de las características para la selección de la tecnología, la determinación de la población actual, la cuantificación de la carga contaminante resultado del lavado del café, la calificación del nivel de contaminación de las fuentes hídricas en la localidad entre otros aspectos, con la cual se orientaron los resultados esperados.

En la revisión del sistema de alcantarillado se encontró que el 90% tanto de cajas como de cámaras de inspección se encuentra en regular estado y el 10% se encuentra en mal estado, lo que califica al sistema en general como regular. Por información primaria se conoció que este sistema fue construido hace aproximadamente 15 años, lo cual permite relacionar el estado del sistema con el tiempo transcurrido y que además requiera de actividades correctivas para el buen funcionamiento del mismo.

Fue de mucha importancia realizar la caracterización de los vertimientos y de la fuente receptora como diagnóstico al diseño de unidades de tratamiento, aunque al final esos valores no fueron adoptados por no encontrarse en los rangos característicos de parámetros para aguas residuales domésticas registrados teóricamente, pero permitieron determinar las cargas presuntivas de parámetros como DBO y SST y con ellos proyectar los objetivos de tratamiento del sistema a diseñar.

Los objetivos de tratamiento que se forjaron en este estudio de diseño no se basaron en los máximos valores permisibles que exige la Resolución 0631 de 2015, se consideró que, por las condiciones de bajo caudal y capacidad de recuperación de la fuente receptora, los valores adoptados fueron considerablemente más exigentes.

La decisión de recomendar la opción de tanques en concreto se basó principalmente en aspectos de durabilidad, labores de mantenimiento y el más importante el criterio económico que desde el inicio direccionó la estructura del sistema.

De aspectos como parámetros, criterios y procesos, que incorporen el tipo de agua, las condiciones del medio, la población beneficiada son aspectos que se recomiendan tener en cuenta para realizar el diseño adecuado en las unidades de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se realicen dos tipos de mantenimiento sobre el sistema de alcantarillado, el preventivo que comienza en las viviendas haciendo un uso apropiado del servicio de alcantarillado para evitar la obstrucción de los colectores de menor tamaño (cajas domiciliarias). (Organización Panamericana de la salud, 2005)

- No verter a los lavaderos residuos de comida, papeles, plásticos, ni otro material que pudiera ocasionar atoros de la red.
- No arrojar al inodoro papeles, toallas higiénicas, trapos, vidrios, aguas de lavado o con contenido de grasas, ni otros objetos extraños al desagüe.

El segundo tipo de mantenimiento a realizar es el correctivo que comprende la intervención y reconstrucción de cajas y cámaras de inspección por deterioro y averías que originan filtraciones, la actividad comprende:

- Reconstrucción del solado.
- Reconstrucción de media caña
- Reconstrucción de cajas y cámaras
- Reposición de tapas de cajas y cámaras.

Mejorar la calidad del sistema de alcantarillado debería ser una prioridad por lo que se recomienda que se gestionen los recursos para realizar las correcciones necesarias tanto en cámaras como en cajas de inspección para garantizar un flujo más uniforme, para prevenir los riesgos de deslizamiento por fugas internas en el sistema y reboce por taponamientos por ingreso de residuos sólidos, el sistema también requiere separar las conexiones atípicas de aguas lluvias y los vertimientos del agua residual del lavado del café que son causales de sobredimensionamiento en el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.

## 7. REFERENCIAS

- Administración Municipal La Vega Cauca. (20 de junio de 2002). *Formulación de esquema de ordenamiento territorial*. Obtenido de Diagnóstico, prospectiva, escenarios tendenciales alternativos y concertados:  
<http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/lavega/DIAGNOSTICO%20FINAL.pdf>
- Agencia de Cooperación Internacional. (Septiembre de 2011). *EL ESTUDIO PREPARATORIO DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA NORTE(II)*. Obtenido de  
[http://open\\_jicareport.jica.go.jp/pdf/12047437\\_01.pdf](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12047437_01.pdf)
- Alfonso, N. Z. (2007). *Recolección de aguas residuales*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Ambiente, M. d. (2002). *GESTIÓN PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES*. COLOMBIA: FOTOLITO AMERICA LTDA.
- C.R.C. Corporación Autónoma Regional del Cauca. (2014). *RESUMEN DE OBJETIVOS DE CALIDAD DE AGUA EN MUNICIPIOS MODELO STREETER AND PHELPS*. Popayán.
- Climate-Data.Org. (s.f.). *CLIMATE-DATA.ORG*. Recuperado el 22 de AGOSTO de 2018, de  
<https://es.climate-data.org/location/49672/#temperature-graph>
- Corantioquia. (2014). *Manual Piragüero, medición de caudal*. Obtenido de  
[http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual\\_Medici%C3%B3n\\_de\\_Caudal.pdf](http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf)
- Crites, T. &. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. McGraw-Hill.
- DANE. (1954). *CENSO DE POBLACION*. BOGOTA.
- DANE. (2006). *BOLETIN CENSO GENERAL 2005*. Obtenido de LA VEGA:  
[http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cauca/la\\_vega.pdf](http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cauca/la_vega.pdf)
- Dices.net. (s.f.). *Dices.net*. Recuperado el 22 de agosto de 2018, de  
<https://mapasamerica.dices.net/colombia/mapa.php?nombre=El-Palmar&id=68517>
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (2006). *Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población*. Daute Diseño, S.L.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua*. Imprenta Nacional de Colombia.

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*. Plaza San Juan de la Cruz: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, centro de publicaciones.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS*. BOGOTÁ .
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017*. Bogotá.
- Ministerio del Medio ambiente. (Noviembre de 2000). *REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*. Bogotá, Colombia.
- Organización Panamericana de la salud. (2005). *OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL MEDIO RURAL*. LIMA.
- PAVCO. (21 de 002 de 2018). Recuperado el 10 de 08 de 2018, de HOJAS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO: <https://pavco.com.co/ayudas-de-diseno-hidrosanitario>
- Poveda K, Hernández Y. (2015). *DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE FOSCA, CUNDINAMARCA AÑO 2015*. BOGOTÁ.
- R.S., R. (1996). Teoría y práctica de la aireación en tratamientos de aguas residuales. En S. R. R., *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* (pág. 201). Sevilla: REVERTE,S.A.
- Ramallo. (1996). Teoría y práctica de la aireación en tratamientos de aguas residuales. En S. R. R., *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* (pág. 201). Sevilla: REVERTE,S.A.
- Rodríguez J, García C, Pardo J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Tecnura*, 4-12.
- Rojas, J. (1999). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Salas, J. J. (2017). *Decálogo de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas poblaciones*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/decalogo-depuracion-aguas-residuales-pequenas-poblaciones>
- Tchobanoglous, C. y. (2000). *Tratamiento de aguas residuales* .
- Urrea P , Solarte C. (2017). *EVALUAR LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO CON HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BENEFICIO HUMEDO DEL CAFE*.
- vaxasoftware.com*. (s.f.). Recuperado el 03 de julio de 2018, de *vaxasoftware.com*:  
file:///C:/Users/ADMIN2018/Downloads/Tabla%20de%20presi%C3%B3n%20de%20vapor%20de%20agua%20a%201%C3%ADquida%20y%20hielo%20(1).pdf

Zambrano F., D. A., Rodriguez V., N., Orozco R., P. A., & López P., U. (2015). Evaluación de un reactor metanogénico tipo filtro anaeróbico de flujo ascendente para tratar aguas mieles del café. *CENICAFE*, 32-45.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: CERTIFICACION TERMINACION DE PRACTICA**

#### **ANEXO A: DOCUMENTOS PRELIMINARES**

- A1. Carta solicitud apoyo
- A2. Respuesta a solicitud de apoyo
- A3. Carta presentación estudiante
- A4. Carta aceptación estudiante
- A5. Resolución trabajo de grado

#### **ANEXO B: DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

- B1. Evidencias revisión alcantarillado
- B2. Formato encuesta
- B3. Detalles de cámaras y cajas de inspección
- B4. Resultado de encuesta

#### **ANEXO C: DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

- C1. Resultados caracterización de aguas residuales
- C2. Aforo de caudales, determinación carga contaminante de café y balances de masa
- C3. Determinación de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

#### **ANEXO D: DISEÑO DE EMISOR FINAL HASTA STAR**

- D1. Estimación de población futura
- D2. Hoja de cálculo diseño de alcantarillado
- D3. Evidencias levantamiento topográfico

#### **ANEXO E: SELECCIÓN DE ALTERNATIVA TECNOLÓGICA**

- E1. Selección de alternativa de tratamiento secundario

#### **ANEXO F: REALIZACION DE DISEÑO HIDRAULICO Y SANITARIO**

- F1. Diseño tanque séptico

**F2. Presupuesto STAR**

**F3. Planos del STAR**

**F4. Cotización 1 ROTOPLAST**

**F5. Cotización 2 ROTOPLAST**

**F6. Manual de operación y mantenimiento STAR**

**F7. Manual de operación y mantenimiento ROTOPLAST**