

**MUNICIPIO DE TORIBIO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CON
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO EN EL DEPARTAMENTO
DEL CAUCA**

MARZO DE 1999

CONTENIDO

| | Página |
|---|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO | |
| 0 INTRODUCCION | 1 |
| 1. OBJETIVOS | 2 |
| 1.1 OBJETIVOS GENERALES | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 2 |
| 2 METODOLOGIA | 3 |
| 2.1 RECOLECCION DE INFORMACION | 3 |
| 2.2 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE | 4 |
| 2.3 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO | 4 |
| 2.4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 4 |
| 2.5 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 5 |
| 2.6 ESTUDIO DE SUELOS | 5 |
| 3 MEMORIA DESCRIPTIVA | 7 |
| 3.1 RESEÑA HISTORICA | 7 |
| 3.2 UBICACION DE LA LOCALIDAD | 7 |
| 3.3 RELIEVE Y CARACTERISTICAS DEL TERRENO | 8 |
| 3.4 CLIMA | 9 |
| 3.5 HIDROLOGIA | 9 |
| 3.6 ACTIVIDADES SOCIO-ECONOMICAS PRINCIPALES | 10 |
| 3.7 AUTORIDADES E INSTITUCIONES OFICIALES Y PRIVADAS | 11 |
| 3.8 SERVICIOS PUBLICOS | 12 |
| 3.9 EDUCACION | 13 |
| 4 MEMORIA TECNICA | 14 |

| | |
|---|----|
| 4.1 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE | 14 |
| 4.1.1 DESCRIPCIÓN | 14 |
| 4.1.2 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA | 15 |
| 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO | 16 |
| 4.2.1 DATOS BÁSICOS | 17 |
| 4.2.1.1 P OBLACIÓN | 17 |
| 4.2.1.2 P RODUCCIÓN DE AGUAS RESIDUALES | 21 |
| 4.2.2 CÁLCULO DE CAUDALES | 23 |
| 4.2.2.1 C AUDAL DE AGUAS RESIDUALES (Q _{AR}) | 23 |
| 4.2.2.2 C AUDAL DE INFILTRACIÓN (Q _I) | 23 |
| 4.2.2.3 C AUDALES CONEXIONES ERRADAS (Q _{CE}) | 24 |
| 4.2.2.4 C AUDAL DE DISEÑO (Q _D) | 24 |
| 4.2.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO | 24 |
| 4.2.3.1 DISEÑO HIDRÁULICO COLECTORES DRENAN PTAR 1 | 29 |
| 4.2.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO COLECTORES DRENAN PTAR 2 | 29 |
| 4.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 30 |

OBJETIVO DE LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS 31

INFORMACION BASICA 31

| | |
|--|----|
| 4.3.1 ALTERNATIVA 1 : TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBICO . | 33 |
| 4.3.1.1 GENERALIDADES DEL PROCESO | 33 |
| 4.3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO | 34 |
| 4.3.1.3 USOS | 35 |
| 4.3.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBICO | 36 |
| 4.3.1.5 P REDIMENSIONAMIENTO DE LA ALTERNATIVA No. 1 | 37 |
| 4.3.1.6 C OSTOS DE LA ALTERNATIVA No. 1 | 37 |
| 4.3.2 ALTERNATIVA 2 : LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN (LAGUNA ANAEROBIA + LAGUNA FACULTATIVA). | 38 |
| 4.3.2.1 GENERALIDADES DEL PROCESO | 38 |
| 4.3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO | 39 |
| 4.3.2.3 C LASIFICACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN | 40 |
| 4.3.2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN | 41 |
| 4.3.2.5 P REDIMENSIONAMIENTO DE LA ALTERNATIVA No. 2 | 42 |
| 4.3.2.6 C OSTO DE LA ALTERNATIVA 2 | 43 |
| 4.3.3 ALTERNATIVA 3 : FILTROS PERCOLADORES DE ALTA TASA . | 44 |
| 4.3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 45 |
| 4.3.3.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO | 45 |
| 4.3.3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FILTRO PERCOLADOR | 47 |
| 4.3.3.4 P REDIMENSIONAMIENTO DE LA ALTERNATIVA No. 3 | 47 |
| 4.3.3.5 C OSTOS DE LA ALTERNATIVA No. 3 | 48 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3.4ANÁLISIS COMPARATIVO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS | 49 |
| 4.3.5SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 51 |
| 4.6OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | 89 |
| 4.6.1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TANQUE SÉPTICO | 89 |
| 4.6.2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL FILTRO AERÓBIO | 92 |
| 5 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO | 93 |
| 5.1 PRESUPUESTO REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 93 |
| 5.2 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA | 93 |
| 6 AFORO Y CARACTERIZACIÓN DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO | 94 |
| 7 ESTUDIO DE SUELOS | 94 |
| 8 DISEÑO ESTRUCTURAL | 94 |
| 9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO | 94 |
| 10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PVC NOVAFORT UTILIZADA EN EL ALCANTARILLADO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO | 95 |
| 11 EVALUACIÓN COSTO - BENEFICIO DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO | 95 |
| 12 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | 95 |
| 13 CRITERIOS DE DISEÑO Y SOPORTES TÉCNICOS | 95 |
| 14 REGISTRO FOTOGRÁFICO | 95 |
| 15 PLANOS | 96 |
| BIBLIOGRAFÍA | 97 |

ANEXOS

- ANEXO 1 ESTUDIO DE AFORO Y CARACTERIZACION DE LOS VERTIMIENTOS LIQUIDOS PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA
- ANEXO 2 ESTUDIO DE SUELOS
- ANEXO 3 DISEÑO ESTRUCTURAL
- ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO 5 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA TUBERIA PVC NOVAFORT UTILIZADA EN EL ALCANTARILLADO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO
- ANEXO 6 EVALUACION COSTO-BENEFICIO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA
- ANEXO 7 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
- ANEXO 8 CRITERIOS DE DISEÑO Y SOPORTES TECNICOS
- ANEXO 9 REGISTRO FOTOGRAFICO
- ANEXO 10 PLANOS DE DISEÑO DE REDES Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

RESUMEN EJECUTIVO

0 INTRODUCCION

Teniendo en cuenta que actualmente el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca no tiene una infraestructura adecuada de drenaje de sus aguas residuales domésticas y adicionalmente sus vertimientos líquidos son descargados sin ningún tipo de tratamiento a los ríos San Francisco e Isabelilla.

La Corporación Autónoma Regional del Cauca - C.R.C. está interesada en presentar solución al problema de drenaje de las aguas servidas con posterior tratamiento antes de su descarga a las fuentes superficiales receptoras, es por esto que contrató con el Ing. Jairo Garcés el Plan Maestro de Alcantarillado y Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para su cabecera municipal.

La descarga de los vertimientos líquidos a los ríos San Francisco e Isabelilla ha incrementado el problema sanitario de estas fuentes que son utilizadas aguas abajo como fuente de abasto de agua por algunas localidades pequeñas. Lo anterior implica, como se puede deducir fácilmente, un grave riesgo para la salud humana y seguramente es causa en un gran porcentaje de las presencia de enfermedades gastrointestinales y de la piel.

El objetivo del presente estudio es presentar a la Corporación Autónoma Regional del Cauca -C.R.C. el diseño de las obras que componen el sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Realizar el diagnóstico del sistema de alcantarillado del casco urbano del Municipio de Toribio Departamento del Cauca y diseñar las redes de alcantarillado sanitario, teniendo en cuenta las áreas de desarrollo y expansión futuras.
- Diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas teniendo en cuenta los puntos de vertimientos y las características fisicoquímicas de las aguas servidas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado.
- Evaluar la capacidad hidráulica de los colectores actuales.
- Diseñar las redes de alcantarillado sanitario incluyendo las áreas de desarrollo y expansión.
- Caracterizar los vertimientos líquidos descargados a las fuentes receptoras.
- Evaluar tres alternativas de tratamiento para el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Diseñar la alternativa de tratamiento de aguas residuales que presente las mejores ventajas desde los puntos de vista técnico, económico y sociocultural.

2 METODOLOGIA

Las actividades necesarias para la ejecución del Plan Maestro de Alcantarillado en el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca son las siguientes.

2.1 RECOLECCION DE INFORMACION

La recolección de la información necesaria utilizada para los diseños se hizo en las siguientes instituciones.

- Se revisaron los planos de redes de alcantarillado existentes, número de suscriptores de alcantarillado, puntos de descarga, etc, existentes en la Empresas de Servicios Públicos Municipales.
- Se identificaron las zonas de expansión y desarrollo del Municipio de Toribio.
- En el DANE se recolectó la información existente de población en censos anteriores y proyecciones de población.
- Con visitas realizadas al municipio se identificaron las zonas de trazado de las redes de alcantarillado y la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Se efectuó el levantamiento topográfico para determinar: perfiles red de alcantarillado existente, cámaras y colectores existentes, topografía de zonas sin alcantarillado y áreas de expansión futura.

- Se evaluó la calidad física y química de las descargas de aguas residuales a las fuentes superficiales.

2.2 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

Con la información de la investigación topográfica de cámaras y redes de alcantarillado existentes se presenta el diagnóstico del comportamiento hidráulico del sistema actual en el Municipio de Toribio.

2.3 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

Con la información del levantamiento topográfico de la zona se elaboró el diseño del sistema de alcantarillado para el municipio de Toribio (Redes de Alcantarillado Sanitario y obras complementarias).

La información de diseño permitió elaborar el presupuesto general que contiene las cantidades de obra y análisis de precios unitarios de las obras de construcción del sistema de alcantarillado para el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca.

2.4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

Con el objetivo de seleccionar la mejor alternativa de tratamiento de aguas residuales se formularon y evaluaron tres alternativas de tratamiento biológico de aguas residual es. Las alternativas de tratamiento evaluadas son :

- Alternativa 1: **Tanque Séptico + Filtro Anaerobio**
- Alternativa 2: Laguna Anaerobia + Laguna Facultativa
- Alternativa 3: Clarificador Primario + Filtro Percolador + Clarificador Secundario.

2.5 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

Del estudio de alternativas se seleccionó la Alternativa 1 (Tanque Séptico + Filtro Anaerobio) como la más ventajosa desde los puntos de vista técnico y económico y además factible para las condiciones socio culturales que presenta el Municipio de Toribio. Por lo anterior se presenta el diseño definitivo de dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales que descargarán a los Ríos San Francisco e Isabelilla.

2.6 ESTUDIO DE SUELOS

El objetivo del estudio de suelos fue determinar las características geológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio ; los datos que arroja el estudio son importantes para el diseño básico para el diseño de las redes de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales. El estudio de suelos permite evaluar y recomendar:

- Propiedades geoelectricas del subsuelo en el área de estudio.
- Tipo de cimentación más adecuado para las tuberías.
- Dificultades constructivas que se presenten.
- Métodos constructivos acordes con las características del subsuelo (acodalamiento, entibado, tablaestacado, etc.).

- La metodología para la reconstrucción de los pavimentos de las vías vehiculares y peatonales y la posible reutilización del material de las excavaciones como materiales de relleno.
- De acuerdo con los parámetros geofísicos obtenidos durante la realización de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), establecer la existencia de acuíferos, su litología, profundidad, espesor y potencialidad de aguas subterráneas.

3 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1 RESEÑA HISTORICA

Hacia 1700 Manuel de Quilo y Ciclos era el cacique principal de Toribio y su jurisdicción se extendía hasta Tacueyó, al otro lado del río Palo y al pueblo de San Francisco.

De acuerdo con la literatura histórica los pueblos de Toribio, Tacueyó y San Francisco fueron fundados en la primera mitad del siglo XVIII por el cura doctrinero Lucas Rojas de Velasco. Estas fundaciones se llevaron acabo haciendo práctica de una ley de la corona española de 1512 en la cual se ordenaba reducir a los indios en pueblos con el propósito de facilitar el cobro de tributos, darles evangelización impedir su amestizamiento y conservarlos para el trabajo.

Hacia 1851 paso a ser distrito parroquial de Santander de Quilichao, por ordenanza departamental se erigió municipio en 1877. En 1890 fue degradada a corregimiento de Caloto hasta 1892 que recuperó su condición de municipio, condición que fue confirmada en 1904 teniendo como cabecera municipal a Tacueyó. En 1930 por razón de la violencia se traslado la cabecera municipal a Toribio tal como permanece hoy.

3.2 UBICACION DE LA LOCALIDAD

El Municipio de Toribio esta ubicado al Norte - Oriente del Departamento del Cauca, en la vertiente occidental de la cordillera central.

Limita con los siguientes Municipios:

- **NORTE** : Municipio de Corinto.
- **ORIENTE** : Municipio de Belalcazar.
- **SUR** : Municipio de Jambaló.
- **OCCIDENTE** : Municipio de Caloto.

3.3 RELIEVE Y CARACTERISTICAS DEL TERRENO

La zona presenta rocas metamórficas e igneas cubiertas total o parcialmente por cenizas volcánicas. El grupo Cajamarca cubre la mayor parte área y esta constituido por rocas metamórficas tales como Esquistos y Mármoles.

Se encuentran montañas y coluvio-aluviales, distribuidos en las diferentes zonas climáticas. El suelo tiene alguna limitación en su profundidad por la presencia de cascajo, gravilla o estratos rocosos y por exceso de humedad.

El relieve en su parte baja presenta pendientes entre el 3 y el 25% y procesos de erosión laminar, escurrimiento difuso, carcavamiento, solifluxión y deslizamiento en grado ligero. En la parte alta el relieve es quebrado y escarpado con pendientes del 50%, también presenta erosión laminar y las mismas características de la parte baja. La textura varía de franco arenosa a arcillosa y drenaje natural

3.4 CLIMA

La temperatura media en la cabecera municipal es de 21 °C. El municipio de Toribio por estar a una altura entre 1700 a 3800 metros sobre el nivel del mar dispone de tres clases de climas:

- Templado.
- Frío.
- Páramo.

3.5 HIDROLOGIA

El 13% del área de Toribio esta cubierta por Páramo, es un área considerable con otros municipios de la zona norte del Cauca; esto representa un gran potencial en cuanto a la producción de agua. Este Ecosistema es punto de regulación del balance hídrico y la base para el funcionamiento de acueductos y áreas de la región de la zona plana. El municipio es el nacimiento de la cuenca más importante del norte del Cauca como lo es la cuenca del río Palo; además cuenta con 5 subcuencas, 16 microcuencas y 2719 ojos de agua.

Entre las principales Ríos afluentes de las subcuencas y microcuencas del Río Palo tenemos: Río Jambaló, Río San Francisco, Río Isabelilla, Río Encencilo, Río Palo, Río Tominó, Río Sto. Domingo, Río López y Río La Calera.

3.6 ACTIVIDADES SOCIO-ECONOMICAS PRINCIPALES

La pérdida de técnicas de producción desarrolladas por el pueblo durante milenios hace que actualmente que no se pueda responder con fuerza al deterioro de laderas y montañas, dificultando el soporte de la economía familiar. La inexistencia de garantías para el mercadeo de los excedentes agropecuarios y de alternativas que generen otros ingresos a los habitantes, ocasiona la búsqueda de salidas inconvenientes para esos terrenos, tales como: Cultivos ilícitos, Ganadería extensiva, etc.; mientras que lo primero ocasiona el arrendamiento de terrenos montañosos a personas ajenas a la comunidad, o el aprovechamiento primario que en ningún caso fortalece a la economía ni al desarrollo de la Población; lo segundo ha generado gran cantidad de tierra ociosa que cada día pierde mas vocación agrícola.

En épocas anteriores los productos se daban muy bien en las huertas y roncerías, entre los cultivos mas destacados encontramos: las coles, los ullucos, habas, maíz, la papa criolla, el guineo, plantas medicinales, la yuca, la arracacha, la arveja, el trigo, el café, etc. Además de productos propios de una zona silvestre como son: frijol venado, frijol cache, las victorias, el zapallo etc. Así la agricultura, principal fuente de ingreso para la mayoría de las familias del municipio, esta limitada por la baja productividad que define el tipo de suelo y por condiciones de mercadeo, esto se agrava con el hecho de que el mayor porcentaje de estos ingresos se dedican a los alimentos básicos de la dieta familiar, siendo alta la compra de productos manufacturados que encarecen significativamente el costo de la canasta familiar: enlatados, pastas, pan etc.

En relación con las actividades pecuarias se daban practicas totalmente diferentes a las traídas por los colonos a estas tierras, por cuanto los animales vivían y se reproducían en un ambiente salvaje. Entre los animales semisalvajes se contaban

con: vacas, cerdos, ovejas, cabras. Eran de cacería: conejos, armadillos, guatines, osos, venados, la danta, la guagua, y otros que se consumían como un complemento de la alimentación.

Actualmente existe una baja fertilidad de los suelos y un precario conocimiento técnico – cultural para el manejo de este sistema de explotación. Hoy las antiguas haciendas conforman 55 empresas comunitarias ubicadas entre los 1800 a los 3000 m.s.n.m, manejando aproximadamente 8000 cabezas de ganado constituyéndose en la principal causa del conflicto del uso del suelo.

La actividad minera, como el caso específico de la extracción del mármol se distingue en este renglón. Este material se extrae en forma de bloques de tamaño grande. La actividad minera y otras actividades busca darle salida a los problemas como el empleo, el mercadeo y el consumo de lo producido por la comunidad, podemos señalar el trabajo de 14 parceleros y 18 empresas cebolleras, la empresa minera, las asociaciones para el beneficio, secado del café, la fiquería y tiendas comunitarias.

También existían técnicas de cultivos como por ejemplo: Rotación de cultivos, manejo de monocultivos, sistemas de riego con ollas de barro y riego con túneles subterráneos.

La actividad comercial que se destaca es básicamente el mercadeo de sus productos.

3.7 AUTORIDADES E INSTITUCIONES OFICIALES Y PRIVADAS

El municipio cuenta con las siguientes entidades y autoridades civiles:

- Tesorería Municipal

- Alcaldía
- Juzgados.
- Adpostal.
- Telecom.
- Iglesia Católica.

3.8 SERVICIOS PUBLICOS

Existe un conjunto de servicios básicos en la vivienda como son: Agua, servicio sanitario adecuado y energía.

La calidad y disponibilidad del agua en el hogar depende en buena parte de la fuente de la cual se obtenga el líquido. El caso más preocupante es que se depende de la lluvia y los ríos o quebradas (29.5%) pues están sujetos al comportamiento del clima en la cantidad y calidad del agua. Las viviendas que obtienen el líquido tomándolo de quebradas y que deben recogerlas y transportarla son el 24.3% de los casos; quienes la toman del acueducto son el 25.3%; quien es la toman de ojos de agua cercanos son el 37%; quienes se abastecen de aguas de pozos que son el 5.9% y quienes dependen de las aguas lluvias son el 5.1%.

El 54.5% de la población realizada las necesidades a campo abierto, el 1.5% usan inodoros, un 15.3% letrinas, 12.5 usan tasa campesina y un 14.9% cuentan con un hueco simple. De estas formas el 8.8% están conectados a pozo séptico, solo el 8.7% de las viviendas tienen alcantarillado y corresponden a las cabeceras de los resguardos donde existen redes para manejo de aguas residuales.

Las basuras son arrojadas a campo abierto en el 74.3% de las viviendas causando un mal manejo, problemas de contaminación. En el 10.9% de los casos es quemada; un 7.7% arrojada a un hueco, reduciendo su efecto contaminante y apenas un 4.1%

la usa para la producción de abono orgánico y un 1.1% de los casos corresponde a quienes la arrojan a fuentes de agua.

CEDELCA tiene a su cargo el servicio de energía, siendo el grado de seguridad de este aceptable.

3.9 EDUCACION

En cuanto al nivel educativo de la población, la mayor parte de los que han hecho un estudio llegaron a realizar algún grado de primaria, en esta situación se encuentra un 80.8%; quienes terminaron básica primaria representan un 9.1%. En el nivel secundario tan solo el 1.0% de los estudiantes la han completado y la educación superior representa tan solo el 0.4%, incluyendo a quienes terminaron y no han terminado sus estudios.

4 MEMORIA TECNICA

4.1 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

4.1.1 DESCRIPCION

El Municipio de Toribio presenta un alcantarillado que se define como sanitario, evacuándose solamente las aguas de origen doméstico, mientras que las aguas lluvias drenan por la superficie de las vías. Esta red tiene una extensión de aproximadamente 2087 m. en 6", 8" y 10" de diámetro. El sistema de alcantarillado drena un área de 9.5 Has. aproximadamente.

El sistema de alcantarillado se dirige hacia un solo punto aprovechando la acción de la gravedad desde la parte alta hacia la parte baja en un solo sentido, descargando los desechos líquidos producto de las labores domésticas de la comunidad en la quebrada que bordea la población.

Se identifican dos (2) descargas una que va hacia el río San Francisco y la otra que va para el río La Isabella.

4.1.2 CHEQUEO HIDRAULICO DEL SISTEMA

La evaluación de cámaras para el sistema de alcantarillado que presenta Toribio es el resultado del estudio en el terreno realizado de manera conjunta con la comisión topográfica. Los datos utilizados para el chequeo hidráulicos son: cotas de terreno, cotas de clave y bateas de colectores existentes, longitud entre cámaras, etc.

En el cuadro siguiente se presenta el chequeo hidráulico del sistema de alcantarillado existente en el Municipio de Toribio.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Para el diseño del Sistema de Alcantarillado en el Municipio de Toribio, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones técnicas :

- Diseñar las redes de alcantarillado sanitario en la totalidad de su recorrido.
- Conservar la distribución del alcantarillado existente con el fin de incorporar los colectores existentes al diseño que se presenta.
- Incorporar al diseño el proyecto de construcción de redes que se adelanta en la actualidad
- Diseñar dos plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que en la actualidad se tienen dos descargas de vertimientos líquidos por la topografía del terreno (Río San Francisco y Río Isabelilla).
- La altura de las cámaras se proyectara de tal manera que queden en el ámbito de la rasante del terreno o en caso de estar pavimentadas las calles se subirá el nivel de las mismas.
- Se utilizará tubería y accesorios PVC NOVAFORT de 6, 8 y 10 pulgadas.
- Para el diseño de las redes se utilizó una dotación de diseño de 250 lit/hab-día.
- La topografía de la localidad permite diseñar los conductos en la mayoría de los tramos con la pendiente del terreno.
- La profundidad promedio de excavación a lo largo de la red es de 1.20 m.
- La profundidad máxima de excavación será de 2.0 m.
- Para tramos iniciales la profundidad mínima a clave será de 1.0 m.

- El diseño se proyectó para un número total de 327 viviendas (DANE), con 7 habitantes por vivienda.
- La población actual con la que se diseño fue de 2316 habitantes.

4.2.1 Datos Básicos

4.2.1.1 Población

En el cuadro siguiente se presentan la información recolectada de los censos del DANE para el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca.

| AÑO | Población Total | Cabecera | Resto |
|-------|-----------------|----------|-------|
| 1972 | 1785 | 1063 | 722 |
| 1985 | 2295 | 854 | 1441 |
| 1993* | 23599 | 1655 | 21944 |

En el censo de 1993 se incluyeron los datos de las comunidades indígenas pertenecientes al Municipio de Toribio.

De acuerdo a estos datos en el período 1972 hubo un decrecimiento de la población en la cabecera de Toribio, esto se debe a factores asociados con la violencia y el desempleo.

En el Cuadro siguiente se presentan los datos de proyección de población del DANE para el Municipio de Toribio en el período 1993 - 1998; los datos que se presentan fueron ajustados por la entidad al censo de 1993.

| AÑO | Población Total | Cabecera | Resto |
|------|-----------------|--------------|-------|
| 1993 | 23599 | 1655 | 21944 |
| 1995 | 24612 | 1890 | 22722 |
| 1996 | 25290 | 2026 | 23264 |
| 1997 | 25987 | 2168 | 23819 |
| 1998 | 26700 | *2316 | 24384 |

*Datos adoptado como población actual para el Municipio de Toribio por la siguientes razones :

- La densidad poblacional obtenida es de 7 hab/viv , dato confiable ya que se encuentra dentro de un contexto lógico para los municipio del Cauca.
- Lo arroja un estudio serio realizado por una entidad nacional como es el DANE y es el resultado de la proyección realizada con los datos del censo realizado en esta década (1993).

Se adopta un dato de población al final del período de diseño (año 2018) de 3795 habitantes, el cual se calculó por el método geométrico para una tasa de crecimiento poblacional de 2.5% que es la tasa de crecimiento nacional. La elección de este método como el más confiable se fortalece teniendo en cuenta que adoptar una tasa de crecimiento de 2.5% ya representa un factor de seguridad por si misma. En el cuadro siguiente se presenta el resumen del cálculo de población por métodos diferentes

| Método | Población actual (hab) | Población futura (hab) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Geométrico | 2316 | 3795 |
| Aritmético (Alto) | 2316 | 4780 |
| Variación Logarítmica (Muy Alto) | 2316 | 22342 |

A continuación se presenta el cálculo de la población futura para los tres métodos presentados en el cuadro anterior.

Cálculo de Población Método Geométrico

El cálculo se hace con la siguiente ecuación :

$$Pf = P_1 (1 + r)^n$$

donde ;

Pf: Población futura (2018)

P₁: Población actual (1998)

r: rata de crecimiento (2.5%)

n: años de proyección (20)

reemplazando ;

$$Pf = 2316 (1 + 0.025)^{20} = 3795 \text{ habitantes.}$$

$$Pf = 3795 \text{ habitantes}$$

No. habitantes por vivienda = 7

No. de suscriptores = 327

En el cuadro siguiente se incluye los datos de crecimiento poblacional durante el período de diseño del Plan Maestro de Alcantarillado.

| AÑO | POBLACION (habitantes) |
|------|---------------------------|
| 1998 | 2316 |
| 1999 | 2374 |
| 2000 | 2433 |

| | |
|------|------|
| 2001 | 2494 |
| 2002 | 2556 |
| 2003 | 2620 |
| 2004 | 2686 |
| 2005 | 2753 |
| 2006 | 2822 |
| 2007 | 2892 |
| 2008 | 2965 |
| 2009 | 3039 |
| 2010 | 3115 |
| 2011 | 3193 |
| 2012 | 3272 |
| 2013 | 3354 |
| 2014 | 3438 |
| 2015 | 3524 |
| 2016 | 3612 |
| 2017 | 3702 |
| 2018 | 3795 |

Cálculo de Población Método Aritmético

El cálculo se hace con la siguiente ecuación :

$$Pf = P1 + \frac{P1 - P0}{m} \times n$$

donde ;

Pf = Población futura (2018)

P1= Datos último censo (1998 ; 2316 habitantes)

P0 = Datos penúltimo censo (1993 ; 1655 habitantes)

m = lapso entre P1 y P0 (5)

n = lapso entre P1 y Pf (20)

reemplazando ;

$$Pf = 2136 + \frac{2316 - 1655}{5} \times 20$$

Pf = 4780 habitantes (Método Aritmético)

Cálculo de Población Método Variación Logarítmica

En el cuadro siguiente se resume el método.

| Fecha | Años | Población Urbana | Log. Población | Variac. Logarit. | Variac. Log.x año | Variac. de Variac. |
|-------|------|------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1972 | | 1063 | 3.02653 | | | |
| 1993 | 21 | 1655 | 3.21879 | 0.19226 | 0.00916 | +0.02003 |
| 1998 | 5 | 2316 | 3.36474 | 0.14595 | 0.02919 | +0.02003 |
| | 20 | | | 0.9844 | 0.04922 | |
| 2018 | | 22342 | 4.34914 | | | |

Pf = 22342 habitantes (Método Variación Logarítmica)

4.2.1.2 Producción de Aguas Residuales

Dentro del cálculo del colector se considerará un caudal adicional por infiltración al alcantarillado ocasionado por conexiones defectuosas, tubos rotos, aguas desviadas de techos y patios, etc. En esta consideración se adoptará un valor de 0.10 l/seg/Ha.

En resumen se han adoptado los siguientes parámetros para la elaboración del estudio.

| | |
|---|-------------------|
| • Población actual | 2316 hab |
| • Población futura | 3795 hab |
| • Tasa de infiltración | 0.10 l/seg/Ha |
| • Coeficiente de retorno | 0.80 |
| • Dotación agua potable | 250 l / hab / día |
| • Producción per cápita de aguas residuales | 200 l / hab / día |
| • Area de Drenaje estudiada | 27.604. Ha |
| • Area de drenaje PTAR No. 1 (R. San Francisco) | 15.026 Has |
| • Area de drenaje PTAR No. 2 (R. Isabellilla) | 12.758 Has |
| • Producción de Aguas Residuales | 0.318 l/ s -Ha |
| • Densidad poblacional | 7 hab/ vivienda |

4.2.2 Cálculo de Caudales

4.2.2.1 Caudal de Aguas Residuales (Qar)

CONSUMO MEDIO POR VIVIENDA (Qmd)

$Qmd \text{ (l/seg)} = \{ \text{Población (hab)} \times \text{Dotación (lit/hab/día)} \} / 86400 \text{ día/seg.}$

FACTOR MAXIMO HORARIO (FMH)

$FMH = 2.3 / (Qmd^{0.63})$

CONSUMO MAXIMO HORARIO POR VIVIENDA (QMH)

$QMH \text{ (l/seg)} = Qmd \times FMH$

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES (Qar)

$Qar \text{ (l/seg)} = QMH \times \text{Coeficiente de Retorno (0.80)}$

4.2.2.2 Caudal de infiltración (Qi)

Son de vital importancia las probables contribuciones por causa de la infiltración y contribuciones de las instalaciones no habitacionales. Las posibles aportantes de infiltraciones son :

- Las tuberías que penetran en las tuberías a través de las uniones
- Las aguas que penetran en las tuberías a través de infiltraciones de las paredes de los conductos.
- Las aguas que penetran en las redes a través de las estructuras (terminales de limpiezas, etc.)

Para efectos del diseño se tomó de las normas un valor de 0.10 l/seg/Ha.

4.2.2.3 Caudales Conexiones erradas (Qce)

Son las contribuciones debidas a instalaciones no habitacionales que presenten un consumo bastante superior al doméstico.

Para efectos de diseño y teniendo en cuenta que no se cuenta con el levantamiento de los caudales concentrados en el Municipio de Toribio, se adopta según las normas los siguientes:

$$Q_{ce} = 50 \text{ l / hab - día}$$

Para la población futura (3795 hab) y el área de drenaje (27.604 Has) se obtiene un caudal de conexiones erradas de 0.08 l/seg-Ha

4.2.2.4 Caudal de diseño (Qd)

El caudal de diseño se determina de acuerdo a la siguiente ecuación :

$$Q_d = Q_{ar} + Q_i + Q_{ce}$$

4.2.3 Diseño Hidráulico de las Redes de Alcantarillado

Las ecuaciones utilizadas para el diseño hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario en el Municipio de Toribio son las siguientes :

- **Pendiente media del terreno (Pm)**

$$Pm = \frac{\text{Cota.Rasante.Inicial} - \text{Cota.Rasante.Final}}{\text{Longitud.d.el.tramo}} \times 100$$

- **Caudal de aguas negras (Qar)**

$$Qar = QMH \times CR$$

$$CR = 0.80$$

- **Caudal de infiltración (Qi)**

$$Qi = 0.10 \text{ l/seg/Ha}$$

- **Caudal concentrado (Qce)**

$$Qce = 0.08 \text{ l/seg -Ha}$$

- **Caudal de diseño (Qd)**

$$Qd = Qar + Qi + Qce$$

- **Velocidad real (Vr)**

$$Vr = \left(\frac{vr}{V_{II}} \right) \times V_{II}$$

- Tirante normal (Y)

$$Y = \left(\frac{d}{D} \times 0.0254 \right) \times D$$

- Fuerza tractiva (t)

$$t = \left(\frac{t}{T} \right) \times T$$

- Pendiente de diseño (P)

P = Pendiente elegida

- Diámetro del tramo (D)

D = Diámetro elegido

- Caudal a tubo lleno (Qll)

$$Qll = \frac{0.001737 \times 4 \times D^{8.3} \times P^{1.2}}{n}$$

n = 0.009 para tubería PVC NOVAFORT

- Velocidad a tubo lleno (Vll)

$$Vll = \frac{0.003429 \times 4 \times D^{2.3} \times P^{0.2}}{n}$$

n = 0.009 para tubería PVC NOVAFORT

- **Carga de velocidad**

$$\frac{V}{2g} = \frac{V|I|}{19.6}$$

- **Fuerza tractiva a tubo lleno (T)**

$$T = 0.0635 \cdot D \times P$$

- **Cota Rasante Inicial (C_{ri})**

CRi = Cota Rasante Inicial del Tramo obtenida en el estudio Topográfico

- **Cota Rasante Final (C_{rf})**

CRf = Cota Rasante Final del Tramo obtenida en el estudio Topográfico

- **Cota Batea Inicial (C_{bi})**

CBi = CRi - 1.2 m (Tramos iniciales)

CBi = CRf - 0.05 (Tramos secundarios)

- **Cota Batea Final (C_{bf})**

$$CBf = CBi - \frac{(L \times P)}{100}$$

- **Altura a clave Inicial (H_i)**

$$Hi = CRi - (CBi - (0.025 \times D))$$

- **Altura a clave Final (H_f)**

$$Hf = CRf - (CBf - (0.025 \times D))$$

- **Relación q/Q**

Relación $q/Q \leq 0.75 \Rightarrow Qd/Ql \leq 0.75$

- Relación v/V

Relación $v/V = q/Q \leq 0.75 \Rightarrow v/V$ valor

- Relación d/D

Relación $d/D = q/Q \leq 0.75 \Rightarrow d/D$ valor

- Relación t/T

Relación $t/T = q/Q \leq 0.75 \Rightarrow t/T$ valor

4.2.3.1 Diseño Hidráulico Colectores Drenan PTAR1

Se diseñaron los colectores que drenan a la PTAR1 la cual descargará sus vertimientos líquidos al Río San Francisco. Los colectores se diseñaron para un área acumulada de drenaje de 15.026 Has (Ver Plano de Areas Tributarias).

A continuación se presentan los cuadros de cálculo del diseño hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario que drenan a la PTAR1 en el Municipio de Toribio Departamento del Cauca.

4.2.3.2 Diseño Hidráulico Colectores Drenan PTAR2

Se diseñaron los colectores que drenan a la PTAR2 la cual descargará sus vertimientos líquidos al Río Isabelilla. Los colectores se diseñaron para un área acumulada de drenaje de 12.758 Has (Ver Plano de Areas Tributarias).

A continuación se presentan los cuadros de cálculo del diseño hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario que drenan a la PTAR2 en el Municipio de Toribio Departamento del Cauca.

4.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

En este capítulo se presenta el análisis y la evaluación de las alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas para el municipio de Toribio en el Departamento del Cauca para una población proyectada para el año 2018 de 3795 habitantes.

El diseño del alcantarillado sanitario para el municipio de Toribio permite la identificación de dos áreas de drenaje, es por esto que en la evaluación de las alternativas de tratamiento de aguas residuales se definieron dos (2) sitios para la ubicación de las dos plantas. Al Río San Francisco se descargarán 15.026 hectáreas y que de ahora en adelante llamaremos PTAR1 y la otra que descargará al río Isabelilla con un área tributaria de 12.758 hectáreas, que denominaremos PTAR2. En la Figura No 1 se presentan las áreas de influencia y la ubicación de las plantas de tratamiento.

Las alternativas a evaluar deben tener tratamiento secundario, es decir, remover el 85% de carga orgánica y 90% de sólidos suspendidos, cumpliendo de esta manera con la legislación ambiental vigente.

En el estudio de alternativas de aguas residuales domésticas se analizan 3 diferentes opciones de tratamiento. Los criterios básicos que se consideraron para la selección de las tecnologías de saneamiento consideradas en este proyecto son :

- Tecnologías de evacuación de excretas y tratamiento de aguas residuales domésticas en municipios con poblaciones de menos de 5000 habitantes.

- Que sean de bajo costo de inversión, operación y mantenimiento y que requieran un mínimo de personal calificado para operarlos.
- Que sean accesibles al nivel sociocultural de la población y efectivos para mejorar las condiciones ambientales de la localidad.
- Consumo mínimo de energía eléctrica.

Las alternativas de tratamiento consideradas son :

1. Alternativa 1: Tanque Séptico con Filtro Anaeróbico.
2. Alternativa 2: Launas de Estabilización (Laguna Anaerobia+Laguna Facultativa).
3. Alternativa 3: Filtros percoladores de alta tasa.

Para cada una de las plantas se consideraron dos líneas de flujo con el fin de permitir el manejo del 50% del caudal a tratar y labores de mantenimiento preventivo.

OBJETIVO DE LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS

El objetivo general del estudio se orienta a identificar la alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas más recomendable para el Municipio de Toribio. La identificación se realizará mediante las evaluaciones técnica y económica a costo mínimo en valor presente de los costos de inversión, operación y mantenimiento asociados con cada alternativa en el período de análisis (20 años) y a través de análisis de factores como la calidad y la cantidad de agua residual, la cobertura y confiabilidad del servicio y los efectos ambientales.

INFORMACION BASICA

En la Evaluación Técnico - Económica de las alternativas de tratamiento de aguas residuales se consideró la siguiente información básica :

- **Población:** La población de Toribio cuenta actualmente (1998) con una población de 2136 habitantes en la cabecera municipal, y la proyección de población para el año 2018 fue de 3795 habitantes.

Población por Hectárea = 3795 hab. / 27.604 Has. = 137.48 hab./ Ha.

Población PTAR No. 1 = 2066 hab.

Población PTAR No. 2 = 1729 hab.

- **Caudales:**

PTAR No. 1 : Descarga Río San Francisco

Caudal máximo = 12.17 Lps

Caudal medio = 4.78 Lps

PTAR No. 2 : Descarga Río Isabellita

Caudal máximo = 10.19 Lps

Caudal medio = 4.78 Lps

- **Areas tributarias:**

Area total = 27.604 Has.

Area PTAR No. 1 = 15.026 Has.

Area PTAR No. 2 = 12.758 Has.

- **Calidad:**

DBO5 = 220 mg/l

SST = 250 mg/l

- **Temperatura**

Máxima : 21.0 ° C

Media : 20.3 ° C

Mínima : 20.0 ° C

4.3.1 Alternativa 1: Tanque Séptico + Filtro Anaeróbico.

4.3.1.1 Generalidades del Proceso

Los sistemas de tanque séptico seguidos de filtro anaerobio han sido utilizados ampliamente en municipios de poblaciones pequeñas (< 5000 hab) y principalmente en las zonas rurales. Un tanque séptico remueve la mayor parte de los sólidos en suspensión, las cuales sedimentan o sufren un proceso de digestión anaeróbica en el fondo del tanque. La materia orgánica efluente del tanque séptico se dirige al filtro anaerobio, donde ocurre su remoción, también en condiciones anaerobias.

Se entiende por tanque séptico un tanque construido en concreto u otro material donde son retenidas las aguas residuales por un período mínimo de 24 horas ; durante este período los sólidos más densos sedimentan acumulándose en el fondo del tanque, formando el lodo. La mayoría de los sólidos ligeros, como las grasas, permanecen en el tanque, formando una especie de espuma en la superficie del agua, mientras el efluente se lleva el resto al sistema final de evacuación.

Los sólidos retenidos en el tanque séptico sufren una descomposición anaerobia producida por la acción de bacterias ; el líquido parcialmente clarificado sale del tanque y es conducido por medio de tuberías enterradas hacia su posterior

tratamiento. La parte sólida que se acumula en el tanque debe ser retirada periódicamente.

El filtro anaerobio consiste en un tanque de concreto o ladrillo alimentado por el fondo, a través de una cámara difusora y relleno de un material apropiado para realizar la filtración del agua residual.

Un filtro anaerobio presenta algunas similitudes conceptuales con los filtros biológicos aerobios; en ambos casos, crece una biomasa adherida en el medio de soporte, usualmente piedras. No obstante el filtro anaerobio presenta algunas diferencias importantes :

- El flujo del líquido es ascendente
- El filtro trabaja ahogado, es decir, los espacios vacíos son ocupados por el líquido
- La carga de DBO aplicada por unidad de volumen es alta, lo que garantiza las condiciones anaerobias.

La producción de lodos en lechos anaerobios es bastante baja, por lo cual el lodo estabilizado puede ser dispuesto directamente a un lecho de secado.

Por ser un sistema anaerobio, siempre se cuenta con el riesgo de generación de malos olores, no obstante, adecuados procedimientos de operación y mantenimiento pueden reducir estos riesgos.

4.3.1.2 Descripción del Funcionamiento

Los sólidos retenidos en el tanque séptico sufren una descomposición anaerobia producida por la acción de bacterias; el líquido parcialmente clarificado sale del tanque y es conducido por medio de tuberías enterradas hacia su posterior

tratamiento. La parte sólida que se acumula en el tanque debe ser retirada periódicamente.

El agua residual proveniente del tanque séptico entra por el fondo del Filtro anaerobio, a través de un falso fondo (cámara difusora), pasa por los intersticios dejados por el material de relleno, en flujo ascendente. Este material sirve como soporte de una capa biológica que se desarrolla en este medio (ausencia de oxígeno), la cual es la encargada de degradar la materia orgánica.

4.3.1.3 Usos

Los tanques sépticos serán usados seguidos de filtros anaerobios, en los casos en que se quiera un efluente con bajo contenido de sólidos suspendidos. Este hecho es el ideal, ya que proporciona una mejor protección de los sistemas de tratamiento que utilizan el suelo como medio filtrante.

El filtro anaerobio deberá ser usado para tratar el efluente del tanque séptico, cuando la disposición del efluente sea a una corriente de agua y siempre y cuando la autoridad ambiental competente autorice el vertimiento.

4.3.1.4 Ventajas y Desventajas del Tanque Séptico + Filtro Anaerobio

Ventajas -

- Satisfactoria eficiencia de remoción de la DBO
- Bajos requisitos de área
- Bajos costos de construcción y operación
- Reducción en el consumo de energía
- Construcción, operación y mantenimientos simples
- Bajísima producción de lodo
- Estabilización del lodo en el propio filtro
- Buena deshidratación del lodo
- Necesidad apenas de secado y disposición del lodo
- Rápida reacondicionación para períodos de paralización del proceso.
- Buena adaptación a diferentes tipos de vertimientos líquidos.
- Buena resistencia a variaciones de carga.

Desventajas :

- Posibilidad de efluentes con aspecto desagradable
- Poca remoción de Nitrógeno y Fósforo
- Posibilidad de generación de malos olores

4.3.1.5 Predimensionamiento de la Alternativa No. 1

A continuación se presentan los cuadros de cálculo de los predimensionamientos de las lagunas de estabilización para las dos plantas de tratamiento proyectadas en el municipio de Toribio.

4.3.1.6 Costos de la Alternativa No. 1

En los cuadros siguientes se presentan las cantidades de obra y presupuesto estimados para la alternativa 1.

4.3.2 Alternativa 2: Lagunas de Estabilización (Laguna Anaerobia + Laguna Facultativa).

4.3.2.1 Generalidades del Proceso

Esta es una alternativa de tratamiento para las descargas residuales que requieren el cumplimiento de una calidad que solo pueden ofrecer tecnologías de alto costo. Las lagunas de estabilización es una tecnología de tratamiento de aguas residuales de bajo costo.

Las lagunas de estabilización son sistemas de tratamiento de desechos que consisten en estanques abiertos (construidos en tierra), usualmente de 1 - 5 m de profundidad y reciben aguas residuales domésticas crudas o tratadas parcialmente. Las lagunas de estabilización es un tratamiento biológico con lecho suspendido, los procesos físicos, químicos y biológicos son similares a los que suceden en los cuerpos de agua natural, el sistema contiene bacterias y algas fotosintéticas que absorben los nutrientes solubles y fijan la energía del sol para formar la biomasa inicial, además contienen protozoarios o consumidores primarios y hongos, o levaduras que ayudan a la descomposición de esta biomasa.

La finalidad de las lagunas de estabilización es obtener un efluente de características definidas (DBO, DQO, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, algas, nutrientes, parásitos, bacterias y protozoarios) óptimo para el reuso agrícola, acuícola o para simplemente ser descargado a cuerpos receptores.

Los principales objetivos del tratamiento mediante lagunas de estabilización son :

- Reducción de la materia orgánica.
- Minimizar la descarga de organismos patógenos e indicadores.
- Remoción de nutrientes.
- Reuso del efluente tratado.

Dado que la presencia de oxígeno disuelto en las lagunas de estabilización determina que tipo de mecanismos van a ser responsables de la depuración, dichos estanques suelen clasificarse en aeróbios, anaerobios y facultativos.

4.3.2.2 Descripción del Funcionamiento

Las lagunas de estabilización son cuerpos de agua creados artificialmente, diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante la interacción de la masa biológica o biomasa, la materia orgánica del desecho y procesos naturales tales como mecánica del fluido y factores físicos, químicos y bacteriológicos.

La estabilización biológica se realiza por medio de una serie de reacciones de óxido-reducción, en las cuales una porción de la materia orgánica es utilizada como energía y otra en síntesis. Las reacciones de energía son aquellas en las que se lleva a cabo la estabilización completa de la materia orgánica, mientras que, en las reacciones de síntesis, la materia orgánica es transformada a protoplasma bacteriano.

En estos sistemas se lleva a cabo la oxidación de la materia orgánica mediante una combinación de sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias y algas, el proceso puede ser aerobio, anaerobio o una combinación de ambos. En el caso de la digestión anaerobia las bacterias producen una mezcla de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y una pequeña cantidad de ácido sulfídrico (H₂S) e hidrógeno (H₂). En el proceso aerobio, las algas producen oxígeno (O₂) con la energía del sol durante el proceso de fotosíntesis y por su reproducción

generan nueva biomasa algal, mientras que las bacterias aerobias usan este oxígeno para transformar los desechos orgánicos existentes en el agua residual en nuevas bacterias.

4.3.2.3 Clasificación de las Lagunas de Estabilización

De acuerdo a su contenido de oxígeno las lagunas de estabilización se clasifican como :

- **Anaerobias** : La depuración de las aguas en estas lagunas ocurre por la acción de bacterias anaerobias ; se caracterizan por la ausencia de oxígeno en todo el estanque. En estas lagunas se busca retener la mayor parte de los sólidos en suspensión, que pasa a formar parte de la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar gran parte de la carga orgánica.
- **Facultativas** : Se caracterizan por tener una zona aerobia en la superficie de la masa líquida y una zona anaerobia en el fondo de la laguna. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado principalmente por las algas presentes.
- **Aerobias o de maduración** : Son también llamadas lagunas de oxidación, en ellas se mantiene un ambiente aerobio en toda la profundidad, lo que se consigue con menores cargas aplicadas, de forma que la fotosíntesis y la reaireación sean suficientes para proporcionar oxígeno disuelto en toda la columna de agua. En estas lagunas se consigue una elevada desinfección del agua tratada, así como la mineralización de los nutrientes orgánicos.

En función del lugar que ocupan con relación a otros procesos, las lagunas puede ser :

- Primarias : aguas residuales crudas
- Secundarias : efluentes de otros procesos de tratamientos
- De maduración : cuyo propósito es disminuir el número de organismos patógenos.

4.3.2.4 Ventajas y Desventajas de las Lagunas de Estabilización

Las lagunas de estabilización ofrecen las siguientes ventajas, siempre y cuando exista disponibilidad de terreno y su costo no sea excesivo.

- Proceso sencillo que no requiere personal altamente calificado para su operación y mantenimiento.
- Tienen los menores costos de capital, construcción, operación y mantenimiento que cualquier otro proceso a nivel secundario.
- No requieren altos costos de equipos.
- Requieren de poca energía eléctrica.
- Entregan efluentes de calidad igual o superior a algunos procesos convencionales de tratamiento.
- Tienen capacidad amortiguadora para las variaciones en las cargas hidráulicas y orgánicas.
- Son duraderas y fáciles de operar.
- Ofrecen altas eficiencias en la remoción de microorganismos patógenos.
- Presentan pocos problemas en el manejo y disposición de lodos.
- Aplicación del agua tratada para reuso en agricultura y acuicultura.
- En climas cálidos tienden a ser más eficientes.

Las desventajas de este proceso son :

- Requieren de extensas áreas de terreno para su ubicación.

- En las lagunas anaerobias existen la potencialidad de proliferación de olores desagradables en caso de existir alta carga orgánica mayor que la carga de diseño y sulfatos mayores a 500 mg/l.
- Pueden contaminar el manto freático.
- Pueden entregar un efluente con gran cantidad de sólidos suspendidos.
- Requieren de una ubicación lejana a la población.

4.3.2.5 Predimensionamiento de la Alternativa No. 2

En el cuadro siguiente se presentan los parámetros típicos requeridos para el diseño de lagunas de estabilización :

Parámetros típicos de diseño en lagunas de estabilización

| PARAMETRO | Laguna Anaerobia | Laguna Facultativa |
|-------------------------------------|---|--|
| Dimensiones de laguna (Has) | 0.2 - 0.8 | 0.8 - 4.0 |
| Operación | Serie | Serie o paralelo |
| Tiempo de retención (días) | 1-2 | 5-30 |
| Profundidad (m) | 2-5 | 1.2 - 2.4 |
| pH | 6.5 - 7.2 | 6.5 - 8.5 |
| Rango de Temperatura (°C) | 6 - 50 | 0 - 50 |
| Carga de DBO5 (Kg/ ha-d) | 224 - 560 | 56 - 202 |
| Remoción de DBO5 (%) | 50 - 85 | 80 - 95 |
| Remoción de Coliformes fecales | 1 Log | 1 Log |
| Remoción de Helmintos, % | 70 | - |
| Conversión | CO2, CH4, tejido celular bacteriano | Algas, CO2, CH4, tejido celular bacteriano |
| Concentración de algas (mg/l) | 0 - 5 | 5 - 20 |
| Sólidos Suspendidos efluente (mg/l) | 80 - 160 | 40 - 60 |
| Función principal | Sedimentación de sólidos, remoción de DBO, estabilización del efluente, remoción de helmintos | Remoción de DBO |

A continuación se presentan los cuadros de cálculo de los predimensionamientos de las lagunas de estabilización para las dos plantas de tratamiento proyectadas en el municipio de Toribio.

4.3.2.6 Costo de la Alternativa 2

En los cuadros siguientes se presentan las cantidades de obra y presupuesto estimado de la alternativa 2.

4.3.3 Alternativa 3: Filtros percoladores de alta tasa.

En esta alternativa se evalúa un sistema de tratamiento de aguas residuales compacto cuyo sistema de tratamiento se basa en filtros percoladores de alta tasa con medio filtrante plástico.

Los filtros percoladores de alta tasa funcionan a velocidades de filtración de $47 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, carga orgánica de $1.6 \text{ kg}/\text{m}^3$ por día, área superficial específica de $30 \text{ pies}^2/\text{pie}^3$, un porcentaje de vacíos del 95%.

El filtro percolador consiste de un medio filtrante estacionario provisto de un área superficial específica y un porcentaje de vacíos. La película desarrollada sobre el área superficial y los vacíos que permiten el paso del aire y el agua residual, para ponerla en contacto con el medio filtrante donde se encuentran adheridos los microorganismos. La biota del filtro utiliza el oxígeno y el desecho para su metabolismo.

Dentro de las ventajas que tendría esta alternativa podríamos anotar :

- No se tapa, por lo tanto no se presentan zonas sin oxígeno, que provocarían disminución de la eficiencia.
- Ausencia de olores desagradables.
- Bajos costos de mantenimiento
- Alta flexibilidad.
- Compacto.
- Sencillez de operación.
- Producción de lodos con buena sedimentación.
- Eficiencia de remoción de carga contaminante superior al 80%.

4.3.3.1 Descripción del proceso

La planta consta de un canal de cribado y desarenador, carcamo de bombeo, clarificador primario, reactor biológico, clarificador secundario y desinfección.

- Canal de cribado y desarenador.
- Estación de bombeo.
- Clarificador primario.
- Filtro percolador.
- Clarificador secundario.
- Desinfección por cloración.

4.3.3.2 Descripción del Funcionamiento

El agua llega por gravedad al canal de cribado donde se retienen sólidos mayores de una pulgada, luego pasa al desarenador consistente en dos canales comunicados por compuerta, y opera uno y el otro está en limpieza.

Luego se pasa a un carcamo de bombeo donde hay 3 bombas (una de reserva) y se envía el agua al clarificador primario donde se remueve aproximadamente el 35% de DBO₅ y el 50% de SST; los sólidos sedimentados se envían al tanque digestor por medio de dos bombas (una de reserva). Este clarificador es de 11.5 m de diámetro y 3.2 m de A.P.R. Luego el agua pasa a otro carcamo de bombeo donde es enviada al filtro percolador por medio de dos bombas automáticas controladas por electro niveles, en este carcamo de bombeo el agua tiene un tiempo de residencia de 1.5 horas para permitir un flujo regular de bombeo.

Ya en el Reactor biológico el agua llega por la parte superior siendo rociada por un distribuidor rotatorio y escurre en un flujo descendente a través del empaque "BIO-PAC", haciéndose la recolección en la parte inferior del reactor.

En el empaque se desarrolla la BIOMASA que depura el agua, esta biomasa se separa periódicamente del agua en el clarificador secundario.

El empaque es ideal para aguas residuales de baja carga, ya que el 95% es área libre, lo que evita taponamientos, conservando su eficiencia.

El volumen del empaque es de 476 m^3 , y las dimensiones de la torres son 11.0 m de diámetro por 7.0 m de altura; la eficiencia remocional es del 74% y se produce una recirculación del 50% del caudal por medio de 2 bombas.

El agua sigue su recorrido al CLARIFICADOR SECUNDARIO, donde se separan los lodos; este es un clarificador circular con rastra equipado con mamparas y desnatador, tiene 15 m de diámetro y 3.6 m de altura total. Los lodos separados son conducidos al digestor de lodos, y el agua clarificada pasa al TANQUE DE CONTACTO DE GAS CLORO para su desinfección. El cloro es suministrado de 8 tanques de almacenamiento de 68 kg. para un total de 28 días de consumo. El gas cloro se dosificara con un dosificador y 2 bombas. Los lodos de los clasificadores primario y secundario se bombean al TANQUE DIGESTOR para su estabilización, aquí el aire es suministrado por 2 aereadores superficiales flotantes, las dimensiones son: 9.5 x 19.0 x 4.0 m de altura total.

Aquí se produce un nuevo bombeo, hacia un FILTRO PRENSA donde los lodos estabilizados son secados diariamente a un 35% con una operación semiautomática.

En el filtro se tendrá una dosificación de polímero para ayudar a la filtración, el sistema consiste de un tanque de preparación, agitador y bomba dosificadora.

El consumo de energía en el proceso anteriormente presentado es de 59.0 KW/Hora.

Por ser un proceso muy compacto, los requerimientos de área son menores que los de las lagunas de estabilización, por lo tanto no tienen problema para su construcción en el lote definido para la obra.

4.3.3.3 Ventajas y Desventajas del Filtro Percolador

Ventajas :

- Buena eficiencia de remoción de la DBO
- Mejor resistencia a las variaciones de carga
- Reducidas posibilidades de malos olores
- Requisitos de área relativamente bajas

Desventajas :

- Elevados costos de implementación
- Relativa dependencia de temperatura del aire
- Necesidad de tratamiento completo del lodo para su disposición final
- Elevada pérdida de carga

4.3.3.4 Predimensionamiento de la Alternativa No. 3

A continuación se presentan los cuadros de cálculo de los predimensionamientos del sistema de filtro percolador para las dos plantas de tratamiento proyectadas en el municipio de Toribio.

4.3.3.5 Costos de la Alternativa No. 3

En los cuadros siguientes se presentan las cantidades de obra y presupuesto estimados para la alternativa 3.

4.3.4 ANALISIS COMPARATIVO Y EVALUACION ECONOMICA DE LAS ALTERNATIVAS

En el cuadro siguiente se presenta un cuadro comparativo de las características típicas de la alternativas evaluadas.

| CARACTERISTICAS | Tanque Séptico + Filtro anaerobio | Laguna Anaerobia + Facultativa | Filtros Percoladores |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| • EFICIENCIA DE REMOCION % | | | |
| DBO | 70 - 80 | 70 - 90 | 80 - 90 |
| N | 10 - 25 | 30 - 50 | 30 - 40 |
| P | 10 - 20 | 20 - 60 | 30 - 45 |
| Coliformes | 60 - 90 | 60 - 99.9 | 60 - 90 |
| • Area (m ² /hab) | 0.2 - 0.4 | 1.5 - 3.5 | 0.3 - 0.45 |
| • Costos Inversión (US\$/hab) | 30 - 80 | 10 - 25 | 40 - 70 |
| • TRH (días) | 1 - 2 | 12 - 24 | No aplica |
| • Producción lodo (m ³ /hab-año) | 0.07 - 0.1 | - | - |

A continuación se presenta una matriz de evaluación de operaciones y procesos unitarios para las alternativas de tratamiento presentadas.

| FACTORES | Tanque Séptico + | Laguna Anaerobia | Filtros |
|----------|------------------|------------------|---------|
|----------|------------------|------------------|---------|

| | Filtro anaerobio | + Facultativa | Percoladores |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Aplicabilidad del proceso | Aplicable por ser adecuado para el tipo de desecho doméstico | Aplicable por ser adecuado para el tipo de desecho doméstico | Aplicable por ser adecuado para el tipo de desecho doméstico |
| Caudal aplicado | Aplicable para los caudales producidos en el municipio | Aplicable para los caudales producidos en el municipio | Aplicable para los caudales producidos en el municipio |
| Características del afluente | Apto para el tipo de desecho | Apto para el tipo de desecho | Apto para el tipo de desecho |
| Constituyentes inhibidores o tóxicos | N.A. | N.A. | N.A. |
| Temperatura | Altas temperaturas aumentan la eficiencia. Problema de olores | Altas temperaturas aumentan la eficiencia. Problema de olores | Altas temperaturas aumentan la eficiencia |
| Limitaciones de tratamiento del lodo | Lechos de secado | No tratamiento | Tratamiento tecnificado del lodo para su disposición |
| Requisitos de productos Químicos | No requiere | No requiere | - |
| Requisitos energéticos | No requiere | No requiere | Requiere |
| Requisitos de personal | No calificado | No calificado | Calificado |
| Requisitos de O & M | Costos bajos | Costos bajos | Costo altos |
| Confiabilidad del Tto. | Confiable | Confiable | Confiable |
| Area requerida | Poca | Alta | Poca |

4.3.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

Criterios para la selección de la alternativa de tratamiento :

- Remoción de materia orgánica
- Requerimientos de área para la construcción
- Requerimientos de energía
- Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento
- Aceptabilidad de la comunidad

En cuanto a la remoción de materia orgánica las tres (3) alternativas evaluadas garantizan la remoción de más del 80% de la DBO5 de los vertimientos líquidos domésticos generados, cumpliendo así con la legislación ambiental vigente.

Las lagunas de estabilización es la alternativa que demanda un área considerable, la cual en la actualidad el municipio de Toribio no dispone en la zona de descarga, por lo tanto, el área es un factor limitante en la selección de la alternativa más viable.

La alternativa de filtro percolador presenta necesidades energéticas considerables que el Municipio de Toribio no está en capacidad de asumir por un período de 20 años. A diferencia de las alternativas 1 y 2 cuyo consumo energético solo se ve reflejado en el bombeo de lodos a los lechos de secado en el caso del Tanque Séptico y Filtro Anaerobio y caseta de vigilancia en las dos alternativas.

Los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento, nos llevan a elegir la alternativa de lagunas de estabilización como la más óptima, pero como se dijo antes

nos vemos limitados por los requerimientos excesivos de área con la que no cuenta el municipio

Desde el punto de vista de aceptación del sistema de tratamiento por la comunidad, las lagunas de estabilización pueden presentar problemas por los olores que pueden presentar en el área circundante.

Por lo tanto la selección de las alternativas de tratamiento quedan en el siguiente orden de elegibilidad :

1. Tanque Séptico + Filtro Anaerobio
2. Filtros percoladores
3. Lagunas de estabilización (Anaerobia + Facultativa)

Insertar los ítems 4.4 y 4.5 diseños de las PTAR : Memorias Técnicas

4.6 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema diseñado para tratar las aguas residuales domésticas en el municipio de Toribio, es de funcionamiento hidráulico, por lo tanto se deben presentar una serie de recomendaciones que garanticen el buen funcionamiento y operación de las plantas.

Las rejillas deberán limpiarse de manera manual regularmente para prevenir el taponamiento del sistema.

La limpieza de la trampa de grasas deberá hacerse regularmente con el fin de prevenir la fuga de cantidades apreciables de grasa hacia el tanque séptico y el filtro anaeróbico, pues estas pueden ocasionar que el sistema se vuelva deficiente. La limpieza de esta unidad podrá determinarse mejor por la experiencia basada en la observación, los materiales producidos pueden extraerse manualmente por medio de coladores.

4.6.1 Operación y Mantenimiento de Tanque Séptico

Cuando la construcción de la estructura del Tanque Séptico está terminada y antes de hacer los rellenos laterales, debe llenarse con agua para verificar su estanqueidad. Si hay fugas deben taponarse y volver a probar el tanque hasta que esté en condiciones adecuadas de trabajo.

- Se mantendrán los siguientes cuidados para lograr un óptimo funcionamiento del tanque séptico :

A) Se usará únicamente papel higiénico, otro tipo de material dañará el sistema; en lo posible no se permitirá el paso de papel higiénico hacia la tasa sanitaria.

B) Las grasas no deberán entrar al sistema. Por ello es necesario construir una trampa de grasas.

C) No se usarán desinfectantes ni productos químicos por que éstos inhibirán los procesos biológicos que ocurren en el tanque.

D) Todos los aparatos de fontanería de la vivienda deberán estar provistos de un adecuado sistema de ventilación. De esta forma no será necesaria una ventilación adicional para el tanque séptico.

E) Cuando se abandone un tanque séptico, deberá llenarse con piedra o tierra.

F) Deberá impedirse la entrada de aguas superficiales al tanque.

G) Para evitar los inconvenientes y malos olores que ocurren en el inicio de la operación de los tanques, se recomienda la introducción de 50 a 100 litros de lodo proveniente de tanques sépticos antiguos o, en la ausencia de estos, la misma cantidad de suelo rico en humus o estiércol fresco, con el fin de proporcionar las bacterias necesarias para la descomposición de la materia orgánica.

H) Cuando el tanque séptico en funcionamiento produzca malos olores, será conveniente adicionar una sustancia alcalinizante, como por ejemplo cal.

Los tanques sépticos deberán ser inspeccionados al menos una vez por año, ya que esta es la única manera de determinar cuando se requiere una operación de mantenimiento y limpieza.

- Cuando se realiza la limpieza en los tanques sépticos, se deberán guardar las siguientes precauciones:

A) No deberá lavarse ni desinfectarse el tanque, después de la evacuación del lodo, ya que debe dejarse una cantidad de lodos para propósitos de inoculación y reactivación del proceso de digestión.

B) En el momento de efectuar la operación de limpieza, deberá tenerse cuidado de no entrar en el tanque hasta que sea profusamente ventilado y los gases se hayan desalojado, para evitar riesgos de explosión o asfixia.

C) Es necesario tener cuidado en la manipulación de los lodos y natas extraídos, puesto que existirá alguna porción sin digerir que podrá representar peligro para la salud.

D) Para tanques séptico de volúmenes mayores de 6 m³, deberá acondicionarse la forma de realizar el mantenimiento, de una manera hidráulica o mecánica, por lo que la inclinación del fondo deberá ser superior o igual a 45° con la horizontal.

La limpieza del tanque séptico, deberá realizarse en el momento en que su capacidad se reduzca debido a la acumulación de lodos y natas. La limpieza será necesaria cuando en el fondo del manto de natas sea menor de 7.5 cm. del borde inferior del tubo de conexión.

- Los lodos y natas extraídos serán dispuestos de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

A) Los lodos y natas extraídos del tanque séptico suelen contener alguna porción sin digerir que sigue siendo nociva y puede presentar un peligro para la salud. Dicho

lodo no podrá ser utilizado inmediatamente como abono, pero para ello se puede mezclar convenientemente con otros residuos orgánicos como hierba cortada, basura, etc., y solamente se usarán en cultivos cuyos productos no se ingieran crudos.

B) No se permitirá su descarga directa a corrientes de agua, al alcantarillado, al suelo, ni podrán ser depositados descuidadamente sobre el terreno.

C) Si no se usan como abono, se deberán enterrar en zanjas de 0.60 de profundidad, en lugares no habitados y autorizados.

4.6.2 Operación y Mantenimiento del Filtro Anaerobio

Para los filtros anaerobios mayores a 12 m³, deberá proveerse la forma de realizar el mantenimiento, mediante una forma hidráulica o mecánica, incluyendo el falso fondo.

Como el sistema de tanque séptico - filtro anaerobio dependen de la actividad biológica, se debe evitar que aquellas sustancias tóxicas que puedan dañar el sistema, lleguen a él.

El período de limpieza del filtro deberá coincidir con la limpieza del tanque séptico. Se recomienda que al realizar esta actividad, el filtro drene sus aguas hasta el tanque séptico desocupado, y luego se realice el retrolavado, si la localización lo permite, con una o dos cargas de agua limpia.

5 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

5.1 PRESUPUESTO REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

A continuación se presentan los análisis unitarios y cantidades de obra y presupuesto para la construcción de las redes de alcantarillado sanitario para el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca. Los análisis unitarios corresponden a precios de insumos para la construcción puestos en el sitio.

5.2 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA

Adicionalmente se presentan los análisis unitarios y cantidades de obra y presupuesto para la PTAR1 con descarga al Río San Francisco y la PTAR2 con descarga al Río Isabelilla para el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca. Los análisis unitarios corresponden a precios de insumos para la construcción de las obras puestos en el sitio.

6 AFORO Y CARACTERIZACION DE VERTIMIENTOS LIQUIDOS PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO

En el Anexo 1 se presenta el informe de la caracterización de los vertimientos líquidos en las dos descargas que actualmente están afectando las fuentes superficiales de agua (Río San Francisco y Río Isabelilla). Con los resultados de la caracterización fisicoquímica y justificado por la bibliografía se adoptaron concentraciones de DBO5 y SST de 220 mg/l y 250 mg/l respectivamente.

7 ESTUDIO DE SUELOS

En el Anexo 2 se presenta el estudio de suelos con el cual se pudieron determinar las características geológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio.

8 DISEÑO ESTRUCTURAL

En el Anexo 3 se presenta el diseño estructural de las unidades que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales proyectado para el municipio de Toribio.

9 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO

En el Anexo No. 4 se presentan las especificaciones técnicas generales y las especificaciones técnicas especiales para las diferentes actividades que se llevarán a cabo durante la construcción del Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Toribio en el Departamento del Cauca.

10 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA TUBERIA PVC NOVAFORT UTILIZADA EN EL ALCANTARILLADO PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO

En el Anexo 5 se presenta el soporte técnica de la tubería plástica utilizada en el diseño de las redes de alcantarillado sanitario.

11 EVALUACION COSTO - BENEFICIO DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO PARA EL MUNICIO DE TORIBIO

En el Anexo 6 se presenta la evaluación de Costo - Beneficio para el proyecto de Construcción de las Redes de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (Tanque Séptico + Filtro Anaerobio). Esta evaluación soporta el hecho de los beneficios de construir las obras de drenaje en el municipio de Toribio.

12 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

En el Anexo 7 se incluyen las cartéras del levantamiento topográfico realizado para el municipio de Toribio.

13 CRITERIOS DE DISEÑO Y SOPORTES TECNICOS

En el Anexo 8 se presentan los criterios y soportes técnicos considerados en los diseños como son : cálculo de la población futura, di seño de cabezales, etc.

14 REGISTRO FOTOGRAFICO

En el Anexo 9 se incluye el registro fotográfico de vías y sitios de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

15 PLANOS

En el Anexo 10 se presentan los siguientes planos :

- Plano de planta general redes de alcantarillado sanitario municipio de Toribio.
- Plano de planta general áreas tributarias.
- Planos de perfiles de redes de alcantarillado proyectadas.
- Plano de planta general PTAR1 : Río San Francisco.
- Plano de planta general PTAR2 : Río Isabelilla.
- Planos de detalles constructivos de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Planos del diseño estructural de las PTAR.

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

**PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CON
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PARA EL MUNICIPIO DE TORIBIO EN EL DEPARTAMENTO
DEL CAUCA**

ANEXOS

ANEXO 1

ESTUDIO DE AFORO Y CARACTERIZACION DE LOS
VERTIMIENTOS LIQUIDOS PARA EL MUNICIPIO DE
TORIBIO - CAUCA

ANEXOS

ANEXO 2

ESTUDIO DE SUELOS

ANEXOS

ANEXO 3

DISEÑO ESTRUCTURAL

ANEXOS

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ANEXOS

ANEXO 5

**CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA TUBERIA PVC
NOVAFORT UTILIZADA EN EL ALCANTARILLADO PARA EL
MUNICIPIO DE TORIBIO**

ANEXOS

ANEXO 6

EVALUACION COSTO-BENEFICIO PARA EL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL
MUNICIPIO DE TORIBIO - CAUCA4

ANEXOS

ANEXO 7

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

ANEXOS

ANEXO 8

CRITERIOS DE DISEÑO Y SOPORTES TECNICOS

ANEXOS

ANEXO 9

REGISTRO FOTOGRAFICO

ANEXOS

ANEXO 10

PLANOS DE DISEÑO DE REDES Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ANEXOS