



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE EI ALMENDRO,
DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Eliezer José Sequeira Obando

Br. Juan Pedro Tercero Tablada

Br. Pedro José Ruiz Tablada

Tutor

Ing. Noé Salatiel Hernández Durán

Managua, Diciembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE EI ALMENDRO,
DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Eliezer José Sequeira Obando

Br. Juan Pedro Tercero Tablada

Br. Pedro José Ruiz Tablada

Tutor

Ing. Noé Salatiel Hernández Durán

Managua, Diciembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.091
Managua, Abril 29 del 2019

Bachiller
ELIEZER JOSÉ SEQUEIRA OBANDO
JUAN PEDRO TERCERO TABLADA
PEDRO JOSÉ RUÍZ TABLADA
Estimados (as) Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado “**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE EL ALMENDRO, DEPARTAMENTO DE RÍO SAN JUAN**”. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Noé Salatiel Hernández Duran**; sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **29 de Octubre del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor – Ing. Noé Salatiel Hernández Duran
Archivo*Consecutivo

Agradecimientos

A Dios que nos dio la vida, nos dota de conocimiento y fuerzas para continuar, logrando cumplir nuestros sueños, tomados de su mano con fe, Sabiduría y entendimiento.

A nuestros padres y hermanos que han dado todo su esfuerzo, para que ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas; por apoyarnos en todos los momentos difíciles, ayudándonos a seguir adelante con sus consejos sabios y su confianza plena; al concluir esta meta propuesta.

Agradecemos a nuestros **maestros**, que con nobleza y entusiasmo, vertieron toda su enseñanza en nuestra mente. En especial queremos agradecer **al Ing. Noé Hernández Duran** por dedicar su tiempo, para guiarnos y brindarnos sus conocimientos, en la elaboración del presente trabajo.

Agradecemos a la **Alcaldía de El Almendro** y a **los habitantes** de este municipio, por brindarnos su hospitalidad y proporcionarnos información con respecto a nuestro tema monográfico.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo, ya que sin ellos y las personas e instituciones antes mencionadas; no hubiese sido posible la culminación de nuestros estudios profesionales.

Dedicatoria

A Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres: Yannett Obando y Juan José Sequeira López que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos Juan José Sequeira Obando, Ricardo José Sequeira Obando y Joseling Del Carmen Sequeira Obando que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, y siempre tuvieron fe en mí.

Agradezco a los docentes de mi carrera, en especial al **Ingeniero Camilo Rafael Hernández** por su ayuda en mi tema monográfico y a mi tutor de tesis, **el Ing. Noé Hernández** por guiar esta investigación y formar parte de este objetivo alcanzado.

Dedicatoria

Primeramente **a Dios**, por permitirme alcanzar este logro y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser la fuerza que me impulsa a lograr cada una de mis metas propuestas.

A mis padres, Pedro Ruiz Vélchez y Lilliam Tablada Corrales que con todo el amor, sacrificio y apoyo incondicional que me han obsequiado todos estos años, han sido el impulso para continuar logrando mis metas.

A cada uno de mis hermanos: Gabriel Ruíz, Bertha Ruíz y Lilliam Ruíz, que con su apoyo y paciencia fueron parte fundamental en todo este proceso y todo el camino que me condujo hasta este punto.

A mi familia, porque cada uno ha aportado un conocimiento que me ha ayudado en el transcurso de mi vida.

A **Cindia Fernández** por todos los consejos y apoyo que me brindó en esta etapa de mi carrera.

A **Byron García**, por brindarme tu gran apoyo que fue fundamental para la realización de este estudio.

Dedicatoria

Se lo dedico a **Dios** por bendecirme, por guiarme a lo largo de mi carrera, al ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres: Flor de María Tablada Corrales; Melvin Antonio Tercero Tablada, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

También a **nuestros docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería**, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al Ing. Noé Salatiel Hernández Duran tutor de nuestro proyecto monográfico quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y a los habitantes del municipio El Almendro, Rio San Juan por su valioso aporte para nuestro proyecto.

RESUMEN

El Presente documento posee el trabajo monográfico titulado, **“Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para El Municipio de El Almendro, Departamento Rio San Juan”**

El proyecto comprende la instalación de 11,482.44 metros en longitud Total de tuberías de PVC SDR-41 y 188 pozos de visita sanitarios. La cobertura es de 100%, correspondiente a 5583 habitantes calculados para un periodo de diseño de 20 años, los cuales producirán un caudal de 17.53 lt/seg. Para brindar una cobertura total se diseñó la red de alcantarillado sanitario las cuales desembocan en una planta de tratamiento, de este modo se garantizó que el sistema funcione por gravedad, cumpliendo con los parámetros hidráulicos necesarios para su óptimo funcionamiento.

Los diámetros de la tubería de la red de recolección son de 150mm (6”), la longitud total de tubería corresponde a 11,482.44 metros. Se diseñó el sistema de tratamiento para aguas residuales, para la misma se evaluaron dos alternativas de tratamiento: Tanque Imhoff + Biofiltro y la segunda consiste de Tanque Imhoff + Laguna facultativa secundaria + Laguna Aerobia terciaria, de estas dos alternativas, se recomendó la utilización de la primera alternativa al determinarse como la más viable basado en los costos de construcción, operación, mantenimiento, disponibilidad de terreno, condiciones topográficas y eficiencia de remoción del sistema.

Previo al Tanque Imhoff y los dos Biofiltros se instalaran unidades de tratamiento preliminar encargados de recolectar objetos de gran tamaño, arena o cualquier otro deposito que sea transportado por el sistema de conducción y que puedan repercutir en el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

Para tal fin se instalará un canal de aproximación, un sistema de rejas, un desarenador de flujo horizontal con dos cámaras y una canaleta Parshall como medida de control de los caudales de las aguas residuales que ingresen al sistema.

El sitio recomendado para la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales se localiza en el sector sur-Oeste del municipio, y la descarga final se realizara en el rio Tepenaguasapa.

La suma de todos estos componentes con llevó a un costo de inversión directo de proyecto de C\$ 52,008,983.98 resultando el costo per-cápita de C\$ 9,315.59.

Lista de Abreviatura

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

EMASA: Empresa de Agua y Saneamiento

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

UTM: Universal Transverse Mercator

ASODEAL: Asociación para el Desarrollo de El Almendro

OMS: Organización Mundial de la Salud

COLVOL: Colaboradores Voluntarios

MINSA: Ministerio de Salud Nicaragüense

Pa: Pascal

PVS: Pozos de Visita Sanitario

CPD: Consumo Promedio Diario

LPS: Litros por Segundo

LPPD: Litros Por Persona por Día

Vd: Velocidad de Diseño

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

SDT: Sólidos Disueltos Totales

SS: Sólidos Suspendidos

MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

ÍNDICE

RESUMEN	9
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SITIO	5
2.1 Ubicación del municipio	5
2.1.1 Límites del municipio	5
2.2 Medio ambiente	5
2.2.1 Topografía del municipio	5
2.2.2 Clima del municipio	6
2.2.3 Recursos hídricos del municipio	6
2.2.4 Agua potable y saneamiento	6
2.2.5 Población del municipio	7
2.3 Aspectos socioeconómicos del municipio	7
2.3.1 Población	7
2.3.2 Educación	8
2.3.3 Estado económico de la población	9
2.3.4 Servicio existente	12
2.3.5 Salud	13
2.3.6 Energía eléctrica	18
2.3.7 Vialidad	19
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	20
3.1 Estudios básicos	20
3.1.1 Estudio geotécnicos	20
3.1.2 Estudios topográficos	20
3.1.3 Estudios de obras existentes	20
3.2 Estudio de población	21
3.2.1 Proyección de población	21
3.2.2 Métodos de cálculo	21
3.3 Sistema de alcantarillado sanitario	21
3.3.1 Sistema de alcantarillado sanitario convencional	21
3.3.2 Concepto de aguas residuales	22
3.3.3 Clasificación de aguas residuales	22

3.3.4	Caudal de diseño (Qd)	22
3.4	Periodo de diseño	23
3.5	Hidráulica de alcantarillas	23
3.5.1	Formula y coeficiente de rugosidad	23
3.5.2	Diámetro mínimo	24
3.5.3	Pendiente longitudinal mínima.....	24
3.5.4	Cambio de diámetro	24
3.5.5	Ángulos entre tuberías	24
3.5.6	Ubicación de las alcantarillas	24
3.5.7	Conexiones domiciliarias	25
3.6	Pozos de visita.....	25
3.6.1	Ubicación	25
3.7	Tratamiento de aguas residuales	26
3.7.1	Tratamientos preliminares	26
3.7.2	Tratamientos primarios	27
3.7.3	Tratamientos secundarios o biológicos.....	28
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO		30
4.1	Trabajo de campo	30
4.2	Trabajo de gabinete	30
4.3	Parámetros de diseño	31
4.3.1	Proyección de población	31
4.3.2	Caudal de infiltración	31
4.3.3	Caudal medio	31
4.3.4	Caudal mínimo de aguas residuales.....	31
4.3.5	Caudal máximo	31
4.3.6	Caudal de diseño	32
4.3.7	Caudal comercial.....	32
4.3.8	Caudal industrial.....	32
4.3.9	Caudal público o institucional	32
4.3.10	Periodo de diseño	32
4.4	Criterios de diseño para alcantarillado sanitario.....	32
4.4.1	Hidráulica de las alcantarillas	33
4.4.2	Ecuación de continuidad	33
4.4.3	Pendiente longitudinal mínima.....	33
4.5	Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	34
4.5.1	Criterios para la ubicación de sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR)	
		34
4.5.2	Selección del proceso de tratamiento	35

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Es de gran importancia para la salud humana y para el desarrollo de la sociedad contar con un abastecimiento de agua potable y también con un sistema de recolección, evacuación y tratamiento de las aguas servidas que una localidad produce, la cual permita a las personas tener buena calidad de vida.

La recolección y eliminación sin peligros de las excretas es una parte muy importante del saneamiento, y así lo señala el Comité de Expertos en Saneamiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Así también, en todo lugar o población es imprescindible ser dotada de agua potable, también se requiere de un sistema de evacuación de aguas residuales, ya que la falta de éste produce una alteración en los sistemas ambientales, tanto edáfico como el hídrico, siendo responsables de una serie de enfermedades parasitarias. Sin embargo, también es necesario contar con un sistema de tratamiento de todas las aguas sucias recolectadas de la ciudad, esto a fin de no perjudicar la calidad del medio ambiente circundante al sitio donde dichas aguas serán depositadas.

En el municipio de El Almendro actualmente la población ha sobrevivido sin el servicio de recolección, evacuación y tratamiento de las aguas servidas en dicho municipio las aguas domésticas corren por las cunetas sin ningún tipo de control, provocando en la mayoría de las veces olores desagradables en el mejor de los casos y el descontento de la población en general se ha hecho notar. Por las razones antes expuestas se pretende evaluar mediante un estudio socioeconómico la realización de una red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento según normas técnicas nacionales de diseño y que cumpla con la GUIA TECNICA PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES que ha elaborado el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), en el municipio de El Almendro, Rio San Juan, pues éste carece en su totalidad de este servicio tan importante para la salud pública.

1.2 Antecedentes

En lo que respecta a la realización de nuestro estudio, existe mucha información académica de proyectos de saneamiento que se han realizado en diferentes departamentos de Nicaragua para desarrollar y aumentar los niveles de servicio que son aspectos prioritarios para mejorar los niveles de vida de la población, entre ellas las que poseen estos sistemas son: Managua, Boaco, Masaya, Carazo, Corinto, Matagalpa, Rivas, Estelí, Chinandega , Granada, León, Jinotega, San Marcos, San Juan del Sur, Somoto, Ocotal, entre otras y muchos lugares concentrados como (Camoapa, Chichigalpa, Ciudad Sandino, etc.).

Sin embargo, los trabajos realizados sobre el saneamiento en la ciudad de El Almendro son nulos, ya que no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario ni planta de tratamiento de aguas residuales, por ende, no existen estudios acerca del tema, además la alcaldía cuenta con muy poca información.

En el municipio tampoco cuentan con ningún otro tipo de obra que permita realizar un manejo adecuado de las aguas residuales pues la población se ha visto obligada a desecharlas en las calles de la ciudad lo que ha provocado creación de charcos y daños a la salud pública.

Históricamente la población emplea como medio de saneamiento la utilización de sumideros, letrinas y otros métodos artesanos sin ningún conocimiento ya que puede afectar directamente al manto freático y por consiguiente la contaminación de las aguas subterráneas, razón por la cual el municipio de El Almendro debe contar con un sistema de alcantarillado sanitario, que permita desechar sus aguas servidas y saber que serán tratadas y evacuadas a un receptor natural sin recurrir a alterar negativamente su medio ambiente.

1.3 Justificación

En la actualidad el municipio El Almendro cuenta con un abastecimiento de agua potable administrado por la Empresa de Agua y Saneamiento (EMASA) que es una empresa administrada por la alcaldía municipal, pero no dispone de un sistema para la evacuación y tratamiento de las aguas residuales.

Las aguas desechadas de la ciudad de El Almendro son dispuestas en el río Tepenaguasapa sin ningún tratamiento, y han ocasionado graves inconvenientes de contaminación que afectan la flora y la fauna. Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deberían recibir un tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición cause los problemas al medio ambiente y salud de la población.

Actualmente en el municipio la necesidad del sistema de recolección, evacuación y tratamiento de las aguas servidas es apreciable dado al alto índice de contaminación ambiental y las consecuencias que conlleva no contar con este sistema pueden llegar a ser tan peligrosos ya que van desde una epidemia de enfermedades hídrico-entéricas hasta la contaminación total de las fuentes hídricas que circundan al municipio.

La falta de alcantarillado sanitario es evidente, en el casco urbano se reflejan las condiciones de las calles, proliferación de vectores, y malos olores; por esto mismo es indispensable que la población goce de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales que mejore sus condiciones de vida. Es necesario realizar este estudio para plantear una alternativa de solución, para la cual se iniciará un análisis de la situación actual y una compilación de información vinculada con el área de proyecto, adicionalmente se propondrá un método para el tratamiento de las aguas residuales. La presente propuesta de red de alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales ayudaría a mejorar las condiciones de la población, dará soluciones a la problemática del saneamiento y disminuirá a gran escala la contaminación ambiental que se genera en el municipio, también aportará a una mejor presentación de su infraestructura vial, contribuyendo en muchos beneficios a los habitantes de la ciudad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar la red de alcantarillado sanitario y el sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de El Almendro, departamento de Rio San Juan.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la población de diseño mediante un estudio socio-económico y demográfico.
- Realizar el levantamiento topográfico del área de estudio especificando así el curso de las aguas residuales.
- Establecer las dotaciones de agua potable para el cálculo de caudal de aguas residuales.
- Realizar trazado de la red de alcantarillado sanitario y cálculo hidráulico que cumpla con los parámetros de diseño de las guías técnicas de INAA, a la vez que se adapte a las condiciones topográficas del sitio.
- Determinar las características físico-mecánicas del suelo mediante estudios de laboratorio.
- Dimensionar el sistema de tratamiento del agua residual, técnica y económicamente más adecuado.
- Elaborar los planos constructivos del proyecto mediante el software AutoCAD.
- Estimar costos del proyecto.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

2.1 Ubicación del municipio

El Almendro está ubicado al norte del departamento de Río San Juan, se encuentra a una distancia de 97 kilómetros de San Carlos, cabecera departamental de Río San Juan y a 282 Km. al sureste de Managua, capital de la República de Nicaragua. Su posición geográfica se localiza entre las coordenadas 11° 40' 59.88" latitud Norte y 84° 42' 0" longitud Oeste. Su altitud promedio es de 170 msnm. (Ver figura N° 1)

2.1.1 Límites del municipio

Los límites del municipio son:

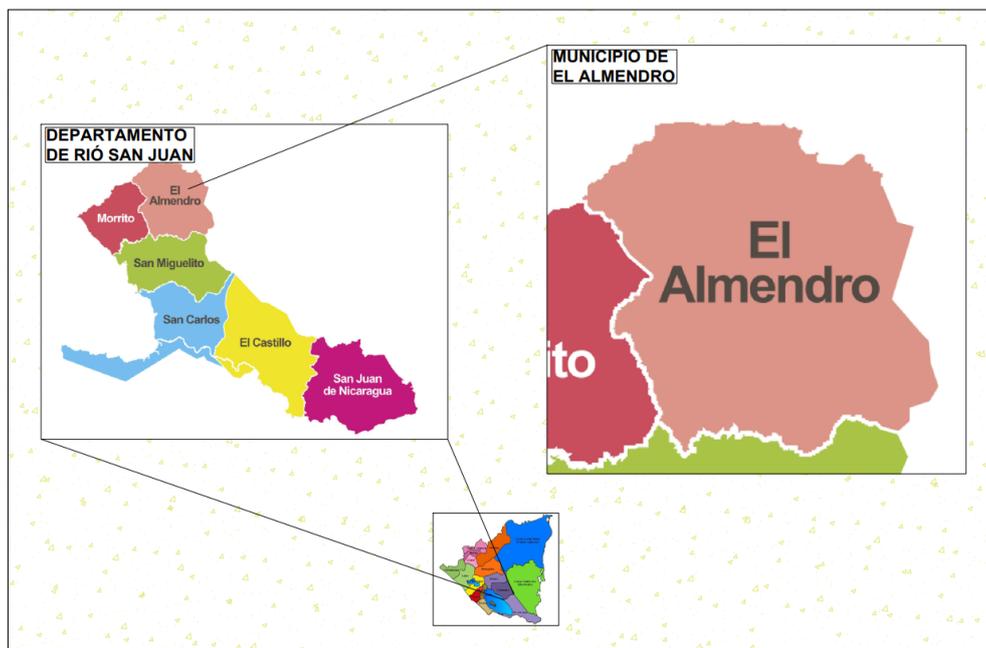
Al Norte: Acoyapa y El Coral (Dpto. de Chontales).

Al Sur: San Miguelito (Dpto. de Río San Juan).

Al Este: Nueva Guinea (Dpto. de RAAS).

Al Oeste: El Morrito (Dpto. de Río San Juan).

Imagen 1: Macro y micro localización



Fuente: Elaboración propia

2.2 Medio ambiente

2.2.1 Topografía del municipio

Presenta características geodésicas de suelos planos, ondulados y también suelos con elevaciones de pendientes mayores de 45 % (moderadamente accidentada).

2.2.2 Clima del municipio

El clima del municipio EL ALMENDRO, se clasifica en dos: Sabana Tropical y Monzónico Tropical, con una temperatura media de 25° C. de temperatura cálida en todo el año y una larga estación lluviosa que varía de 6 a 12 meses del año, con precipitaciones que oscilan entre los 2,000 y 2,400 mm distribuidas en todo el año. La evaporación es mayor en los meses secos mientras la humedad relativa es moderadamente alta en toda la región y aumenta en los meses lluviosos.

2.2.3 Recursos hídricos del municipio

El municipio se encuentra localizado en la zona alta y media de la sub-cuenca del río Tepenaguasapa, perteneciente a la cuenca 69 - Río San Juan, zona de transición de la Reserva Biológica del Sureste de Nicaragua.

Existe gran cantidad de recursos hídricos en todo el municipio, pero está pendiente el estudio; diagnóstico hídrico superficial del municipio. Entre los principales ríos relevantes en el municipio se encuentran el Tepenaguasapa, el Zapotal, el Kisway, Las Miradas, entre los más caudalosos.

El principal problema del recurso hídrico del municipio, es que están perdiendo su caudal en el período seco, creándose un desequilibrio ecológico en este recurso no renovable, seguido de una contaminación de las fuentes, por pérdida de la cobertura vegetal en sus riveras y en lugares vitales como zonas de recarga de agua de algunos de los ríos.

2.2.4 Agua potable y saneamiento

La cabecera municipal, cuenta con el servicio domiciliario de agua potable en sus 845 viviendas, lo que equivale al 100 % del total de viviendas del área urbana. El 80% del suministro es proveído a través de bombeo eléctrico por la Empresa de Agua y Saneamiento (EMASA) que es una empresa administrada por la alcaldía municipal y el 20% restante es proveído por el mini acueducto de la Asociación para el Desarrollo de El Almendro (ASODEAL) el cual funciona por gravedad habiendo sido el primer servicio de agua inaugurado en 1994 con una vida útil sobrepasada.

En las comarcas de Villa Álvarez y El Triunfo existen otros dos sistemas de abastecimiento de agua a través de bombeo eléctrico. Otras 6 comunidades se abastecen mediante mini acueductos por gravedad a ejemplo del de ASODEAL, estas comarcas son: La Flor, Las Bellezas, Caracito, El Porvenir, El Zapotal y El Júcaro.

En el sistema de salud se tienen registrado 9 pozos comunitarios que abastecen de agua a 5 comarcas más: El Salto, Las Tranqueras, Las Miradas, 3 pozos en Montevideo y 3 en Filadelfia (en el sector conocido como Las Champas). Las otras 20 comunidades tienen sus casas dispersas y se abastecen de pozos privados, ríos, quebradas, etc.

2.2.5 Población del municipio

El municipio de El Almendro está compuesto por 33 comarcas y un centro urbano distribuido en 9 zonas. La concentración de la población en las áreas rurales es alta, unido a su dispersión geográfica, dificulta seriamente la satisfacción de las necesidades básicas, ya que se requieren grandes inversiones para dar respuesta a las necesidades mínimas en materia de salud, educación, vivienda, etc. Igual se presenta mucha dificultad para el desarrollo de programas de asistencia técnica y financiera.

2.3 Aspectos socioeconómicos del municipio

2.3.1 Población

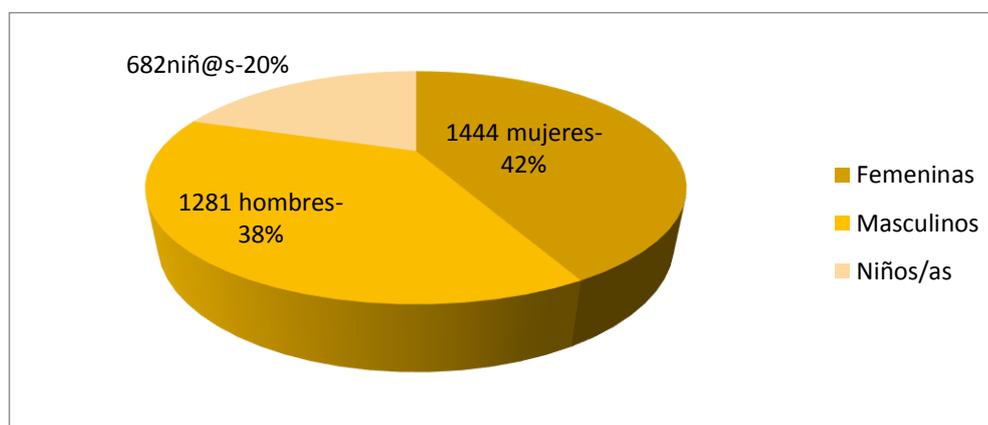
El Almendro es un puerto de montaña el cual fue elevado a categoría de Municipio el 4 de Julio de 1974. El mismo tiene una población de 3407 personas que habitan en 734 viviendas en la actualidad, para un índice de 5 hab. /viviendas. En la tabla número 35 se presenta un resumen de la población y viviendas del municipio.

Tabla 1: Población general de El Almendro

Comunidad	Población y viviendas						
	Niños	Adultos	Total	N° Viviendas	Hab./ Viv.	N° Familias	Hab. / Fam.
San Ramón	682	2725	3407	734	5	761	5
Descripción			Valor numérico			Valor Porcentual	
Femeninas						1444	42%
Masculinos						1281	38%
Niños/as						682	20%
Total						3407	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Población general de El Almendro



Fuente: Elaboración propia

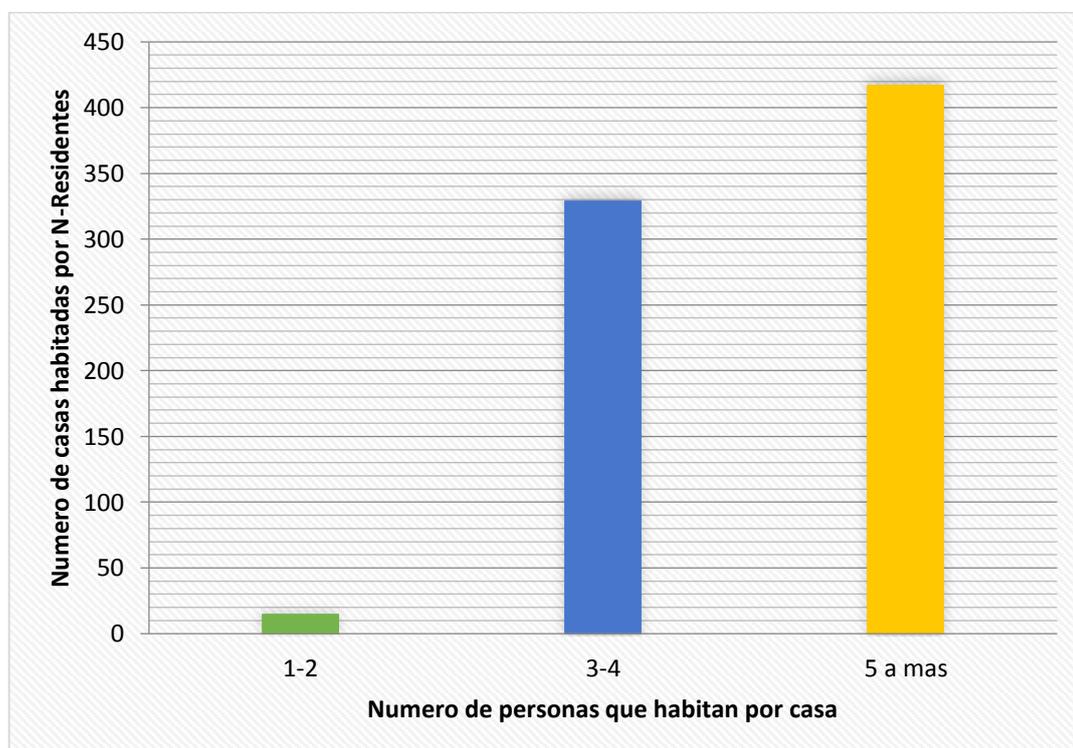
La población general total de la ciudad de El Almendro es de 3407 para un 100% de personas de ambos sexos de los cuales 1281 equivalen a un 38% del sexo masculino, 1444 corresponde a un 42% del sexo femenino y 682 pertenecen a un 20% de niños que habitan en la localidad.

Tabla 2: Total de habitantes residentes por casa

N° de hab-vivienda	1-2 hab	3-4 hab	5 a mas hab	Total
N° de Viviendas	15	316	403	734
%	2%	43%	55%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2: Total de habitantes residiendo por casa



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que de 734 viviendas el número de habitantes que reside por casa se distribuye de la siguiente manera:

- De 15 viviendas correspondientes al 2% del total de casas de El Almendro, residen en promedio 1 a 2 habitantes.
- De 316 casas que corresponde al 43% de total de viviendas de la ciudad, habitan en promedio entre 3 y 4 hab/residencia.
- De 403 viviendas correspondientes al 55% de total de casas de El Almendro, residen estadísticamente entre 5 a más personas por vivienda.

2.3.2 Educación

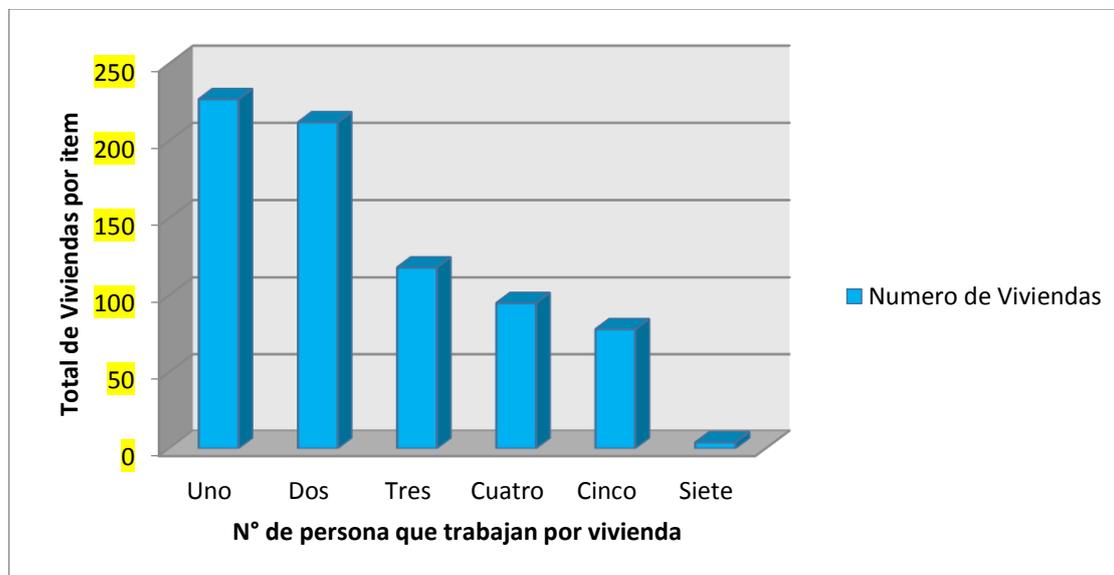
El municipio de El Almendro cuenta con 129 centro educativos entre ellos 83 funcionan como edificio propio del ministerio de educación y 46 funcionan en casas comunitarias con carácter de préstamo. Se tiene una atención en un 100%, en toda la zona rural, se han construido escuelas donde la comunidad ha demandado la necesidad.

Tabla 3: Personas que trabajan por casa

N° de personas que trabajan por viviendas	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Siete	Total
Número de Viviendas	227	212	118	95	78	4	734
Porcentaje total	31%	29%	15%	13%	11%	1%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Personas que trabajan por casa



Fuente: Elaboración propia

De las 734 Viviendas existentes en el municipio, dentro del estudio realizado se recopila que una persona labora por vivienda en 227 casas, dos persona son el sustento de su hogar en 212 viviendas, tres personas laboran por casa en 118 viviendas encuestadas, cuatro sujetos trabajan por casa en 95 viviendas encuestadas, cinco personas que residen en la misma vivienda, laboran reciben ingresos por sus labores en 78 casas y 7 individuos que residen en la misma vivienda trabajan, siendo el caso en 4 viviendas únicamente

2.3.3 Estado económico de la población

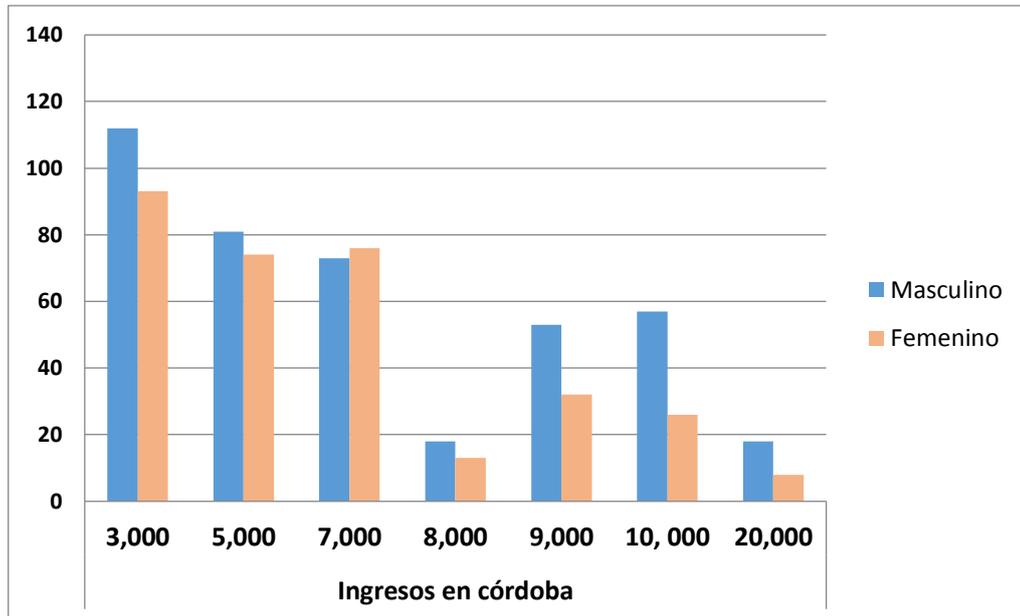
En base a resultados en los análisis de censo y encuesta socioeconómica realizados, indican que el ingreso promedio por familia es de C\$ 5, 958 para el municipio de El Almendro.

Tabla 4: Ingreso mensual por familia

Sexo	Ingresos en córdoba							Total
	C\$3,000	C\$5,000	C\$7,000	C\$8,000	C\$9,000	C\$10, 000	C\$20,000	
Masculino	112	81	73	18	53	57	18	412
Femenino	98	79	81	17	36	30	8	349
Total	210	160	154	35	89	87	26	761
	27%	21%	20%	4%	13%	12%	3%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Ingreso mensual por familia



Fuente: Elaboración propia

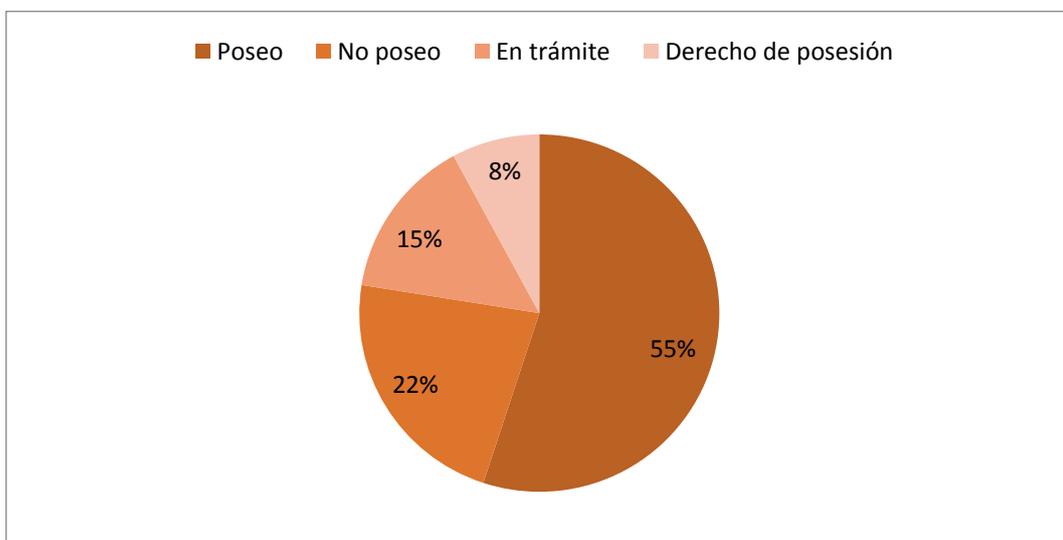
En el municipio de El Almendro, el 27% percibe un ingreso menores e iguales de C\$3000.0, el 21% ingresos mensuales de C\$5000.0, un 20% de las casas C\$7000.0, el 4% tienen ingreso entre C\$8000.0, un 13% de las viviendas C\$9000.0, un 12% de las casas refiere que su ingreso mensual familiar oscila por los C\$ 10,000.0 y un 3% anda por los C\$ 20,000.

Tabla 5: Estado propietario de la vivienda

Título de propiedad	Propia	Alquilada	Posando	Total	Total %
Poseo	404	-	-	404	55%
No poseo	42	45	78	165	22%
En trámite	107	-	-	107	15%
Derecho de posesión	58	-	-	58	8%
Total	611	45	78	761	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Estado propietario de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

El 84% de las familias del municipio posee viviendas propias, el 6% alquila y un 10% se encuentra posando. De las 611 casas equivalentes a un 84% que son propias, 404 correspondientes a un 55% poseen título de propiedad, 107 equivalentes a un 15% están en trámites, 58 que representan un 8% tienen derecho de posesión y 42 que representan un 6% no poseen título de propiedad, ni están en trámites.

Tabla 6: Infraestructura de la vivienda

Descripción	Tipo de paredes				Tipo de Techo			Tipo de Piso		
	Mampostería	Madera	Zinc	Plástico	Zinc	Teja	Plástico	Tierra	Concreto/ baldosa	Cerámica
El Almendro	696	19	13	6	721	8	5	114	297	323

Fuente: Elaboración propia

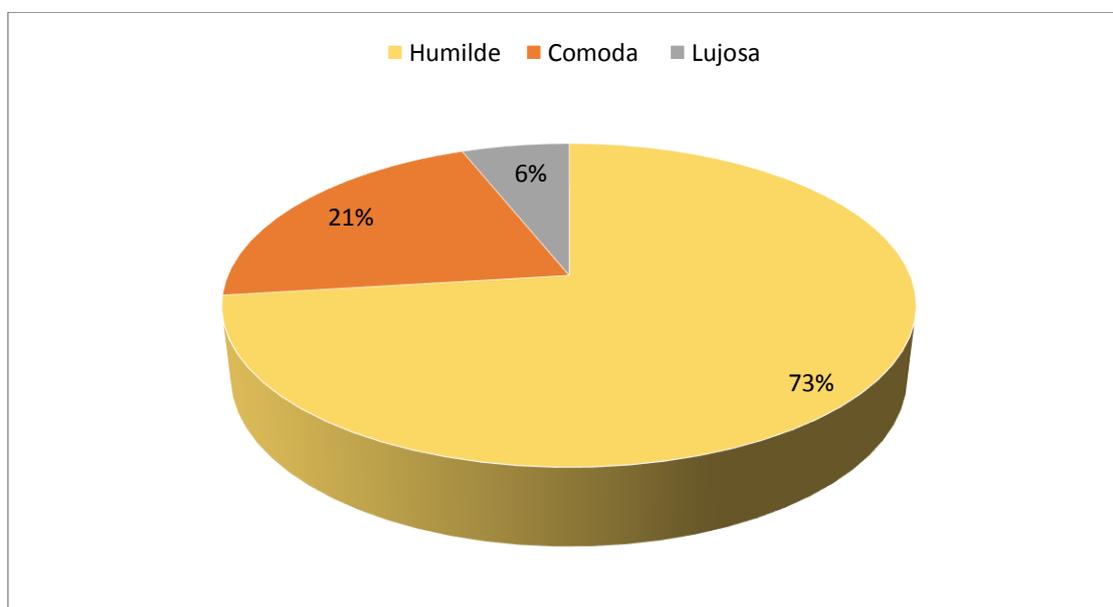
Según el estudio realizado se determina que de las 734 viviendas existentes en el lugar, 696 son totalmente de mampostería, otras 19 fueron construidas con madera, otras 13 forradas con zinc y 6 con material plástico. Asimismo 721 poseen entechados de zinc, 8 con tejas y 5 con plástico; Sus tipos de pisos puestos en cada vivienda son de: 114 de tierras compacta, 297 hechas a base de concreto y 323 casas construidas con cerámica.

Tabla 7: Condiciones socio-económica de la vivienda

Tipo de casa	Humilde	Cómoda	Lujosa	Total
N° de casas	536	154	44	734
% de casas	73%	21%	6%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Condición socio-económica de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Según el estudio socio-económico realizado en la ciudad de El Almendro, nos indica que las condiciones sociales económicas de cada vivienda son:

- De 734 viviendas existentes, el 73% de estas son de condiciones humildes.
- El 21% presenta condiciones bastantes cómodas.
- Y también que, el 6% de las viviendas son de condiciones lujosas.

2.3.4 Servicio existente

Actualmente el municipio de El Almendro consta de varios servicios de abastecimiento de este vital líquido, el cual presta condiciones temporales para los pobladores según las temporadas del año. Su flujo se ve afectado durante las épocas de sequía en la región, al igual que su calidad se ve afectada por las exposiciones a fuentes contaminantes cercanas a sus fuentes.

Tabla 8: Procedencia de las fuentes hídricas

Municipio	Rio	Otras fuentes			Total
		Quebradas	Pozos perforados	Pozos artesanales	
El Almendro	723	0	4	7	734
Total de Viviendas abastecidas	98%	0%	1%	1%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Procedencia de las fuentes hídricas



Fuente: Elaboración propia

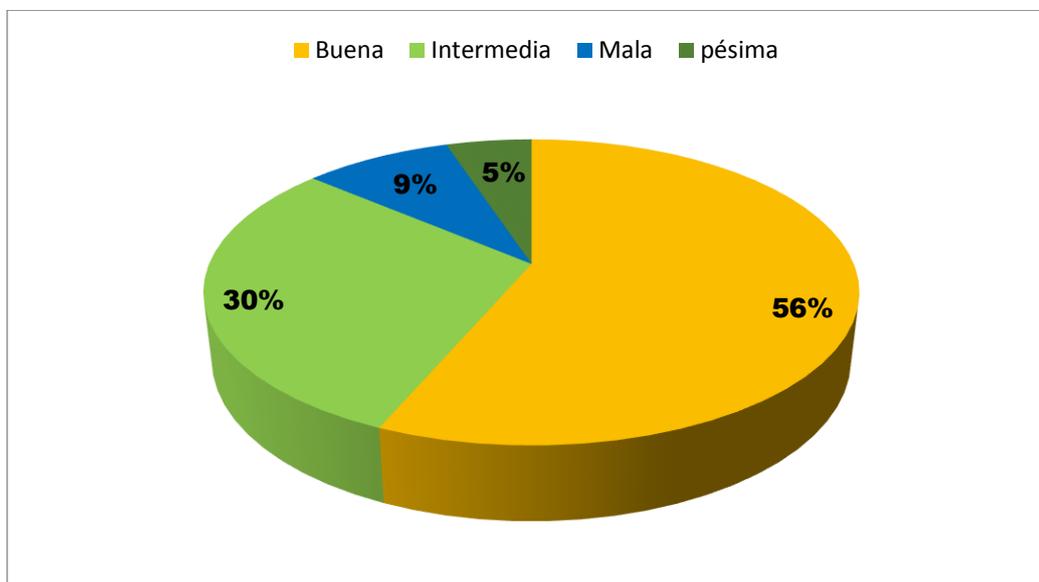
De acuerdo con la inspección en el sitio se constató que la población en general del municipio de El Almendro, abastecen sus hogares por medio del rio Tepenaguazapa a través de un sistema de gravedad en la mayoría de las casas lo cual permite el acceso a este servicio de gran importancia. El número de viviendas beneficiadas son de 723 casas por medio de dicho sistema, otras 4 son abastecidas por pozos perforados cerca de estos domicilios al igual que 7 pozos hechos artesanalmente.

Tabla 9: Calidad del agua de El Almendro

Descripción	Buena	Intermedia	Mala	pésima	Total
Entrevistados	414	219	64	37	734
Porcentaje total	56%	30%	9%	5%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Calidad del agua de El Almendro



Fuente: Elaboración propia

Un 56% de los encuestados calificó la calidad del agua que consume del río como buena, regular respondió el 30% y mala fue la calificación que le dio un 9%, también un 5% que corresponde a pésima la calidad del vital líquido. Todos los entrevistados concluyen en que les gustaría un mejor servicio de esta índole por el impacto en la salud de los mismos y sus seres queridos.

2.3.5 Salud

El acceso a los centros de salud es limitado en el municipio, con excepción del centro urbano.

El municipio de El Almendro cuenta con 1 centro de salud y 7 puestos de salud, con un personal médico de 6 médicos generales, 2 médicos en servicio social, 1 odontólogo, 20 enfermeras, 1 enfermera en servicio social, 2 técnico control de vectores y 1 técnico higienista.

Cuenta además con 1 Casa Materna que se encuentran ubicada en el poblado de El Almendro, en ella se albergan a las mujeres embarazadas de las comunidades, a las cuales los médicos consideran que se les tiene que dar una atención especial.

Tabla 10: Centros de salud en el municipio

Unidad de salud	Ubicación	Clasificación
1.Centro de salud El Almendro	Casco Urbano	Centro de Salud sin camas.
2.Puesto de Salud Caracito	Comunidad Caracito	Puesto de Salud Familiar y comunitario
3.Puesto de Salud El Triunfo	Comunidad El Triunfo	Puesto de Salud Familiar y comunitario
4.Puesto de Salud La Flor	Comunidad La Flor	Puesto de Salud Familiar y comunitario
5.Puesto de Salud El Nisperal	Comunidad El Nisperal	Puesto de Salud Familiar y comunitario
6.Puesto de Salud Las Latas	Comunidad las latas.	Puesto de Salud Familiar y comunitario
7.Puesto de salud El Porvenir	Comunidad El Porvenir	Puesto de Salud Familiar y comunitario
8.Puesto de salud El Jícara	Comunidad El Jícara	Puesto de Salud Familiar y comunitario

Fuente: Dr. Pedro Martínez, Director MINSA – El Almendro

El centro de salud de El Almendro cuenta con 50 brigadistas de salud, de los cuales 30 son brigadista y a la vez colaboradores voluntarios (COLVOL) y 20 son solamente colaboradores voluntarios, cuenta con 24 parteras y 30 brigadistas de salud que junto a los colaboradores voluntarios del MINSA las capacita en temas como MOSAFAC (Modelo de Salud Familiar y Comunitario), tuberculosis, infecciones diarreicas agudas, infecciones respiratorias agudas, plan de parto, programa de nutrición comunitario (PROCOSAN), métodos de Planificación (ECMAC) y uso de las aguas seguras.

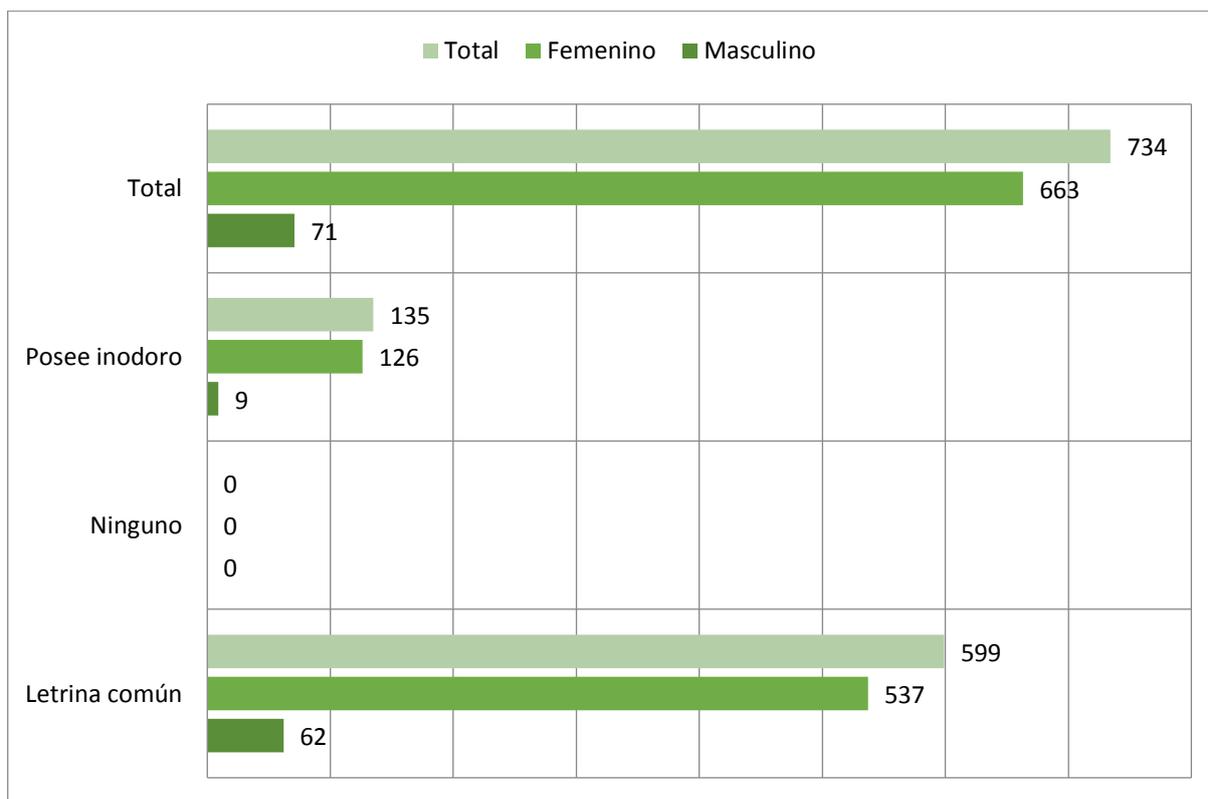
El centro de salud de El Almendro realiza diferentes jornadas de salud, entre ellas están las jornada de vacunación, la jornada de vacunación canina y las jornadas de limpieza que se realizan cada 3 meses, estas jornadas son coordinadas con la alcaldía municipal.

Tabla 11: Sistema higiénico en la vivienda

Sexo	Letrina común	Ninguno	Posee inodoro	Total	Total
Masculino	62	0	9	71	10%
Femenino	537	0	126	663	90%
Total	599	0	135	734	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Sistema higiénico en la vivienda



Fuente: Elaboración propia

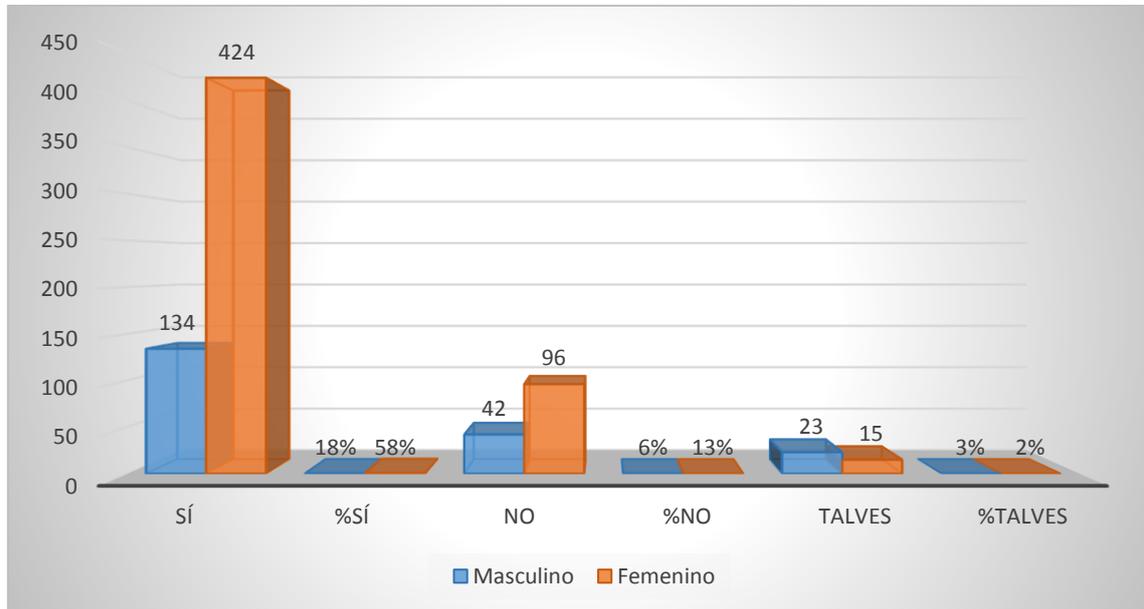
De las 734 viviendas encuestadas, 599 que equivale a un 82% de las viviendas posee letrina común. Por otro lado, 135 que corresponden a 18% del total de casas entrevistadas dijeron que poseen Inodoro, predominando la mayor parte el uso de Letrina común.

Tabla 12: Existencia de impacto a la salud humana

Respuesta	Sexo		Total %
	Masculino	Femenino	
Sí	134	424	76%
No	42	96	19%
Tal vez	23	15	5%
Total	199	535	100%-734

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Existencia de impacto a la salud humana

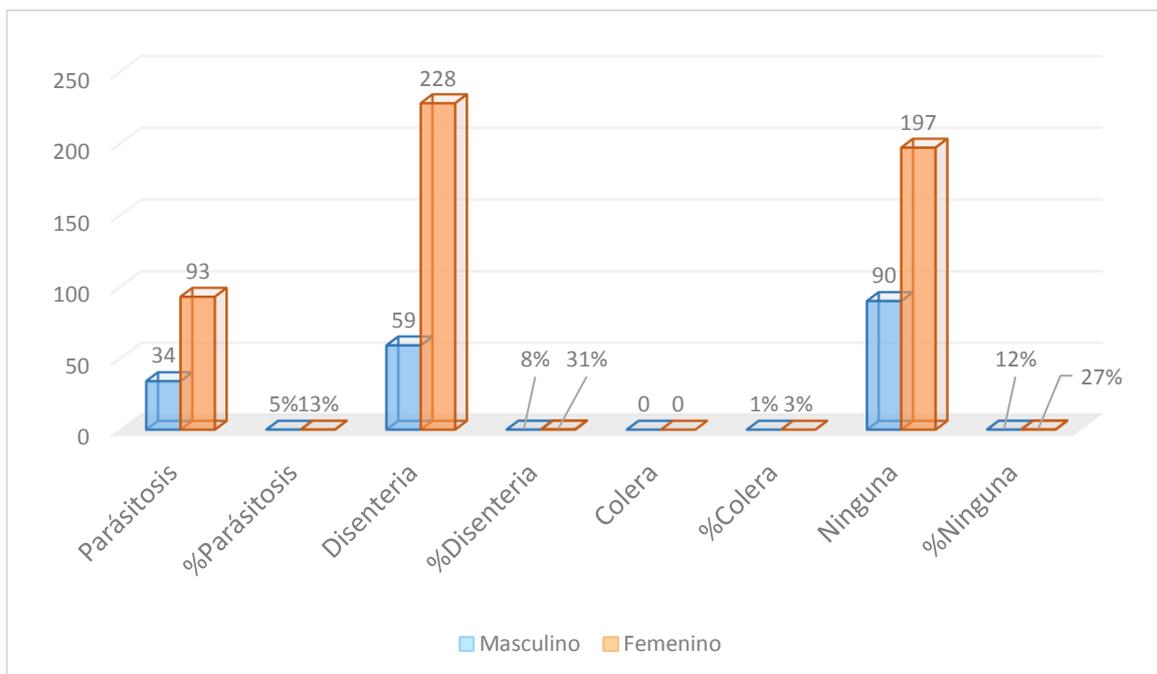


Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos a través del estudio se encontró que:

- El 76% de la población cree que hay un impacto a la salud de la población del Almendro.
- El 19% opina que no hay afectaciones relacionadas a la evacuación de las aguas grises.
- Un 5% considera que tal vez puede existir afectaciones relacionadas a las enfermedades provocadas por la evacuación de estas aguas.

Gráfico 11: Enfermedades existentes en torno a las aguas desechadas

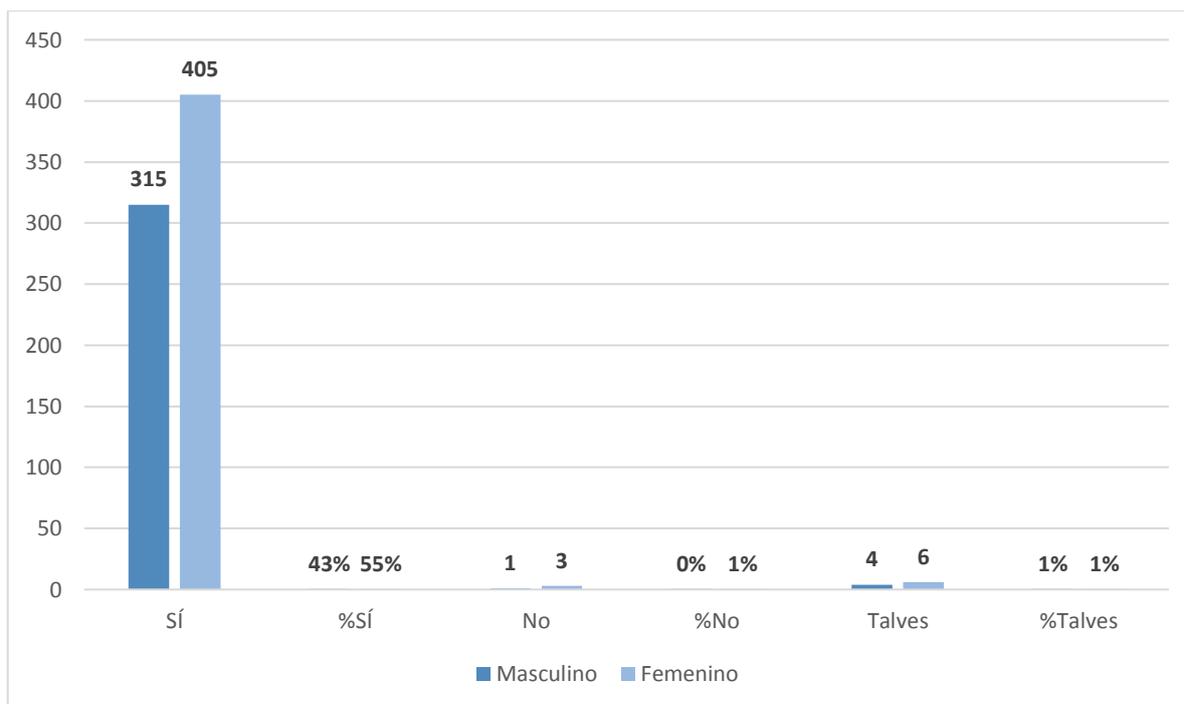


Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos encontramos que el 13% de las viviendas encuestadas han presentado síntomas de Parasitosis que afectan a las personas del lugar; un 39% experimentó síntomas de disentería y también un 4% síntomas de cólera; asimismo se encontró que el 39% de los mismos no han presentado síntomas algunos relacionados a la evacuación de las aguas.

El riesgo de contraer enfermedades aumenta debido al constante uso de las aguas del río, estas aguas recorren kilómetros de territorios del país, lo cual es alarmante a su vez porque hay probabilidades de que arrastren organismos y residuos de los pueblos aledaños, creando estos síntomas que cada vez se hacen más resistentes a la medicina tradicional y/o aplicada.

Gráfico 12: Necesidad del proyecto de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración propia

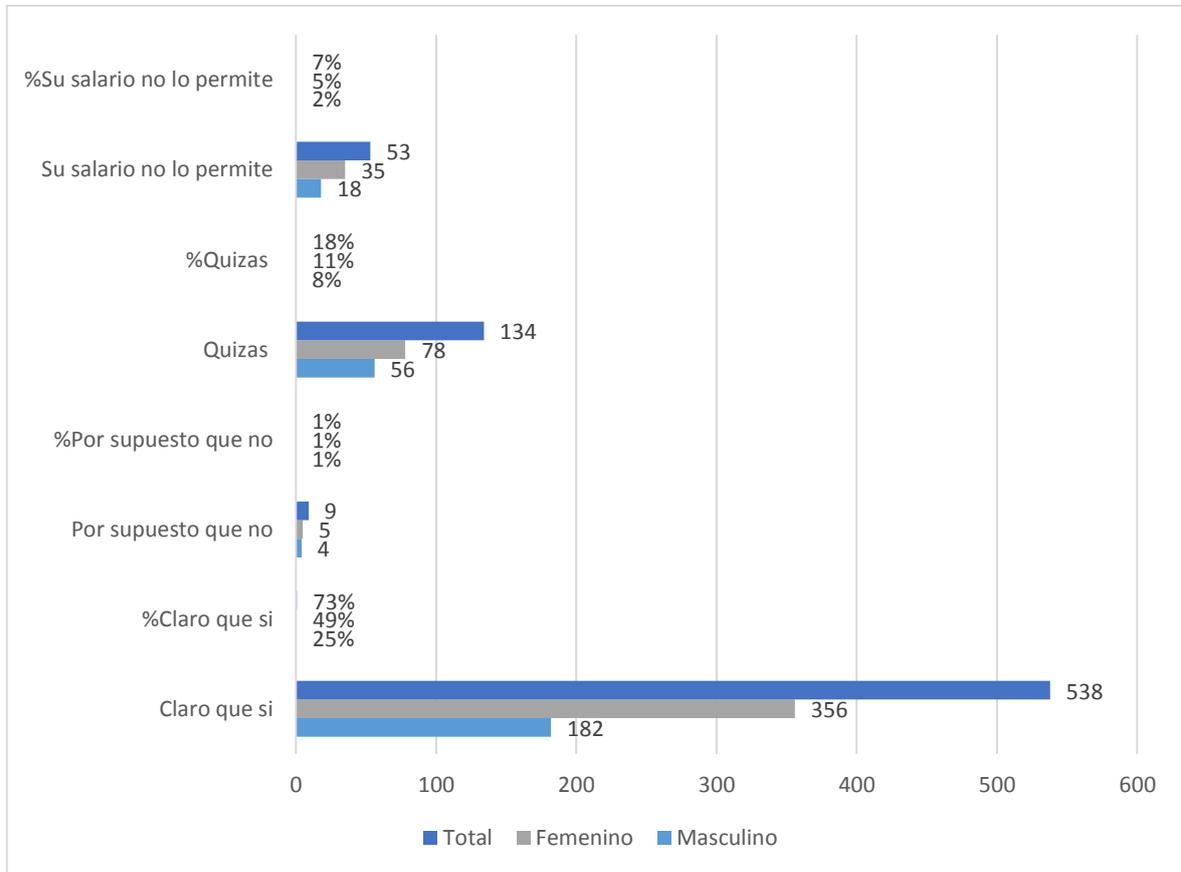
Se determinó que generalmente la población cree que existen muchos beneficios con el saneamiento de las aguas de esta región principalmente con el tratamiento de las aguas una vez desechadas de los hogares del municipio de El Almendro el cual mejoraría la calidad de vida del mismo y sus alrededores.

Tabla 13: Sostenibilidad del sistema de red de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

Sexo	Claro que si	Por supuesto que no	Quizás	Su salario no lo permite	Total	%total
Masculino	182	4	56	18	260	35%
Femenino	356	5	78	35	474	65%
Total	538	9	134	53	734	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Sostenibilidad del Sistema de red de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia

Se concluye que en totalidad, un 72% de la población de El Almendro está de acuerdo con la implementación del servicio de aguas negras en el municipio aprobando los costos que conllevan el mismo; un 1% de la población no aprueba la ejecución de dicho proyecto; Un 18% permanece indecisa de si podría acceder económicamente a dicho servicio y el 7% restante considera que no puede permitirse acceder a este servicio por falta de recursos económicos.

2.3.6 Energía eléctrica

El sistema de energía eléctrica del Departamento de Rio San Juan está administrado por la empresa Unión Fenosa, a través de DISSUR la que cuenta con una oficina departamental. En el municipio de El Almendro el sistema de energía eléctrica es parte del interconectado nacional, prestando servicios de energía eléctrica solamente en once comunidades lo que representa una cobertura del 36 % con relación al número total de comunidades, entre ellas están las comunidades de:

El Almendro, así como comunidades semi-urbanas entre ellas Caracito, El Triunfo, Las Bellezas, La Flor, Villa Álvarez, Zapotal, Filadelfia, El Cascal, Las Miradas, El Garabato, El Silencio y Las Latas. Este importante servicio fue establecido el 25 de Abril del año 1997, por gestiones realizadas por el padre español Lucinio Martínez Cuesta junto con el apoyo de la Asociación para el Desarrollo de El Almendro (ASODEAL) y la Alcaldía Municipal.

2.3.7 Vialidad

El municipio de El Almendro posee un total de vías que suman 186 Kilómetros, de los cuales 74 Kilómetros son de vías primarias y 112 kilómetros son de vías secundarias, todas revestidas con material de macadán, contando con una densidad total de 236 metros / Km².

El Almendro se encuentra a 20.5 kilómetros de distancia del empalme donde pasa la vía principal que une el municipio de Acoyapa con el municipio de San Carlos y a 20 kilómetros de distancia del empalme de la carretera principal que conduce al municipio de Nueva Guinea de la RASS y El Coral, municipio de Chontales.

También el municipio cuenta con caminos de todo tiempo que permiten la comunicación hacia el interior de las comunidades, tal es el caso de los caminos Almendro – Júcaro; Cara de Vaca – San José Porvenir; Zapotal – El Peligro; El Almendro – El Nisperal; La Flor – Talolinga; Caracito – El Cascal; El Zapotal – La Frescura; La Flor – Talolinga; Caracito – El Cascal; Veracruz – Las Vegas.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Estudios básicos

En el diseño de un sistema de alcantarillado se requiere del conocimiento indispensable del área donde se pretende implementar el sistema, para así proceder a incorporar todos los aspectos técnicos de diseño, aplicando las normativas del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados de acuerdo a las condiciones que demanda el sistema, por consiguiente es necesario proceder con una investigación de todas las condiciones que puedan significar un aporte de datos para un diseño equilibrado, de costo razonable y capaz de llenar las necesidades bases de la obra que se desea construir.

3.1.1 Estudio geotécnicos

Estos estudios deberán incluir la determinación de las siguientes características de los suelos: Tipo de suelos, granulometría, módulo de elasticidad, valor soporte, límites de Atterberg, cohesión y peso específico.

3.1.2 Estudios topográficos

Una vez reconocida el área perimetral de la población y preseleccionados los sitios convenientes para estaciones de bombeo, planta de tratamiento y lugar para descarga de las aguas residuales, se procederá a efectuar los levantamientos topográficos de conjunto. Básicamente, estos levantamientos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada.¹

Se deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico a realizar, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (Control Geodésico de la Red Nacional).

3.1.3 Estudios de obras existentes

Se deberá determinar mediante sondeos la localización horizontal, profundidad y diámetro de tuberías existente de agua potable y drenaje de aguas pluviales, si las hubiere; así como las instalaciones telefónicas o cualquier otro servicio existente, con el propósito de evitar interferencias o daños, causados por la instalación del alcantarillado sanitario.

¹ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales.

3.2 Estudio de población

La determinación de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad es fundamental para el proyecto de instalaciones de recolección, bombeo, tratamiento y evacuación y futuras extensiones del servicio. Por consiguiente es necesario predecir la población para un número de años, que será fijado por los períodos económicos del diseño.

3.2.1 Proyección de población

La determinación de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad es fundamental para el proyecto de instalaciones de recolección, bombeo, tratamiento y evacuación y futuras extensiones del servicio. Por consiguiente, es necesario predecir la población para un número de años, que será fijado por los períodos económicos del diseño.

3.2.2 Métodos de cálculo

3.2.2.1 Método geométrico ²

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
- 3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
 - a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
 - b) Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
 - c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

3.3 Sistema de alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado de aguas residuales está constituido por el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a recoger, evacuar, acondicionar y descargar las aguas usadas provenientes de un sistema de suministro de agua; así que los aportes de aguas que circulan por esas tuberías están casi en su totalidad constituidos por los consumos de aguas para fines domésticos, comerciales e industriales etc.

3.3.1 Sistema de alcantarillado sanitario convencional

Sistemas convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Los tipos de sistemas

² Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales

convencionales son el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.

3.3.2 Concepto de aguas residuales

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).³

3.3.3 Clasificación de aguas residuales

3.3.3.1 Aguas residuales domésticas

Se conoce como aguas residuales domésticas a todas las aguas provenientes de las viviendas, edificios públicos y otras instalaciones de las actividades netamente domésticas como inodoros, fregaderos, baños, trituradores de basura, etc.

3.3.3.2 Aguas comerciales, industriales y públicas

Aguas comerciales: Son las aguas que provienen de locales comerciales como mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas y que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillado común.

Aguas industriales: Son las aguas de todo tipo producidas por grandes plantas industriales.

Aguas de origen público: Es la cantidad de agua utilizada por instituciones gubernamentales, hospitales, escuelas, etc.

3.3.3.3 Aguas de infiltración

Son todas las aguas que penetran de forma no controlada en la red de alcantarillado procedente del subsuelo, y agua pluvial que es descargada a la red a partir de fuentes tales como bajantes de edificios, drenes de cimentaciones y alcantarillas pluviales.

3.3.4 Caudal de diseño (Qd)

El caudal de diseño para alcantarillas es el caudal máximo, para el caso de alcantarillado con un adecuado control en las conexiones domiciliarias más caudales adicionales como Caudal de infiltración más Caudales Especiales, que pueden ser, comercial, industrial, institucional u otros.⁴

³ Baldizon, I. M. ((s.f)). Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Alcantarillado Sanitario. Managua, Nicaragua.

⁴ Baldizon, I. M. ((s.f)). Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Alcantarillado Sanitario. Managua, Nicaragua.

3.4 Período de diseño

Cuando se trata de diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata y cuáles serán las previsiones que deben de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema.

Tabla 14: Período de diseño económico para la estructuras de los sistemas

Tipo de estructuras	Características Especiales	Periodo de diseño(años)
Colectores principales Emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta \varnothing 375 mm		25 o mas
Planta de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto		50

Fuente: (INAA, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados, 2003)

3.5 Hidráulica de alcantarillas

3.5.1 Formula y coeficiente de rugosidad ⁵

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se deberá hacer en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning.

La tensión de arrastre es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por él liquido sobre el colector y, consecuentemente, sobre el material en él depositado. El criterio de la tensión de arrastre para fines de cálculo de colectores busca establecer una pendiente para el tramo que sea capaz de provocar una tensión suficiente como para arrastrar el material que se deposita en el fondo.

⁵ (Baldizon, Apuntes de Ingenieria Sanitaria I,Alcantarillado Sanitario, (s.f))

Tabla 15: Coeficiente de rugosidad n

Material	Coeficiente	Material	Coeficiente n
Concreto	0.013	Hierro galvanizado(H°G°)	0.014
Polivinilo(PVC)	0.009	Hierro fundido(H°G°)	0.012
Polietileno(PE)	0.009	fibra de vidrio	0.01
Asbesto Cemento(AC)	0.01		

Fuente: (Baldizon, Apuntes de Ingeniería Sanitaria I,Alcantarillado Sanitario, (s.f))

3.5.2 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de las tuberías deberá ser de 150 mm.

3.5.3 Pendiente longitudinal mínima

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre, la cual deberá ser mayor a 1 Pa según las guías técnicas (INAA, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados, 2003) para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

3.5.4 Cambio de diámetro

El diámetro de cualquier tramo de tubería deberá ser igual o mayor, que el diámetro del tramo aguas arriba, por ningún motivo podrá ser menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida deberá ser igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

En los cambios de diámetro, deberán coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de ambas tuberías. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, deberán de coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de la tubería de entrada a nivel más bajo con el de la tubería de salida.

3.5.5 Ángulos entre tuberías

En todos los pozos de visita o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la tubería de salida deberá tener un valor mínimo de 90° y máximo de 270° medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

3.5.6 Ubicación de las alcantarillas

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deberán ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía.

En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista. Las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m.

3.5.7 Conexiones domiciliarias ⁶

Las tuberías que conectan las descargas de agua residual de las edificaciones, desde la caja de registro, hasta las tuberías recolectoras del alcantarillado sanitario, son denominadas conexiones domiciliarias.

Su diámetro mínimo deberá ser de 100 mm, para viviendas unifamiliares. Para el caso de hoteles, hospitales, colegios, etc., su diámetro se podrá determinar considerando la cantidad de artefactos sanitarios y aplicando el método de Hunter para obtener el caudal de descarga.

La pendiente mínima podrá estar entre 1 y 2% dependiendo de la profundidad de la recolectora. Cuando la recolectora se encuentre a gran profundidad se puede utilizar una tubería vertical envuelta en concreto, llamada chimenea, que termina a una profundidad adecuada por debajo de la superficie y la domiciliar de la edificación se conectará al ramal por la parte superior de la chimenea.

3.6 Pozos de visita

3.6.1 Ubicación

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) o cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas, en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba, en caso contrario se deberán instalar "Registros terminales" (cleanout).

El espaciamiento máximo entre PVS deberá variar, de acuerdo con los métodos y equipos de mantenimiento disponibles.

Tabla 16: Espaciamiento máximo entre pozos de visita

1.Con equipo técnicamente avanzado	Diámetro (mm)	Separación máxima(m)
	150-400	150
	450 y mayores	200
2 .Con equipo tradicional	150-400	100
	450 y mayores	120

Fuente: (INAA, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados, 2003)

⁶ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales

3.7 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Dependiendo de las características de las aguas residuales y el nivel en que se apliquen los tratamientos pueden clasificarse como: Tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios.

3.7.1 Tratamientos preliminares⁷

Estos tratamientos son destinados a preparar las aguas residuales para que reciban los tratamientos subsiguientes, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Las unidades de tratamiento preliminares más importantes son:

- Separación de sólidos gruesos: rejas, rejillas, tamices, filtros gruesos.
- Separación de sólidos suspendidos y sedimentables: desarenadores, sedimentadores, centrifugadores, filtros finos.
- Separación de grasas: retenedores de grasas.
- Separación de gases: aireación tanque de compensación y/u homogenización.

3.7.7.1 Rejas

Son universalmente usadas en la remoción de sólidos y cuerpos flotantes y constituyen la primera unidad de tratamiento. Son un conjunto de barras colocadas una al lado de la otra, éstas pueden ser rectangulares o circulares y con un determinado grado de inclinación. Tienen como función el atrapar sólidos mayores tales como papeles, envases, trozos de madera, etc.

3.7.7.2 Desarenadores

La función de los desarenadores en el tratamiento de aguas residuales es remover arena, grava, cenizas, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales. Se deberán ubicar antes de todas las demás unidades de tratamiento, si con ello se facilita la operación de las demás etapas del proceso. Sin embargo la instalación de rejillas, antes del desarenador, también facilita la remoción de arena y la limpieza de los canales de desarenado.

- Deberán emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente:
- Protección de equipos mecánicos contra la abrasión.
- Reducción de la formación depósitos pesados en tuberías, conductos y canales.

⁷ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales

- Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.
- Minimizar las pérdidas de volumen en tanques de tratamiento biológico.

3.7.2 Tratamientos primarios ⁸

Proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entren se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca por lo menos en un 50%.

- ✓ Tanques sépticos: sistemas convencionales de tratamiento de agua residuales ampliamente utilizados en las áreas rurales por su costo relativamente bajo y el limitado mantenimiento que requieren, largos periodos de detención de 12 a 24 horas ocasionando su estado séptico.
- ✓ Tanque Imhoff: Dos cámaras bien definidas una superpuesta destinada a la decantación, una cámara inferior donde se procesa la digestión de la materia orgánica depositada. Periodos de retención normales.
- ✓ Decantadores comunes y separadores: tanques donde se verifica apenas la sedimentación, los lodos son removidos periódicamente.

3.7.2.1 Tanques sépticos

Los tanques sépticos se diseñan fundamentalmente para la remoción de la carga de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Sólidos Sedimentables (SS), con la finalidad que cumplan con las normas de vertido de efluente descritas en la ley ambiental del Ministerio de Recursos Naturales y del Medio Ambiente MARENA.

En estos tanques la parte sólida de las aguas servidas es separada por un proceso de sedimentación, y a través del denominado “proceso séptico” se estabiliza, por la acción de bacterias anaerobias, la materia orgánica de esta agua para lograr transformarla en un lodo inofensivo. Una trampa de grasa, o triturador se debe proveer anterior al tubo de entrada de aguas residuales.

3.7.2.2 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y

⁸ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales

la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

3.7.2.3 Filtro anaeróbico de flujo ascendente

El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente o FAFA, es un componente ocasional de plantas de tratamiento. La función del filtro, también llamado reactor anaerobio tiene por finalidad reducir la carga contaminante de las aguas servidas. El agua servida es alimentada al filtro a través del fondo, construido de forma que permita distribuir el flujo en forma uniforme en toda la sección del filtro.

3.7.3 Tratamientos secundarios o biológicos

Los tratamientos secundarios eliminan la materia orgánica biodegradable de las aguas, que no ha sido retirada por el tratamiento primario. Este puede ser de tipo aeróbico o anaeróbico, eliminados de un 40 a un 60 % de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40 % la DBO₅ en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. En el tratamiento secundario se aceleran los procesos naturales de eliminación de residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

3.7.3.1 Clasificación de sistemas de tratamientos secundarios

Los sistemas de tratamientos pueden clasificarse en convencionales y no convencionales. Los procesos convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los no convencionales no involucran mecanización pero requieren grandes áreas de terreno y están enfocados mayormente al tratamiento de aguas servidas domésticas. Entre estos sistemas se encuentran las lagunas de estabilización, lagunas anaeróbicas y ``Wetlands`` (lagunas de baja profundidad con presencia de plantas acuáticas). El diseño de estas unidades está en general basado en el tiempo de retención y en la carga orgánica aplicada por unidad de superficie, lo que conlleva grandes requerimientos de superficie para la generalidad de los casos.

3.7.3.1.1 Laguna de estabilización⁹

Están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada. Las lagunas tienen como principal objetivo remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación también eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.

^{9 9} Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales

3.7.3.1.2 Lagunas facultativas

Las lagunas facultativas pueden ser de dos tipos: lagunas facultativas primarias, las cuales reciben las aguas crudas, y las lagunas facultativas secundarias, que reciben las aguas sedimentadas de la etapa primaria (usualmente el efluente de una laguna anaerobia). Son diseñadas para remoción de Demanda Bioquímica de (DBO_5) en base a una baja carga orgánica que permita el desarrollo de una población activa de algas. De esta manera, las algas generan el oxígeno requerido por las bacterias heterotróficas para remover la Demanda Bioquímica de (DBO_5) soluble.

3.7.3.1.3 Lagunas anaeróbicas

La laguna anaeróbica es un bioreactor que combina la sedimentación de sólidos y su acumulación en el fondo, con la flotación de materiales del agua residual en la superficie y con biomasa activa suspendida en el agua residual o adherida a los lodos sedimentados y a la nata flotante. Una laguna anaeróbica puede considerarse un proceso para la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual en el cual la materia orgánica es estabilizada mediante su transformación en dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) principalmente.

3.7.3.1.4 Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración tienen como objetivo principal el de reducir la concentración de bacterias patógenas. Estas lagunas generalmente son el último paso del tratamiento antes de volcar las aguas tratadas en los receptores finales o de ser reutilizadas en la agricultura.

3.7.3.1.5 Biofiltro

El biofiltro es un humedal artificial de flujo subterráneo diseñado para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales. En este tipo de biofiltro, las aguas residuales pre-tratadas fluirán lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante hasta llegar a la zona de recolección del efluente.

CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales se enfocara principalmente en las guías técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA – ENTE REGULADOR) también en los criterios de hidráulica y los conocimientos de sanitaria recopilados lo que nos permitió lograr cumplir con todos los objetivos planteados en la monografía.

4.1 Trabajo de campo

- Se verificó el área perimetral y se realizó el levantamiento topográfico del casco urbano, que permitió determinar la ubicación de tuberías, dirección del flujo, ubicación de pozos de visita y planta de tratamiento adaptándose a la topografía del sitio lo que nos permitió reducir los costos del proyecto.
- Se efectuó un censo poblacional en cada una de las viviendas del casco urbano de la ciudad con el propósito de obtener una exacta proyección y determinación del caudal de diseño de la red de alcantarillado y planta de tratamiento.
- Se tomaron muestras de las aguas residuales, para determinar la calidad y características con el fin de seleccionar un tipo de tratamiento adecuado.
- Se realizaron muestreos de suelo (sondeos manuales) en el sitio donde se ubicará la planta de tratamiento con el fin de definir aproximadamente el valor y la variación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del suelo que intervienen en la determinación de la capacidad de carga admisible, hundimientos probables y métodos generales de excavación para la estructura del proyecto.

4.2 Trabajo de gabinete

- Se proyectó la población utilizando el método geométrico, la información necesaria se obtuvo del censo poblacional realizado personalmente. Se calculó la tasa de crecimiento en base a censos oficiales de otras fuentes como alcaldía o centros de salud.
- Conforme al levantamiento topográfico, se realizaron las propuestas de trazado de la red de alcantarillado sanitario.
- Se diseñó la red de alcantarillado sanitario y emisor a través de hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel.
- Se analizó la caracterización de las aguas residuales de la localidad mediante un estudio de laboratorio para la determinación de los contaminantes existentes en el agua.
- Se dimensionaron y diseñaron los diferentes componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Se evaluó la línea de tratamiento para determinar factibilidad técnica-económica de éste.

- Se elaboraron los planos de la red de alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento con la ayuda del software AutoCAD.
- Se estimaron los costos y presupuesto del proyecto.

4.3 Parámetros de diseño

4.3.1 Proyección de población

La información base se obtuvo del censo que se realizó en el municipio de El Almendro, haciendo la proyección de la población utilizando el método de cálculo geométrico.

$$Pf = Po(1 + i)^n$$

Dónde:

P_f : Población al final del periodo de diseño

P_o : Población Inicial

I : Tasa de crecimiento geométrico

n : Periodo en años

4.3.2 Caudal de infiltración

Para tuberías plásticas 2L/hora/ 100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

4.3.3 Caudal medio

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q_m = 0.8 \times CPD$$

4.3.4 Caudal mínimo de aguas residuales

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q_{min} = \frac{1}{5} * Q_m$$

4.3.5 Caudal máximo

El caudal máximo de aguas residuales domésticas se determinó utilizando el factor de relación de Harmon

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

$$Q_{max} = Q_{prom} * FH$$

El factor de relación deberá tener un valor no menor de 1.80 ni mayor de 3.00

4.3.6 Caudal de diseño

Para la determinación de los caudales se usaron las ecuaciones y parámetros de diseño contempladas en la Guía técnica para diseño de alcantarillado sanitario de INAA.

$$Qd = Qmax + Qinf + Qcom + Qind + Qint$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño

Qmax: Caudal máximo

Qinf: Caudal de infiltración

Qcom: Caudal comercial

Qind: Caudal industrial

Qint: Caudal institucional

4.3.7 Caudal comercial

Para la determinación del caudal comercial se usó el 7% de la dotación doméstica.

4.3.8 Caudal industrial

Para la determinación del caudal industrial se usó el 2% de la dotación doméstica.

4.3.9 Caudal público o institucional

Para la determinación del caudal público o institucional se usó el 7% de la dotación doméstica.

4.3.10 Periodo de diseño

Para este proyecto se tomó un periodo de diseño económico de 20 años.

4.4 Criterios de diseño para alcantarillado sanitario

Se realizó el trazado de la red de acuerdo a las elevaciones del terreno que se obtendrán en el levantamiento topográfico considerando que la colectora principal sea la de mayor pendiente, de tal manera que la red funcione por gravedad.

Las tuberías se proyectaron de modo que sus pendientes estuvieran, si era posible, en el mismo sentido que la pendiente natural del terreno, para así lograr un mínimo de excavación y un drenaje por gravedad.

Los pozos de visita se ubicaron de acuerdo a las normas especificadas por el INAA. El diseño se realizó mediante la elaboración de tablas de cálculos en Microsoft Excel.

En base a las condiciones económicas y técnicas del sitio se realizó la selección del tipo de sistema más conveniente.

4.4.1 Hidráulica de las alcantarillas

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hizo en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning por su sencillez y resultados satisfactorios en su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

4.4.2 Ecuación de continuidad

$$Q = V . A$$

Dónde:

Q: Caudal a tubo lleno en (m³/s)

V: Velocidad de escurrimiento a tubo lleno en (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad del material

R: Radio hidráulico

S: Pendiente hidráulica.

Energía específica

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \qquad \frac{v^2}{2g} = \text{Carga de velocidad}$$

Donde:

E: Energía específica

y: Presión hidrostática

V: Velocidad del fluido en la sección considerada

g: Gravedad

$$\text{Pendiente} = \frac{H}{L}$$

H: Diferencia de elevación

L: Longitud

4.4.3 Pendiente longitudinal mínima

Se determinará aplicando el criterio de la tensión de arrastre, según la siguiente ecuación obteniendo dicha información en las guías técnicas de INAA:

$$f = W * R * S$$

Dónde:

f: Tensión de arrastre en Pascales

W: Peso específico del líquido en (N/m^3)

R: Radio hidráulico a gasto mínimo en (m)

S: Pendiente mínima en (m/m)

Se recomienda un valor mínimo de $f = 1 \text{ Pa}$.

4.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales

4.5.1 Criterios para la ubicación de sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR)

Es primordial cumplir con los criterios obligatorios de diseño que rigen los cálculos y dimensionamiento de los elementos que componen un sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento para aguas residuales en Nicaragua.

La Ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) debe cumplir con todos los criterios establecidos en el Acápite 6 de la Norma técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso.

- La ubicación de las STAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la municipalidad o localidad.
- El terreno donde se construya la STAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en lugares en pantanales, humedales (Swampoo), marisma y similares.
- El área del terreno donde se ubique o se instale un STAR debe tener una pendiente menor de 5 %.
- la instalación o construcción de los STAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del STAR y no lo contrario.
- La distancia de separación entre la instalación o construcción de cualquier STAR, y viviendas, fuente de abastecimiento y nivel freático.
- La distancia mínima entre los STAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.
- Todo STAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de

manejo, el sitio de ubicación de los STAR deberá regirse según la zonificación y su normativa correspondiente.

- Cuando la descarga o disposición final del efluente de un STAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizado por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.
- La distancia entre un STAR y un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, debe ser establecida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- La instalación de un STAR con respecto a la profundidad del manto freático debe ser como mínimo de 2 m a partir del fondo del STAR y cumplir con las especificaciones siguientes:
 - a) Para suelos limosos y limo – arenoso se debe proceder a impermeabilizar y compactar el área al 95% próctor standard.
 - b) En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.
 - c) En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.

4.5.2 Selección del proceso de tratamiento

Se evaluarán dos líneas de tratamiento:

1. Rejas + Tanque Imhoff + Biofiltro.
2. Rejas + Tanque Imhoff + Laguna facultativa secundaria + Laguna aerobia Terciaria.

Canal de entrada y rejas

La altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$) y media (H_m) de agua en el canal y la Reja se despejan de la igualdad de las siguientes ecuaciones respectivamente:

Altura máxima

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{m\acute{a}x} * b \left[\frac{H_{m\acute{a}x} * b}{b + 2H_{m\acute{a}x}} \right]^{2/3}$$

Altura media

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_m * b \left[\frac{H_m * b}{b + 2H_m} \right]^{2/3}$$

Dónde:

Qd: Caudal de diseño (m^3/s)

Qm: Caudal medio (m^3/s)

n: 0.013 (coeficiente de concreto)

S: Pendiente del canal

B: Ancho del Canal (m)

Velocidad máxima y media del canal antes de llegar a las rejas

$$Vm_{\text{máx}} = \frac{Qd}{B * H_{\text{máx}}}$$

$$Vm = \frac{Qd}{B * H_m}$$

Velocidad de paso

Hay que verificar la velocidad para el caudal medio.

Velocidad mínima: 0.40 (m/s), normal: 0.60 (m/s)

Máxima: 0.75 m/s hasta 0.90 m/s

$$V_p = \frac{Q_d}{A_u}$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño (m^3/s)

Au: Área útil (m^2)

Eficiencia

La eficiencia representa la relación entre el área libre y el área total del canal. La eficiencia varía entre 0.60 y 0.85. Se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Dónde:

a: Separación entre rejas

t: Espesor de las rejas

Área Útil

El área libre o de escurrimiento entre barras se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$A_u = \frac{Q_d}{v_{max}}$$

Dónde:

Au: Área útil efectiva (m²)

Qd: Caudal de diseño (m³/s)

Vmax: velocidad máxima (m/s)

4.5.3 Área total de la reja

Esta área incluye tanto las barras como los espacios libres entre ellas, y se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Dónde:

At: Área total de la rejilla (m²)

Au: Área útil efectiva (m²)

E: Eficiencia de la rejilla adimensional.

Verificación del ancho de la reja

Para la verificación del ancho de la reja, se utilizara la siguiente ecuación:

$$b = \frac{A_t}{H_{máx}}$$

Dónde:

b: Ancho de la rejilla (m)

At: Área total de la rejilla (m²)

Hmax: Altura máxima de agua antes de la reja (m)

Verificación de la velocidad media

- Área total por velocidad media

$$A'_t = b * H_{med}$$

Dónde:

A't: Área total por velocidad media (m²)

b: Verificación ancho de la reja (m)

Hmed: Altura media de agua antes de la reja (m)

Área útil por velocidad media

$$A'_u = A'_t * E$$

Dónde:

A'u: Área útil por velocidad media (m²)

A't: Área total por velocidad media (m²)

E: Eficiencia de la rejilla adimensional

Velocidad media

$$V'_m = Q_m / A'_u$$

Dónde:

V'm: velocidad media (m/s)

Qm: Caudal medio (m³/s)

A'u: Área útil por velocidad media (m²)

Pérdidas de carga por Kirschmer en rejas limpias

Las pérdidas de carga se calcularán haciendo uso de la fórmula de Kirschmer, dichas pérdidas se verificarán tanto para barras limpias como para barras sucias con una obstrucción del 50-75%. Para barras limpias la pérdida de carga no debe ser mayor de 0.15 m.

Pérdida de carga en rejas limpias:

$$hf = \beta * \left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\theta * \frac{V_m^2}{2g}$$

Dónde:

β : Factor de forma

a: Abertura entre barras (m)

t: Espesor de las barras (m)

θ : Angulo de inclinación de las rejjas

V_m^2 : Velocidad media de agua antes de la reja (m/s)

g: Aceleración de la gravedad ($9.81 m/s^2$)

Pérdida de carga en rejjas (parcialmente obstruida):

$$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o} \right)^2 * H_f$$

Dónde:

h_{fo} : Perdidas de cargas en rejjas parcialmente obstruida

E: Eficiencia de la rejilla adimensional con barras limpias

E_o : Eficiencia de la rejilla con 75 % de obstrucción ($E_o=0.75E$)

H_f : Perdidas de cargas en rejjas limpias (m)

4.5.4 Altura del canal

Para calcular la altura total del canal en la rejilla se utilizará la siguiente fórmula:

$$H_{canal} = H_{m\grave{a}x} + h_{fo} + BL$$

Dónde:

$H_{m\grave{a}x}$: Altura máxima del agua antes de la reja (m)

h_{fo} : Perdida de cargas en rejjas (parcialmente obstruida al 75%)(m)

BL: Borde libre (m)

4.5.5 Desarenador

Diámetro de partículas

Mayores de 0.20 mm con una velocidad de sedimentación de 0.021 m/s, valor utilizado según el cuadro de Velocidades de Sedimentación de Partículas de La OPS/CEPIS.

Altura de la lámina de agua canal de llegada (H_{agua})

$$H_{agua} = \left(\frac{Q_d}{V * B} \right)$$

Largo del desarenador (L)

$$L = \frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$$

Donde C_s es la carga superficial de agua residual aplicada al desarenador con un valor de 1500 $m^3/m^2 \cdot día$, el cual se encuentra entre los rangos sugeridos por INAA, 700 – 1600 $m^3/m^2 \cdot día$.

Volumen sedimentado

$$V_{sed} = Q_d * C_{ret} * t$$

Donde:

C_{ret} es la cantidad de material retenido y t el tiempo de retención del sedimento en tolva.

Volumen propuesto de tolva (V_{tolva})

$$V_{tolva} = H_{tolva} * B * L$$

Donde:

H_{tolva} : es la altura de la tolva propuesta con el fin de que el volumen propuesto de tolva fuera mayor que el sedimentado.

4.5.7 Diseño de tanque Imhoff

Se diseñará en base a la guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización, según las normativas CEPIS.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

Cámara de sedimentación

El diseño del Sedimentador se hará en base a las Especificaciones Técnicas para el diseño de tanque séptico. UNATSABAR-CEPIS/OPS.

Caudal de diseño (m^3/ hr)

$$Q_d = \frac{Población * Dotación}{1000} * \% Contribución$$

Área del sedimentador (m^2)

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s}$$

Dónde:

Cs: Es la carga superficial, igual a 1 ($\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{hora}$)

Volumen del Sedimentador (m^3)

$$V_s = Q_p * P_r$$

Dónde:

Pr: Período de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

Cámara de digestión de lodos

Volumen de almacenamiento y digestión (m^3)

$$V_d = \frac{70 * \text{poblacion} * f_{cr}}{1000}$$

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 17: Factor de capacidad relativa

Temperatura C	Factor de capacidad relativa Fcr
5	2
10	1.40
15	1
20	0.70
>25	0.50

Fuente: CEPIS

Tiempo requerido para digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleará la tabla siguiente:

Tabla 18: Tiempo requerido para la digestión

Temperatura C	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: CEPIS

Área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios

- El espaciamiento libre será de 1.0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0.30 cm.

Lechos de secado

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades.

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (Kg de SS/día)

$$C = Qm * SS * 0.0864$$

Donde:

SS: Sólidos en suspensión en el agua cruda (mg/l)

Qm: Caudal promedio de aguas residuales

Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS/ (hab*día)

Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg de SS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Volumen diario de lodos digeridos (lt/día)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ de solidos})}$$

Donde:

ρ_{lodo} : Densidad de los lodos, igual a 1.04 Kg/lt

% de solidos: Es el porcentaje de solido contenido en los lodos, varía entre 8 a 12 %

Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Dónde:

Td: Tiempo de digestión en días

Área del lecho de secado (m^2)

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40m

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m, pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

4.5.8 Parámetros de diseño biofiltro de flujo horizontal

El Biofiltro se diseñará bajo un régimen de flujo pistón para una relación largo ancho mayor o igual a 3. Sin embargo para unidades grandes esta relación estará restringida por la longitud total del Biofiltro la cual no podrá ser mayor de 50 metros y cuyo ancho no podrá ser mayor de 100 m.

Área de la sección transversal efectiva del lecho (m^2)

$$W = Qm Kf * I$$

$$W = \frac{Qm}{Kf * I}$$

Dónde:

Qm: Caudal promedio de aguas residuales, (m^3/s)

Kf: Permeabilidad del lecho filtrante, (m/s)

I: Pendiente hidráulica, (m/m)

Ancho mínimo

$$Bmin = \frac{W}{hef}$$

Dónde:

hef: Profundidad efectiva

Carga hidráulica ($m/año$)

$$C = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño

A: Área superficial

Periodo de retención

Esta metodología permite diseñar las dimensiones y saber el tiempo de retención que va tener la laguna proyectada, pero para saber si se necesita dimensionar otra laguna para tratar el efluente, la primera se tendrá que calcular un valor estimado de la remoción de la DBO y de los coliformes fecales que se da en la laguna y compararlo con los valores que están estipulados en las normas de la ley general de aguas, acerca de la calidad del agua del Efluente la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

$$Pr = \frac{V_{util}}{Q} = \frac{L * B * n * h_{ef}}{Q} (3 - 5 \text{ Dias})$$

Dónde:

L: Longitud del biofiltro

B: Ancho del biofiltro

n: porosidad del lecho filtrante como fracción decimal

Q: caudal

Concentración de contaminantes en el efluente

$$C_e = C_a * e^{(-K * Pr)}$$

Dónde:

Ca: concentración de contaminantes en el afluente

K: constante de remoción, d⁻¹

Constante para la remoción de DBO₅ en humedales

$$K_{20} = K_0 * (37.71 * n^{4.172})$$

Dónde:

Ko: constante óptima de remoción, para medio con zona de raíces completamente desarrollada.

Ko: 1.839 d-1 para aguas residuales municipales.

Ko: 0.198 d-1 para aguas residuales industriales con DQO alta.

K20: constante a 20 °C, d-1

n: Porosidad total del medio, fracción decimal.

Si el lecho es plano, el gradiente hidráulico y la pendiente son prácticamente iguales y se puede usar como valor mínimo de $\Delta h/\Delta L = 0.001$. Como la pendiente depende de la conductividad hidráulica, se pueden usar valores de 4 a 5% o mayores.

Área superficial requerida en función de la materia orgánica a remover

$$A = \frac{Qm * (\ln So - \ln S)}{Kd * Hm * n}$$

Dónde:

So: **DBO₅** Afluente.

S: **DBO₅** Efluente esperado.

Kd: Constante de reacción de primer orden a temperatura ambiente.

Hm: Altura media del humedal 0.45-0.75 m.

n: porosidad del medio filtrante.

Qm: Caudal medio.

4.6 Parámetros de diseño lagunas de estabilización

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (**DBO₅**), que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de Coliformes fecales (NMP CF/100 ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

Cuadro 12 Calidad del Efluente Norma **DBO₅** Coliformes Fecales Decreto 33-95 30 mg/l 1x10⁴ NMP/100ml OMS 30 mg/l 1x10³ NMP/100 ml.

4.6.1 Localización de lagunas

La ubicación de un sistema de lagunas debe estar aguas abajo de la cuenca hidrográfica, en un área extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a inundaciones y avenidas. En el caso de no ser posible, deben proyectarse obras de protección. El área debe estar lo más alejada posible de urbanizaciones existentes; se deberán localizar a las siguientes distancias mínimas:

- Para lagunas anaeróbicas: 1000 m
- Para lagunas facultativas: 500 m
- Para sistemas con lagunas aireadas: 100 m. Profundidad Se establece una profundidad entre 1.5 y 2.5 m para lagunas facultativas. Para lagunas aerobias de 1 a 1.5 m.

4.6.2 Criterios de diseño de lagunas facultativas

Dentro de las consideraciones generales de diseño de las Lagunas de Estabilización tenemos:

- Caudal de Diseño: Q_m
- No. de Unidades: Mínimo dos unidades en paralelo serie.
- Geometría de la laguna: Relación largo ancho 2-4.
- Diques: suelo estable Talud 1:2; suelo poco estable Talud 1:3.
- Datos climatológicos: Temperatura del mes más frío, radiación solar, dirección del viento, precipitación y evaporación.
- Carga orgánica per cápita (q).
- Características del agua residual: DBO_5 y Coliformes fecales.
- Eficiencia deseada.

Caudal de diseño (Q_m)

$$Q_m = P * Dot * 0.8$$

Temperatura del agua

$$T_a = 10.443 + 0.668T_{ai}$$

Donde:

T_a : Temperatura del agua.

T_{ai} : Temperatura del aire en el mes más frío.

Concentración de la DBO_5

$$S_o = \frac{(P * q)}{Q_m}$$

Carga total aplicada (CTA)

$$CTA = P * q = Q_m * S$$

Carga superficial máxima

$$C_{smax} = 357.4 \times 1.085 (T_a - 20)$$

Carga superficial aplicada

$$CSA < C_{smax}$$

$$CSA = 80\% C_{smax}$$

Área total de la laguna

$$AT = \frac{CTA}{CSA(Ha)}$$

Número de unidades (N)

2 mínimos.

Área de cada laguna

$$A = \frac{AT}{N}$$

Volumen de laguna

$$V = A \times H$$

$$H (1.5 - 2.5)$$

Periodo de retención

$$Pr = V/Qm \text{ (De cada laguna)}$$

- Período de retención de 7 a 15 días
- Relación largo ancho 2- 4

Remoción de la materia orgánica (DBO_5)

- **Marais Show. Flujo de mezcla completa**

$$\frac{S}{S_o} = \frac{1}{1 + Kd * P}$$

Dónde:

S: Concentración de DBO_5 en el efluente (mg/l).

S_o : Concentración de DBO_5 en el afluente (mg/l).

Kd: Constante de degradación de la materia orgánica a la temperatura del agua, (d^{-1})

$$Kd = K20 \times 1.085^{(Ta - 20^\circ)}$$

$$K20^\circ = Pr / -1.47 + 4.46 (d - 1)$$

- **Modelo de Yánez. Flujo de mezcla rápida**

$$Csr = 7.67 + 0.8 CSA$$

$$Csremanente = CSA - csr$$

Dónde:

Csr: Carga superficial removible, Kg DBO_5 /Hab día.

Csremanente: Carga superficial remanente, Kg DBO_5 /Hab día.

- **Modelo de Thirimurty**

$$\frac{S}{S_o} = \frac{4ae^{(1-a)}/2d}{(1+a)^2}$$

Dónde:

a: Coeficiente adimensional.

d: Coeficiente de dispersión, (adimensional).

e: Exponencial.

X: relación largo ancho.

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539X + 1.01368X^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4Prx d x Kd}$$

Remoción de Coliformes fecales

- Marais Show

$$\frac{N}{N_o} = \frac{1}{1 + Kb * Pr}$$

Dónde:

Kb: Constante de mortalidad de Coliformes fecales (NMP/100 ml).

N: concentración de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100 ml).

No : concentración de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100 ml).

$$kb = 0.84 x 1.07(Ta - 20^\circ)$$

- Thirimurty

$$\frac{N}{N_o} = \frac{4(1-a) 2d}{(1+a)^2}$$

4.7 Criterios para lagunas secundarias Aerobias

Carga superficial aplicada

$CSA < 150$ kg/Hab-día.

Relación largo/ancho

1-1.5 m.

Área de la laguna secundaria será igual al de la laguna primaria.

Volumen

$$V = \text{Área} \times H.$$

Periodo de retención

$$Pr = V/Q \geq 7 \text{ días.}$$

Carga total aplicada

$$CTA = Qm \times S$$

Comprobar el CSA.

$$CSA \frac{CTA}{A}$$

Remoción de la materia orgánica DBO_5

- Marais Show

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{1 + Kd \times Pr}$$

$$Kd = K_{20^\circ} \times 1.085^{(Ta - 20^\circ)}$$

$$K_{20^\circ} = Pr - 14.77 + 4.46 Pr, (d - 1)$$

- Modelo de Yáñez

$$Csr = -0.80 + 0.765 CSA$$

$$Csremanente = CSA - Csr$$

Dónde:

Csr: Carga superficial removida.

Csremanente: Carga superficial remanente.

Tabla 19: Relación entre DBO total/DBO soluble

CSA (Kg/Hab-día)	DBO Total/DBO Soluble
50	2.6
100	2.3
150	2.1
200	2.0
250	1.95
300	1.90
350	1.82
400	1.78
450	1.70

Fuente: (Baldizon, Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, Tratamiento de aguas residuales, (s.f))

- Modelo de Thirimurty

$$\frac{S}{S_0} = \frac{4(1-a)2d}{(1+a)^2}$$

Dónde:

a: Coeficiente a dimensional.

d: Coeficiente de dispersión, (A dimensional).

e: Exponencial.

$$x: q (L/B)$$

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539x + 1.01368x^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4Prx d x Kd}$$

4.8 Realización de presupuesto

- Cálculo los costos directos.
- Cálculo los costos indirectos.
- Cálculo costo total

Se elaborará una tabla de Excel que contenga la descripción de las actividades a realizar en la obra, las unidades de medida, cantidades, costos unitarios y costos totales tanto de materiales como de mano de obra, utilizando el listado del Maestro de Precios del FISE (Fondo de Inversión social de emergencia).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Población de diseño

El municipio de El Almendro, Rio San Juan fue elevado a la categoría de municipio el 4 de julio de 1974, históricamente se han realizado dos censos en la localidad en el año 2005 por el instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (actual INIDE) y también en el año 2017 por el Ministerio de Salud (MINSa).

Para el diseño se realizó un censo poblacional en el casco urbano de El Almendro, Rio San Juan proyectado a un período de diseño de 20 años y una tasa de crecimiento anual del 2.5%, la población proyectada resultó de 5583 habitantes para el año 2039 distribuyéndose de la manera mostrada en la tabla número 8.

Tabla 20: Resultados de población de diseño

Tasa de crecimiento r (%)	2.5	%
Población 2019	3407	Hab
Población 2024	3855	Hab
Población 2029	4361	Hab
Población 2034	4934	Hab
Población 2039	5583	Hab
Dotación de diseño		
Inaa	(5000 -10,000 hab)	105 lppd

Fuente: Elaboración propia

5.2 Caudal de diseño

El caudal total de diseño resultó de 17.53 lt/seg para una población de diseño proyectada a 20 años de 5583 habitantes. Para el cálculo de los caudales ver anexo cálculo de caudales.

5.3 Red de recolección

El diseño de la red de alcantarillado del municipio El Almendro, Rio San Juan es de tipo convencional utilizando tubería PVC – SDR 41, con diámetros de 150 mm, con una cobertura del 100%.

5.4 Sistema de tratamiento

El diseño de la planta de tratamiento fue realizado con el objetivo de tratar las aguas residuales domésticas cumpliendo con las normas establecidas por el Decreto 33-95 — Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de descargas de aguas residuales domésticas,

industriales y agropecuarias, para descargar en el cuerpo receptor final, en este caso el Río Tepenaguasapa.

Las alternativas tomadas en consideración fueron dos, para la planta de tratamiento constan de Rejas finas de limpieza manual como pre-tratamiento, medidor de flujo tipo Parshall. Por ser un poblado de escasos recursos se optó por sistemas de tratamiento que no implicaran ningún consumo de energía eléctrica, para su operación, sino más bien que fueran de procesos biológicos que no incurran en gastos cuantiosos que encarezcan el proyecto.

Para lograr los parámetros de vertidos establecidos en la normativa, se propuso el uso de dos alternativas de tratamiento, la primera mediante tanque Imhoff+ Biofiltro y la segunda Tanques Imhoff + Lagunas facultativa + Laguna aerobia.

5.5 Rejas

Las rejas serán instaladas en un canal de concreto de 60 cm de ancho y estará formada por varillas lisas de acero con un diámetro de 1/5 pulgadas inclinadas a 45° con respecto a la horizontal. (Ver cálculos en anexo cálculo de sistema de tratamiento)

La velocidad de diseño de acuerdo a las Guías del INAA está comprendida desde 0.3 m/s hasta un máximo de 0.6 m/s, siendo el parámetro normal de 0.45 m/s. Las dimensiones calculadas en este diseño garantizan el cumplimiento de este rango, produciéndose una velocidad en el sistema de 0.41 m/s.

Tabla 21: Resultados de canal de entradas y rejas

CANAL DE ENTRADA		
Parámetros	Datos	Unidades
Ancho	0.6	m
Altura	0.5	m
Pendientes	0.005	m/m
Rejas		
Parámetros		
Eficiencia	0.8	
Velocidad de paso	0.7486	m/s
Velocidad media	0.4833	m/s
Perdida de cargas en rejas limpia	0.0041	m
Perdidas de cargas en rejas (Parcialmente obstruida)	0.0074	m
Altura del canal	0.5	m
Cantidad de barras	18	Unidades
Longitud de barras	0.85	m

Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Desarenador

Los resultados obtenidos satisfacen los criterios de diseño permitidos por el INAA. El sistema garantiza una velocidad de flujo de 0.30 m/s de tal forma que las partículas de arena puedan sedimentarse por gravedad.

Tabla 22: Resultados de desarenador

DESARENADOR		
Parámetros	Datos	Unidades
Proyección vertical libre del canal	0.2	m
Tiempo de retención de sedimento en tolva	15	días
Ancho	0.6	m
Altura calculada del desarenador	0.97	m
Largo	2.1	m
ZONA DE SEDIMENTACION		
Parámetros	Datos	Unidades
Velocidad de sedimentación	0.021	m/s
Altura del agua en zona de sedimentación	0.147	m
ZONA DE LODOS		
Parámetros	Datos	Unidades
Cantidad de material retenido	0.029	lts/m ³
Altura de tolva propuesta	0.6	m
Volumen sedimentado	650.034	lts
Altura total de desarenador	0.9	m

Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Medidor parshall

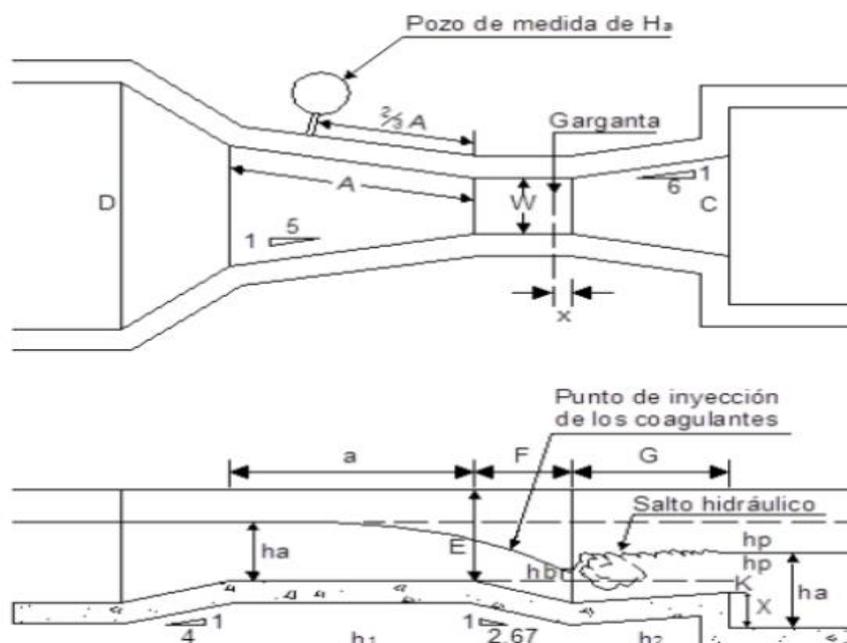
Se diseñó un medidor de caudal tipo Parshall, con un ancho de garganta 3" de 7.6 cm. Se muestra en la Tabla N°10 las dimensiones de la canaleta y en la Figura N°10 la ubicación de cada componente.

Tabla 23: Resultados de medidor Parshall

CANALETA PARSHALL	
W (CM)=	7.6
A (CM)=	46.7
2/3 A (CM)=	31.1
B (CM)=	45.7
C (CM)=	17.8
D (CM)=	25.9
E (CM)=	45.7
F (CM)=	15.2
G (CM)=	30.5
H (CM)=	30.9
K (CM)=	2.5
M (CM)=	30.5
N (CM)=	5.7
P (CM)=	76.8
X (CM)=	2.5
Y (CM)=	3.8

Fuente: Elaboración propia

Imagen 2: Nomenclatura canaleta Parshall



Fuente: Elaboración propia

5.6 Alternativas de tratamiento

5.6.1 Calidad de agua

Los valores de referencia para los parámetros de calidad del agua cruda se tomaron a partir de la caracterización de las aguas residuales de cuatro casas diferentes en el municipio de El Almendro, Rio San Juan.

Tabla 24: Caracterización de aguas residuales

CALIDAD DEL AFLUENTE PARA PLANTA DE TRATAMIENTO			
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades
Sólidos en suspensión	SS	444.23	mg/lt
DBO_5	S0	465.00	mg/lt
Coliformes fecales	CFA	11,000,000.00	NMP/100 ml

Fuente: Programa de investigación, estudios nacionales y servicios del ambiente (Piensa)

5.6.2 Alternativa n°1. Tanque Imhoff + Biofiltros

Se diseñó un tanque Imhoff de 7.61 metros de longitud y un ancho total de 4.40 m. (ver índice de tabla); así mismo se diseñaron dos Biofiltro de flujo horizontal. resultando de las mismas dimensiones, con esta cantidad de biofiltro se garantizó la calidad adecuada de los efluentes para posteriormente ser depositados en los cuerpos receptores, (ver cálculos de diseño en anexos)

Tabla 25: Resultados tanque Imhoff

Tanque Imhoff		
Cantidad	1	Unid
Altura total	9.36	m
Ancho total	4.4	m
Longitud total	6.69	m
Tiempo de retención	2	horas
Numero de cámaras de sedimentación	1	Unid
Numero de cámaras de digestión	1	Unid
Calidad del efluente		
Eficiencia de remoción DBO_5	50	%
Calidad	232.5	mg /lt
Eficiencia de remoción de coliformes fecales	50	%
Calidad	5,500,000.00	NMP / 100 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Resultados de lecho de secado

Lecho de secado		
Parámetros	Datos	Unidades
Área requerida (Ar)	48.83	m^2
Ancho (B)	6	m
Longitud (L)	8.14	m
Número de unidades (N)	1	c/u

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Resultados de biofiltro n°1

Biofiltro 1		
Parámetros	Datos	Unidades
Caudal medio	468.972	$m^3/día$
Largo	94	m
Ancho	105	m
Profundidad	0.72	m
Área	0.99	ha
Tiempo de retención	5.17	días
Capas de filtros		
Espesor de capa vegetal	0.1	m
Piedra volcánica	0.55	m
Calidad del efluente		
Eficiencia de remoción de DBO_5	99.57	%
Calidad (mg/l)	1	mg/l
Eficiencia de remoción de coliformes fecales	99.51	%
Calidad (nmp/100ml)	2.37E+04	NMP/100 ml
Superficie requerida		
Superficie unitaria	9902	m^2
Tiempo de retención	5.17	días
Carga orgánica	110.11	Kg DBO_5 /ha*día
Carga hidráulica	473.61	m^3 /ha*d

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Resultados de biofiltro n°2

Biofiltro 2		
Parámetros	Datos	Unidades
Caudal medio	468.972	m ³ /día
Largo	94	m
Ancho	105	m
Profundidad	0.72	m
Área	0.99	ha
Tiempo de retención	5.17	días
Capas de filtros		
Espesor de capa vegetal	0.1	m
Piedra volcánica	0.55	m
Calidad del efluente		
Eficiencia de remoción de DBO ₅	99.57	%
Calidad (mg/l)	1	mg/l
Eficiencia de remoción de coliformes fecales	99.51	%
Calidad (nmp/100ml)	1.02E+02	NMP/100 ml
Superficie requerida		
Superficie unitaria	9902	m ²
Tiempo de retención	5.17	días
Carga orgánica	110.11	KgDBO/ha*día
Carga hidráulica	473.61	m ³ /ha*d

Fuente: Elaboración propia

5.6.3 Alternativa n°2 Tanque Imhoff + Lagunas facultativas secundarias + Laguna Aerobia terciaria

Se ubicaran a la salida del sistema de pre-tratamiento y estará conformada por un tanque Imhoff mas dos lagunas facultativas secundarias más una laguna aerobia terciaria en paralelo.

Tabla 29: Resultados de laguna facultativa secundaria

Lagunas facultativas secundarias		
Parámetros	Datos	Unidades
Caudal medio	468.972	m ³ /día
Ancho interior	26.935	m
Longitud interior	64.670	m
Longitud total	77.470	m
Ancho total	39.735	m
Talud interno	1/3	
Altura total	2.133	m
Numero de lagunas	2	
Relación largo/ancho	2	
Área requerida por laguna	2847.884	m ²
Área total	5695.768	m ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Resultados de laguna aerobia terciaria

Lagunas facultativas secundarias		
Parámetros	Datos	Unidades
Caudal medio	468.972	m3/día
Ancho interior	44.366	m
Longitud interior	97.731	m
Longitud total	108.731	m
Ancho total	55.366	m
Talud interno	1/3	
Altura total	1.833	m
Numero de lagunas	1	Unidad
Relación largo/ancho	2	Unidad
Área requerida por laguna	5695.768	m2
Área total	5695.768	m2

Fuente: Elaboración propia

5.7 Selección de alternativa de tratamiento

Para la selección de la alternativa más factible se tomaron los parámetros mostrados en la Tabla N° 18.

Tabla 31: Parámetros de selección de alternativas de tratamiento

Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2
Área a ocupar (Ha)	1.9804	1.1392
DBO en efluente mg/l	1	3.318
Coliformes fecales (NMP/100 ml) en efluente	1.02E+02	5.309E-01
Eficiencia de remoción DBO (%)	99.57	99.118
Eficiencia de remoción de coliformes fecales (%)	99.57	100
Costo de construcción del sistema	C\$52,008,983.98	C\$58,75,700.30
Complejidad y requisitos de capacitación y monitoreo	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se logra apreciar que para ambos sistemas la calidad del efluente obtenida logra cumplir con los parámetros establecidos para el vertido en cuerpos receptores y para re uso. Se aprecia también que las diferencias del área destinada para la ubicación de la planta de tratamiento corresponde a 0.84 Ha, empleándose mayor área para la alternativa N° 1. Dada la similitud en los resultados de los parámetros antes descritos, el grado de complejidad en el proceso de mantenimiento y operación y el requerimiento de capacitación al personal en ambos sistemas son bajos, el parámetro que representa mayor peso en la selección de la alternativa corresponde al costo de construcción del sistema.

Por lo tanto, debido a los parámetros antes expuestos y al observarse que la diferencia en el proceso constructivo entre ambos sistemas corresponde a C\$ 6,743,716.32 (“Seis millones setecientos cuarenta y tres mil setecientos dieciséis con treinta y dos centavos córdobas”), siendo el de mayor costo constructivo la Alternativa N° 2: Sistema Lagunas facultativas secundarias+

Laguna aerobia terciaria, por lo tanto se propone la selección del sistema de tratamiento a la Alternativa N°1 compuesta por Tanque Imhoff + Biofiltros.

5.8 Estudios de suelo

Para la obtención del tipo de suelo existente en los sitios del proyecto tanto para la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento se realizaron sondeos manuales de exploración a una profundidad de 1.50 metros para las redes y a 2.00 metros de profundidad para el sistema de tratamiento.

Imagen 3: Localización de sondeos manuales



Fuente: Elaboración propia

5.8.1 Ensayos efectuados

Con objeto de definir aproximadamente el valor y la variación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del suelo que intervienen en la determinación de la capacidad de carga admisible, hundimientos probables y métodos generales de excavación para la estructura en proyecto, se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio a las muestras de suelo obtenidas en los sondeos efectuados en el terreno propuesto para las redes de alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento. (Ver cálculo en Anexo).

- Clasificación de los materiales encontrados: determinando su contenido natural del agua (Humedad), tipo de suelo.
- Granulometría.
- Límites de consistencia o Atterberg.
- Capacidad de infiltración por el método de porchet

Tabla 32: Resultados de tipos de suelos

CLASIFICACION POR METODO UNIFICADO DE SUELOS (SUCS)								
Nº DE MUESTRA	PASA POR LA MALLA			L. ATTERBERG			SIMBOLOGIA	Tipo de suelo
	Nº4	Nº40	Nº200	L.L	L.P	I.P		
Muestra 1	61	43	31	53.9	37	16.8	MH	Limos inorgánicos
Muestra 2	52	38	25	39.8	26	14.2	CL	Arcilla de baja plasticidad
Muestra 3	72	39	28	47.1	24	23.1	CL	Arcilla de baja plasticidad
Muestra 4	83	79	74	43.9	16.4	27.5	CL	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas por el estudio en cuestión se enuncian a continuación:

- El estudio socio-económico permitió conocer la densidad demográfica de la ciudad así como también sus características económicas las cuales permiten la realización del proyecto en un futuro.
- El Sistema de tratamiento y la red de alcantarillado sanitario se diseñaron para cubrir el 100 % del casco urbano del municipio de El Almendro, Rio San Juan dicho sistema se elaboró para que trabaje completamente por gravedad.
- La red de alcantarillado sanitario se diseñó de acuerdo a las elevaciones del terreno de tipo convencional, con tubería PVC SDR 41 de 6" y funcionando totalmente por gravedad; para el trazo de las mismas, se trató de preservar en lo posible la pendiente natural del terreno, reduciendo así los volúmenes de excavación.
- Los pozos de visitas sanitarios son de tipo convencional con un total de 188 unidades. La pendiente mínima en las tuberías es de 0.3 % y el valor máximo es de 19 % respectivamente permitiendo velocidades de diseños y tensión de arrastre recomendados por el INNA.
- Se diseñaron 2 opciones con un tren de tratamiento (la 1era consistiendo en pre tratamiento + tanque Imhoff + biofiltro y la segunda formada por pre tratamiento + tanque Imhoff + laguna facultativa secundaria + laguna aerobia Terciaria) ambas alternativas cumplen con los parámetros de vertido en los cuerpos receptores naturales.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a la institución competente, en este caso la Alcaldía de El Almendro, Rio San Juan, buscar financiamiento para la pronta construcción del proyecto, así como para asegurarse que toda la población del proyecto pueda conectarse eficazmente a la red de alcantarillado sanitario, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida y ambientales de la zona.
- Brindar toda la información y capacitación necesaria a la población, acerca de la importancia de conectarse al sistema como también el buen uso y funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario.
- Elaborar un estudio de impacto ambiental (EIA) Para determinar el grado de afectación del proyecto y las medidas de mitigación del mismo, de tal forma que no afecte la calidad de vida de los habitantes.
- Una vez construido el proyecto se debe monitorear periódicamente las actividades de operación y mantenimiento para la red de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de forma que se garantice el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil.
- Construir barreras vivas rompe vientos en los sectores aledaños a las plantas de tratamiento para evitar la erosión del suelo y la perturbación a la población con malos olores provenientes de los sistemas de tratamiento.

Bibliografías

- Alcaldía Municipal del Almendro. (2017). *Caracterización El Almendro*. El Almendro, Río San Juan.
- Baldizon, I. M. ((s.f)). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Alcantarillado Sanitario*. Managua, Nicaragua.
- Baldizon, I. M. ((s.f)). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, Tratamiento de aguas residuales*. Managua, Nicaragua.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, C. (. (2005). *1. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Peru, Lima.
- Dr. Pedro Martínez, D. M.-E. (2017). Centros de salud en el municipio. (I. M. Paz, Entrevistador)
- INAA, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados. (2003). *Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Nicaragua.
- Marena, D. N.-9. (1995). *DISPOSICIONES PARA EL CONTROL CONTAMINACION*.
- NTON 05 027-05. (2006). *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE PARA REGULAR LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO*.
- UNI, U. N. (2001). *Normativa de Culminación de Estudios (FTC)*. Managua, Nicaragua.

ANEXOS

ANEXO A: Cálculo de Caudales

Tabla 1: Cálculos de línea de recolección

Población	5583	Hab
CPD	6.78	Lps
Factor de retorno	0.8	Lps
Q medio	5.427	Lps
Q medio unitario	0.0000102	l/s/m ²
Factor de Harmon	3.20	3
Q máx.	16.28	Lps
Q comercial	0.37	Lps
Nº comercios	10	
Q com. Unitario	0.037	lps
Q institucional	0.37	lps
Nº Instituciones	9	
Q inst. unitario	0.042	lps
Q industrial	0.10	lps
Nº Industrial	1	
Q diseño	17.53	Lps

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Cálculos de línea de recolección

Q infiltración PVC		2lt/hr/100 mts x 25 mm de diámetro		
Diámetro mínimo			150	mm
Q infiltración			0.3827	l/sg
q infiltración			3E-05	l/sg/mt
Dotación (INAA)	105	Lppd		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Cálculos de caudales

Pozo de visita		Elevación terreno(m)		Long. tramo	Long. tránsito	Área local	Área acumulada
Desde	Hasta	Inicial	Final	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)
PVS-1.9	PVS-1.8	221.37	217.46	48.88	48.88	2347.32	2347.32
PVS-1.8	PVS-1.7	217.46	214.62	37.05	85.93	1792.73	4140.05
PVS-1.7	PVS-1.6	214.62	211.51	40.03	125.96	1997.87	6137.92
PVS-1.6	PVS-1.5	211.51	209.03	31.71	157.67	1588.52	7726.44
PVS-1.5	PVS-1.4	209.03	207.65	17.13	174.80	507.69	8234.13
PVS-1.4	PVS-1.3	207.65	203.33	39.35	214.15	1027.85	9261.98
PVS-1.3.3	PVS-1.3.2	213.65	210.58	44.53	44.53	4216.50	4216.50
PVS-1.3.2	PVS-1.3.1	210.58	208.00	37.35	81.88	1414.96	5631.46
PVS-1.3.1	PVS-1.3	208.00	203.33	67.50	149.38	1551.30	7182.75
PVS-1.3	PVS-1	203.33	197.15	51.91	415.44	1282.03	17726.76
PVS-1.2	PVS-1.1	205.69	201.37	66.12	66.12	3808.78	3808.78
PVS-1.1	PVS-1	201.37	197.15	64.55	130.67	3219.74	7028.52
PVS-1.15	PVS-1.14	214.54	212.10	69.69	69.69	4778.35	4778.35
PVS-1.14	PVS-1.13	212.10	207.43	79.56	149.25	3492.61	8270.97
PVS-1.13	PVS-1.12	207.43	202.84	99.11	248.36	3888.67	12159.63
PVS-1.12	PVS-1.11	202.84	200.24	80.87	329.23	3327.50	15487.13
PVS-1.11	PVS-1.10	200.24	199.92	96.10	96.10	7095.38	7095.38
PVS-1.10	PVS-1	199.92	197.15	99.70	99.70	6231.90	6231.90
Colectora 1							
PVS-1	PVS-2	197.15	189.89	61.05	706.86	1030.57	32017.75
PVS-1.12	PVS-2.3	202.84	201.72	61.00	61.00	2154.33	2154.33
PVS-2.4	PVS-2.3	203.73	201.72	56.89	56.89	2762.65	2762.65
PVS-2.3	PVS-2.2	201.72	196.98	81.80	199.69	2731.75	7648.72
PVS-1.11	PVS-2.2	200.24	196.98	61.06	390.29	977.50	16464.63
PVS-2.2	PVS-2.1	196.98	192.33	89.79	679.77	3036.52	27149.87
PVS-1.10	PVS-2.1	199.92	192.33	60.33	156.43	1069.08	8164.47
PVS-2.1	PVS-2	192.33	189.89	96.09	96.09	3943.73	3943.73
Colectora 2							
PVS-2	PVS-3	189.89	186.15	87.26	890.21	14968.66	50930.14
Colectora 3							
PVS-3	PVS-4	186.15	184.18	96.41	986.62	8115.07	59045.21
Colectora 4							
PVS-4	PVS-5	184.18	183.37	30.80	1017.42	2162.65	61207.86
PVS-5.1.2	PVS-5.1.1	186.35	184.39	39.92	39.92	3400.35	3400.35
PVS-5.1.1	PVS-5.1	184.39	184.12	73.42	113.34	5513.67	8914.02
PVS-5.1	PVS-5	184.12	183.37	63.07	63.07	557.47	557.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Cálculos de caudales

Pozo de visita		Elevación terreno(m)		Long. tramo	Long. tránsito	Área local	Área acumulada
Desde	Hasta	Inicial	Final	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)
Colectora 5							
PVS-5	PVS-6	183.37	183.22	27.59	1108.08	528.12	62293.44
PVS-2.3	PVS-6.4.2	201.72	198.16	60.66	60.66	1561.91	1561.91
PVS-6.4.2	PVS-6.4.1	198.16	194.09	82.33	82.33	2555.39	2555.39
PVS-2.2	PVS-6.4.1	196.98	194.09	59.36	59.36	1374.72	1374.72
PVS-6.4.1	PVS-6.4	194.09	189.59	85.73	227.42	2992.62	6922.73
PVS-2.1	PVS-6.4	192.33	189.59	55.73	891.93	2123.03	37437.37
PVS-6.4.2	PVS-6.2.2	198.16	190.69	70.11	130.77	3729.05	5290.96
PVS-6.2.2	PVS-6.2.1	190.69	188.09	81.49	81.49	3588.24	3588.24
PVS-6.4.1	PVS-6.3.1	194.09	189.92	54.54	54.54	1542.29	1542.29
PVS-6.3.1	PVS-6.2.1	189.92	188.09	22.76	22.76	312.36	312.36
PVS-6.4	PVS-6.3	189.59	186.02	57.26	1176.61	2123.03	46483.13
PVS-6.3.1	PVS-6.3	189.92	186.02	85.70	140.24	2058.63	3600.92
PVS-6.2.1	PVS-6.2	188.09	184.60	75.07	179.32	2227.75	6128.35
PVS-6.3	PVS-6.2	186.02	184.60	34.94	1351.79	1179.77	51263.82
PVS-6.2	PVS-6.1	184.60	183.86	77.86	1608.97	2567.77	59959.94
PVS-1.15	PVS-7.4.5	214.54	211.31	85.28	85.28	4294.90	4294.90
PVS-7.4.5	PVS-7.4.4	211.31	205.56	79.80	165.08	4726.07	9020.96
PVS-7.4.4	PVS-7.4.3	205.56	200.17	71.08	236.16	5653.91	14674.87
PVS-7.4.3	PVS-7.4.2	200.17	192.38	98.03	334.19	16025.13	30700.01
PVS-7.4.2	PVS-7.4.1	192.38	187.72	99.93	434.12	4916.47	35616.47
PVS-6.2.2	PVS-7.4.1	190.69	187.72	33.39	164.16	163.32	5454.28
PVS-7.4.1	PVS-7.4	187.72	186.14	65.97	664.25	7073.05	48143.81
PVS-7.4.4	PVS-7.13	205.56	200.95	60.13	60.13	5373.69	5373.69
PVS-7.13	PVS-7.12	200.95	197.43	81.74	141.87	6257.31	11631.00
PVS-7.12	PVS-7.11	197.43	196.34	71.07	212.94	6307.91	17938.91
PVS-7.11.3	PVS-7.11.2	199.43	197.86	73.31	73.31	7026.37	7026.37
PVS-7.11.2	PVS-7.11.1	197.86	196.87	72.81	146.12	7148.66	14175.03
PVS-7.11.1	PVS-7.11	196.87	196.34	75.17	221.29	3476.37	17651.41
PVS-7.11	PVS-7.10	196.34	191.06	99.75	533.98	4127.19	39717.51
PVS-7.10	PVS-7.9	191.06	189.84	61.17	595.15	3626.28	43343.79
PVS-7.9	PVS-7.8	189.84	188.45	53.59	53.59	9539.71	9539.71
PVS-7.8	PVS-7.7	188.45	187.24	28.84	82.43	1738.50	11278.20
PVS-7.7	PVS-7.6	187.24	186.83	67.68	67.68	2129.18	2129.18
PVS-7.6	PVS-7.5	186.83	186.51	55.67	55.67	4284.52	4284.52
PVS-7.5	PVS-7.4	186.51	186.14	65.02	65.02	5606.42	5606.42
PVS-7.4	PVS-7.3	186.14	184.30	45.84	775.11	442.99	54193.22
PVS-6.1.1	PVS-7.3	184.69	184.30	54.42	54.42	766.11	766.11
PVS-7.3	PVS-7.2	184.30	182.25	77.86	907.39	2747.60	57706.92
PVS-6.1.1	PVS-6.1	184.69	183.86	73.35	73.35	2157.76	2157.76
PVS-6.1	PVS-6	183.86	183.22	98.45	1780.77	4148.03	66265.73
PVS-6.1	PVS-7.2	183.86	182.25	60.02	60.02	1411.77	1411.77
PVS-7.2	PVS-7.1	182.25	182.24	56.48	56.48	1961.56	1961.56
PVS-7.1	PVS-7	182.24	182.12	61.70	118.18	1306.31	3267.87
Colectora 6							
PVS-6	PVS-7	183.22	182.12	64.21	2953.06	2368.80	130927.97
PVS-7.5	PVS-8.3.1	186.51	183.76	60.60	116.27	2167.26	6451.78
PVS-8.3.1	PVS-8.3	183.76	182.11	58.71	174.98	1969.86	8421.64
PVS-7.2	PVS-8.3	182.25	182.11	59.11	1026.52	1287.37	60406.06
PVS-7.6	PVS-8.4.1	186.83	184.35	56.36	124.04	1908.19	4037.37
PVS-8.4.1	PVS-8.4	184.35	182.19	59.72	183.76	1877.43	5914.80
PVS-8.4	PVS-8.3	182.19	182.11	64.09	2169.97	1212.58	121088.37
PVS-8.3	PVS-8.2	182.11	181.92	50.39	3421.86	1818.60	191734.67
PVS-8.2	PVS-8	181.92	181.83	66.21	3488.07	2373.27	194107.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Cálculos de caudales

Pozo de visita		Elevación terreno(m)		Long. tramo	Long. tránsito	Área local	Área acumulada
Desde	Hasta	Inicial	Final	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)
Colectora 7							
PVS-7	PVS-8	182.12	181.83	66.14	3137.38	2499.79	136695.63
PVS-5.1	PVS-8.1.2	184.12	183.36	53.93	167.27	2939.78	11853.79
PVS-8.1.2	PVS-8.1.1	183.36	183.10	98.07	265.34	6113.27	17967.07
PVS-8.1.1	PVS-8.1	183.10	182.91	20.75	286.09	952.68	18919.75
PVS-8.1	PVS-8	182.91	181.83	70.79	356.88	1245.58	20165.32
PVS-7.11.3	PVS-8.13.5	199.43	197.50	45.94	45.94	761.54	761.54
PVS-8.13.5	PVS-8.13.2	197.50	195.89	41.22	87.16	1200.65	1962.19
PVS-8.13.3	PVS-8.13.2	197.75	195.89	62.22	62.22	5930.56	5930.56
PVS-8.13.2	PVS-8.13.1	195.89	194.70	31.44	180.82	1541.18	9433.93
PVS-8.13.1	PVS-8.13	194.70	190.82	85.89	266.71	2962.57	12396.50
PVS-7.10	PVS-8.13	191.06	190.82	16.54	16.54	533.63	533.63
PVS-8.13	PVS-8.12	190.82	190.44	60.62	343.87	923.48	13853.62
PVS-8.12	PVS-8.11	190.44	189.24	40.49	384.36	2167.55	16021.17
PVS-8.11	PVS-8.10	189.24	187.66	48.82	433.18	4793.71	20814.88
PVS-8.10	PVS-8.9	187.66	185.57	52.71	485.89	3497.63	24312.51
PVS-8.9	PVS-8.8	185.57	184.83	48.57	534.46	2545.25	26857.75
PVS-8.8.4	PVS-8.8.3	186.74	185.68	37.80	37.80	2660.50	2660.50
PVS-8.8.3	PVS-8.8.2	185.68	185.20	79.11	116.91	6814.02	9474.51
PVS-8.8.2	PVS-8.8.1	185.20	185.13	16.03	132.94	2325.99	11800.50
PVS-8.8.1	PVS-8.8	185.13	184.83	82.21	215.15	1940.93	13741.43
PVS-8.8	PVS-8.7	184.83	183.94	36.54	786.15	742.57	41341.74
PVS-7.9	PVS-8.7.1	189.84	186.63	91.28	686.43	3859.60	47203.38
PVS-8.7.1	PVS-8.7	186.63	183.94	96.57	783.00	3750.78	50954.17
PVS-8.7	PVS-8.6	183.94	183.06	42.75	1611.90	1383.48	93679.40
PVS-8.6	PVS-8.5	183.06	182.41	51.40	1663.30	1974.06	95653.45
PVS-7.7	PVS-8.5.1	187.24	184.84	55.62	138.05	2191.08	13469.29
PVS-8.5.1	PVS-8.5	184.84	182.41	57.52	195.57	2886.44	16355.73
PVS-8.5	PVS-8.4	182.41	182.19	63.25	1922.12	1951.81	113960.99
PVS-8.4	PVS-9.1	182.19	181.92	92.20	92.20	4169.95	4169.95
PVS-8.6	PVS-9.3	183.06	182.49	91.02	91.02	5133.58	5133.58
PVS-9.3	PVS-9.2	182.49	182.32	51.36	51.36	3734.65	3734.65
PVS-9.2	PVS-9.1	182.32	181.92	63.83	115.19	1861.75	5596.40
PVS-9.1	PVS-9	181.92	181.78	29.28	236.67	1604.01	11370.36
Colectora 8							
PVS-8	PVS-9	181.83	181.78	48.54	7030.87	1141.57	352110.46
Colectora 9							
PVS-9	PVS-10	181.78	181.76	82.67	7350.21	4791.73	368272.55
Colectora 10							
PVS-10	PVS-11	181.76	181.69	37.60	7387.81	3951.70	372224.25
Colectora 11							
PVS-11	PVS-12	181.69	181.62	54.02	7441.83	2257.66	374481.91
PVS-9.3	PVS-12.3	182.49	182.24	46.26	137.28	1354.79	6488.37
PVS-8.8	PVS-12.5	184.83	184.10	89.05	89.05	4340.61	4340.61
PVS-8.8.3	PVS-12.6	185.68	185.36	52.87	52.87	802.42	802.42
PVS-12.6	PVS-12.5	185.36	184.10	41.33	94.20	1236.30	2038.72
PVS-12.5	PVS-12.4	184.10	183.86	57.88	241.13	1546.90	7926.23
PVS-12.4	PVS-12.3	183.86	182.24	74.79	74.79	2349.72	2349.72
PVS-12.3	PVS-12.2	182.24	182.08	77.81	289.88	4509.53	13347.62
PVS-12.2	PVS-12.1	182.08	182.07	70.65	70.65	2612.22	2612.22
PVS-12.1	PVS-12	182.07	181.62	28.75	99.40	578.27	3190.49
Colectora 12							
PVS-12	PVS-13	181.62	181.61	49.77	7591.00	2119.71	379792.11
Colectora 13							
PVS-13	PVS-14	181.61	181.53	60.53	7651.53	2977.71	382769.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Cálculos de caudales

Pozo de visita		Elevación terreno(m)		Long. tramo	Long. tránsito	Área local	Área acumulada
Desde	Hasta	Inicial	Final	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)
Colectora 14							
PVS-14	PVS-15	181.53	181.23	99.12	7750.65	5410.49	388180.31
PVS-15.11	PVS-15.10	184.62	184.40	99.14	99.14	11363.72	11363.72
PVS-15.10	PVS-15.9	184.40	184.32	97.90	197.04	5383.88	16747.60
PVS-15.9	PVS-15.8	184.32	184.31	94.50	291.54	7764.38	24511.98
PVS-15.8	PVS-15.7	184.31	183.99	95.91	387.45	3075.35	27587.33
PVS-15.7	PVS-15.6	183.99	183.61	32.94	420.39	1330.58	28917.91
PVS-15.6.2	PVS-15.6.1	183.93	184.74	55.98	55.98	1168.62	1168.62
PVS-15.6.1	PVS-15.6	184.74	183.61	94.48	150.46	1348.53	2517.15
PVS-15.6	PVS-15.5	183.61	182.03	52.64	623.49	3359.18	34794.24
PVS-15.5.3	PVS-15.5.2	183.92	184.62	40.85	40.85	1975.97	1975.97
PVS-15.5.2	PVS-15.5.1	184.62	182.28	68.36	109.21	2982.53	4958.50
PVS-15.5.1	PVS-15.5	182.28	182.03	40.14	149.35	797.49	5755.99
PVS-15.5	PVS-15.4	182.03	181.27	47.30	820.14	2226.53	42776.76
PVS-15.4.3	PVS-15.4.2	182.32	183.11	67.90	67.90	2913.51	2913.51
PVS-15.4.2	PVS-15.4.1	183.11	181.82	37.51	105.41	1666.63	4580.14
PVS-15.4.1	PVS-15.4	181.82	181.27	63.72	169.13	1877.33	6457.47
PVS-15.4	PVS-15.3	181.27	181.26	58.05	1047.32	3006.65	52240.89
PVS-15.3.5	PVS-15.3.4	181.63	183.35	52.30	52.30	2545.00	2545.00
PVS-15.3.4	PVS-15.3.1	183.35	181.31	58.44	110.74	2233.21	4778.21
PVS-15.3.3	PVS-15.3.2	182.21	183.59	71.20	71.20	4826.64	4826.64
PVS-15.3.2	PVS-15.3.1	183.59	181.31	50.45	121.65	2303.72	7130.36
PVS-15.3.1	PVS-15.3	181.31	181.26	60.57	292.96	1356.47	13265.03
PVS-15.3	PVS-15.2	181.26	181.25	59.07	1399.35	1956.69	67462.61
PVS-15.2	PVS-15	181.25	181.23	50.79	1450.14	729.28	68191.90
PVS-15.1.1	PVS-15.1	182.63	182.13	70.90	70.90	4378.62	4378.62
PVS-15.1	PVS-15	182.13	181.23	63.00	133.90	2279.69	6658.31
Colectora 15							
PVS-15	PVS-16	181.23	181.18	56.18	9390.87	2066.63	465097.15
Colectora 16							
PVS-16	PVS-17	181.18	181.17	57.39	9448.26	2332.61	467429.76
PVS-12.2	PVS-17	182.08	181.17	75.12	365.00	4552.20	17899.82
PVS-12.4	PVS-17	183.86	181.17	85.83	326.96	1039.21	8965.43
Colectora 17							
PVS-17	PVS-18	181.17	181.15	38.43	10178.65	1514.88	495809.89
Colectora 18							
PVS-18	PVS-19	181.15	181.13	47.71	10226.36	4075.14	499885.03
Colectora 19							
PVS-19	PVS-20	181.13	181.11	49.40	10275.76	514.63	500399.66
PVS-12.4	PVS-20.2	183.86	183.53	43.87	43.87	1992.43	1992.43
PVS-20.2	PVS-20.1	183.53	183.43	24.54	68.41	1642.85	3635.28
PVS-20.1	PVS-20	183.43	181.11	28.87	97.28	1477.08	5112.36
PVS-8.8.4	PVS-20	186.74	181.11	52.56	52.56	525.01	525.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Cálculos de caudales

Pozo de visita		Elevación terreno(m)		Long. tramo	Long. tránsito	Área local	Área acumulada
Desde	Hasta	Inicial	Final	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)
Colectora 20							
PVS-20	PVS-21	181.11	180.15	23.81	10449.41	635.49	506672.53
Colectora 21							
PVS-21	PVS-22	180.15	180.00	46.82	10496.23	0.00	506672.53
Colectora 22							
PVS-22	PVS-23	180.00	179.90	29.44	10525.67	1932.36	508604.88
Colectora 23							
PVS-23	PVS-24	179.90	179.86	47.27	10572.94	2645.46	511250.34
Colectora 24							
PVS-24	PVS-25	179.86	179.66	47.96	10620.90	2280.61	513530.95
Colectora 25							
PVS-25	PVS-26	179.66	179.40	34.03	10654.93	2633.62	516164.57
PVS-26.5	PVS-26.4	184.50	183.17	10.25	10.25	124.53	124.53
PVS-26.4	PVS-26.3	183.17	182.42	34.01	44.26	1384.22	1508.75
PVS-26.3	PVS-26.2	182.42	182.33	43.54	87.80	1897.90	3406.65
PVS-26.2	PVS-26.1	182.33	182.13	43.00	130.80	1033.59	4440.24
PVS-26.5	PVS-26.1.4	184.50	183.88	36.40	36.40	1900.00	1900.00
PVS-26.1.4	PVS-26.1.3	183.88	183.51	50.54	86.94	3709.39	5609.39
PVS-26.1.3	PVS-26.1.2	183.51	182.24	48.16	135.10	740.06	6349.46
PVS-26.1.2	PVS-26.1.1	182.24	182.18	18.26	153.36	305.12	6654.57
PVS-26.1.1	PVS-26.1	182.18	182.13	37.35	190.71	616.32	7270.89
PVS-26.1	PVS-26	182.13	175.40	44.97	366.48	127.60	11838.73
Colectora 26							
PVS-26	PVS-27	175.40	175.23	63.78	11085.19	1916.51	529919.82
Colectora 27							
PVS-27	PVS-28	175.23	175.10	97.25	11182.44	1445.88	531365.69
Colectora 28							
PVS-28	CR-E	175.10	175.02	300.00	11482.44	0.00	531365.69
				11482.44		531365.69	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Distribución de caudales

Pozo de visita		Q medio domestico	Q medio domestico acumulado	Q máximo	Q comercial	Q comercial acumulado	Q Institucional	Q Institucional acumulado	Q Industrial	Q Industrial acumulado	Q infiltración	Q diseño
Desde	Hasta	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)
PVS-1.9	PVS-1.8	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
PVS-1.8	PVS-1.7	0.02	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
PVS-1.7	PVS-1.6	0.02	0.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
PVS-1.6	PVS-1.5	0.02	0.08	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24
PVS-1.5	PVS-1.4	0.01	0.08	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.26
PVS-1.4	PVS-1.3	0.01	0.09	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.29
PVS-1.3.3	PVS-1.3.2	0.04	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
PVS-1.3.2	PVS-1.3.1	0.01	0.06	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
PVS-1.3.1	PVS-1.3	0.02	0.07	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
PVS-1.3	PVS-1	0.01	0.18	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.56
PVS-1.2	PVS-1.1	0.04	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
PVS-1.1	PVS-1	0.03	0.07	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
PVS-1.15	PVS-1.14	0.05	0.05	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
PVS-1.14	PVS-1.13	0.04	0.08	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
PVS-1.13	PVS-1.12	0.04	0.12	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
PVS-1.12	PVS-1.11	0.03	0.16	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.49
PVS-1.11	PVS-1.10	0.07	0.07	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
PVS-1.10	PVS-1	0.06	0.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
Colectora 1												
PVS-1	PVS-2	0.01	0.33	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.00
PVS-1.12	PVS-2.3	0.02	0.02	0.07	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
PVS-2.4	PVS-2.3	0.03	0.03	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
PVS-2.3	PVS-2.2	0.03	0.08	0.23	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.32
PVS-1.11	PVS-2.2	0.01	0.17	0.50	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.59
PVS-2.2	PVS-2.1	0.03	0.28	0.83	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.93
PVS-1.10	PVS-2.1	0.01	0.08	0.25	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.33
PVS-2.1	PVS-2	0.04	0.04	0.12	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Colectora 2												
PVS-2	PVS-3	0.15	0.52	1.56	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.67
Colectora 3												
PVS-3	PVS-4	0.08	0.60	1.81	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.92
Colectora 4												
PVS-4	PVS-5	0.02	0.63	1.88	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.99
PVS-5.1.2	PVS-5.1.1	0.03	0.03	0.10	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
PVS-5.1.1	PVS-5.1	0.06	0.09	0.27	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
PVS-5.1	PVS-5	0.01	0.01	0.02	0.04	0.15	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Distribución de caudales

Pozo de visita		Q medio domestico	Q medio domestico acumulado	Q máximo	Q comercial	Q comercial acumulado	Q Institucional	Q Institucional acumulado	Q Industrial	Q Industrial acumulado	Q infiltración	Q diseño
Desde	Hasta	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)
Colectora 5												
PVS-5	PVS-6	0.01	0.64	1.91	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04	2.18
PVS-2.3	PVS-6.4.2	0.02	0.02	0.05	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.29
PVS-6.4.2	PVS-6.4.1	0.03	0.03	0.08	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.32
PVS-2.2	PVS-6.4.1	0.01	0.01	0.04	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.28
PVS-6.4.1	PVS-6.4	0.03	0.07	0.21	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	0.46
PVS-2.1	PVS-6.4	0.02	0.38	1.15	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.03	1.41
PVS-6.4.2	PVS-6.2.2	0.04	0.05	0.16	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.40
PVS-6.2.2	PVS-6.2.1	0.04	0.04	0.11	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.35
PVS-6.4.1	PVS-6.3.1	0.02	0.02	0.05	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.29
PVS-6.3.1	PVS-6.2.1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.25
PVS-6.4	PVS-6.3	0.02	0.47	1.42	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04	1.70
PVS-6.3.1	PVS-6.3	0.02	0.04	0.11	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.35
PVS-6.2.1	PVS-6.2	0.02	0.06	0.19	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	0.43
PVS-6.3	PVS-6.2	0.01	0.52	1.57	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.05	1.85
PVS-6.2	PVS-6.1	0.03	0.61	1.84	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.05	2.13
PVS-1.15	PVS-7.4.5	0.04	0.04	0.13	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.37
PVS-7.4.5	PVS-7.4.4	0.05	0.09	0.28	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	0.52
PVS-7.4.4	PVS-7.4.3	0.06	0.15	0.45	0.00	0.15	0.04	0.13	0.00	0.00	0.01	0.74
PVS-7.4.3	PVS-7.4.2	0.16	0.31	0.94	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	1.23
PVS-7.4.2	PVS-7.4.1	0.05	0.36	1.09	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	1.38
PVS-6.2.2	PVS-7.4.1	0.00	0.06	0.17	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	0.45
PVS-7.4.1	PVS-7.4	0.07	0.49	1.48	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.02	1.78
PVS-7.4.4	PVS-7.13	0.05	0.05	0.16	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.45
PVS-7.13	PVS-7.12	0.06	0.12	0.36	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.64
PVS-7.12	PVS-7.11	0.06	0.18	0.55	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	0.84
PVS-7.11.3	PVS-7.11.2	0.07	0.07	0.22	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.50
PVS-7.11.2	PVS-7.11.1	0.07	0.14	0.43	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.72
PVS-7.11.1	PVS-7.11	0.04	0.18	0.54	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	0.83
PVS-7.11	PVS-7.10	0.04	0.41	1.22	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.02	1.51
PVS-7.10	PVS-7.9	0.04	0.44	1.33	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.02	1.63
PVS-7.9	PVS-7.8	0.10	0.10	0.29	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.57
PVS-7.8	PVS-7.7	0.02	0.12	0.35	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.63
PVS-7.7	PVS-7.6	0.02	0.02	0.07	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.35
PVS-7.6	PVS-7.5	0.04	0.04	0.13	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.41
PVS-7.5	PVS-7.4	0.06	0.06	0.17	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.45
PVS-7.4	PVS-7.3	0.00	0.55	1.66	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.03	1.97
PVS-6.1.1	PVS-7.3	0.01	0.01	0.02	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.30
PVS-7.3	PVS-7.2	0.03	0.59	1.77	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.03	2.08
PVS-6.1.1	PVS-6.1	0.02	0.02	0.07	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.35
PVS-6.1	PVS-6	0.04	0.68	2.03	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.06	2.37
PVS-6.1	PVS-7.2	0.01	0.01	0.04	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.32
PVS-7.2	PVS-7.1	0.02	0.02	0.06	0.04	0.19	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.42
PVS-7.1	PVS-7	0.01	0.03	0.10	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.46
Colectora 6												
PVS-6	PVS-7	0.02	1.34	4.01	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.10	4.47
PVS-7.5	PVS-8.3.1	0.02	0.07	0.20	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.56
PVS-8.3.1	PVS-8.3	0.02	0.09	0.26	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.62
PVS-7.2	PVS-8.3	0.01	0.62	1.85	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.03	2.24
PVS-7.6	PVS-8.4.1	0.02	0.04	0.12	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.49
PVS-8.4.1	PVS-8.4	0.02	0.06	0.18	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.55
PVS-8.4	PVS-8.3	0.01	1.24	3.71	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.07	4.14
PVS-8.3	PVS-8.2	0.02	1.96	5.88	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.11	6.35
PVS-8.2	PVS-8	0.02	1.98	5.95	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.12	6.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Distribución de caudales

Pozo de visita		Q medio domestico	Q medio domestico acumulado	Q máximo	Q comercial	Q comercial acumulado	Q Institucional	Q Institucional acumulado	Q Industrial	Q Industrial acumulado	Q infiltración	Q diseño
Desde	Hasta	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)
Colectora 7												
PVS-7	PVS-8	0.03	1.40	4.19	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.10	4.65
PVS-5.1	PVS-8.1.2	0.03	0.12	0.36	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.73
PVS-8.1.2	PVS-8.1.1	0.06	0.18	0.55	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.92
PVS-8.1.1	PVS-8.1	0.01	0.19	0.58	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.95
PVS-8.1	PVS-8	0.01	0.21	0.62	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.99
PVS-7.11.3	PVS-8.13.5	0.01	0.01	0.02	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.38
PVS-8.13.5	PVS-8.13.2	0.01	0.02	0.06	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.42
PVS-8.13.3	PVS-8.13.2	0.06	0.06	0.18	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.54
PVS-8.13.2	PVS-8.13.1	0.02	0.10	0.29	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.65
PVS-8.13.1	PVS-8.13	0.03	0.13	0.38	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.75
PVS-7.10	PVS-8.13	0.01	0.01	0.02	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.38
PVS-8.13	PVS-8.12	0.01	0.14	0.42	0.04	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.83
PVS-8.12	PVS-8.11	0.02	0.16	0.49	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.90
PVS-8.11	PVS-8.10	0.05	0.21	0.64	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	1.05
PVS-8.10	PVS-8.9	0.04	0.25	0.75	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.02	1.16
PVS-8.9	PVS-8.8	0.03	0.27	0.82	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.02	1.24
PVS-8.8.4	PVS-8.8.3	0.03	0.03	0.08	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.48
PVS-8.8.3	PVS-8.8.2	0.07	0.10	0.29	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.69
PVS-8.8.2	PVS-8.8.1	0.02	0.12	0.36	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.76
PVS-8.8.1	PVS-8.8	0.02	0.14	0.42	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.83
PVS-8.8	PVS-8.7	0.01	0.42	1.27	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.03	1.69
PVS-7.9	PVS-8.7.1	0.04	0.48	1.45	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.02	1.87
PVS-8.7.1	PVS-8.7	0.04	0.52	1.56	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.03	1.98
PVS-8.7	PVS-8.6	0.01	0.96	2.87	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.05	3.32
PVS-8.6	PVS-8.5	0.02	0.98	2.93	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.06	3.38
PVS-7.7	PVS-8.5.1	0.02	0.14	0.41	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.81
PVS-8.5.1	PVS-8.5	0.03	0.17	0.50	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.90
PVS-8.5	PVS-8.4	0.02	1.16	3.49	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.06	3.95
PVS-8.4	PVS-9.1	0.04	0.04	0.13	0.00	0.23	0.04	0.21	0.00	0.00	0.00	0.57
PVS-8.6	PVS-9.3	0.05	0.05	0.16	0.00	0.23	0.08	0.30	0.00	0.00	0.00	0.68
PVS-9.3	PVS-9.2	0.04	0.04	0.11	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.64
PVS-9.2	PVS-9.1	0.02	0.06	0.17	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.70
PVS-9.1	PVS-9	0.02	0.12	0.35	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.01	0.88
Colectora 8												
PVS-8	PVS-9	0.01	3.60	10.79	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.23	11.55
Colectora 9												
PVS-9	PVS-10	0.05	3.76	11.29	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.25	12.05
Colectora 10												
PVS-10	PVS-11	0.04	3.80	11.41	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.25	12.18
Colectora 11												
PVS-11	PVS-12	0.02	3.83	11.48	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.25	12.25
PVS-9.3	PVS-12.3	0.01	0.07	0.20	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.73
PVS-8.8	PVS-12.5	0.04	0.04	0.13	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.66
PVS-8.8.3	PVS-12.6	0.01	0.01	0.02	0.04	0.27	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.59
PVS-12.6	PVS-12.5	0.01	0.02	0.06	0.00	0.27	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.63
PVS-12.5	PVS-12.4	0.02	0.08	0.24	0.00	0.27	0.00	0.30	0.00	0.00	0.01	0.81
PVS-12.4	PVS-12.3	0.02	0.02	0.07	0.00	0.27	0.04	0.34	0.00	0.00	0.00	0.68
PVS-12.3	PVS-12.2	0.05	0.14	0.41	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.01	1.02
PVS-12.2	PVS-12.1	0.03	0.03	0.08	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.69
PVS-12.1	PVS-12	0.01	0.03	0.10	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.70
Colectora 12												
PVS-12	PVS-13	0.02	3.88	11.64	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.25	12.50
Colectora 13												
PVS-13	PVS-14	0.03	3.91	11.73	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.26	12.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Distribución de caudales

Pozo de visita		Q medio domestico	Q medio domestico acumulado	Q máximo	Q comercial	Q comercial acumulado	Q Institucional	Q Institucional acumulado	Q Industrial	Q Industrial acumulado	Q infiltración	Q diseño
Desde	Hasta	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)
Colectora 14												
PVS-14	PVS-15	0.06	3.97	11.90	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.26	12.76
PVS-15.11	PVS-15.10	0.12	0.12	0.35	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.96
PVS-15.10	PVS-15.9	0.05	0.17	0.51	0.00	0.27	0.00	0.34	0.11	0.11	0.01	1.23
PVS-15.9	PVS-15.8	0.08	0.25	0.75	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.01	1.47
PVS-15.8	PVS-15.7	0.03	0.28	0.85	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.01	1.57
PVS-15.7	PVS-15.6	0.01	0.30	0.89	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.01	1.61
PVS-15.6.2	PVS-15.6.1	0.01	0.01	0.04	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.75
PVS-15.6.1	PVS-15.6	0.01	0.03	0.08	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.01	0.79
PVS-15.6	PVS-15.5	0.03	0.36	1.07	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.02	1.80
PVS-15.5.3	PVS-15.5.2	0.02	0.02	0.06	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.77
PVS-15.5.2	PVS-15.5.1	0.03	0.05	0.15	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.87
PVS-15.5.1	PVS-15.5	0.01	0.06	0.18	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.89
PVS-15.5	PVS-15.4	0.02	0.44	1.31	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.03	2.05
PVS-15.4.3	PVS-15.4.2	0.03	0.03	0.09	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.80
PVS-15.4.2	PVS-15.4.1	0.02	0.05	0.14	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.86
PVS-15.4.1	PVS-15.4	0.02	0.07	0.20	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.01	0.92
PVS-15.4	PVS-15.3	0.03	0.53	1.60	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.03	2.35
PVS-15.3.5	PVS-15.3.4	0.03	0.03	0.08	0.00	0.27	0.00	0.34	0.00	0.11	0.00	0.79
PVS-15.3.4	PVS-15.3.1	0.02	0.05	0.15	0.00	0.27	0.04	0.38	0.00	0.11	0.00	0.90
PVS-15.3.3	PVS-15.3.2	0.05	0.05	0.15	0.00	0.27	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.90
PVS-15.3.2	PVS-15.3.1	0.02	0.07	0.22	0.00	0.27	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.98
PVS-15.3.1	PVS-15.3	0.01	0.14	0.41	0.00	0.27	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.17
PVS-15.3	PVS-15.2	0.02	0.69	2.07	0.04	0.30	0.00	0.38	0.00	0.11	0.05	2.91
PVS-15.2	PVS-15	0.01	0.70	2.09	0.04	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.05	2.97
PVS-15.1.1	PVS-15.1	0.04	0.04	0.13	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.97
PVS-15.1	PVS-15	0.02	0.07	0.20	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	1.04
Colectora 15												
PVS-15	PVS-16	0.02	4.75	14.25	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.31	15.40
Colectora 16												
PVS-16	PVS-17	0.02	4.77	14.32	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.31	15.47
PVS-12.2	PVS-17	0.05	0.18	0.55	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.39
PVS-12.4	PVS-17	0.01	0.09	0.27	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.12
Colectora 17												
PVS-17	PVS-18	0.02	5.06	15.19	0.00	0.34	0.00	0.38	0.00	0.11	0.34	16.36
Colectora 18												
PVS-18	PVS-19	0.04	5.11	15.32	0.04	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.34	16.53
Colectora 19												
PVS-19	PVS-20	0.01	5.11	15.33	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.34	16.55
PVS-12.4	PVS-20.2	0.02	0.02	0.06	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.93
PVS-20.2	PVS-20.1	0.02	0.04	0.11	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.98
PVS-20.1	PVS-20	0.02	0.05	0.16	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	1.03
PVS-8.8.4	PVS-20	0.01	0.01	0.02	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Distribución de caudales

Pozo de visita		Q medio doméstico	Q medio doméstico acumulado	Q máximo	Q comercial	Q comercial acumulado	Q Institucional	Q Institucional acumulado	Q Industrial	Q Industrial acumulado	Q infiltración	Q diseño
Desde	Hasta	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)	(lps)
Colectora 20												
PVS-20	PVS-21	0.01	5.18	15.53	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.35	16.74
Colectora 21												
PVS-21	PVS-22	0.00	5.18	15.53	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.35	16.75
Colectora 22												
PVS-22	PVS-23	0.02	5.20	15.59	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.35	16.81
Colectora 23												
PVS-23	PVS-24	0.03	5.22	15.67	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.35	16.89
Colectora 24												
PVS-24	PVS-25	0.02	5.25	15.74	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.35	16.96
Colectora 25												
PVS-25	PVS-26	0.03	5.27	15.82	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.36	17.04
PVS-26.5	PVS-26.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.87
PVS-26.4	PVS-26.3	0.01	0.02	0.05	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.92
PVS-26.3	PVS-26.2	0.02	0.03	0.10	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.98
PVS-26.2	PVS-26.1	0.01	0.05	0.14	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	1.01
PVS-26.5	PVS-26.1.4	0.02	0.02	0.06	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	0.93
PVS-26.1.4	PVS-26.1.3	0.04	0.06	0.17	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	1.04
PVS-26.1.3	PVS-26.1.2	0.01	0.06	0.19	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.00	1.07
PVS-26.1.2	PVS-26.1.1	0.00	0.07	0.20	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.08
PVS-26.1.1	PVS-26.1	0.01	0.07	0.22	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.10
PVS-26.1	PVS-26	0.00	0.12	0.36	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.01	1.24
Colectora 26												
PVS-26	PVS-27	0.02	5.41	16.24	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.37	17.48
Colectora 27												
PVS-27	PVS-28	0.01	5.43	16.28	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.37	17.52
Colectora 28												
PVS-28	CR-E	0.00	5.43	16.28	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.11	0.38	17.53

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B: Cálculos de diseño hidráulico

Tabla 13: Calculo de diseño hidráulico

Pozo de visita		Pendiente	Pendiente	QLL(ips)	Qd/QLL	Vd/VLL	Y/D	Rh/RhLL	Rh(m)	T.arrastre (pa)	Vd(m/s)	Perdidas (m)
Desde	Hasta	terreno (%)	tubo (%)									
PVS-1.9	PVS-1.8	7.99	10.20	70.33	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	1.00	0.13	0.00
PVS-1.8	PVS-1.7	7.67	6.00	53.94	0.00	0.08	0.02	0.05	0.00	1.00	0.24	0.00
PVS-1.7	PVS-1.6	7.76	6.50	56.14	0.00	0.11	0.02	0.06	0.00	1.53	0.35	0.00
PVS-1.6	PVS-1.5	7.84	7.58	60.63	0.00	0.13	0.03	0.07	0.00	2.08	0.45	0.00
PVS-1.5	PVS-1.4	8.04	8.10	62.67	0.00	0.13	0.03	0.08	0.00	2.30	0.47	0.00
PVS-1.4	PVS-1.3	10.99	10.80	72.37	0.00	0.13	0.03	0.07	0.00	2.97	0.53	0.00
PVS-1.3.3	PVS-1.3.2	6.89	6.83	57.55	0.00	0.08	0.02	0.04	0.00	1.07	0.24	0.00
PVS-1.3.2	PVS-1.3.1	6.89	6.80	57.42	0.00	0.10	0.02	0.06	0.00	1.45	0.33	0.00
PVS-1.3.1	PVS-1.3	6.93	7.00	58.26	0.00	0.13	0.03	0.07	0.00	1.88	0.42	0.00
PVS-1.3	PVS-1	11.90	14.20	82.98	0.01	0.22	0.05	0.13	0.00	6.53	1.02	0.01
PVS-1.2	PVS-1.1	6.53	7.40	59.90	0.00	0.07	0.01	0.04	0.00	1.01	0.22	0.00
PVS-1.1	PVS-1	6.54	8.00	62.28	0.00	0.11	0.03	0.07	0.00	1.91	0.40	0.00
PVS-1.15	PVS-1.14	4.81	4.76	48.04	0.00	0.10	0.02	0.06	0.00	1.02	0.27	0.00
PVS-1.14	PVS-1.13	4.72	4.68	47.64	0.01	0.18	0.04	0.10	0.00	1.72	0.47	0.00
PVS-1.13	PVS-1.12	4.63	4.61	47.28	0.01	0.26	0.06	0.15	0.01	2.56	0.71	0.01
PVS-1.12	PVS-1.11	3.22	3.18	39.27	0.01	0.34	0.08	0.20	0.01	2.36	0.76	0.01
PVS-1.11	PVS-1.10	0.33	2.20	32.66	0.01	0.22	0.05	0.13	0.00	1.02	0.41	0.00
PVS-1.10	PVS-1	2.78	2.75	36.52	0.01	0.17	0.04	0.10	0.00	1.00	0.36	0.00
Colectora 1												
PVS-1	PVS-2	11.89	9.00	66.06	0.02	0.36	0.09	0.22	0.01	7.28	1.36	0.02
PVS-1.12	PVS-2.3	1.83	5.25	50.45	0.00	0.10	0.02	0.05	0.00	1.04	0.27	0.00
PVS-2.4	PVS-2.3	3.53	6.50	56.14	0.00	0.10	0.02	0.05	0.00	1.29	0.30	0.00
PVS-2.3	PVS-2.2	5.80	3.20	39.39	0.01	0.26	0.05	0.15	0.01	1.75	0.58	0.00
PVS-1.11	PVS-2.2	5.35	5.30	50.69	0.01	0.34	0.08	0.20	0.01	3.84	0.97	0.01
PVS-2.2	PVS-2.1	5.17	5.40	51.17	0.02	0.39	0.09	0.24	0.01	4.75	1.11	0.02
PVS-1.10	PVS-2.1	12.58	10.00	69.63	0.00	0.16	0.03	0.09	0.00	3.27	0.61	0.00
PVS-2.1	PVS-2	2.54	2.50	34.82	0.01	0.19	0.04	0.11	0.00	0.97	0.37	0.00
Colectora 2												
PVS-2	PVS-3	4.28	4.00	44.04	0.04	0.48	0.13	0.33	0.01	4.89	1.19	0.02
Colectora 3												
PVS-3	PVS-4	2.05	2.05	31.53	0.06	0.55	0.17	0.41	0.02	3.10	0.99	0.01
Colectora 4												
PVS-4	PVS-5	2.63	3.00	38.14	0.05	0.53	0.15	0.38	0.01	4.24	1.14	0.02
PVS-5.1.2	PVS-5.1.1	4.90	4.82	48.34	0.00	0.12	0.03	0.07	0.00	1.26	0.34	0.00
PVS-5.1.1	PVS-5.1	0.37	1.15	23.61	0.02	0.37	0.09	0.23	0.01	0.97	0.50	0.00
PVS-5.1	PVS-5	1.19	1.59	27.77	0.01	0.30	0.07	0.17	0.01	1.00	0.47	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Calculo de diseño hidráulico

Pozo de visita		Pendiente	Pendiente	QLL(lps)	Qd/QLL	Vd/VLL	Y/D	Rh/RhLL	Rh(m)	T. arrastre (pa)	Vd(m/s)	Perdidas (m)
Desde	Hasta	terreno (%)	tubo (%)									
Colectora 5												
PVS-5	PVS-6	0.54	0.80	19.70	0.11	0.66	0.22	0.54	0.02	1.57	0.73	0.01
PVS-2.3	PVS-6.4.2	5.87	4.20	45.13	0.01	0.21	0.05	0.12	0.00	1.81	0.52	0.00
PVS-6.4.2	PVS-6.4.1	4.94	4.50	46.71	0.01	0.22	0.05	0.13	0.00	2.09	0.59	0.00
PVS-2.2	PVS-6.4.1	4.86	6.70	57.00	0.00	0.16	0.04	0.09	0.00	2.24	0.52	0.00
PVS-6.4.1	PVS-6.4	5.25	3.88	43.37	0.01	0.33	0.07	0.19	0.01	2.70	0.81	0.01
PVS-2.1	PVS-6.4	4.91	4.35	45.93	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	4.85	1.17	0.02
PVS-6.4.2	PVS-6.2.2	10.67	10.60	71.69	0.01	0.18	0.04	0.10	0.00	4.06	0.74	0.01
PVS-6.2.2	PVS-6.2.1	3.18	3.18	39.27	0.01	0.29	0.06	0.17	0.01	1.94	0.64	0.01
PVS-6.4.1	PVS-6.3.1	7.65	7.55	60.51	0.00	0.15	0.03	0.09	0.00	2.42	0.52	0.00
PVS-6.3.1	PVS-6.2.1	8.04	8.04	62.44	0.00	0.13	0.03	0.07	0.00	2.19	0.46	0.00
PVS-6.4	PVS-6.3	6.25	6.20	54.83	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	6.93	1.40	0.03
PVS-6.3.1	PVS-6.3	4.56	3.20	39.39	0.01	0.29	0.06	0.17	0.01	1.95	0.65	0.01
PVS-6.2.1	PVS-6.2	4.65	3.10	38.77	0.01	0.33	0.08	0.19	0.01	2.20	0.73	0.01
PVS-6.3	PVS-6.2	4.06	4.00	44.04	0.04	0.50	0.14	0.35	0.01	5.14	1.23	0.02
PVS-6.2	PVS-6.1	0.95	1.00	22.02	0.10	0.63	0.21	0.51	0.02	1.86	0.79	0.01
PVS-1.15	PVS-7.4.5	3.78	3.75	42.64	0.01	0.28	0.06	0.16	0.01	2.23	0.68	0.01
PVS-7.4.5	PVS-7.4.4	7.20	7.20	59.09	0.01	0.29	0.06	0.16	0.01	4.34	0.96	0.01
PVS-7.4.4	PVS-7.4.3	7.58	7.50	60.30	0.01	0.34	0.08	0.20	0.01	5.52	1.16	0.02
PVS-7.4.3	PVS-7.4.2	7.94	7.94	62.05	0.02	0.34	0.10	0.25	0.01	7.30	1.20	0.02
PVS-7.4.2	PVS-7.4.1	4.67	5.60	52.11	0.03	0.43	0.11	0.28	0.01	5.83	1.27	0.02
PVS-6.2.2	PVS-7.4.1	8.88	10.00	69.63	0.01	0.21	0.05	0.12	0.00	4.45	0.83	0.01
PVS-7.4.1	PVS-7.4	2.40	2.80	36.85	0.05	0.52	0.15	0.37	0.01	3.82	1.07	0.01
PVS-7.4.4	PVS-7.13	7.67	7.67	60.98	0.01	0.24	0.05	0.14	0.01	3.84	0.82	0.01
PVS-7.13	PVS-7.12	4.31	4.31	45.72	0.01	0.36	0.08	0.21	0.01	3.36	0.92	0.01
PVS-7.12	PVS-7.11	1.54	1.54	27.33	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	1.71	0.70	0.01
PVS-7.11.3	PVS-7.11.2	2.14	2.14	32.21	0.02	0.37	0.09	0.22	0.01	1.74	0.66	0.01
PVS-7.11.2	PVS-7.11.1	1.36	1.36	25.68	0.03	0.44	0.12	0.29	0.01	1.45	0.64	0.01
PVS-7.11.1	PVS-7.11	0.71	0.85	20.30	0.04	0.49	0.14	0.34	0.01	1.08	0.56	0.00
PVS-7.11	PVS-7.10	5.29	5.10	49.73	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	5.67	1.27	0.02
PVS-7.10	PVS-7.9	2.00	2.00	31.14	0.05	0.53	0.16	0.38	0.01	2.83	0.93	0.01
PVS-7.9	PVS-7.8	2.59	2.59	35.44	0.02	0.37	0.09	0.23	0.01	2.15	0.74	0.01
PVS-7.8	PVS-7.7	4.19	4.19	45.07	0.01	0.35	0.08	0.21	0.01	3.25	0.90	0.01
PVS-7.7	PVS-7.6	0.61	1.85	29.95	0.01	0.34	0.08	0.20	0.01	1.33	0.57	0.00
PVS-7.6	PVS-7.5	0.57	1.30	25.11	0.02	0.37	0.09	0.23	0.01	1.09	0.53	0.00
PVS-7.5	PVS-7.4	0.58	1.30	25.11	0.02	0.38	0.09	0.24	0.01	1.14	0.55	0.00
PVS-7.4	PVS-7.3	4.01	1.00	22.02	0.09	0.62	0.20	0.49	0.02	1.79	0.77	0.01
PVS-6.1.1	PVS-7.3	0.73	2.70	36.18	0.01	0.27	0.06	0.16	0.01	1.55	0.56	0.00
PVS-7.3	PVS-7.2	2.63	1.20	24.12	0.09	0.61	0.20	0.48	0.02	2.10	0.83	0.01
PVS-6.1.1	PVS-6.1	1.14	1.85	29.95	0.01	0.34	0.08	0.20	0.01	1.33	0.57	0.00
PVS-6.1	PVS-6	0.65	0.50	15.57	0.15	0.72	0.26	0.61	0.02	1.13	0.64	0.01
PVS-6.1	PVS-7.2	2.69	1.75	29.13	0.01	0.33	0.07	0.19	0.01	1.24	0.55	0.00
PVS-7.2	PVS-7.1	0.01	1.15	23.61	0.02	0.38	0.09	0.24	0.01	1.00	0.51	0.00
PVS-7.1	PVS-7	0.19	1.00	22.02	0.02	0.40	0.09	0.26	0.01	0.94	0.50	0.00
Colectora 6												
PVS-6	PVS-7	1.71	2.80	36.85	0.12	0.68	0.23	0.56	0.02	5.74	1.41	0.03
PVS-7.5	PVS-8.3.1	4.54	2.15	32.29	0.02	0.38	0.09	0.23	0.01	1.85	0.69	0.01
PVS-8.3.1	PVS-8.3	2.81	3.00	38.14	0.02	0.37	0.09	0.23	0.01	2.51	0.80	0.01
PVS-7.2	PVS-8.3	0.23	0.50	15.57	0.14	0.71	0.26	0.60	0.02	1.10	0.63	0.01
PVS-7.6	PVS-8.4.1	4.40	2.60	35.51	0.01	0.35	0.08	0.21	0.01	2.01	0.71	0.01
PVS-8.4.1	PVS-8.4	3.62	3.60	41.78	0.01	0.35	0.08	0.21	0.01	2.73	0.82	0.01
PVS-8.4	PVS-8.3	0.12	0.33	12.65	0.33	0.90	0.39	0.85	0.03	1.03	0.64	0.01
PVS-8.3	PVS-8.2	0.38	0.38	13.57	0.47	0.98	0.48	0.98	0.04	1.36	0.76	0.01
PVS-8.2	PVS-8	0.14	2.00	31.14	0.21	0.79	0.31	0.70	0.03	5.14	1.39	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Calculo de diseño hidráulico

Pozo de visita		Pendiente	Pendiente	QLL(ips)	Qd/QLL	Vd/VLL	Y/D	Rh/RhLL	Rh(m)	T. arrastre (pa)	Vd(m/s)	Perdidas (m)
Desde	Hasta	terreno (%)	tubo (%)									
Colectora 7												
PVS-7	PVS-8	0.44	0.31	12.26	0.38	0.93	0.42	0.90	0.03	1.03	0.65	0.01
PVS-5.1	PVS-8.1.2	1.41	1.00	22.02	0.03	0.46	0.12	0.31	0.01	1.15	0.57	0.00
PVS-8.1.2	PVS-8.1.1	0.27	0.85	20.30	0.05	0.51	0.14	0.36	0.01	1.13	0.58	0.00
PVS-8.1.1	PVS-8.1	0.91	0.90	20.89	0.05	0.51	0.15	0.36	0.01	1.19	0.60	0.00
PVS-8.1	PVS-8	1.53	2.00	31.14	0.03	0.46	0.12	0.31	0.01	2.26	0.80	0.01
PVS-7.11.3	PVS-8.13.5	4.21	4.15	44.86	0.01	0.28	0.06	0.16	0.01	2.44	0.71	0.01
PVS-8.13.5	PVS-8.13.2	3.88	3.80	42.93	0.01	0.32	0.07	0.18	0.01	2.54	0.77	0.01
PVS-8.13.3	PVS-8.13.2	2.99	2.55	35.16	0.02	0.37	0.09	0.22	0.01	2.08	0.73	0.01
PVS-8.13.2	PVS-8.13.1	3.80	3.65	42.07	0.02	0.37	0.09	0.22	0.01	2.98	0.87	0.01
PVS-8.13.1	PVS-8.13	4.52	4.70	47.74	0.02	0.37	0.09	0.22	0.01	3.86	0.99	0.01
PVS-7.10	PVS-8.13	1.48	2.95	37.82	0.01	0.32	0.07	0.18	0.01	2.00	0.69	0.01
PVS-8.13	PVS-8.12	0.62	0.90	20.89	0.04	0.49	0.14	0.34	0.01	1.13	0.58	0.00
PVS-8.12	PVS-8.11	2.97	1.65	28.29	0.03	0.46	0.12	0.31	0.01	1.87	0.73	0.01
PVS-8.11	PVS-8.10	3.23	3.20	39.39	0.03	0.43	0.11	0.28	0.01	3.34	0.96	0.01
PVS-8.10	PVS-8.9	3.97	3.90	43.49	0.03	0.43	0.11	0.28	0.01	4.07	1.06	0.01
PVS-8.9	PVS-8.8	1.52	3.20	39.39	0.03	0.45	0.12	0.31	0.01	3.60	1.01	0.01
PVS-8.8.4	PVS-8.8.3	2.80	2.75	36.52	0.01	0.35	0.08	0.21	0.01	2.08	0.72	0.01
PVS-8.8.3	PVS-8.8.2	0.60	1.10	23.10	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	1.21	0.58	0.00
PVS-8.8.2	PVS-8.8.1	0.45	1.00	22.02	0.03	0.47	0.13	0.32	0.01	1.17	0.58	0.00
PVS-8.8.1	PVS-8.8	0.36	1.00	22.02	0.04	0.48	0.13	0.33	0.01	1.22	0.60	0.00
PVS-8.8	PVS-8.7	2.42	1.75	29.13	0.06	0.55	0.16	0.40	0.02	2.59	0.90	0.01
PVS-7.9	PVS-8.7.1	3.52	3.50	41.20	0.05	0.51	0.14	0.36	0.01	4.64	1.18	0.02
PVS-8.7.1	PVS-8.7	2.78	3.00	38.14	0.05	0.53	0.15	0.38	0.01	4.23	1.14	0.02
PVS-8.7	PVS-8.6	2.06	0.50	15.57	0.21	0.80	0.31	0.71	0.03	1.30	0.70	0.01
PVS-8.6	PVS-8.5	1.28	1.20	24.12	0.14	0.71	0.25	0.59	0.02	2.62	0.96	0.01
PVS-7.7	PVS-8.5.1	4.32	4.10	44.59	0.02	0.39	0.09	0.24	0.01	3.62	0.97	0.01
PVS-8.5.1	PVS-8.5	4.23	4.20	45.13	0.02	0.40	0.10	0.25	0.01	3.88	1.02	0.01
PVS-8.5	PVS-8.4	0.34	0.34	12.84	0.31	0.88	0.38	0.83	0.03	1.03	0.64	0.01
PVS-8.4	PVS-9.1	0.29	1.30	25.11	0.02	0.41	0.10	0.26	0.01	1.26	0.58	0.00
PVS-8.6	PVS-9.3	0.63	1.00	22.02	0.03	0.45	0.12	0.31	0.01	1.12	0.56	0.00
PVS-9.3	PVS-9.2	0.32	1.00	22.02	0.03	0.44	0.12	0.30	0.01	1.09	0.55	0.00
PVS-9.2	PVS-9.1	0.63	1.00	22.02	0.03	0.46	0.12	0.31	0.01	1.13	0.57	0.00
PVS-9.1	PVS-9	0.47	0.90	20.89	0.04	0.50	0.14	0.35	0.01	1.16	0.58	0.00
Colectora 8												
PVS-8	PVS-9	0.09	0.40	13.93	0.83	1.12	0.68	1.18	0.04	1.74	0.88	0.01
Colectora 9												
PVS-9	PVS-10	0.03	0.50	15.57	0.77	1.10	0.65	1.16	0.04	2.14	0.97	0.01
Colectora 10												
PVS-10	PVS-11	0.19	0.50	15.57	0.78	1.11	0.66	1.16	0.04	2.14	0.97	0.01
Colectora 11												
PVS-11	PVS-12	0.13	0.50	15.57	0.79	1.11	0.66	1.17	0.04	2.14	0.97	0.01
PVS-9.3	PVS-12.3	0.53	1.00	22.02	0.03	0.46	0.12	0.31	0.01	1.15	0.57	0.00
PVS-8.8	PVS-12.5	0.82	1.00	22.02	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	1.10	0.56	0.00
PVS-8.8.3	PVS-12.6	0.60	1.10	23.10	0.03	0.43	0.11	0.28	0.01	1.12	0.56	0.00
PVS-12.6	PVS-12.5	3.06	4.30	45.66	0.01	0.35	0.08	0.21	0.01	3.32	0.91	0.01
PVS-12.5	PVS-12.4	0.41	0.85	20.30	0.04	0.49	0.14	0.34	0.01	1.07	0.56	0.00
PVS-12.4	PVS-12.3	2.16	1.00	22.02	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	1.11	0.56	0.00
PVS-12.3	PVS-12.2	0.21	0.80	19.70	0.05	0.53	0.15	0.38	0.01	1.13	0.59	0.00
PVS-12.2	PVS-12.1	0.02	1.00	22.02	0.03	0.45	0.12	0.31	0.01	1.12	0.56	0.00
PVS-12.1	PVS-12	1.55	2.00	31.14	0.02	0.41	0.10	0.26	0.01	1.94	0.72	0.01
Colectora 12												
PVS-12	PVS-13	0.02	0.40	13.93	0.90	1.13	0.73	1.20	0.05	1.77	0.89	0.01
Colectora 13												
PVS-13	PVS-14	0.14	0.40	13.93	0.90	1.13	0.73	1.21	0.05	1.77	0.89	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Calculo de diseño hidráulico

Pozo de visita		Pendiente terreno (%)	Pendiente tubo (%)	QLL(lps)	Qd/QLL	Vd/VLL	Y/D	Rh/RhLL	Rh(m)	T.arrastre (pa)	Vd(m/s)	Perdidas (m)
Desde	Hasta											
Colectora 14												
PVS-14	PVS-15	0.30	0.40	13.93	0.92	1.13	0.74	1.21	0.05	1.78	0.89	0.01
PVS-15.11	PVS-15.10	0.22	0.80	19.70	0.05	0.52	0.15	0.37	0.01	1.09	0.58	0.00
PVS-15.10	PVS-15.9	0.08	0.70	18.42	0.07	0.57	0.18	0.43	0.02	1.10	0.59	0.00
PVS-15.9	PVS-15.8	0.01	0.60	17.06	0.09	0.61	0.20	0.48	0.02	1.06	0.59	0.00
PVS-15.8	PVS-15.7	0.33	0.60	17.06	0.09	0.63	0.21	0.49	0.02	1.09	0.60	0.00
PVS-15.7	PVS-15.6	1.17	0.60	17.06	0.09	0.63	0.21	0.50	0.02	1.10	0.61	0.00
PVS-15.6.2	PVS-15.6.1	-1.45	0.90	20.89	0.04	0.47	0.13	0.32	0.01	1.07	0.56	0.00
PVS-15.6.1	PVS-15.6	1.20	1.60	27.85	0.03	0.44	0.12	0.29	0.01	1.72	0.69	0.01
PVS-15.6	PVS-15.5	3.00	0.55	16.33	0.11	0.66	0.22	0.53	0.02	1.08	0.61	0.00
PVS-15.5.3	PVS-15.5.2	-1.71	0.90	20.89	0.04	0.48	0.13	0.33	0.01	1.09	0.56	0.00
PVS-15.5.2	PVS-15.5.1	3.42	1.80	29.54	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	1.97	0.74	0.01
PVS-15.5.1	PVS-15.5	0.63	1.00	22.02	0.04	0.49	0.14	0.34	0.01	1.26	0.61	0.00
PVS-15.5	PVS-15.4	1.60	0.50	15.57	0.13	0.69	0.24	0.58	0.02	1.06	0.61	0.00
PVS-15.4.3	PVS-15.4.2	-1.16	0.85	20.30	0.04	0.49	0.14	0.34	0.01	1.06	0.56	0.00
PVS-15.4.2	PVS-15.4.1	3.44	0.80	19.70	0.04	0.50	0.14	0.35	0.01	1.04	0.56	0.00
PVS-15.4.1	PVS-15.4	0.86	0.80	19.70	0.05	0.51	0.15	0.36	0.01	1.07	0.57	0.00
PVS-15.4	PVS-15.3	0.02	0.50	15.57	0.15	0.72	0.26	0.61	0.02	1.13	0.63	0.01
PVS-15.3.5	PVS-15.3.4	-3.28	0.85	20.30	0.04	0.48	0.14	0.34	0.01	1.05	0.56	0.00
PVS-15.3.4	PVS-15.3.1	3.49	0.80	19.70	0.05	0.51	0.15	0.36	0.01	1.07	0.57	0.00
PVS-15.3.3	PVS-15.3.2	-1.93	0.90	20.89	0.04	0.50	0.14	0.35	0.01	1.17	0.59	0.00
PVS-15.3.2	PVS-15.3.1	4.51	0.75	19.07	0.05	0.53	0.15	0.38	0.01	1.05	0.57	0.00
PVS-15.3.1	PVS-15.3	0.08	0.70	18.42	0.06	0.56	0.17	0.42	0.02	1.08	0.58	0.00
PVS-15.3	PVS-15.2	0.03	0.40	13.93	0.21	0.79	0.31	0.70	0.03	1.03	0.62	0.00
PVS-15.2	PVS-15	0.03	3.50	41.20	0.07	0.58	0.18	0.44	0.02	5.70	1.35	0.02
PVS-15.1.1	PVS-15.1	0.71	0.71	18.55	0.05	0.53	0.16	0.38	0.01	1.00	0.55	0.00
PVS-15.1	PVS-15	1.43	6.00	53.94	0.02	0.39	0.10	0.25	0.01	5.43	1.20	0.02
Colectora 15												
PVS-15	PVS-16	0.09	0.50	15.57	0.99	1.14	0.79	1.22	0.05	2.24	1.00	0.01
Colectora 16												
PVS-16	PVS-17	0.01	0.60	17.06	0.91	1.13	0.73	1.21	0.05	2.66	1.09	0.02
PVS-12.2	PVS-17	1.21	4.00	44.04	0.03	0.45	0.12	0.31	0.01	4.52	1.13	0.02
PVS-12.4	PVS-17	3.13	5.50	51.64	0.02	0.41	0.10	0.26	0.01	5.24	1.19	0.02
Colectora 17												
PVS-17	PVS-18	0.05	0.60	17.06	0.96	1.14	0.77	1.22	0.05	2.68	1.10	0.02
Colectora 18												
PVS-18	PVS-19	0.05	0.60	17.06	0.97	1.14	0.78	1.22	0.05	2.68	1.10	0.02
Colectora 19												
PVS-19	PVS-20	0.04	0.60	17.06	0.97	1.14	0.78	1.22	0.05	2.68	1.10	0.02
PVS-12.4	PVS-20.2	0.75	0.75	19.07	0.05	0.52	0.15	0.37	0.01	1.03	0.56	0.00
PVS-20.2	PVS-20.1	0.41	0.70	18.42	0.05	0.53	0.16	0.39	0.01	1.00	0.55	0.00
PVS-20.1	PVS-20	8.04	17.00	90.79	0.01	0.34	0.08	0.19	0.01	12.13	1.72	0.04
PVS-8.8.4	PVS-20	10.70	19.00	95.98	0.01	0.30	0.07	0.17	0.01	11.95	1.63	0.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Calculo de diseño hidráulico

Pozo de visita		Pendiente	Pendiente	QLL(lps)	Qd/QLL	Vd/VLL	Y/D	Rh/RhLL	Rh(m)	T.arrastre (pa)	Vd(m/s)	Perdidas (m)
Desde	Hasta	terreno (%)	tubo (%)									
Colectora 20												
PVS-20	PVS-21	4.05	0.70	18.42	0.91	1.13	0.74	1.21	0.05	3.11	1.18	0.02
Colectora 21												
PVS-21	PVS-22	0.32	0.60	17.06	0.98	1.14	0.79	1.22	0.05	2.69	1.10	0.02
Colectora 22												
PVS-22	PVS-23	0.33	0.60	17.06	0.99	1.14	0.79	1.22	0.05	2.69	1.10	0.02
Colectora 23												
PVS-23	PVS-24	0.08	0.61	17.20	0.98	1.14	0.79	1.22	0.05	2.73	1.11	0.02
Colectora 24												
PVS-24	PVS-25	0.41	0.61	17.20	0.99	1.14	0.80	1.22	0.05	2.73	1.11	0.02
Colectora 25												
PVS-25	PVS-26	12.52	0.62	17.34	0.98	1.14	0.80	1.22	0.05	2.78	1.12	0.02
PVS-26.5	PVS-26.4	12.92	12.60	78.16	0.01	0.34	0.08	0.19	0.01	8.99	1.48	0.03
PVS-26.4	PVS-26.3	2.20	2.20	32.66	0.03	0.44	0.12	0.29	0.01	2.36	0.81	0.01
PVS-26.3	PVS-26.2	0.22	0.70	18.42	0.05	0.53	0.16	0.39	0.01	1.00	0.55	0.00
PVS-26.2	PVS-26.1	0.46	0.70	18.42	0.05	0.54	0.16	0.39	0.01	1.01	0.56	0.00
PVS-26.5	PVS-26.1.4	1.69	1.60	27.85	0.03	0.46	0.13	0.31	0.01	1.85	0.73	0.01
PVS-26.1.4	PVS-26.1.3	0.74	0.74	18.94	0.06	0.54	0.16	0.39	0.01	1.07	0.58	0.00
PVS-26.1.3	PVS-26.1.2	2.63	2.50	34.82	0.03	0.45	0.12	0.30	0.01	2.79	0.89	0.01
PVS-26.1.2	PVS-26.1.1	0.33	0.70	18.42	0.06	0.55	0.16	0.40	0.02	1.04	0.57	0.00
PVS-26.1.1	PVS-26.1	0.14	0.70	18.42	0.06	0.55	0.17	0.41	0.02	1.05	0.57	0.00
PVS-26.1	PVS-26	14.96	14.60	84.14	0.01	0.36	0.08	0.22	0.01	11.66	1.72	0.04
Colectora 26												
PVS-26	PVS-27	0.26	0.70	18.42	0.95	1.14	0.81	1.21	0.05	3.13	1.19	0.02
Colectora 27												
PVS-27	PVS-28	0.14	0.65	17.75	0.99	1.14	0.81	1.22	0.05	2.91	1.14	0.02
Colectora 28												
PVS-28	CR-E	0.03	0.65	17.75	0.99	1.14	0.81	1.22	0.05	2.91	1.14	0.02

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C: Cálculos de diseño topográfico

Tabla 18: Cálculos de diseño topográfico

Pozo de visita		Pendiente del tramo (%)	Caída de alcant (m)	Elev. de corona		Elev. de invert		Profundidad de PVS
Desde	Hasta			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
PVS-1.9	PVS-1.8	10.20	4.99	219.87	214.88	219.72	214.73	1.65
PVS-1.8	PVS-1.7	6.00	2.22	214.85	212.63	214.70	212.48	2.76
PVS-1.7	PVS-1.6	6.50	2.60	212.60	210.00	212.45	209.85	2.17
PVS-1.6	PVS-1.5	7.58	2.40	209.97	207.56	209.82	207.41	1.70
PVS-1.5	PVS-1.4	8.10	1.39	207.53	206.15	207.38	206.00	1.65
PVS-1.4	PVS-1.3	10.80	4.25	206.12	201.87	205.97	201.72	1.69
PVS-1.3.3	PVS-1.3.2	6.83	3.04	212.15	209.11	212.00	211.85	1.65
PVS-1.3.2	PVS-1.3.1	6.80	2.54	209.08	206.54	208.93	206.39	1.65
PVS-1.3.1	PVS-1.3	7.00	4.73	206.51	201.78	206.36	201.63	1.65
PVS-1.3	PVS-1	14.20	7.37	201.75	194.38	201.60	194.23	1.73
PVS-1.2	PVS-1.1	7.40	4.89	204.19	199.30	204.04	199.15	1.65
PVS-1.1	PVS-1	8.00	5.16	199.27	194.10	199.12	193.95	2.25
PVS-1.15	PVS-1.14	4.76	3.32	213.04	209.72	212.89	209.57	1.65
PVS-1.14	PVS-1.13	4.68	3.72	209.69	205.97	209.54	205.82	1.65
PVS-1.13	PVS-1.12	4.61	4.57	205.94	201.37	205.79	201.22	1.65
PVS-1.12	PVS-1.11	3.18	2.57	201.34	198.76	201.19	198.61	1.65
PVS-1.11	PVS-1.10	2.20	2.11	198.73	196.62	198.58	196.47	1.65
PVS-1.10	PVS-1	2.75	2.74	196.59	193.85	196.44	193.70	3.48
Colectora 1								
PVS-1	PVS-2	9.00	5.49	193.82	188.32	193.67	188.17	3.48
PVS-1.12	PVS-2.3	5.25	3.20	201.34	198.13	201.19	197.98	1.65
PVS-2.4	PVS-2.3	6.50	3.70	202.23	198.53	202.08	198.38	1.65
PVS-2.3	PVS-2.2	3.20	2.62	198.10	195.49	197.95	195.34	3.77
PVS-1.11	PVS-2.2	5.30	3.24	198.73	195.50	198.58	195.35	1.65
PVS-2.2	PVS-2.1	5.40	4.85	195.46	190.61	195.31	190.46	1.67
PVS-1.10	PVS-2.1	10.00	6.03	196.59	190.56	196.44	190.41	3.48
PVS-2.1	PVS-2	2.50	2.40	190.53	188.13	190.38	187.98	1.95
Colectora 2								
PVS-2	PVS-3	4.00	3.49	188.10	184.60	187.95	184.45	1.95
Colectora 3								
PVS-3	PVS-4	2.05	1.98	184.57	182.60	184.42	182.45	1.73
Colectora 4								
PVS-4	PVS-5	3.00	0.92	182.57	181.64	182.42	181.49	1.76
PVS-5.1.2	PVS-5.1.1	4.82	1.92	184.85	182.92	184.70	182.77	1.65
PVS-5.1.1	PVS-5.1	1.15	0.84	182.89	182.05	182.74	181.90	1.65
PVS-5.1	PVS-5	1.59	1.00	182.02	181.02	181.87	180.87	2.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Cálculos de diseño topográfico

Pozo de visita		Pendiente del tramo (%)	Caída de alcant (m)	Elev. de corona		Elev. de invert		Profundidad de PVS
Desde	Hasta			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Colectora 5								
PVS-5	PVS-6	0.80	0.22	180.99	180.77	180.84	180.62	2.53
PVS-2.3	PVS-6.4.2	4.20	2.55	198.10	195.56	197.95	195.41	3.77
PVS-6.4.2	PVS-6.4.1	4.50	3.70	195.53	191.82	195.38	191.67	2.79
PVS-2.2	PVS-6.4.1	6.70	3.98	195.46	191.48	195.31	191.33	1.67
PVS-6.4.1	PVS-6.4	3.88	3.33	191.45	188.12	191.30	187.97	2.79
PVS-2.1	PVS-6.4	4.35	2.42	190.53	188.10	190.38	187.95	1.95
PVS-6.4.2	PVS-6.2.2	10.60	7.43	195.53	188.09	195.38	187.94	2.79
PVS-6.2.2	PVS-6.2.1	3.18	2.59	188.06	185.47	187.91	185.32	2.77
PVS-6.4.1	PVS-6.3.1	7.55	4.12	191.45	187.33	191.30	187.18	2.79
PVS-6.3.1	PVS-6.2.1	8.04	1.83	187.30	185.47	187.15	185.32	2.77
PVS-6.4	PVS-6.3	6.20	3.55	188.07	184.52	187.92	184.37	1.67
PVS-6.3.1	PVS-6.3	3.20	2.74	187.30	184.56	187.15	184.41	2.77
PVS-6.2.1	PVS-6.2	3.10	2.33	185.44	183.11	185.29	182.96	2.80
PVS-6.3	PVS-6.2	4.00	1.40	184.49	183.10	184.34	182.95	1.67
PVS-6.2	PVS-6.1	1.00	0.78	183.07	182.29	182.92	182.14	1.68
PVS-1.15	PVS-7.4.5	3.75	3.20	213.04	209.84	212.89	209.69	1.65
PVS-7.4.5	PVS-7.4.4	7.20	5.75	209.81	204.06	209.66	203.91	1.65
PVS-7.4.4	PVS-7.4.3	7.50	5.33	204.03	198.70	203.88	198.55	1.68
PVS-7.4.3	PVS-7.4.2	7.94	7.78	198.67	190.89	198.52	190.74	1.65
PVS-7.4.2	PVS-7.4.1	5.60	5.60	190.86	185.26	190.71	185.11	1.68
PVS-6.2.2	PVS-7.4.1	10.00	3.34	188.06	184.73	187.91	184.58	2.77
PVS-7.4.1	PVS-7.4	2.80	1.85	184.70	182.85	184.55	182.70	3.17
PVS-7.4.4	PVS-7.13	7.67	4.61	204.03	199.42	203.88	199.27	1.68
PVS-7.13	PVS-7.12	4.31	3.52	199.39	195.87	199.24	195.72	1.71
PVS-7.12	PVS-7.11	1.54	1.09	195.84	194.74	195.69	194.59	1.74
PVS-7.11.3	PVS-7.11.2	2.14	1.57	197.93	196.36	197.78	196.21	1.65
PVS-7.11.2	PVS-7.11.1	1.36	0.99	196.33	195.34	196.18	195.19	1.68
PVS-7.11.1	PVS-7.11	0.85	0.64	195.31	194.67	195.16	194.52	1.71
PVS-7.11	PVS-7.10	5.10	5.09	194.64	189.56	194.49	189.41	1.84
PVS-7.10	PVS-7.9	2.00	1.22	189.53	188.30	189.38	188.15	1.68
PVS-7.9	PVS-7.8	2.59	1.39	188.27	186.88	188.12	186.73	1.72
PVS-7.8	PVS-7.7	4.19	1.21	186.85	185.65	186.70	185.50	1.74
PVS-7.7	PVS-7.6	1.85	1.25	185.62	184.36	185.47	184.21	1.78
PVS-7.6	PVS-7.5	1.30	0.72	184.33	183.61	184.18	183.46	2.65
PVS-7.5	PVS-7.4	1.30	0.85	183.58	182.73	183.43	182.58	3.08
PVS-7.4	PVS-7.3	1.00	0.46	182.70	182.25	182.55	182.10	3.58
PVS-6.1.1	PVS-7.3	2.70	1.47	183.19	181.72	183.04	181.57	1.65
PVS-7.3	PVS-7.2	1.20	0.93	181.69	180.76	181.54	180.61	2.75
PVS-6.1.1	PVS-6.1	1.85	1.36	183.19	181.84	183.04	181.69	1.65
PVS-6.1	PVS-6	0.50	0.49	181.81	181.31	181.66	181.16	2.20
PVS-6.1	PVS-7.2	1.75	1.05	181.81	180.75	181.66	180.60	2.20
PVS-7.2	PVS-7.1	1.15	0.65	180.72	180.08	180.57	179.93	1.67
PVS-7.1	PVS-7	1.00	0.62	180.05	179.43	179.90	179.28	2.34
Colectora 6								
PVS-6	PVS-7	2.80	1.80	180.74	178.94	180.59	178.79	2.63
PVS-7.5	PVS-8.3.1	2.15	1.30	183.58	182.28	183.43	182.13	3.08
PVS-8.3.1	PVS-8.3	3.00	1.76	182.25	180.49	182.10	180.34	1.66
PVS-7.2	PVS-8.3	0.50	0.30	180.72	180.43	180.57	180.28	1.67
PVS-7.6	PVS-8.4.1	2.60	1.47	184.33	182.87	184.18	182.72	2.65
PVS-8.4.1	PVS-8.4	3.60	2.15	182.84	180.69	182.69	180.54	1.66
PVS-8.4	PVS-8.3	0.33	0.21	180.42	180.21	180.27	180.06	1.92
PVS-8.3	PVS-8.2	0.38	0.19	180.40	180.21	180.25	180.06	1.86
PVS-8.2	PVS-8	2.00	1.32	180.18	178.85	180.03	178.70	1.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Cálculos de diseño topográfico

Pozo de visita		Pendiente del tramo (%)	Caída de alcant (m)	Elev. de corona		Elev. de invert		Profundidad de PVS
Desde	Hasta			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Colectora 7								
PVS-7	PVS-8	0.31	0.21	178.91	178.70	178.76	178.55	3.36
PVS-5.1	PVS-8.1.2	1.00	0.54	182.02	181.48	181.87	181.33	2.25
PVS-8.1.2	PVS-8.1.1	0.85	0.83	181.45	180.62	181.30	180.47	2.06
PVS-8.1.1	PVS-8.1	0.90	0.19	180.59	180.40	180.44	180.25	2.66
PVS-8.1	PVS-8	2.00	1.42	180.37	178.96	180.22	178.81	2.69
PVS-7.11.3	PVS-8.13.5	4.15	1.91	197.93	196.02	197.78	195.87	1.65
PVS-8.13.5	PVS-8.13.2	3.80	1.57	195.99	194.43	195.84	194.28	1.65
PVS-8.13.3	PVS-8.13.2	2.55	1.59	196.25	194.67	196.10	194.52	1.65
PVS-8.13.2	PVS-8.13.1	3.80	1.19	194.40	193.20	194.25	193.05	1.65
PVS-8.13.1	PVS-8.13	4.70	4.04	193.17	189.14	193.02	188.99	1.68
PVS-7.10	PVS-8.13	2.95	0.49	189.53	189.04	189.38	188.89	1.68
PVS-8.13	PVS-8.12	0.90	0.55	189.01	188.46	188.86	188.31	1.96
PVS-8.12	PVS-8.11	1.65	0.67	188.43	187.76	188.28	187.61	2.15
PVS-8.11	PVS-8.10	3.20	1.56	187.73	186.17	187.58	186.02	1.65
PVS-8.10	PVS-8.9	3.90	2.06	186.14	184.09	185.99	183.94	1.67
PVS-8.9	PVS-8.8	3.20	1.55	184.06	182.50	183.91	182.35	1.66
PVS-8.8.4	PVS-8.8.3	2.75	1.04	185.24	184.20	185.09	184.05	1.65
PVS-8.8.3	PVS-8.8.2	1.10	0.87	184.17	183.30	184.02	183.15	1.66
PVS-8.8.2	PVS-8.8.1	1.00	0.16	183.27	183.11	183.12	182.96	2.08
PVS-8.8.1	PVS-8.8	1.00	0.82	183.08	182.25	182.93	182.10	2.20
PVS-8.8	PVS-8.7	1.75	0.64	182.22	181.58	182.07	181.43	2.75
PVS-7.9	PVS-8.7.1	3.50	3.19	188.27	185.08	188.12	184.93	1.72
PVS-8.7.1	PVS-8.7	3.00	2.90	185.05	182.15	184.90	182.00	1.73
PVS-8.7	PVS-8.6	0.50	0.21	181.55	181.34	181.40	181.19	2.54
PVS-8.6	PVS-8.5	1.20	0.62	181.31	180.69	181.16	180.54	1.90
PVS-7.7	PVS-8.5.1	4.10	2.28	185.62	183.34	185.47	183.19	1.78
PVS-8.5.1	PVS-8.5	4.20	2.42	183.31	180.89	183.16	180.74	1.68
PVS-8.5	PVS-8.4	0.34	0.22	180.66	180.45	180.51	180.30	1.89
PVS-8.4	PVS-9.1	1.30	1.20	180.42	179.22	180.27	179.07	1.92
PVS-8.6	PVS-9.3	1.00	0.91	181.31	180.40	181.16	180.25	1.90
PVS-9.3	PVS-9.2	1.00	0.51	180.37	179.86	180.22	179.71	2.27
PVS-9.2	PVS-9.1	1.00	0.64	179.83	179.19	179.68	179.04	2.64
PVS-9.1	PVS-9	0.90	0.26	179.16	178.90	179.01	178.75	2.91
Colectora 8								
PVS-8	PVS-9	0.40	0.19	178.67	178.48	178.52	178.33	3.30
Colectora 9								
PVS-9	PVS-10	0.50	0.41	178.45	178.04	178.30	177.89	3.48
Colectora 10								
PVS-10	PVS-11	0.50	0.19	178.01	177.82	177.86	177.67	3.90
Colectora 11								
PVS-11	PVS-12	0.50	0.27	177.79	177.52	177.64	177.37	4.05
PVS-9.3	PVS-12.3	1.00	0.46	180.37	179.91	180.22	179.76	2.27
PVS-8.8	PVS-12.5	1.00	0.89	182.22	181.33	182.07	181.18	2.75
PVS-8.8.3	PVS-12.6	1.10	0.58	184.17	183.58	184.02	183.43	1.66
PVS-12.6	PVS-12.5	4.30	1.78	183.55	181.78	183.40	181.63	1.96
PVS-12.5	PVS-12.4	0.85	0.49	181.30	180.81	181.15	180.66	2.94
PVS-12.4	PVS-12.3	1.00	0.75	180.78	180.03	180.63	179.88	3.23
PVS-12.3	PVS-12.2	0.80	0.62	179.88	179.26	179.73	179.11	2.52
PVS-12.2	PVS-12.1	1.00	0.71	179.23	178.52	179.08	178.37	3.01
PVS-12.1	PVS-12	2.00	0.58	178.49	177.91	178.34	177.76	3.73
Colectora 12								
PVS-12	PVS-13	0.40	0.20	177.49	177.29	177.34	177.14	4.28
Colectora 13								
PVS-13	PVS-14	0.40	0.24	177.26	177.02	177.11	176.87	4.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Cálculos de diseño topográfico

Pozo de visita		Pendiente del tramo (%)	Caída de alcant (m)	Elev. de corona		Elev. de invert		Profundidad de PVS
Desde	Hasta			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Colectora 14								
PVS-14	PVS-15	0.40	0.40	176.99	176.59	176.84	176.44	4.69
PVS-15.11	PVS-15.10	0.80	0.79	183.12	182.33	182.97	182.18	1.65
PVS-15.10	PVS-15.9	0.70	0.69	182.30	181.61	182.15	181.46	2.25
PVS-15.9	PVS-15.8	0.60	0.57	181.58	181.02	181.43	180.87	2.89
PVS-15.8	PVS-15.7	0.60	0.58	180.99	180.41	180.84	180.26	3.47
PVS-15.7	PVS-15.6	0.60	0.20	180.38	180.18	180.23	180.03	3.76
PVS-15.6.2	PVS-15.6.1	0.90	0.50	182.43	181.92	182.28	181.77	1.65
PVS-15.6.1	PVS-15.6	1.60	1.51	181.89	180.38	181.74	180.23	3.00
PVS-15.6	PVS-15.5	0.55	0.29	180.15	179.86	180.00	179.71	3.61
PVS-15.5.3	PVS-15.5.2	0.90	0.37	182.42	182.05	182.27	181.90	1.65
PVS-15.5.2	PVS-15.5.1	1.80	1.23	182.02	180.79	181.87	180.64	2.75
PVS-15.5.1	PVS-15.5	1.00	0.40	180.76	180.36	180.61	180.21	1.67
PVS-15.5	PVS-15.4	0.50	0.24	179.83	179.60	179.68	179.45	2.35
PVS-15.4.3	PVS-15.4.2	0.85	0.58	180.82	180.24	180.67	180.09	1.65
PVS-15.4.2	PVS-15.4.1	0.80	0.30	180.21	179.91	180.06	179.76	3.05
PVS-15.4.1	PVS-15.4	0.80	0.51	179.88	179.38	179.73	179.23	2.09
PVS-15.4	PVS-15.3	0.50	0.29	179.35	179.05	179.20	178.90	2.08
PVS-15.3.5	PVS-15.3.4	0.85	0.44	180.13	179.69	179.98	179.54	1.65
PVS-15.3.4	PVS-15.3.1	0.80	0.47	179.66	179.19	179.51	179.04	3.84
PVS-15.3.3	PVS-15.3.2	0.90	0.64	180.71	180.07	180.56	179.92	1.65
PVS-15.3.2	PVS-15.3.1	0.75	0.38	180.04	179.66	179.89	179.51	3.70
PVS-15.3.1	PVS-15.3	0.70	0.42	179.16	178.74	179.01	178.59	2.30
PVS-15.3	PVS-15.2	0.40	0.24	178.71	178.47	178.56	178.32	2.70
PVS-15.2	PVS-15	3.50	1.78	178.44	176.66	178.29	176.51	2.96
PVS-15.1.1	PVS-15.1	0.71	0.50	181.13	180.63	180.98	180.48	1.65
PVS-15.1	PVS-15	6.00	3.78	180.60	176.82	180.45	176.67	1.68
Colectora 15								
PVS-15	PVS-16	0.50	0.28	176.56	176.28	176.41	176.13	4.82
Colectora 16								
PVS-16	PVS-17	0.60	0.34	176.25	175.91	176.10	175.76	5.08
PVS-12.2	PVS-17	4.00	3.00	179.23	176.22	179.08	176.07	3.01
PVS-12.4	PVS-17	5.50	4.72	180.78	176.06	180.63	175.91	3.23
Colectora 17								
PVS-17	PVS-18	0.60	0.23	175.88	175.64	175.73	175.49	5.45
Colectora 18								
PVS-18	PVS-19	0.60	0.29	175.61	175.33	175.46	175.18	5.69
Colectora 19								
PVS-19	PVS-20	0.60	0.30	175.30	175.00	175.15	174.85	5.98
PVS-12.4	PVS-20.2	0.75	0.33	180.78	180.45	180.63	180.30	3.23
PVS-20.2	PVS-20.1	0.70	0.17	180.42	180.25	180.27	180.10	3.26
PVS-20.1	PVS-20	17.00	4.91	180.22	175.31	180.07	175.16	3.36
PVS-8.8.4	PVS-20	19.00	9.99	185.24	175.25	185.09	175.10	1.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Cálculos de diseño topográfico

Pozo de visita		Pendiente del tramo (%)	Caída de alcant (m)	Elev. de corona		Elev. de invert		Profundidad de PVS
Desde	Hasta			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Colectora 20								
PVS-20	PVS-21	0.70	0.17	174.97	174.81	174.82	174.66	6.29
Colectora 21								
PVS-21	PVS-22	0.60	0.28	174.78	174.49	174.63	174.34	5.52
Colectora 22								
PVS-22	PVS-23	0.60	0.18	174.46	174.29	174.31	174.14	5.68
Colectora 23								
PVS-23	PVS-24	0.61	0.29	174.26	173.97	174.11	173.82	5.79
Colectora 24								
PVS-24	PVS-25	0.61	0.29	173.94	173.65	173.79	173.50	6.07
Colectora 25								
PVS-25	PVS-26	0.62	0.21	173.62	173.41	173.47	173.26	6.20
PVS-26.5	PVS-26.4	12.60	1.29	183.00	181.70	182.85	181.55	1.65
PVS-26.4	PVS-26.3	2.20	0.75	181.67	180.93	181.52	180.78	1.65
PVS-26.3	PVS-26.2	0.70	0.30	180.90	180.59	180.75	180.44	1.68
PVS-26.2	PVS-26.1	0.70	0.30	180.56	180.26	180.41	180.11	1.92
PVS-26.5	PVS-26.1.4	1.60	0.58	183.00	182.41	182.85	182.26	1.65
PVS-26.1.4	PVS-26.1.3	0.74	0.37	182.38	182.01	182.23	181.86	1.65
PVS-26.1.3	PVS-26.1.2	2.50	1.20	181.98	180.78	181.83	180.63	1.68
PVS-26.1.2	PVS-26.1.1	0.70	0.13	180.75	180.62	180.60	180.47	1.65
PVS-26.1.1	PVS-26.1	0.70	0.26	180.59	180.33	180.44	180.18	1.74
PVS-26.1	PVS-26	14.60	6.57	180.30	173.73	180.15	173.58	1.98
Colectora 26								
PVS-26	PVS-27	0.70	0.45	173.38	172.93	173.23	172.78	2.18
Colectora 27								
PVS-27	PVS-28	0.65	0.63	172.90	172.27	172.75	172.12	2.48
Colectora 28								
PVS-28	CR-E	0.65	1.95	172.24	170.29	172.09	170.14	3.01

Fuente: Elaboración propia

ANEXO D: Cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales

Tabla 23: Cálculos de canal de entrada

Diseño de Canal de Entrada				
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Criterios
Población	P	5583	Hab	
Dotación	DOT	105	Lppd	INAA
Ancho de Canal	B	0.6	M	0.30 m - 0.70 m
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.005	m/m	Asumido
Coefficiente de Manning	N	0.013		Concreto (INAA)
Borde Libre	BL	0.2	M	0.20 m - 0.3 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Cálculos de canal de entrada

Criterios de Diseño					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Criterios	
Caudal medio	QM	$Qm = \frac{p * DOT * 0.8}{86400 \text{ Seg/día}}$	5.42	lt/seg	
			0.0054	m ³ /seg	
Caudal de diseño	QD	$Qd = Qmax + Qinf + Qcom + Qinst + Qind$	17.53	lt/seg	
			0.017	m ³ /seg	
Altura máxima	HMAX	$\frac{Qd * n}{\sqrt{S}} = Hmax * B \left[\frac{Hmax * B}{B + 2Hmax} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.04601	m	
			$\frac{Qd * n}{\sqrt{S}}$	0.119626	
			$Hmax * B \left[\frac{Hmax * B}{B + 2Hmax} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.116749911	
Altura media	HMED	$\frac{Qm * n}{\sqrt{S}} = Hm * B \left[\frac{Hm * B}{B + 2Hm} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.02206	m	
			$\frac{Qm * n}{\sqrt{S}}$	0.014112583	
			$Hm * B \left[\frac{Hm * B}{B + 2Hm} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.075022808	
Velocidad máxima	VMAX	$Vmax = \frac{Qd}{B * Hmax}$	0.63518673	0.40 – 0.75m/seg, cumple	
Velocidad media	VM	$Vm = \frac{Qm}{B * Hm}$	0.410087388	0.40 – 0.75m/seg, cumple	
Área mojada	AT	$At = B * Hmax$	0.027606	m ²	
Altura del canal	HCANAL		0,5	m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Cálculos de rejas

Criterios de Diseño de Rejas				
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios
Población	P	5583	hab.	
Dotación	Dot	105	lppd	5000 hab – 10000hab → 105 lppd (INAA)
Factor de Forma de la Barras	B	1.79		Circular = 1.79 ,Rectangular = 2.42
Inclinación de Reja	Θ	45	°	45° – 60° con la Horizontal
Separación entre Barra	A	2.80	Cm	2.50 cm – 5.00 cm
Espesor Barra	T	0.50	Cm	0.50 cm – 1.50 cm
Ancho de Canal	B	0.6	M	0.30 m – 0.70 m
Ancho de Reja	B	0.6	M	Asumido
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.005	m/m	Asumido
Coeficiente de Manning	N	0.013		Concreto
Borde Libre	BL	0.2	M	0.20 m – 0.3 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Cálculos de rejas

Diseño de Rejas					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Cantidad de Barras			18	unid	
Longitud de las Barras	LB		0.849	m	
Caudal Medio	Qm	$Q_m = \frac{p * DOT * 0.8}{86400 \text{ Seg/dia}}$	5.428	lt/seg	
			0.005	m³/seg	
Caudal de Diseño	Qd	$Q_d = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst} + Q_{ind}$	17.535	lt/seg	
			0.018	m³/seg	
Altura Máxima	Hmax	$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{max} * B \left[\frac{H_{max} * B}{B + 2H_{max}} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.046	m	
			$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}}$	0.120	
			$H_{max} * B \left[\frac{H_{max} * B}{B + 2H_{max}} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.117	
Altura media de agua antes de rejas	Hmed	$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_{med} * B \left[\frac{H_{med} * B}{B + 2H_{med}} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.022	m	
			$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}}$	0.014	
			$H_{med} * B \left[\frac{H_{med} * B}{B + 2H_{med}} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.075	
Velocidad Máxima antes de Reja	Vmáx	$V_{max} = \frac{Q_d}{B * H_{max}}$	0.635	m/seg	0.40 – 0.75 m/seg, cumple
Velocidad Media antes de Reja	Vm	$V_{med} = \frac{Q_m}{B * H_{med}}$	0.410	m/seg	0.40 – 0.75 m/seg, cumple
Área Total Mojada	At	$At = B * H_{max}$	0.028	m²	
Eficiencia	E	$E = \frac{a}{a + t}$	0.848		0.6 – 0.85 (CEPIS), cumple
Área Útil	Au	$Au = \frac{At * E}{E}$	0.023		
Velocidad de Paso	Vp	$V_p = \frac{Q_d}{A_u}$	0.749	0.848	0.40 – 0.75 m/seg, cumple

Fuente: Elaboración propia

Verificación de la Velocidad Media					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios

Área Total por Velocidad Media	$A't'$	$A' = b * H_{med}$	0.013	m^2	
Área Útil por Velocidad Media	$A'u'$	$A'u = A't * E$	0.011	m^2	
Velocidad Media	$V'm$	$V'm = \frac{Qm}{A'u}$	0.48	m/seg	0.40 – 0.75m/seg, cumple
Pérdida de Carga en Rejas Limpias	H_f	$H_f = \beta * \left(\frac{t}{a}\right)^3 * \sin \emptyset * \frac{V_m^2}{2g}$	0.0041	m	< 0.15, cumple
Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruida)	H_{fo}	$H_f = \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * H_f = \left(\frac{E}{0.75E}\right)^2 * H_f$	0.0074	m	< 0.15, cumple
	E_o	0.75 E	0.63		(0.5 – 0.75), (0.75 = Parcialmente obstruido)
Altura del Canal	H_{canal}	$H_{canal} = H_{max} + h_{fo} + BL$	0.5	m	

Tabla 27: Cálculos de rejas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Cálculos de desarenador

Criterio de Diseño del Desarenador				
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios
Carga Superficial	Cs	1200	$m^3/m^2/día$	700 – 1600
Caudal de Diseño	Qd	0.017	m^3/seg	
Velocidad de flujo	V	0.3	m/seg	Valor sugerido por INAA
Diámetro de partícula	\emptyset	0.2	mm	> 0.2 mm, CEPIS
Velocidad de Sedimentación	Vs	0.021	m/seg	cepis
Número de Desarenadores	No	2	unid	
Tiempo de Retención de Sedimento en Tolva	T	15	días	Por Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Altura del agua en zona de sedimentación			0.14	m	

Área superficial	AS		1.26	m ²	
Longitud teórica del desarenador	L		2.10	m	Según cepis
Ancho	B		0.60	m	Usar B de Canal de Entrada
Altura de Agua en el Canal de Llegada	H _{agua}	$\frac{Qd}{b * v}$	0.10	m	
Borde libre	BL		0.20	m	Asumido
Largo	L	$\frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$	2.10	m	
Altura calculada del desarenador (Hc)			0.97	m	
Radio Hidráulico	Rh	$\frac{A/P}{Rh^2}$	0.073	m	
		Rh^3	0.17		
Pendiente Longitudinal del Desarenador	S	$S = \left(\frac{n * v}{2}\right)^2 Rh^3$	0.88	%	
Pérdidas en el desarenador	Hf	S * L	0.018	m	

Tabla 29: Cálculos de desarenador

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Cálculos de desarenador

Zona de Lodos					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Cantidad de material retenido	Cant.retenida		0.029	lts/m ³	Zona Residencial, OPS/OMS /CEPIS
Volumen Sedimentado	V _{sed}	Q * Cant.retenida * t	659.03	lts	
Volumen requerido de tolva	Vol.Req.Tolva	Vsed	0.65	m ³	
Altura de Tolva propuesta	H _{tolva}		0.60	m	
Ancho	b		0.60	m	
Largo	L		2.10	m	
Volumen propuesto de tolva	V _{tolva}	H tolva * b * L	0.75	m ³	≥ Vol. Req. tolva, Cumple
Altura Total del Desarenador	H total	Σ Hagua + Htolva + BL	0.90	m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Selección de canaleta Parshall

Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios
------------	------------	-------	----------	-----------

Caudales de Diseño	Q_{min}	0.001	m ³ /seg	> 0.0008
	Q_d	0.017	m ³ /seg	< 0.0538
Ancho de Canal	B	0.60	M	
Ancho de Garganta	W'	0.3	M	1/3 – 1/2 de B
Ancho de Garganta Seleccionado	W	0.076	M	Criterios
Dimensiones de Canal Parshall Seleccionado	A	0.46	M	
	2/3 A	0.31	M	
	Wc	0.19	M	
	B	0.45	M	
	C	0.17	M	
	D	0.25	M	
	E	0.45	M	
	F	0.15	M	
	G	0.30	M	
	K	0.025	M	
	N	0.057	M	
	R	0.40	M	
	M	0.30	M	
	P	0.76	M	
	X	0.025	M	
	Y	0.038	M	
	K	0.17		
	N	1.54		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Selección de canaleta Parshall

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
------------	------------	------------	-------	----------	-----------

Carga Piezométrica en Wc (Tramo Convergente)	Ha	$\sqrt[n]{Q_{max}/k}$	0.22	m	Despejando Q = KHn
Carga Piezométrica en Tramo Contraído	Hb	$\sqrt[n]{Q_{mn}/k}$	0.03	m	
Ahogamiento		$\frac{Hb}{Ha}$	16.55	%	< 60 %, Cumple
Velocidad en la Sección Wc	Vo	$\frac{Q}{Wc * Ha}$	0.39	m/seg	
Carga Total en la Sección Wc	Hc	$\frac{Vo^2}{2g} + Ha + \frac{M}{4}$	0.30	m	
Caudal Específico en W	Q	$\frac{Q}{W}$	0.23	m ³ /m/seg	
Angulo e	Θ		1.57	rad	
Velocidad antes del Resalto	V1	$2 \left[\left(\frac{2g * Eo}{3} \right)^{0.5} * \cos \left(\frac{\theta}{3} \right) \right]$	2.46	m/seg	2.5 m/seg – 3 m/seg
Altura de Agua antes del Resalto	h1	$\frac{q}{V1}$	0.094	m	
Fronde	F	$\frac{V1}{\sqrt{g * h1}}$	2.56		Régimen Supercrítico
Altura de Agua en el Resalto	h2	$\frac{h1}{2} \left[\sqrt{(1 + 8f^2)} - 1 \right]$	0.29	m	h1 < h2, OK!!
Velocidad en el Resalto	V2	$\frac{Q}{W * h2}$	0.77	m/seg	
Altura de agua en la Salida del Canal	h3	h2 – (N – k)	0.26	m	
Velocidad en la Sección de Salida	V3	$\frac{Q}{C * h3}$	0.37	m/seg	
Pérdidas	Hf	$\frac{(h2 - h1)^3}{4 * h2 * h1}$	0.075	m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Selección de canaleta Parshall

Ahogamiento		Hb/Ha < 60 %			Hb/Ha < 70 %								
Ln		7	15	22	30	45	60	90	120	150	180	210	240
W (cm)		7.6	15.2	22.9	30.5	45.7	61	91.5	121.9	152.4	182.9	213.4	243.8
A (cm)		46.7	62.1	88	137.2	144.8	152.4	167.6	182.9	198.1	213.4	228.6	243.8
2/3 A (cm)		31.1	41.4	58.7	91.4	96.5	101.6	11.8	121.9	132.1	142.3	152.4	162.6
Wc cm		19.8	31.5	46	66.5	83.6	120.3	135.3	169.8	204.3	238.8	273.3	307.7
B cm		45.7	61	86.4	134.3	134.3	149.5	164.5	179.4	194.3	209.2	224.2	239.1
C cm		17.8	39.4	38.1	61	76.2	91.4	121.9	152.4	182.9	213.4	243.8	274.3
D cm		25.9	39.7	57.5	84.5	102.6	149.9	157.2	193.7	230.2	266.7	333.2	339.7
E cm		45.7	61	76.2	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4
F cm		15.2	30.5	30.5	61	61	61	61	61	61	61	61	61
G cm		30.5	61	45.7	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91
K cm		2.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
N cm		5.7	11.4	11.4	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
R cm		40.6	40.6	40.6	50.8	50.8	50.8	50.8	61	61	61	61	61
M cm		30.5	30.5	30.5	38.1	38.1	38.1	38.1	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7
P cm		76.8	90.2	108	149.2	167.6	185.4	222.3	171.1	308	344.2	381	417.2
X cm		2.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Y cm		3.8	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Caudal de Flujo Libre	Mínimo	0.0008	0.0014	0.0025	0.003	0.004	0.0119	0.0173	0.0368	0.0453	0.0736	0.085	0.0991
	Máximo	0.0538	0.1104	0.252	0.456	0.697	0.9373	1.4272	1.9227	2.4239	2.9308	3.4377	3.9502

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Selección de canaleta Parshall

VALORES DE CALIBRACIÓN.		
W cm	k	N
7.6	0.176	1.547
15.2	0.381	1.58
22.9	0.535	1.53
30.5	0.69	1.522
45.7	1.054	1.538
61	1.426	1.55
92.5	2.182	1.556
122	2.935	1.578
152.5	3.728	1.587
183.2	4.515	1.595
213.5	5.306	1.601
244	6.101	1.606
30 – 240	$Q = 0.372 * W * (3.281Ha)^{1.568} W^{0.024}$	

Nota: Los coeficientes de la ecuación anterior son K y n, siendo "n" los que se encuentran en forma exponencial

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Cálculos de tanque Imhoff

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Población	P		5,583	hab	
Dotación	Dot		105	lppd	Consumo Norma
Sólidos en Suspensión	SS		444.23	mg/lt	Caract. El Almendro
DBO ₅ Afluyente	S _o		465.00	mg/lt	Caract. El Almendro
Caudal Medio	Qm	$\frac{P * Dot * 0.8}{86400 \text{ seg/día}}$	0.0054	m ³ /seg	
Carga per cápita de DBO ₅	q	So * (Dot * 0.8)	39.06	grDBO/hab/día	
			0.039	KgDBO/hab/día	
Carga diaria de DBO	CTA	q * P	218.07	KgDBO/día	
Coliformes fecales en el afluyente	CFA		11000,000	NMP/100 ml	Caract. El Almendro
Porcentaje de Remoción de DBO	R		50.00	%	40% – 60 %, CEPIS
Concentración de DBO ₅ en Afluyente	S _o	$\frac{\text{DBO por día}}{Qm}$	465.00	mg /lt	Comprobación de "S _o " dado por Laboratorio UNI 1999
Concentración DBO en Efluente	S	So – (R * So)	232.50	mg /lt	
Remoción de Coliformes			50.00	%	
Coliformes fecales en Efluente	CFE	CFA – 50% CFA	5500,000.00	NMP / 100 ml	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Cálculos de tanque Imhoff

Cámara de Sedimentación				
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios
Carga Superficial	Cs	1.35	m ³ /m ² /hr	1.0 – 1.7, INAA
Carga Sobre el Vertedero Efluente		15.00	m ³ /m/hr	7 – 25, INAA
Tiempo de retención	Trs	2.00	hr	2 – 4, INAA
Velocidad Horizontal del Flujo	V _{flujo}	30.00	cm/min	INAA
Relación Longitud/Ancho (ΔL/Δb)	ΔL	4.00		INAA
	Δb	1.00		
Pendiente del Fondo del sedimentador	Δh	1.00		INAA
	Δv	1.00		
Abertura de Comunicación entre Cámaras		25.00	cm	15 – 30, INAA
Proyección Horizontal del Saliente		25.00	cm	15 – 30, INAA
Número TANQUES	Ns	1.00		
Número de Sedimentadores	Ns	1.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Cálculos de tanque Imhoff

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Volumen Total de Sedimentación	Vs	$Q_m * Tr_s$	39.08	m ³	
Volumen por Sedimentador	Vsu	$\frac{V_s}{N_s}$	39.08	m ³	
Área Superficial mínima del Sedimentador	As	$\frac{Q_m}{C_s}$	14.47	m ²	
Área Superficial mínima por Sedimentador	Asu	$\frac{A_s}{N_s}$	14.47	m ²	
Ancho de Sedimentador	Bs	$\sqrt{A_{su}/\Delta L}$	1.90	m	
Longitud de Sedimentador	Ls	$B_s * \Delta L$	7.61	m	
Área Transversal Triangular de Sedimentador	Ats	$\frac{B_s * H_{ts}}{2}$	0.90	m ²	
Altura Triangular de Sedimentador	Hts	$\frac{B_s * h}{2}$	0.95	m	
Área Transversal Rectangular de Sedimentador	Ars	$\frac{V_{su} - (A_{ts} * L_s)}{L_s}$	2.22	m ²	
Altura Rectangular de Sedimentador	Hrs	$\frac{A_{rs}}{B_s}$	1.17	m	
Área Transversal Total de cada Sedimentador	ATS	$\frac{A_{rs}}{A_{ts}}$	3.13	m ²	
Altura Total de cada Sedimentador	HTS	$H_{rs} + H_{ts}$	2.12	m	
Longitud mínima del vertedero salida	Lv	lv: Q_{max}/chv	0.07	m ³ / m*día	
Revisión de Velocidad Horizontal del Flujo	V _{flujo}	$\frac{Q_m}{A_{ts} * N_s}$	10.41	cm/min	< 30 cm/min, Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Cálculos de tanque Imhoff

Deflector de Espuma					
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios	
Por debajo de la Superficie		30.00	cm	25 – 40 cm INAA	
Por encima de la Superficie		30.00	aw	INAA	
Borde Libre	BL	50.00	cm	45 – 60, INAA	
Zona de Ventilación de Gases					
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios	
Anchura de Abertura		0.60	m	45 – 75 cm	
Separación entre Sedimentadores		1.00	m	> 1.00 m Cepis	
Porcentaje		25.0%	%	15 – 30%	
Cámara de Digestión					
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios	
Temperatura de Agua	Ta	26.40	°C		
Factor de Capacidad Relativa	Fcr	0.50		Ver Cuadro D – 2 – 1b	
Tiempo de retención de lodos	Trc	30.00	días	Ver Cuadro D – 2 – 1a	
Pendiente del Fondo	Δa	2.00		INAA	
	Δb	1.00			
Tubería de Extracción de Lodos	Φ	25.00	cm	20 – 30, INAA	
		0.25	m	Al fondo de tanque	
Número de Cámaras	Nc	1.00	und		
Altura Trapezoidal	Htc	0.85	m	$Htc = [(BM - Bm)/2] * Pfc$	

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Carga Hidráulica Sobre El Vertedero	Chv		250.00	$m^3 / m^2 \cdot día$	125 – 500
Longitud de cada Cámara	Lc	$lc = ls/2$	7.61	m	
Volumen por Cámara	Vcu	$\frac{70 * p * fcr}{1000}$	195.41	m^3	OPS, CEPIS, 05 163, UNATSABAR
Base Mayor de Cámara de Lodos	BMc	$= 2Bs + 2(Anchura de abertura) + Separacion entre Sedimentadores$	4.40	m	
Base Menor de Cámara de Lodos	Bmc		1.00	m	
Altura en Zona Trapezoidal	Htc	$\frac{BMc - Bmc}{2 * a}$	0.85	m	
Volumen en Zona Trapezoidal	Vtc	$\frac{(\frac{Htc}{3} * [(BMc * lc) + Bmc^2 + \sqrt{(BMc * lc) + Bmc^2}])}{Nc}$	11.42	m^3	
Volumen en Zona Recta de cada Cámara	Vrc	$Vcu - Vtc$	183.98	m^3	
Altura de Lodos en Zona Recta de cada Cámara	Hrc	$\frac{Vrc}{Lc * BMC}$	5.49	m	
Distancia Libre hasta el nivel de Lodos			0.40	m	0.30 – 0.90 INAA
Altura total de la camara de digestion			6.74	m	
Altura Total del Tanque	HT		9.36	m	7.25 – 9.5, INAA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Cálculos de tanque Imhoff

LECHO DE SECADO						
Parámetros	Simbología	Datos	Unidades	Criterios		
Densidad de los Lodos	ρ_{lodo}	1.04	Kg/lt	CEPIS		
Solidos Contenidos en los Lodos	% Solidos	10.00	%	CEPIS		
Altura del Lecho	HI	0.40	m	0.2 - 0.4 m, CEPIS		
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios	

Carga de Sólidos que Ingresan al Sedimentador	C	$Q_m * ss$	208.33	Kg de SS/día	
Masa de Sólidos que Conforman los Sólidos	Msd	$0.325 * C$	67.71	Kg de SS/día	
Volumen Diario de Lodos Digeridos	Vld	$\frac{Msd}{\rho_{lodos} * (\frac{\%Sólidos}{100})}$	651.04	lts/día	
Volumen de Lodos a Extraerse del Tanque	$V_{extracción}$	$Vld * Trc$	19.53	m ³	
Área del Lecho de Secado	Als	$\frac{V_{extracción}}{Hl}$	48.83	m ²	
Ancho del Lecho de Secado	Bls		6.00	m	Asumido
Largo del Lecho de Secado	Lls	$\frac{Als}{Vls}$	8.14		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Cálculos de tanque Imhoff

Temperatura de Agua °C	Tiempo de Digestión en Días	Factor de Capacidad Relativa
5.00	110.00	2.00
10.00	76.00	1.40
15.00	55.00	1.00
20.00	40.00	0.70
> 25	30.00	0.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Cálculos de biofiltro #1

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Coliformes Fecales en el Afluente	CFA		5.50E+06	NMP/100 ml	
Coliformes Fecales en el Efluente	CFE		2.37E+04	NMP/100 ml	> 1.00E + 03, No Cumple
Coliformes Fecales Removidos	$CF_{remov.}$		99.57	%	
DBO ₅ Afluente	S _o		232.50	mg/lt	
DBO ₅ Efluente Esperado	S		1.000	mg /lt	< 30, Cumple

DBO ₅ Removido	DBO _{5remov.}		99.57	%	
Caudal Medio	Qm		0.00543	m ³ /seg	
			468.97	m ³ /día	
Medio Filtrante		Grava			
Porosidad	η		0.34		
Conductividad Hidráulica	Ks		8000	m/día	
Profundidad Media del Humedal	Hm		0.72	m	0.60 – 0.85 m, Cumple
Temperatura del Agua en el Mes más Frío	Ta	10.443 + (0.688 * Taire)	25.6	°C	
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	K _{20°C}	1.839 * 37.31 * n ^{4.172}	0.762	d ⁻¹	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	K _{d(Ta)}	K _{20°C} * 1.06 ^(Ta-20°C)	1.054	d ⁻¹	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Cálculos de biofiltro #1

Superficie Requerida					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Área Superficial Requerida	As	$\frac{Qm * [\ln(So) - \ln(S)]}{Kd(Ta) * Hm * n}$	9902	m ²	
Tiempo de Retención Hidráulica	Tr	$\frac{As * Hm * n}{Qm}$	5.17	días	
Carga Orgánica	L _{org}	$\frac{So * Hm * n}{Tr}$	110.11	KgDBO/ha*día	< 112, Cumple
Carga Hidráulica	CH	$\frac{Qm}{As}$	473.61	m ³ /ha*d	470 – 1870, Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Cálculos de biofiltro #1

Diseño Geométrico					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Número de Biofiltros	N		1	unid	
Superficie Unitaria	Asu	As/N	9902	m ²	
Caudal Unitario	Qmu	Qm/N	468.97	m ³ /día	
Pendiente del Fondo del Lecho	i		0.010	m/m	0.05 – 0.01
Relación Largo/Ancho	L/B		0.9		

Ancho Unitario	B	$\sqrt{\frac{Asu}{\left(\frac{L}{N}\right)}}$	105	m	
Largo Unitario	L	Asu/B	94	m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Cálculos de biofiltro #1

Detalle Geométrico					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Espesor de Tierra Superficial	Ht		0.10	m	0.05 – 0.15 m
Altura de Borde Libre	BL		0.20	m	0.2 – 0.9 m
Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro	H1	$Hm - \left(\frac{L}{2} * i\right)$	0.25	m	
Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro	He	$Ht + BL + H1$	0.55	m	
Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro	H2	$Hm - \left(\frac{L}{2} * i\right)$	1.19	m	
Profundidad de Salida del Humedal	Hs	$Ht + BL + Hs$	1.49	m	
Talud a lo largo	zL		2/3		
Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal	Le	He/zL	0.82	m	
Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal	Ls	Hs/zL	2.24	m	
Longitud Total de Biofiltro	Lt	$L + LB + Ls$	97	m	
Talud de Entrada del Humedal	zB		2/3		
Margen Extra de la Base del Humedal	Bm	He/zB	0.82	m	
Talud a lo ancho de la Salida del Humedal	zB'	Hs/Bm	5/9		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Cálculos de biofiltro #2

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Coliformes Fecales en el Afluente	CFA		2.37E+04	NMP/100 ml	
Coliformes Fecales en el Efluente	CFE		1.02E+02	NMP/100 ml	< 1.00E + 03, Cumple
Coliformes Fecales Removidos	CF _{remov.}		99.570	%	
DBO ₅ Afluente	S _o		232.50	mg/lt	
DBO ₅ Efluente Esperado	S		1.000	mg /lt	< 30, Cumple
DBO ₅ Removido	DBO _{5remov.}		99.570	%	

Caudal Medio	Qm		0.005428	m ³ /seg	
			468.972	m ³ /día	
Medio Filtrante		Grava Media			
Porosidad	η		0.34		
Conductividad Hidráulica	Ks		8000	m/día	
Profundidad Media del Humedal	Hm		0.72	m	0.60 – 0.85 m, Cumple
Temperatura del Agua en el Mes más Frío	Ta	10.443 + (0.688 * Taire)	25.6	°C	
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	K _{20°C}	1.839 * 37.31 * n ^{4.172}	0.762	d ⁻¹	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	K _{d(Ta)}	K _{20°C} * 1.06 ^(Ta-20°C)	1.054	d ⁻¹	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Cálculos de biofiltro #2

Superficie Requerida					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Área Superficial Requerida	As	$\frac{Q_m * [\ln(S_o) - \ln(S)]}{K_d(T_a) * H_m * n}$	9902	m ²	
Tiempo de Retención Hidráulica	Tr	$\frac{A_s * H_m * n}{Q_m}$	5.17	días	
Carga Orgánica	L _{org}	$\frac{S_o * H_m * n}{T_r}$	110.11	KgDBO/ha*día	< 112, Cumple
Carga Hidráulica	CH	$\frac{Q_m}{A_s}$	473.61	m ³ /ha*d	470 – 1870, Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Cálculos de biofiltro #2

Diseño Geométrico					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Número de Biofiltros	N		1	unid	
Superficie Unitaria	Asu	As/N	9902	m ²	
Caudal Unitario	Qmu	Qm/N	468.97	m ³ /día	
Pendiente del Fondo del Lecho	i		0.010	m/m	0.05 – 0.01
Relación Largo/Ancho	L/B		0.9		
Ancho Unitario	B	$\sqrt{\frac{A_{su}}{N}}$	105	m	

Largo Unitario	L	Asu/B	94	m	
-----------------------	---	-------	----	---	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Cálculos de biofiltro #2

Detalle Geométrico					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Espesor de Tierra Superficial	Ht		0.10	m	0.05 – 0.15 m
Altura de Borde Libre	BL		0.20	m	0.2 – 0.9 m
Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro	H1	$Hm - \left(\frac{L}{2} * i\right)$	0.25	m	
Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro	He	$Ht + BL + H1$	0.55	m	
Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro	H2	$Hm - \left(\frac{L}{2} * i\right)$	1.19	m	
Profundidad de Salida del Humedal	Hs	$Ht + BL + Hs$	1.49	m	
Talud a lo largo	zL		2/3		
Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal	Le	He/zL	0.82	m	
Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal	Ls	Hs/zL	2.24	m	
Longitud Total de Biofiltro	Lt	$L + LB + Ls$	97	m	
Talud de Entrada del Humedal	zB		2/3		
Margen Extra de la Base del Humedal	Bm	He/zB	0.82	m	
Talud a lo ancho de la Salida del Humedal	zB'	Hs/Bm	5/9		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Cálculos de laguna facultativa secundaria

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Población	P		5,583	hab	
Dotación.	Dot		105.00	lppd	
Aporte de Agua Residual			0.80		
Caudal Medio	Qm		5.42	lts/seg	
			468972	lts/día	
			468.97	m ³ /día	
DBO₅ Afluyente	So	$So * Dot * 0.8$	232.50	mg/l	
0Carga Percápita de DBO₅ Afluyente	Q		19.53	gr/hab*día	
Coliformes Fecales en el Afluyente	CFA		5.50E+06	NMP/100ml	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Cálculos de laguna facultativa secundaria

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Carga Total Aplicada de DBO5	CTA	$So * Qm$	109.03	KgDBO/día	
Temperatura del Aire en el Mes más Frio	T_{aire}		22.0	°C	
Temperatura del Agua en el Mes más Frio	T_a	$10.448 + (0.688 * T_{aire})$	25.6	°C	
Carga Superficial Máxima	$CS_{m\acute{a}x}$	$357.4 * (1.085^{(T_a - 20^{\circ}C)})$	478.58	KgDBO/Ha*día	CEPIS
Carga Superficial Aplicada	CSA	$0.4 * CS_{m\acute{a}x}$	191.43	KgDBO/Ha*día	$(70 - 90\%)CS_{m\acute{a}x}$
Área Total de Lagunas Facultativas	A_t	CTA/CSA	0.57	Ha	
			5695.76	m ²	
Número de Laguna	N		2	Unid.	
Área Requerida por Laguna	A_u	A_t/N	2847.88	m ²	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Cálculos de laguna facultativa secundaria

Dimensionamiento por Laguna					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Altura de Agua	H		1.800	M	1.5 – 2.5 m
Relación Largo/Ancho	n	L/B	2	M	2:1 – 4:1
Ancho en Superficie de Agua	B	$\sqrt{\frac{A_u}{n}}$	37.73	M	
Longitud en Superficie de Agua	L	$n * B$	75.47	M	
Talud Interno de Laguna	z	1/3	1/3		
Ancho Interior	b	$B - (2 * \frac{H}{z})$	26.93	M	
Longitud Interior	l	$L - (2 * \frac{H}{z})$	64.67	M	
Volumen de Laguna	V	$\frac{H}{6} * [B(2L + l) + b(2l + L)]$	4095.81	m ³	
Período Retención	Pr	$\frac{V}{Q_m/N}$	17.46	Días	7 – 15 días, Cumple

Borde Libre				
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades
Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B)	BL		2.000	m
Ancho Total	Bt	B + BL	39.73	m
Longitud Total	Lt	L + BL	77.47	m
Altura Total	Ht	H + (BL * Z)	2.13	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Cálculos de laguna facultativa secundaria

1. Remoción de Materia Orgánica DBO5					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	$K_{20^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\text{Pr}}{-14.77 + 4.46 * \text{Pr}}$	0.27	d^{-1}	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	$K_{d(\text{Ta})}$	$K_{20^{\circ}\text{C}} * 1.085^{(\text{Ta} + 20^{\circ}\text{C})}$	0.43	d^{-1}	
a. Marais Chow					
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{\text{So}}{1 + (\text{Kd} * \text{Pr})}$	26.97	mg/lt	< 30 mg /lt, Cumple
Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente	%S	$100 * (\text{S}/\text{So})$	11.60	%	
Porcentaje Removido DBO5 del Afluente		$100 - \%S$	88.39	%	
b. Cepis (Dr. Yáñez)					
Carga Superficial Removida	CSremov	$7.67 + (0.8063 * \text{CSA})$	162.02	kgDBO/Ha*día	
Carga Superficial Remanente	CSreman	$\text{CSA} - \text{CSreman}$	29.41	kgDBO/Ha*día	
Porcentaje Remanente DBO5 en el Efluente	%CSreman	$100 * (\text{CSreman}/\text{CSA})$	15.36	%	
Porcentaje Removido DBO5 del Afluente		$100 - (\% \text{CSreman})$	84.63	%	
Carga Total Aplicada en el Efluente	CTA _{efluente}	$\text{Csreman} * \text{At}$	16.75	KgDBO/día	

Concentración DBO5 en el Efluente	S	$\frac{CTA_{\text{efluente}}}{Q_m}$	35.72	mg/lt	No Cumple
c. Thirmurty					
Factor Geométrico	x	n	2		
Factor de Dispersión	d	$\frac{x}{-0.26118 + 0.25392x + 1.01368x^2}$	0.46		
Factor "a" de DBO5	a	$\sqrt{1 + (4 * Kd(Ta) * d * Pr)}$	3.89		
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{So * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1 + a)^2}$	6.72	mg/lt	< 30 mg /lt, Cumple
Porcentaje Remanente DBO en el Efluente	%S	$100 * (S/So)$	2.89	%	
Porcentaje Removido DBO del Afluente		$100 - \%S$	97.10	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Cálculos de laguna facultativa secundaria

2. Remoción de Coliformes Fecales					
a. Marais Chow					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales	Kb	$0.84 * 1.07^{(Ta-20)}$	1.22		
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA}{1 + Kb + Pr}$	2.46E+05	NMP /100 ml	No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$100 * (CFE/CFA)$	4.46	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	95.53	%	
b. Thirmurty					
Factor "a"	a	$\sqrt{1 + (4 * Kb * d * Pr)}$	6.38	Adim	
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1 + a)^2}$	7.845E+03	NMP*/100ml	No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$100 * (CFE/CFA)$	0.14	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	99.85	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Cálculos de laguna aerobia terciaria

Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Caudal Medio	Qm		5.42	Lps	
			468972.00	Lpd	
			468.97	m ³ /d	
DBO ₅ Afluente (Efluente de Lag. Fac. Sec.)	So	Marais Chow	26.97	mg/l	
		CEPIS	35.72	mg/l	
		Thirimurty	6.72	mg/l	
Coliformes Fecales Afluentes (Efluente de Lag. Fac. Sec.)	CFA	Marais Chow	2.455E+05	NMP/100ml	
		Thirimurty	7.845E+03	NMP/100ml	
Carga Total Aplicada (según Marais Chow, CEPIS y Thirimurty, respectivamente)	CTA	So * Dot * 0.8	12.65	Kg/día	
			16.75	Kg/día	
			3.15	Kg/día	
Área Total de Lagunas Aeróbias	A _t	Área Total de Lag. Fac. Sec.	0.57	Ha	
			5695.76	m ²	
Número de Lagunas	N		1.00	unid.	
Área Requerida por Laguna	A _u		0.57	Ha	
			5695.76	m ²	
Carga Superficial Aplicada (según Marais Chow y Thirimurty, respectivamente)	CSA	CTA / A _t	22.21	Kg DBO/Ha*d	< 150, Cumple
			5.53	Kg DBO/Ha*d	< 150, Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Cálculos de laguna aerobia terciaria

Dimensionamiento por laguna					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Altura de Agua	H		1.50	m	1.00 – 1.50 m
Relación Largo/Ancho	n	L/B	2	m	2: 1 – 4: 1
Ancho en Superficie de Agua	B	$\sqrt{\frac{(A_u)}{n}}$	53.36	m	
Longitud en Superficie de Agua	L	n * B	106.73	m	
Talud Interno de Laguna	z	1/3	1/3		
Ancho Interior	b	$B - (2 * \frac{H}{z})$	44.36	m	
Longitud Interior	l	$L - (2 * \frac{H}{z})$	97.73	m	
Volumen de Laguna	V	$\frac{H}{6} * [B(2L + l) + b(2l + l)]$	7503.49	m ³	
Período Retención	Pr	$\frac{V}{Q_m/N}$	16.00	días	7 – 20, Cumple
Canal de Pantallas Deflectoras					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Ancho de Canal	B _{disp}	B/n	26.683	m	
Longitud de Canal	L _{disp}	Nl	213.462	m	

Tabla 56: Cálculos de laguna aerobia terciaria

1. Remoción de Materia Orgánica DBO5					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	$K_{20^{\circ}\text{C}}$	$\frac{Pr}{-14.77 + 4.46 * Pr}$	0.28	d^{-1}	
Temperatura del Aire en el Mes más Frio.	T_{aire}		22.0	$^{\circ}\text{C}$	
Temperatura Superficial del Agua.	T_a	$10.443 + (0.688 * T_{\text{aire}})$	25.6	$^{\circ}\text{C}$	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	$K_{d(T_a)}$	$K_{20^{\circ}\text{C}} * 1.085^{(T_a + 20^{\circ}\text{C})}$	0.44	d^{-1}	
a. Marais Chow					
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_o}{1 + (K_d * Pr)}$	3.31	mg/lt	< 30 mg/lt, Cumple
Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente	%S	$100 * \left(\frac{S}{S_o}\right)$	12.29	%	
Porcentaje Removido DBO5 del Afluente		$100 - \%S$	87.70	%	
b. Cepis (Dr. Yáñez)					
Carga Superficial Aplicada de Lag. Facultativa Primaria	$CSA_{\text{Lag. Fac. Prim}}$		191.43	$\text{Kg DBO}_5/\text{Ha} * \text{d}$	
Relación $\text{DBO}_{\text{total}}/\text{DBO}_{\text{Soluble}}$		$\text{DBO}_{\text{total}}/\text{DBO}_{\text{Soluble}}$	2.10		Ver Cuadro D – 3 – 2a al final

Carga Superficial Remanente en Lag. Facultativa Primaria	$CS_{\text{reman. Lag. Fac. Prim.}}$		29.41	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Superficial Aplicada (según CEPIS)	$CSA_{\text{(CEPIS)}}$	$(DBO_{\text{total}}/DBO_{\text{Soluble}}) * CS_{\text{reman. Lag. Fac. Prim.}}$	62	Kg DBO ₅ /Ha*d	< 150, Cumple
Carga Superficial Removida	CS_{remov}	$0.765 * CSA_{\text{(CEPIS)}} - 0.8$	46.44	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Superficial Remanente	CS_{reman}	$CSA_{\text{(CEPIS)}} - CS_{\text{remov}}$	15.31	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Total en el Efluente	CTA_{efluente}	$CS_{\text{reman}} * At$	8.72	Kg/día	
Concentración de DBO5 en el Efluente	S	$CTA_{\text{efluente}}/Q_m$	18.59	mg/l	< 30 mg/l, Cumple
c. Thirmurty					
Factor Geométrico	x	$L_{\text{disp}}/B_{\text{disp}}$	8		
Factor de dispersión	d	$\frac{x}{-0.26118 + 0.25392x + 1.01368x^2}$	0.12		
Factor "a" de DBO5	a	$\sqrt{1 + (4 * K_d(T_a) * d * Pr)}$	2.10		
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_o * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1 + a)^2}$	0.059	mg/l	< 30 mg/l, Cumple
Porcentaje Remanente DBO en el Efluente	%S	$100 * (S/S_o)$	0.88	%	
Porcentaje Removido DBO del Afluente		$100 - \%S$	99.11	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Cálculos de laguna aerobia terciaria

2. Remoción de Coliformes Fecales					
Parámetros	Simbología	Ecuaciones	Datos	Unidades	Criterios
a. Marais Chow					
Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales	Kb	$0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$	1.22	mg/l	< 30 mg/l, Cumple
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA}{1 + Kb + Pr}$	1.19E+04	NMP/100 ml	No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$100 * \left(\frac{CFE}{CFA}\right)$	4.85	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	95.14	%	
c. Thirmurty					
Factor "a"	a	$\sqrt{1 + (4 * K_b * d * Pr)}$	3.22	Adim	
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1 + a)^2}$	5.309E-01	NMP/100ml	< 1.00E + 3, Cumple

Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$100 * (CFE/CFA)$	0.00	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100-%CFE$	100	%	
* El Período de Retención en las Lagunas de Oxidación Aireada tienen un intervalo máximo de 5 - 30 días, aunque lo normal se encuentra entre 7 - 20 días según las Normas de INAA					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Costo de alcantarillado sanitario

ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTO C\$	
					UNITARIO	TOTAL
1		Preliminares	Glb			190,135.30
	1.1	Limpieza Inicial	m ²	242.00	15.6	3,775.20
	1.2	Trazo y Nivelación	m	11,482.45	16.23	186,360.10
2		Sistema de Recolectoras	Glb			7,954,537.82
	2.1	Tuberías de 6"				
	2.1.1	Excavación, Relleno y compactación	m ³			
	2.1.1.1	Profundidad de 1.65 a 2.00 m	m ³	8,780.93	198.97	1747,142.09
	2.1.1.2	Profundidad de 2.00 a 2.50 m	m ³	2,525.07	208.92	527,532.87
	2.1.1.3	Profundidad de 2.50 a 3.00 m	m ³	3,035.46	219.36	665,871.96
	2.1.1.4	Profundidad de 3.00 a 3.50 m	m ³	2,052.33	230.33	472,718.95

	2.1.1.5	Profundidad de 3.50 a 4.00 m	m ³	867.18	241.85	209,727.06
	2.1.1.6	Profundidad de 4.00 a 4.50 m	m ³	541.47	253.94	137,500.90
	2.1.1.7	Profundidad de 4.50 a 5.00 m	m ³	562.04	266.64	149,861.29
	2.1.1.8	Profundidad de 5.00 a 5.50 m	m ³	387.09	279.97	108,374.68
	2.1.1.9	Profundidad de 5.50 a 6.00 m	m ³	913.19	293.97	268,449.10
	2.1.1.10	Profundidad de 6.00 a 6.50 m	m ³	432.94	308.67	133,636.16
	2.1.2	Suministro e Instalación de Tub.	m	11,482.45	294.00	3375,839.12
	2.1.3	Prueba de Tuberías	m	11,482.45	13.75	157,883.63
3		Obras de Registro	Glb			2,496,967.64
	3.1	Pozos de Visita Sanitario				
	3.1.1	Profundidad de 1.65 a 2.00 m	C/U	98	9,685.00	968,500.00
	3.1.2	Profundidad de 2.00 a 2.50 m	C/U	23	10,584.46	243,442.58
	3.1.3	Profundidad de 2.50 a 3.00 m	C/U	27	12,933.96	349,216.92
	3.1.4	Profundidad de 3.00 a 3.50 m	C/U	19	18,116.96	344,222.24
	3.1.5	Profundidad de 3.50 a 4.00 m	C/U	8	19,326.42	154,611.36
	3.1.6	Profundidad de 4.00 a 4.50 m	C/U	3	22,113.59	66,340.77
	3.1.7	Profundidad de 4.50 a 5.00 m	C/U	2	27,590.83	55,181.66
	3.1.8	Profundidad de 5.00 a 5.50 m	C/U	2	29,955.29	59,910.58
	3.1.9	Profundidad de 5.50 a 6.00 m	C/U	5	31,423.77	157,118.85
	3.1.10	Profundidad de 6.00 a 6.50 m	C/U	3	32,807.56	98,422.68
4		Conexiones Domiciliares	C/U	734		2,719,194.80
	4.1	A Colector de 6"				
	4.1.1	Conexiones Cortas (0.0 - 3.5 m)	C/U	419	433	181,427.00
	4.1.2	Conexiones Largas (3.5 - 5.5 m)	C/U	315	265	83,475.00
	4.2	Cajas de Registro				
4.2.1	Cajas de Concreto	C/U	738	3,325.60	2454,292.80	
5		Rotura y Reposición de Carpeta				1,085,090.58
	5.1	Adoquinado	m ²	8,611.83	126	1085,090.58
6		Mitigación de Impactos				32,000.00

	6.1	Medidas de Prevención de Accidentes	Glb	1	32,000.00	32,000.00
7		Limpieza Final	m ²	11,482.45	126	1,446,788.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Costo de alcantarillado sanitario

d) Total	C\$15,926,110.34
e) Costo unitario directo	C\$15,926,110.34
f) Costo unitario directo (15% d)	C\$2,388,916.55
g) Costo unitario de administración y utilidad (10% d)	C\$1,592,611.03
h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)	C\$19,907,637.92
i) Impuesto a la Alcaldía (1% de h)	C\$199,076.37
j) Impuesto general de venta (15% de h+i)	C\$3,016,007.14
k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)	C\$23,122,721.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Preliminares

ETAPA	SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
1.0		Limpieza Inicial		Global		6,625,173.52
	1.1	Limpieza general de todo el campo de tratamiento	9,778.20	m ²	13	127,116.60
	1.2	Trazado y nivelación de obras preliminares	361.06	m	21	7,582.26
	1.3	Excavación, relleno y compactación	39,576.07	m ³	164	6,490,474.66
2.0		Construcción del canal				6,963.91
	2.1	Cemento	9.00	Bolsas	295	2,655.00
	2.2	Arena	0.71	m ³	765	545.78
	2.3	Grava	0.95	m ³	980	930.57
	2.4	Varilla de Acero de 3/8"	43.00	Lbs	18	774.00
	2.5	Varilla de Acero de 1/4"	3.00	Lbs	18	54.00
	2.6	Alambre de acero No 18	3.00	Lbs	27	81.00
	2.7	Formaleta	1.32	m ²	228	300.96
	2.8	Mano de Obra	4.27	m ²	380	1,622.60
3.0		Construcción de reja				13,143.76
	3.1	Cemento	7.00	Bolsas	295	2,065.00

	3.2	Arena	0.49	m ³	765	374.85
	3.3	Grava	0.67	m ³	980	653.66
	3.4	Varilla de Acero de 3/8"	13.00	Lbs	18	234.00
	3.5	Varilla de Acero de 1/5"	8.00	Lbs	18	144.00
	3.6	Platina metálica de 3/4 * 3/16	1.42	Unidad	872	1,238.24
	3.7	Lámina metálica de 1/4"	558.00	pulg ²	14	7,812.01
	3.8	Electrodos soldadores	1.00	Caja	545	545.00
	3.9	Mano de obra	1.00	Unidad	77	77.00
4.0		Construcción del desarenado				44,402.72
	4.1	Cemento	37.00	Bolsas	295	10,915.00
	4.2	Grava	3.10	m ³	765	2,371.50
	4.3	Arena	4.11	m ³	980	4,027.80
	4.4	Varilla de Acero de 3/8"	192.19	Lbs	18	3,459.42
	4.5	Varilla de Acero de 1/4"	400.00	Lbs	18	7,200.00
	4.6	Alambre de amarre No 18	23.00	Lbs	27	621.00
	4.7	Formaleta	36.00	m ²	228	8,208.00
	4.8	Mano de Obra	20.00	m ²	380	7,600.00
5.0		Medidor Parshall				31,855.91
	5.1	Cemento	12.00	Bolsas	295	3,540.00
	5.2	Arena	0.83	m ³	765	634.95
	5.3	Grava	1.10	m ³	980	1,078.00
	5.4	Varilla de Acero de 3/8"	162.62	Lbs	18	2,927.16
	5.5	Varilla de Acero de 1/4"	76.00	Lbs	18	1,368.00
	5.6	Formaleta	11.00	m ²	228	2,508.00
	5.7	Mano de Obra	10.71	m ²	380	4,069.80
	5.8	Medidor Parshall prefabricado	1.00	Unidad	15730	15,730.00
6.0		Caja de Recolección y distribución				10,999.46
	6.1	Bloque de (0.40*0.15*17)	10.00	Unidad	17	170.00
	6.2	Cemento	12.00	Bolsas	295	3,540.00
	6.3	Arena	0.82	m ³	765	627.30
	6.4	Grava	1.55	m ³	980	1,519.00
	6.5	Varilla de Acero de 3/8"	139.50	Lbs	18	2,511.00
	6.6	Varilla de Acero de 1/4"	83.70	Lbs	18	1,506.60
	6.7	Formaleta	2.62	m ²	228	597.36
	6.8	Mano de Obra	1.39	m ²	380	528.20
7.0		Canal de Evacuación de Agua				1,022,207.66
	7.1	Cemento	403.08	Bolsas	295	118,909.19
	7.2	Arena	41.96	m ³	765	32,099.40
	7.3	Grava	33.57	m ³	980	32,900.56
	7.4	Ladrillo Cuarterón	8,258.00	Unidad	7	57,806.00
	7.5	Varilla de Acero de 3/8"	20,751.42	Lbs	18	373,525.56
	7.6	Varilla de Acero de 1/4"	19,584.03	Lbs	18	352,512.54
	7.7	Alambre de acero No 18	2,016.83	Lbs	27	54,454.41
8.0		Operación y Acabado				849,881.75
	8.1	Malla Ciclón	6.00	Unidad	2500	15,000.00

8.2	Tubo de Acero 4" Galvanizado	265.00	Unidad	2020	535,300.00
8.3	Cemento	57.00	Bolsas	295	16,815.00
8.4	Arena	5.63	m ³	765	4,306.95
8.5	Grava	6.26	m ³	980	6,134.80
8.6	Piedra Cantera	940.00	Unidad	40	37,600.00
8.7	Varilla de Acero de 3/8"	1,355.00	Lbs	18	24,390.00
8.8	Varilla de Acero de 1/4"	1,873.00	Lbs	18	33,714.00
8.9	Alambre de acero No 18	68.00	Lbs	27	1,836.00
8.10	Electrodos soldadores	10.00	Caja	550	5,500.00
8.11	Alambre de Púas	5.00	Unidad	763	3,815.00
8.12	Arborización	1.00	Global	2500	2,500.00
8.13	Limpieza Final	32,594.00	m ²	5	162,970.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Preliminares

d) Costo Total Directo	C\$	8,604,628.69
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$	1,335,185.11
f) Utilidades (10% * d)	C\$	890,123.41
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$	11,126,542.61
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$	111,265.43
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$	1,685,671.20
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$	12,923,479.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Tanque Imhoff

ETAPA	SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
1.0		Mano de Obra				158,899.75
	1.1	Trazado y Nivelación	65.36	m	21	1,372.56
	1.2	Operador de Excavadora	14.00	Hrs	40	560.00
	1.3	Operador de Vibro compactadora	6.00	Hrs	40	240.00
	1.4	Operador de Mezcladora	194.01	Hrs	40	7,760.52
	1.5	Operador de Compactadora Manual	131.56	Hrs	35	4,604.60
	1.6	Oficial Carpintero	167.35	Hrs	42	7,028.70
	1.7	Ayudante Carpintero	167.35	Hrs	28	4,685.80
	1.8	Ayudante Armador	3,337.91	Hrs	35	116,826.85
	1.9	Oficial Fontanero	20.00	Hrs	42	840.00
	1.10	Oficial Albañil	187.26	Hrs	50	9,362.95
	1.11	Ayudante Albañil	187.26	Hrs	30	5,617.77
2.0		Materiales				680,417.53
	2.1	Formaleta	510.11	m ²	228	116,305.99
	2.2	Cemento	332.00	Bolsas	295	97,940.00
	2.3	Arena	28.00	m ³	765	21,420.00
	2.4	Grava	37.00	m ³	980	36,260.00
	2.5	Varilla de Acero de 3/8"	174.64	Lbs	18	3,143.54
	2.6	Varilla de Acero de 1/2"	3,701.00	Lbs	21	77,721.00
	2.7	Varilla de Acero de 5/8"	5,862.52	Lbs	25	146,563.00
	2.8	Alambre de Acero No 18	3,562.00	Lbs	27	96,174.00

	2.9	Motobomba	1.00	Unidad	62500	62,500.00
	2.1	Tubo PVC SDR 41 8"	4.00	Unidad	1984	7,936.00
	2.11	Camisa de 8"	3.00	Unidad	918	2,754.00
	2.12	Yee 8"	1.00	Unidad	1000	1,000.00
	2.13	Codo 45 8"	1.00	Unidad	200	200.00
	2.14	Válvula de pase 8"	1.00	Unidad	10500	10,500.00
3.0		Equipos				138,800.91
	3.1	Vibro compactadora	6.00	Hrs	850	5,100.00
	3.2	Mezcladora	194.01	Hrs	485	94,096.31
	3.3	Compactadora Manual	131.56	Hrs	35	4,604.60
	3.4	Excavadora	14.00	Hrs	2500	35,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Tanque Imhoff

d) Costo Total Directo	C\$ 978,118.19
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$ 146,717.73
f) Utilidades (10% * d)	C\$ 97,811.81
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$ 1,222,647.73
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$ 12,226.48
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$ 185,231.13
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$ 1,420,105.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Lecho de secado

ETAPA	SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
1.0		Mano de Obra				9,404.27
	1.1	Trazado y Nivelación	28.28	m	38	1,074.64
	1.2	Operador de Tractor	12.05	Hrs	42	506.10
	1.3	Auxiliar de Operador de tractor	12.05	Hrs	31	373.55
	1.4	Operador de Carga Frontal	7.28	Hrs	38	276.64
	1.5	Operador de Camión Volquete	36.01	Hrs	38	1,368.38
	1.6	Operador de Mezcladora	32.79	Hrs	38	1,246.02
	1.7	Ayudante de Excavación	12.71	Hrs	31	394.01
	1.8	Oficial Albañil	7.26	Hrs	46	333.96
	1.9	Ayudante Albañil	7.26	Hrs	31	225.06
	1.10	Oficial Fontanero	15.08	Hrs	46	693.68
	1.11	Ayudante Fontanero	15.08	Hrs	31	467.48
	1.12	Oficial Armador	24.49	Hrs	46	1,126.54
	1.13	Ayudante Armador	24.49	Hrs	31	759.19
	1.14	Oficial Carpintero	7.26	Hrs	46	333.96
	1.15	Ayudante Carpintero	7.26	Hrs	31	225.06
2.0		Materiales				88,587.55
	2.1	Cemento	46.19	Bolsas	295	13,626.05
	2.2	Arena	3.84	m ³	765	2,937.60
	2.3	Grava	5.57	m ³	980	5,458.60
	2.4	Hormigón Rojo Semi-Cribado	3.94	m ³	1418	5,586.92

	2.5	Ladrillo Rojo Cuarteron (23 cm*5cm*11cm)	1400.8	Unidad	8	11,206.40
	2.6	Varilla de Acero de 3/8"	1692.99	Lbs	18	30,473.82
	2.7	Alambre de Amarre No 18	84.65	Lbs	18	1,523.70
	2.8	Formaleta	46.53	m ²	382	17,774.46
3.0		Equipos				83,680.75
	3.1	Tractor de Oruga	13.39	Hrs	1960	26,244.40
	3.2	Cargador Frontal	8.05	Hrs	1472	11,849.60
	3.3	Camión Volquete	38.5	Hrs	895	34,457.50
	3.4	Mezcladora	23.43	Hrs	475	11,129.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Lecho de secado

d) Costo Total Directo	C\$ 181,672.57
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$ 27,250.89
f) Utilidades (10% * d)	C\$ 18,167.26
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$ 227,090.71
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$ 2,270.91
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$ 34,404.24
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$ 263,765.86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Biofiltro

SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
				UNITARIO	TOTAL
	Mano de Obra				108,314.86
1.1	Trazado y Nivelación	404.12	M	38.00	15,356.56
1.2	Operador de Tractor D6R XL	109.45	Hrs	38.00	4,159.10
1.3	Auxiliar de Operador de tractor	109.45	Hrs	31.00	3,392.95
1.4	Operador de Carga Frontal	121.02	Hrs	38.00	4,598.76
1.5	Operador de Camión Volquete	169.63	Hrs	38.00	6,445.94
1.6	Operador de Motoniveladora	82.08	Hrs	38.00	3,119.04
1.7	Auxiliar de Motoniveladora	82.08	Hrs	31.00	2,544.48
1.8	Operador de Compactadora	117.66	Hrs	38.00	4,471.08
1.9	Operador de Cisterna	65.72	Hrs	38.00	2,497.36
2.0	Operador de Mezcladora	0.58	Hrs	38.00	22.04
2.1	Ayudante de Excavación	85.76	Hrs	31.00	2,658.56
2.2	Oficial Albañil	723.99	Hrs	46.00	33,303.54
2.3	Ayudante Albañil	723.99	Hrs	31.00	22,443.69
2.4	Oficial Fontanero	17.15	Hrs	46.00	788.90
2.5	Ayudante Fontanero	17.15	Hrs	31.00	531.65
2.6	Oficial Armador	25.73	Hrs	46.00	1,183.58
2.7	Ayudante Armador	25.73	Hrs	31.00	797.63
	Materiales				3,811,367.33

2.1	Piedra Volcánica	244.21	m ³	525.00	128,207.63
2.2	Hormigón Rojo sin Cribar	430.40	m ³	470.00	202,288.00
2.3	Geo membrana	10,350.47	m ²	330.00	3,415,655.10
2.4	Tubo PVC SDR 41 6"	17.00	Unidad	1,640.00	27,880.00
2.5	Tee PVC SDR 41 6"	2.00	Unidad	330.00	660.00
2.6	Cemento	14.00	Unidad	295.00	4,130.00
2.7	Arena	1.28	m ³	765.00	979.20
2.8	Grava	1.73	m ³	980.00	1,695.40
2.9	Ladrillo de 2*4*12	420.00	Unidad	8.00	3,360.00
2.1	Varilla de Acero de 1/4"	12.00	Lbs	18.00	216.00
2.11	Varilla de Acero de 3/8"	38.00	Lbs	18.00	684.00
2.12	Alambre de Acero No 18	4.00	Lbs	28.00	112.00
2.13	Brida 6"	2.00	Unidad	197.00	394.00
2.14	Tapón 6"	4.00	Unidad	435.00	1,740.00
2.15	Manguera Flexible 6"	1.00	m	95.00	95.00
2.16	Césped de Carrizo	7,757.00	Unidad	3.00	23,271.00
	Equipos				997,721.90
3.1	Tractor de Oruga	139.06	Hrs	1,960.00	272,557.60
3.2	Cargador Frontal	165.05	Hrs	1,470.00	242,623.50
3.3	Camión Volquete	231.35	Hrs	895.00	207,058.25
3.4	Motoniveladora	111.94	Hrs	895.00	100,186.30
3.5	Compactadora	160.47	Hrs	610.00	97,886.70
3.6	Camión Cisterna	89.63	Hrs	860.00	77,081.80
3.7	Mezcladora	0.69	Hrs	475.00	327.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67: Biofiltro

d) Costo Total Directo	C\$	9,834,808.17
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$	1,475,221.23
f) Utilidades (10% * d)	C\$	983,480.82
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$	12,293,510.21
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$	122,935.10
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$	1,862,466.80
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$	14,278,912.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Laguna Facultativa

ETAPA	SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
1.0		Laguna Facultativa				3649183.95
	1.1	Excavación	12,149.07	m ³	70.00	850435.11
	1.2	Cemento	1,324.92	Bolsas	295.00	390851.4
	1.3	Arena	98.39	m ³	765.00	75268.35

	1.4	Grava	170.29	m ³	980.00	166884.2
	1.5	Botado Tierra	13,354.67	m ³	130.00	1736107.1
	1.6	Acabado	5,891.57	m ²	7.00	41240.99
	1.7	Geomembrana	1,176.96	m ²	330.00	388396.8
2.0		Mano de Obra				108296.95
	2.1	Operador de Tractor	197.48	Hrs	38.00	7504.24
	2.2	Auxiliar de Operador de Tractor	197.48	Hrs	31.00	6121.88
	2.3	Operador de Mezcladora	54.07	Hrs	38.00	2054.66
	2.4	Operador de Carga Frontal	215.51	Hrs	38.00	8189.38
	2.5	Operador de Camión Volquete	398.58	Hrs	38.00	15146.04
	2.6	Oficial Albañil	899.75	Hrs	46.00	41388.5
	2.7	Ayudante Albañil	899.75	Hrs	31.00	27892.25
3.0		Equipos				941578.65
	3.1	Tractor de Oruga	197.48	Hrs	1,960.00	387060.8
	3.2	Cargador Frontal	215.51	Hrs	1,470.00	316799.7
	3.3	Mezcladora	54.07	Hrs	895.00	48392.65
	3.4	Camión Volquete	398.58	Hrs	475.00	189325.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Laguna Facultativa

d) Costo Total Directo	C\$ 9,398,119.10
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$ 1,409,717.87
f) Utilidades (10% * d)	C\$ 939,811.91
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$ 11,747,648.88
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$ 117,476.49
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$ 1,779,768.80
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$ 13,644,894.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: Laguna aerobia terciaria

ETAPA	SUB-ETAPA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
4.0		Laguna Anaerobia				4,508,212.10
	4.1	Excavación	9,238.53	m ³	70.00	646,697.10
	4.2	Cemento	740.00	Bolsas	295.00	218,300.00
	4.3	Arena	69.00	m ³	765.00	52,785.00
	4.4	Grava	120.00	m ³	980.00	117,600.00
	4.5	Botado Tierra	10,800.00	m ³	130.00	1,404,000.00
	4.6	Acabado	6,090.00	m ²	7.00	42,630.00
	4.7	Geomembrana	6,140.00	m ²	330.00	2,026,200.00
5.0		Mano de Obra				75,995.71
	5.1	Operador de Tractor	99.09	Hrs	38.00	3,765.42
	5.2	Auxiliar de Operador de Tractor	99.09	Hrs	31.00	3,071.79
	5.3	Operador de Mezcladora	43.01	Hrs	38.00	1,634.38
	5.4	Operador de Carga Frontal	117.49	Hrs	38.00	4,464.62
	5.5	Operador de Camión Volquete	196.42	Hrs	38.00	7,463.96
	5.6	Oficial Albañil	722.02	Hrs	46.00	33,212.92
	5.7	Ayudante Albañil	722.02	Hrs	31.00	22,382.62
6.0		Equipos				497,313.85
	6.1	Tractor de Oruga	98.38	Hrs	1,960.00	192,824.80
	6.2	Cargador Frontal	117.48	Hrs	1,470.00	172,695.60
	6.3	Camión Volquete	196.42	Hrs	475.00	93,299.50
	6.4	Mezcladora	43.01	Hrs	895.00	38,493.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Laguna aerobia terciaria

d) Costo Total Directo	C\$ 5,081,521.66
e) Costos Indirectos (15% * d)	C\$ 762,228.25
f) Utilidades (10% * d)	C\$ 508,152.17
g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)	C\$ 6,351,902.08
h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)	C\$ 63,519.02
i) Impuesto (15% de g+h)	C\$ 962,313.16
j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)	C\$ 7,377,734.26

Fuente: Elaboración propia



Líder en Ciencia y Tecnología

Encuesta a población

Universidad Nacional de Ingeniería.

I. Introducción

- Nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería civil, estamos aplicando esta estudio para conocer la opinión de la población sobre la realización de un Diseño de la red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de El Almendro, departamento de Rio San Juan.

Objetivo de encuesta

- Aplicar una encuesta a la población de El Almendro que determine los datos que aporten a la Implementación de la Red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de agua residual en la comunidad, asimismo, el comportamiento socio-demográfico, también, el índice habitacional en base a los valores poblacionales.

Instrucción

- Responda los datos generales con cifras exactas, ya que, sus datos influirán directamente en la viabilidad del proyecto para la ciudadanía.

Datos generales

Seleccione su respuesta con una **X** de acuerdo a su criterio.

Edad: ____ Sexo: ____ Estado civil: _____ Escolaridad _____

Datos generales de la familia									
Departamento:			Municipio:			Comunidad:			
Dirección exacta:					Teléfono:		Celular:		
Total de Miembros	F	M	Niños(as)						
Edades de Habitantes									
Niñas (0-5)		Niñas (6-12)		Joven-F (13-18)		<u>Adultos de (19-60), F</u>		F, Adulto mayor >60	
Niños (0-5)		Niños (6-12)		Joven-M (13-18)		<u>Adultos de (19-60), M</u>		M, Adulto mayor >60	

Desarrollo

1. ¿Cuántos habitan en casa?

2() 3() 4() Otros (Especificar) _____

2. ¿Cuántos de los que habitan en casa trabajan?

2() 3() Otros (Especificar) _____

3. Cuánto es el Ingreso promedio al mes en su hogar

< 5,000 córdobas __

> 5, 000 córdobas __

≥ 10, 000 córdobas __

Otros (Especificar) _____

4. ¿La casa que habita es?

Propia__

Alquilada__

Posando__

5. ¿De ser propietario, posee título de propiedad?

Poseo__

No Poseo__

En trámite__

Otros/Especificar_____

6. ¿Las paredes de la vivienda que habita son de?

Mampostería__

Madera__

Zinc__

Plástico__

Otros, especificar_____

7. ¿El piso de la casa que habita es de?

Tierra__

Cemento__

Cerámica__

Otro/especificar_____

8. ¿El techo de la vivienda es de?

Zinc__

Nicalit__

Teja__

Otro/especificar _____

9. ¿La casa que habita podría considerarse?

Humilde __

Cómoda __

Lujosa ___

10. ¿Cuál es la procedencia del agua?

Quebrada ___ Pozo ___ Rio ___ Otros (Especificar)_____

11. ¿Cuál cree usted que es la calidad de agua que recibe?

Buena ___ Intermedia ___ Mala___ Pésima___

12. ¿Qué tipo de servicio higiénico utilizan en su hogar?

Cada media hora () cada hora () cada 3 horas () cada 5 horas () Raras veces ()

13. ¿Ha sentido incremento de enfermedades relacionadas a la evacuación de las aguas grises de su hogar?

Si () No () Tal vez ()

14. ¿Hacia dónde va a parar el agua que desecha después de su uso?

Cunetas () Cauces () Patio () Se Estanca en el sitio ()

15. ¿Ha presentado recientemente usted y/o familia enfermedades relacionadas como:

Parasitosis___

Disentería (diarrea con sangre) ___

Cólera (diarrea y vómito) ___

Ninguna___

16. ¿Durante el invierno, ha notado impactos negativos en su entorno relacionados a desechos ubicados en calles o avenidas?

Si () No () Tal vez ()

17. ¿Conoce usted de la exposición de residuos tóxicos, tales como químicos agrícolas, desperdicios de comida, desechos de animales, aguas contaminadas de industrias cercanas?

Si () No () Tal vez ()

18. ¿Cree usted que es necesario un sistema de Red de Alcantarillado sanitario en esta localidad?

Si () No () Tal Vez ()

19. ¿Cuáles cree usted que serían los beneficios de la implementación de una red de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de las aguas residuales?

Protección de la salud () Mejorar el índice de calidad de Vida () Reducción de la degradación de las fuentes hídricas () Otros (Especifique) _____

20. ¿Estaría de acuerdo en implementar este servicio en su hogar por un bajo costo?

Claro que si () Por supuesto que no () Quizás () Su salario no se lo permite ()

ANEXO G: Estudios de suelo

Contenido de aguas (Humedad de suelos ASTM D-2216 – 98)

El contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en la muestra al momento de efectuar el ensaye, relacionado al peso de su fase sólida. Una vez obtenidas las 4 muestras del campo y debidamente identificadas, se procedió a obtener el peso de las taras a utilizar y una muestra representativa del suelo para evaluar sus porcentajes de humedad.

Una vez obtenido los pesos, las muestras fueron ingresadas al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C. Una vez Transcurrido ese período de tiempo, se procedió a pesar nuevamente las taras.

Para el cálculo de los porcentajes de humedad, fue necesario obtener los pesos de las muestras sin tara, logrando así los porcentajes de humedad.

Tabla 72: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	1
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	38.2
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	32.2
Peso de la Tara	Gr	21.5

Peso de la Muestra Seca	Gr	10.70
Peso del Agua	Gr	6.00
Contenido de Humedad	%	56.07

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 73: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	2
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	37.5
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	32.1
Peso de la Tara	Gr	21.4
Peso de la Muestra Seca	Gr	10.70
Peso del Agua	Gr	5.40
Contenido de Humedad	%	50.47

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 74: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	36.2
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	31.7
Peso de la Tara	Gr	21.5
Peso de la Muestra Seca	Gr	10.20
Peso del Agua	Gr	4.50
Contenido de Humedad	%	44.12

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 75: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	4
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	35.2
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	31.1
Peso de la Tara	Gr	21.8
Peso de la Muestra Seca	Gr	9.30
Peso del Agua	Gr	4.10
Contenido de Humedad	%	44.09

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 76: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	5
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	34.2
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	30.1
Peso de la Tara	Gr	21.8
Peso de la Muestra Seca	Gr	8.30
Peso del Agua	Gr	4.10
Contenido de Humedad	%	49.40

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 77: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	6
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	32.8
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	28.8
Peso de la Tara	Gr	21.3
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.50
Peso del Agua	Gr	4.00
Contenido de Humedad	%	53.33

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 78: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	7
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	31.7
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	28.7
Peso de la Tara	Gr	21.4
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.30
Peso del Agua	Gr	3.00
Contenido de Humedad	%	41.10

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 79: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	8
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	33.6
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	29.8
Peso de la Tara	Gr	21.6
Peso de la Muestra Seca	Gr	8.20
Peso del Agua	Gr	3.80
Contenido de Humedad	%	46.34

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 80: Contenido de humedad

Tara Número	Unidades	9
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	31.6
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	28.7
Peso de la Tara	Gr	21.8
Peso de la Muestra Seca	Gr	6.90
Peso del Agua	Gr	2.90
Contenido de Humedad	%	42.03

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Análisis granulométrico (Método mecánica ASTM D-422)

Para determinar el tamaño de los granos del suelo, se realizó a través del método mecánico, consistió en cribar el suelo por medio de los tamices 3/4", 1/2", 3/8", No.4 No.10, No.40, llegando hasta la malla N°200 (0.074 mm), los pesos retenidos en cada malla se pesaron, obteniendo así el porcentaje en peso con respecto a la muestra total.

En este estudio se requirió el cálculo de los coeficientes de curvatura y uniformidad para los suelos gruesos y determinar su clasificación, para ello se necesita construir la curva de distribución granulométrica, pero estos datos solo pueden ser calculados cuando los porcentajes pasan del 60, 30 y 10%. Esta gráfica se dibuja con los porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas.

Se obtuvieron como primer paso los pesos del material mayor al tamiz N° 4.

Tabla 81: Análisis granulométrico 1

Muestra 1 - Material grueso				
Tamiz N°.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
3/4"	132	14	14	86
1/2"	71	7	21	79
3/8"	48	5	26	74
N°4	124	13	39	61
Pasa N°4	597	61	100	0
SUMA	972	100	0	

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 82: Análisis granulométrico 2

Muestra 2 - Material grueso				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
3/4"	73	7	7	93
1/2"	137	13	20	80
3/8"	119	11	31	69
Nº4	184	17	48	52
Pasa Nº4	552	52	100	0
SUMA	1065	100		

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 83: Análisis granulométrico 3

Muestra 3 - Material grueso				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
3/4"	36	4	4	96
1/2"	35	3	7	93
3/8"	38	4	11	89
Nº4	172	17	28	72
Pasa Nº4	737	72	100	0
SUMA	1018	100		

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 84: Análisis granulométrico 4

Muestra 4 - Material grueso				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
3/4"	0	0	0	100
1/2"	52	6	6	94
3/8"	28	3	9	91
Nº4	61	8	17	83
Pasa Nº4	662	83	100	0
SUMA	803	100		

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 85: Análisis granulométrico 1 fino

Muestra 1 - Material fino				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
10	8.6	5	5	56
40	24.9	13	18	43
200	22.1	12	30	31
Pasa #200	59.1	31	61	0

SUMA	114.7	61		
------	-------	----	--	--

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 86: Análisis granulométrico 2 fino

Fuente:

Muestra 2 - Material fino				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
10	10.1	5	5	47
40	19.3	9	14	38
200	27.1	13	27	25
Pasa #200	53.4	25	52	0
SUMA	109.9	52		

Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 87: Análisis granulométrico 3 fino

Muestra 3 - Material fino				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
10	21.3	14	14	58
40	27.1	18	33	39
200	17.1	12	44	28
Pasa #200	41.6	28	72	0
SUMA	107.1	72		

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Tabla 88: Análisis granulométrico 4 fino

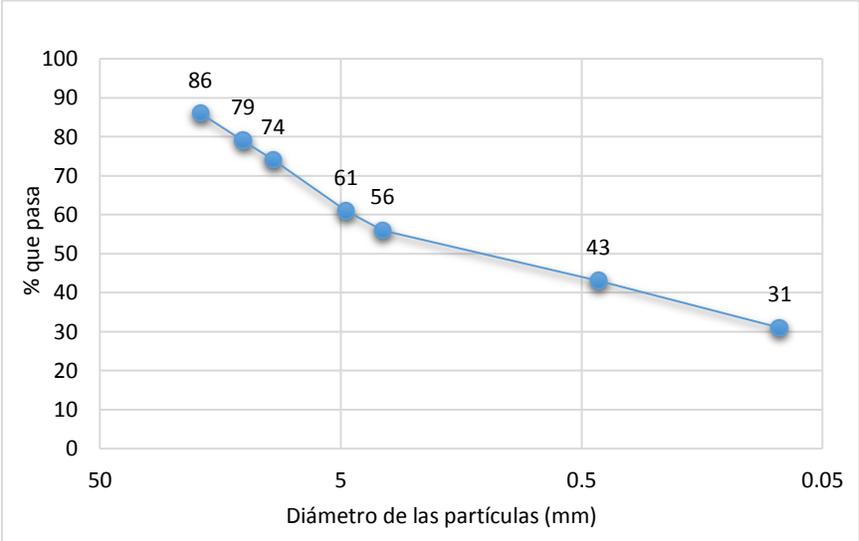
Muestra 4 - Material fino				
Tamiz Nº.	Peso retenido parcial (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa por el tamiz
10	1.3	1	1	82
40	3.3	3	4	79
200	6.9	5	9	74
Pasa #200	96.5	74	83	0
SUMA	108	83		

Fuente: Laboratorios geonic ingenieros

Se efectuó la presentación gráfica de los resultados obtenidos por medio de la curva granulométrica, con el fin de encontrar la coeficiente uniformidad del suelo, así como el coeficiente de curvatura, sin embargo el predominio de material fino en las muestras alcanzo valores mucho mayores al 50% de material que pasa por la malla N°200, por lo que se procedió a la clasificación de los suelos de granos finos a través de la carta de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

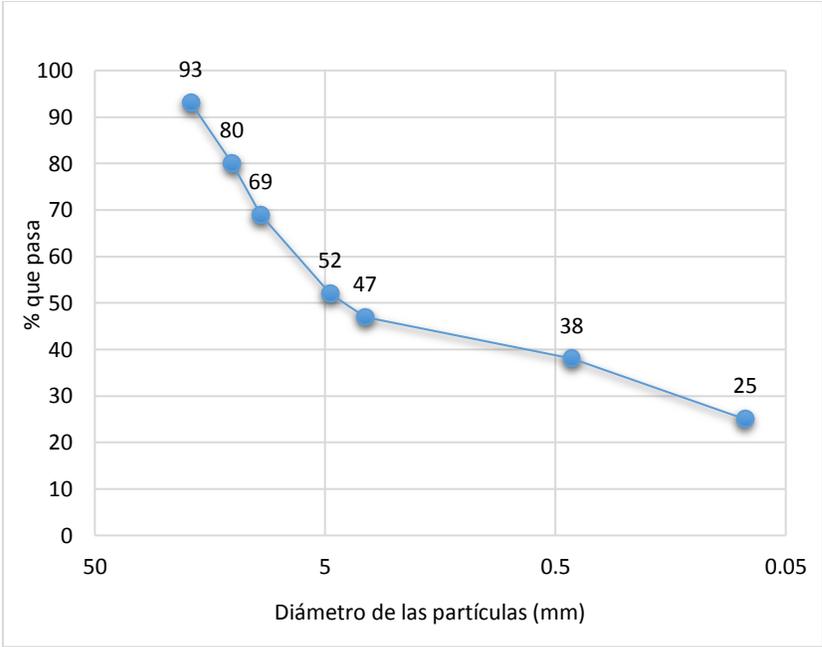
Para una mejor visualización de lo anteriormente expuesto, a continuación se presentas las curvas correspondientes para cada estrato del sondeo, la curva representa la relación del porcentaje que pasa los tamices vs tamaño de la partícula en mm.

Gráfico 1: Curva granulométrica



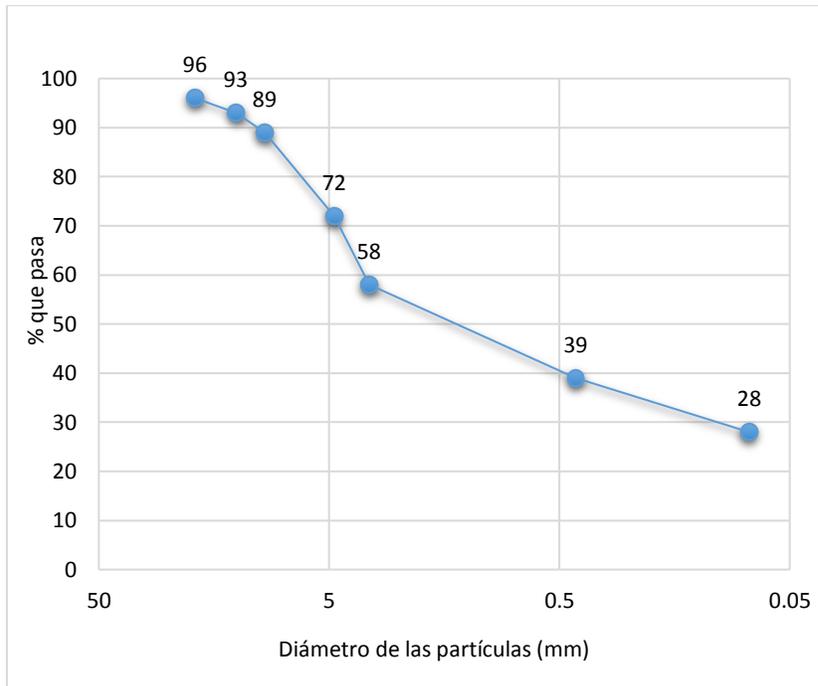
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Curva granulométrica



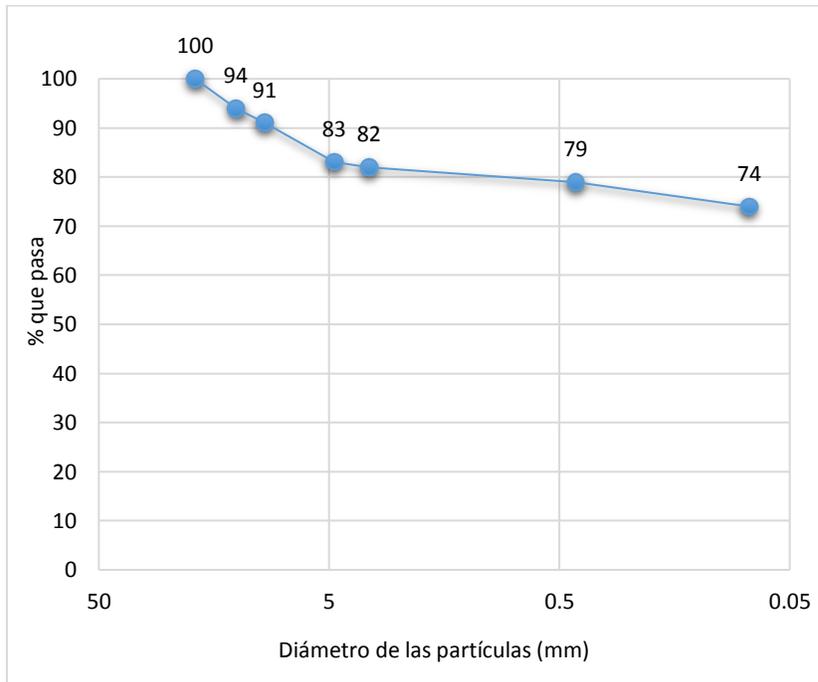
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

Determinación de los límites de consistencia o de Atterberg de los suelos (ASTM D 4318)

Tabla 89: Límite líquido

Muestra	Tara	W tara	Wh (T+M) (gr)	Ws (T+M) (gr)	No de golpes	Wh muestra	Ws muestra	Wagua	% W	LL	Promedio LL
1	A-42	21.5	38.2	32.1	22	16.7	10.6	6.1	57.55	56.68	53.9
	A-R	21.4	37.5	32.1	28	16.1	10.7	5.4	50.47	51.17	
2	A-33	21.5	36.2	31.7	12	14.7	10.2	4.5	44.12	42.93	39.8
	H-17	21.8	35.2	31.1	22	13.4	9.3	4.1	44.09	43.42	
	R-128	21.8	32.8	30.1	28	11	8.3	2.7	32.53	32.99	
3	B-02	21.3	32.8	28.8	22	11.5	7.5	4	53.33	52.53	47.1
	R-108	21.4	31.7	28.7	28	10.3	7.3	3	41.10	41.67	
4	B-04	21.6	33.6	29.8	22	12	8.2	3.8	46.34	45.09	43.9
	D-132	21.8	31.6	28.7	28	9.8	6.9	2.9	42.03	42.62	

Fuente: Elaboración propia

Límite plástico

Para este ensaye los rollos de 3mm no fueron posibles formarlos, ya que el suelo se agrietaba muy fácilmente al rodarlo con la mano sobre la superficie absorbente por la poca plasticidad de las muestras. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 90: Límite plástico

Muestra	Tara	W tara	Wh (T+M) (gr)	(T+M)	Wh muestra	Ws muestra	W agua	% W	$\Delta\%W$	LP	Promedio
1	R-111	21.5	33.7	30.2	12.2	8.7	3.5	40	6.1	40.23	37
	A-21	21.7	34.3	31.1	12.6	9.4	3.2	34	5.4	34.04	
2	H-10	21.4	32.9	29.9	11.5	8.5	3	35	4.5	35.29	26
	A-111	21.6	33.3	31.7	11.7	10.1	1.6	16	4.1	15.84	
3	R-122	21.5	44.5	40.1	23	18.6	4.4	24	2.7	23.66	24
	A-13	21.8	39.2	35.8	17.4	14	3.4	24	4	24.29	
4	A-39	21.6	37.5	34.6	15.9	13	2.9	22	3	22.31	27
	B-04	21.4	34.4	31.2	13	9.8	3.2	33	3.8	32.65	

Fuente: Elaboración propia

Índice de plasticidad

Una vez obtenidos los Límites Líquidos y Plásticos, al calcular su diferencia esta corresponde al Índice de Plasticidad. A continuación se describe el correspondiente a cada muestra encontrada en el campo.

Tabla 91: Índice plástico 1

Resultados		
Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)
53.9	37	16.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92: Índice plástico 2

Resultados		
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)
39.8	26	14.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93: Índice plástico 3

Resultados		
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)
47.1	24	23.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94: Índice plástico 4

Resultados		
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)
43.9	27	16.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95: Clasificación de suelos método sucs

CLASIFICACIÓN POR MÉTODO UNIFICADO DE SUELOS (SUCS)								
Nº de muestra	Pasa por la malla			L. Atterberg			SIMBOLOGIA	Tipo de suelo
	Nº4	Nº40	Nº200	L.L	L.P	I.P		
Muestra 1	61	43	31	53.9	37	16.8	MH	Limos inorgánicos
Muestra 2	52	38	25	39.8	26	14.2	CL	Arcilla de baja plasticidad
Muestra 3	72	39	28	47.1	24	23.1	CL	Arcilla de baja plasticidad
Muestra 4	83	79	74	43.9	16.4	27.5	CL	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de infiltración del suelo (método de porchet)

➤ Inicio de la prueba de Porchet

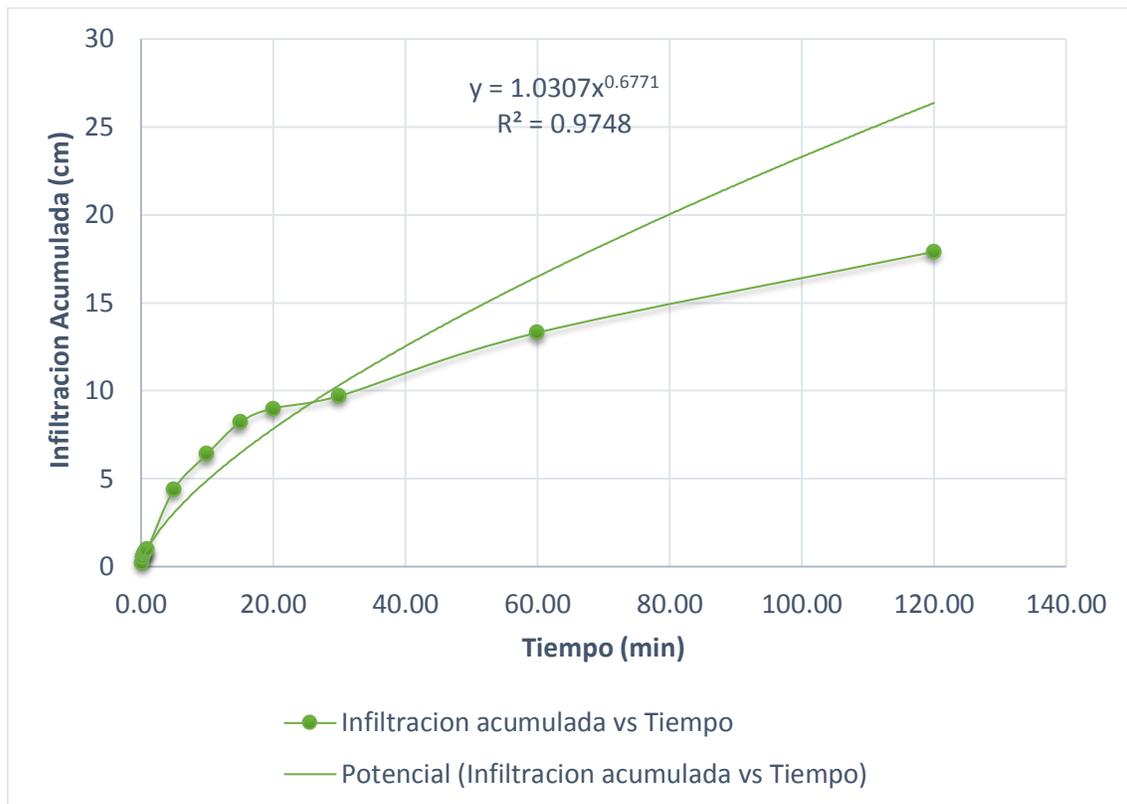
Hecho el agujero de 20 cm de diámetro y 40 cm de profundidad, se tiene que elaborar con las maderas, clavos, alambres y wincha el equipo que nos servirá de para poder medir las diferencias de alturas. Una vez elaborado el equipo para la medición, se tiene que instalar en el agujero para poder empezar a realizar la práctica. Instalado el equipo, se procede a realizar la prueba utilizando el balde con agua para por fin empezar a medir la infiltración.

Tabla 96: Capacidad de infiltración del suelo (método de porchet)

N° lecturas	Tiempo	Tiempo acum.	Altura	Alt. acum.	Δh	Δt	Altura. de infiltr.(cm)	Infiltr.	I
	(min)	(min)	(cm)	(cm)				acum. (cm)	
1	0	0	50	50	--	--	--	--	0
2	0.17	0.17	50.2	100.2	0.2	0.17	0.2	0.2	295.29
3	0.33	0.5	50.5	150.7	0.3	0.16	0.3	0.5	153.03
4	0.5	1	50.7	201.4	0.2	0.17	0.2	0.7	101.40
5	0.67	1.67	50.8	252.2	0.1	0.17	0.1	0.8	75.82
6	0.83	2.5	50.9	303.1	0.1	0.16	0.1	0.9	61.33
7	1	3.5	51	354.1	0.1	0.17	0.1	1	51.00
8	5	8.5	54.4	408.5	3.4	4	3.4	4.4	10.88
9	10	18.5	56.4	464.9	2	5	2	6.4	5.64
10	15	33.5	58.2	523.1	1.8	5	1.8	8.2	3.88
11	20	53.5	59	582.1	0.8	5	0.8	9	2.95
12	30	83.5	59.7	641.8	0.7	10	0.7	9.7	1.99
13	60	143.5	63.3	705.1	3.6	30	3.6	13.3	1.06
14	120	263.5	67.9	773	4.6	60	4.6	17.9	0.57

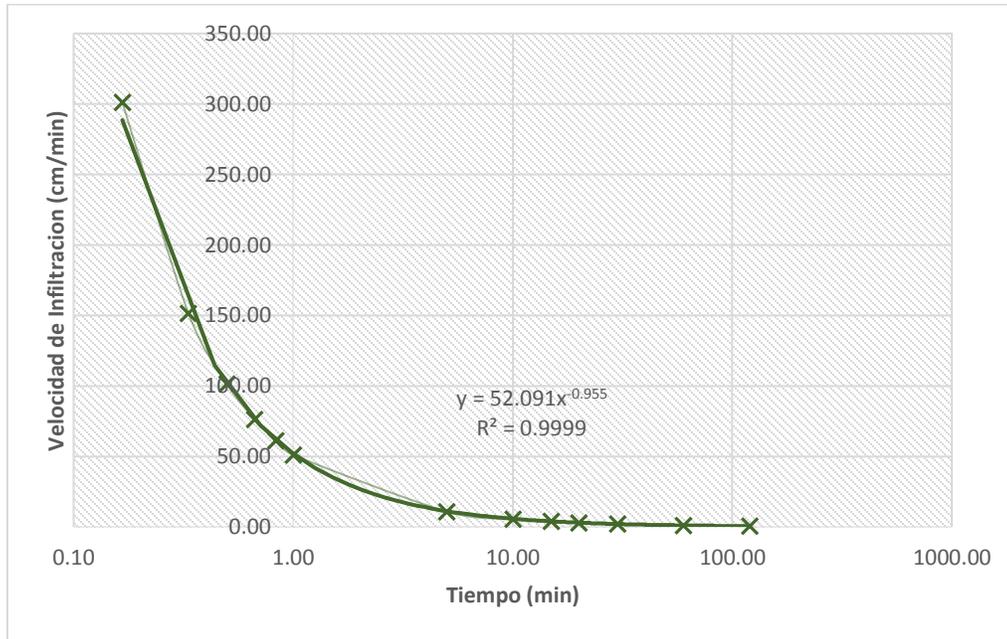
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Infiltración acumulada vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Velocidad de Infiltración



Fuente: Elaboración propia

ANEXO H: Calidad de agua

Imagen 1: DBO, DQO y sólidos suspendidos totales (muestra 1)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

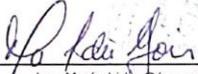
AR-1908-0083

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Eliezer Obando		Tesista	esequeiracobando1997@gmail.com		8829-6517
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
20/08/2019	21/08/2019	27/08/2019	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 : 5:00 pm		
Muestreado por			Juan Tercero		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 1		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0742		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1		
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	910.94		
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	465.00		
2540-D	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	170.00		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el Cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


 Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 2: DBO, DQO y sólidos suspendidos totales (muestra 2)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

AR-1908-0033

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
20/08/2019	21/08/2019	27/08/2019	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 ; 10:15 pm		
Muestreado por			Pedro Ruiz		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 2		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0743		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 2		
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	963.49		
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	403.33		
2540-D	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	282.85		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el Cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


 Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 3: DBO, DQO y sólidos suspendidos totales (muestra 3)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

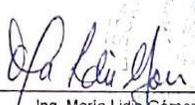
AR-1908-0083

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com		8829-6617
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
20/08/2019	21/08/2019	27/08/2019			
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 : 10:30 pm		
Muestreado por			Eliezer Sequeira		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 3		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0744		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 3		
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	475.90		
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	275.83		
2540-D	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	444.23		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el Cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


 Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 4: DBO, DQO y sólidos suspendidos totales (muestra 4)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

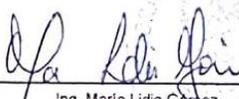
AR-1908-0033

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
20/08/2019	21/08/2019	27/08/2019	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 : 10:40 pm		
Muestreado por			Eliezer Sequeira		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 4		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0745		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 4		
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	535.24		
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	283.33		
2540-D	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	344.59		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el Cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


 Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 5: Coliformes fecales (muestra 1)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

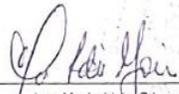
MB-1908-0149

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
20/08/2019	20/08/2019	23/08/2019	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 ; 05:00 pm		
Muestreado por			Juan Tercero		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 1		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0742		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION		
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	PUNTO DE MUESTREO 1		
			5.4*10 ⁵		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva
 Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


 Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 6: Coliformes fecales (muestra 2)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1908-0149

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
20/08/2019	20/08/2019	23/08/2019	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 ; 10:15 pm		
Muestreado por			Pedro Ruiz		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 2		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0743		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION		
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	PUNTO DE MUESTREO 2		
			4.9*10 ⁶		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta,
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency.

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 7: Coliformes fecales (muestra 3)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1908-0149

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
Eliezer Obando		UNI - Julgalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	28/08/2019	3604	NUMERO DE MUESTRAS
20/08/2019	20/08/2019	23/08/2019			Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			19/08/2019 ; 10:30 pm		
Muestreado por			Eliezer Sequeira		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Casa 3		
Tipo de muestra			Agua Residual Puntual		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1908-0744		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION		
			PUNTO DE MUESTREO 3		
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	1.1*10 ⁷		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: <= menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency.

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Fuente: Laboratorios PIENSA

Imagen 8: Coliformes fecales (muestra 4)



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1908-0149

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
Eliezer Obando		UNI - Juigalpa		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Eliezer Obando		Tesista	esequeiraobando1997@gmail.com	8829-6617	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	28/08/2019	3604	Cuatro (04)
20/08/2019	20/08/2019	23/08/2019	19/08/2019 ; 10:40 pm		
Fecha y Hora de Muestreo			Eliezer Sequeira		
Muestreado por			NR		
Supervisor de Muestreo en Campo			Casa 4		
Fuente			Agua Residual Puntual		
Tipo de muestra			Comunidad El Almendro - Rio San Juan		
Observaciones de Ubicación			NR		
Coordenadas			LA-1908-0745		
Codificación PIENSA			VALOR DE CONCENTRACION		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	PUNTO DE MUESTREO 4		
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	7.0*10 ⁶		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency.

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lida Gómez
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Imagen 9: Carta dirigida a Ing. Larissa Korsak

Managua, 20 de Agosto de 2019

Señora

Ing. Larissa Korsak

Directora de Laboratorios PIENSA - UNI

Estimada

Reciba cordiales saludos.

Por medio de la presente le hago constatar que los jóvenes, Juan Pedro Tercero Tablada, Eliezer José Sequeira Obando y Pedro José Ruiz Tablada, son estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la sede UNI – Región Juigalpa, quienes llevan como tema monográfico Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario y Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el municipio El Almendro, Departamento Río San Juan el cual tienen como tutor mi persona, Ing. Noé Salatiel Hernández Duran.

A su vez lo solicito tome en consideración su situación como estudiantes y parte de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Agradeciendo su amable atención y en espera de una respuesta positiva a mi petición, les reafirmo mi saludo.

Atentamente

Docente - UNI

Ing. Noé Salatiel Hernández Duran

Departamento de Hidráulica



Noé Salatiel Hernández Duran
02/09/2019

Fuente: Elaboración propia

ANEXO I: Visitas y pruebas realizadas en El Almendro

Imagen 10: Visita de campo a puntos críticos de El Almendro



Fuente: Elaboración propia

Imagen 11: visita de campo a puntos críticos de El Almendro



Fuente: Elaboración propia

Imagen 12: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Imagen 13: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Imagen 14: Prueba de suelo, capacidad de infiltración por método porchet



Fuente: Elaboración propia

Imagen 15: Prueba de suelo, capacidad de infiltración por método porchet



Fuente: Elaboración propia

