



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE  
LOS SECTORES LA FLORIDA, REINA DEL TRÁNSITO Y JESÚS DEL GRAN  
PODER, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTORA:** Daysi Belén Pérez Villacís

**TUTOR:** Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano

**AMBATO-ECUADOR**

**Marzo – 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: “**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LOS SECTORES LA FLORIDA, REINA DEL TRÁNSITO Y JESÚS DEL GRAN PODER, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, elaborado por la **Srta. Daysi Belén Pérez Villacís**, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1850078856 estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2022

---

**Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Daysi Belén Pérez Villacís**, con C.I. 1850078856, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: “**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LOS SECTORES LA FLORIDA, REINA DEL TRÁNSITO Y JESÚS DEL GRAN PODER, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2022



\_\_\_\_\_  
**Daysi Belén Pérez Villacís**

**C.I. 1850078856**

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daisy Belén Pérez Villacís', written over a horizontal line.

**Daysi Belén Pérez Villacís**

**C.I. 1850078856**

**AUTORA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Daysi Belen Perez Villacís de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LOS SECTORES LA FLORIDA, REINA DEL TRÁNSITO Y JESÚS DEL GRAN PODER, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2022

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes**

**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig**

**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la sabiduría y entendimiento necesario para culminar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, Rocío y Kléver quienes con su esfuerzo y ejemplo de lucha me motivan a alcanzar cada una de las metas que me propongo.

A mis Hermanos, Pamela y Paúl, este logro también es para ustedes, deseo que se sientan tan orgullosos de mí, como yo lo estoy de ustedes.

A ti Enrique, por ser uno de los pilares fundamentales que me permitieron hoy alcanzar este sueño.

Daysi Belén Pérez Villacís

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme salud y vida, por regalarme personas maravillosas que me acompañan en cada momento y por permitirme culminar hoy este sueño tan grande.

A mis padres, especialmente a mi mami por apoyarme en todo momento, por su amor incondicional, gracias por haber creído en mí y ser mi fortaleza en cada paso que doy.

A mis hermanos, por su amistad, cariño y paciencia en estos años, por aceptarme, quererme y apoyarme, por alegrarse en cada una de mis metas cumplidas.

A ti Enrique, por tu amor y apoyo incondicional en este camino llamado universidad. Gracias por cada acción, cada palabra de aliento y la enorme ayuda que me brindaste a lo largo de estos años. No lo hice sola, ¡LO HICIMOS!

Daysi Belén Pérez Villacís

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT .....	xx
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Fundamentación teórica.....	5
ASPECTOS GENERALES .....	5
1.3.1. Sistema de Alcantarillado .....	5
1.3.2. Clasificación de los sistemas de alcantarillado .....	5
1.3.3. Componentes de un sistema de alcantarillado .....	6
ALCANTARILLADO SANITARIO .....	8



1.3.4.	Bases de Diseño .....	8
1.3.5.	Componentes de un Sistema de Alcantarillado Sanitario .....	9
1.3.6.	Parámetros de Diseño.....	12
1.3.7.	Análisis de Caudales .....	20
1.3.8.	Caudal de Diseño <b><i>Q<sub>d</sub></i></b> .....	28
1.3.9.	Condiciones hidráulicas de conducción .....	28
1.3.10.	Criterios de diseño.....	32
1.3.11.	Fórmulas para el diseño hidráulico .....	38
1.3.12.	Hidráulica de Conductos .....	39
1.3.13.	Propiedades Hidráulicas de las Tuberías.....	42
1.3.14.	Comprobaciones de Diseño.....	44
	ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	45
1.3.15.	Bases de Diseño .....	45
1.3.16.	Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial .....	46
1.3.17.	Parámetros de Diseño.....	49
1.3.18.	Condiciones Hidráulicas .....	61
1.3.19.	Criterios de Diseño.....	61
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES .....	63
1.3.20.	Aguas Residuales .....	63
1.3.21.	Clasificación de las Aguas Residuales .....	64
1.3.22.	Características de las Aguas Residuales .....	65
1.3.23.	Parámetros de las Aguas Residuales.....	68
1.3.24.	Tratamiento de Aguas Residuales.....	69
1.3.25.	Fases del tratamiento de aguas residuales.....	70
1.3.26.	Fases de Diseño para Tratar el Agua Residual.....	71

1.4.	Objetivos.....	75
1.4.1.	Objetivo General .....	75
1.4.2.	Específicos .....	75
CAPÍTULO II .....		76
METODOLOGÍA .....		76
2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	76
2.1.	Equipos y Materiales .....	76
2.1.1.	Equipos.....	76
2.1.2.	Materiales.....	81
2.2.	Metodología y Nivel de Investigación .....	83
2.2.1.	PRIMERA ETAPA - Fase Preliminar del Proyecto .....	85
2.2.2.	SEGUNDA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario .....	85
2.2.3.	TERCERA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial .....	86
2.2.4.	CUARTA ETAPA - Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	86
2.2.5.	QUINTA ETAPA: Fase Propuesta Técnica.....	88
CAPÍTULO III .....		90
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		90
3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	90
3.1.	PRIMERA ETAPA .....	90
3.1.1.	Inspección del Lugar .....	90
3.1.2.	Muestreo Poblacional.....	91
3.1.3.	Características de la Zona del Proyecto .....	92
3.2.	SEGUNDA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario .....	102
3.2.1.	Cálculo del Periodo de Diseño.....	102

3.2.2.	Cálculo de la Tasa de Crecimiento.....	102
3.2.3.	Población Actual .....	105
3.2.4.	Cálculo de la Población Futura .....	105
3.2.5.	Densidad Poblacional Futura .....	106
3.2.6.	Cálculo de la Dotación Actual .....	107
3.2.7.	Calculo de la Dotación Futura.....	108
3.2.8.	Calculo del Caudal Medio Diario De Agua Potable .....	108
3.2.9.	Calculo Caudal Medio Diario de Sanitario ( <b><i>Qm<sub>ds</sub></i></b> ).....	109
3.2.10.	Calculo Caudal Máximo Instantáneo <b><i>Q<sub>i</sub></i></b> .....	109
3.2.11.	Calculo Caudal de Infiltración ( <b><i>Q<sub>inf</sub></i></b> ).....	110
3.2.12.	Calculo Caudal de Conexiones Erradas <b><i>Q<sub>e</sub></i></b> .....	110
3.2.13.	Calculo Caudal de Diseño <b><i>Q<sub>d</sub></i></b> .....	110
3.2.14.	Cálculo de la Gradiente Hidráulica .....	111
3.2.15.	Cálculo del Diámetro .....	111
3.2.16.	Calculo Pendiente mínima .....	112
3.2.17.	Calculo Pendiente máxima.....	112
3.2.18.	Calculo de Caudal en tubería Completamente Llena .....	113
3.2.19.	Calculo de la Velocidad en tubería Completamente Llena .....	113
3.2.20.	Cálculo Resultado Radio Hidráulico.....	113
3.2.21.	Cálculo de los Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena .....	114
3.3.	TERCERA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial .....	118
3.3.1.	Cálculo del Período de diseño.....	118
3.3.2.	Calculo del coeficiente de escurrimiento .....	118
3.3.3.	Resultado de Estudios Hidrológicos .....	119
3.3.4.	Cálculo de la Intensidad .....	120

3.3.5.	Cálculo del Caudal de Diseño.....	121
3.3.6.	Resultado Tiempo de concentración.....	121
3.3.7.	Resultado diámetro de tubería.....	121
3.3.8.	Calculo de la Pendiente del Terreno.....	122
3.3.9.	Calculo Pendiente mínima.....	122
3.3.10.	Calculo Pendiente máxima.....	122
3.3.11.	Calculo de Caudal en tubería Completamente Llena.....	123
3.3.12.	Cálculo de la Velocidad en tubería Completamente Llena.....	123
3.3.13.	Cálculo Resultado Radio Hidráulico.....	123
3.3.14.	Cálculo de los Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena.....	124
3.4.	CUARTA ETAPA - Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	126
3.4.1.	Características Generales y Físicas.....	126
3.4.2.	Operación y Mantenimiento Actual de la Planta de Tratamiento.....	127
3.4.3.	Diagnóstico de las Estructuras.....	127
3.4.4.	Evaluación del Funcionamiento de la Planta de Tratamiento.....	133
3.4.5.	Evaluación de los Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	137
3.5.	QUINTA ETAPA – Fase Propuesta Técnica.....	144
3.5.1.	Planos.....	144
3.5.2.	Presupuesto referencial.....	144
	CAPÍTULO IV.....	146
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	146
	CONCLUSIONES.....	146
	RECOMENDACIONES.....	148

BIBLIOGRAFÍA.....	150
ANEXOS.....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diámetros recomendados de pozos de revisión .....	10
<b>Tabla 2.</b> Distancias máximas entre pozos de revisión.....	11
<b>Tabla 3.</b> Valores del Periodo de Diseño según la Norma Boliviana. ....	12
<b>Tabla 4.</b> Valores de período de diseño, según la Norma Boliviana. ....	13
<b>Tabla 5.</b> Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable .....	13
<b>Tabla 6.</b> Tasas de Crecimiento Poblacional .....	15
<b>Tabla 7.</b> Dotaciones recomendadas.....	18
<b>Tabla 8.</b> Ingresos y dotación de agua .....	19
<b>Tabla 9.</b> Consumo Doméstico Máximo.....	19
<b>Tabla 10.</b> Contribución Industrial .....	21
<b>Tabla 11.</b> Contribución Comercial.....	21
<b>Tabla 12.</b> Contribución institucional mínima en zonas residenciales .....	22
<b>Tabla 13.</b> Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas.....	23
<b>Tabla 14.</b> Valores del coeficiente de Popel.....	25
<b>Tabla 15.</b> Valores de Caudales por Infiltraciones .....	26
<b>Tabla 16.</b> Valores de Infiltración (1/metro) .....	27
<b>Tabla 17.</b> Profundidad mínima de tuberías .....	31
<b>Tabla 18.</b> Velocidades máximas a tubo lleno recomendados.....	33
<b>Tabla 19.</b> Valores de coeficientes de rugosidad de Manning, para diferentes tipos conductos.....	34
<b>Tabla 20.</b> Pendientes Mínimas para Tuberías PVC.....	36
<b>Tabla 21.</b> Valores del coeficiente de Escurrimiento .....	50
<b>Tabla 22.</b> Valores de C para diversos tipos de superficies.....	51
<b>Tabla 23.</b> Coeficientes de Escorrentía Rural.....	52
<b>Tabla 24.</b> Valores de frecuencia para determinar la intensidad máxima .....	54
<b>Tabla 25.</b> Intensidad Duración Frecuencia Estación M0258 Querochaca .....	55
<b>Tabla 26.</b> Valores de m para la aplicación de la ecuación de Kerby.....	58
<b>Tabla 27.</b> Valores de a para la aplicación de la ecuación de soil conservation service. .	59

<b>Tabla 28.</b> Velocidades máximas admisibles por el tipo de material .....	62
<b>Tabla 29.</b> Características físicas del agua residual y sus procedencias .....	65
<b>Tabla 30.</b> Características químicas del agua residual y sus procedencias.....	66
<b>Tabla 31.</b> Características biológicas del agua residual y sus procedencias.....	67
<b>Tabla 32.</b> Tiempo de digestión.....	73
<b>Tabla 33.</b> Rendimiento de eliminación del constituyente, Porcentaje .....	74
<b>Tabla 34.</b> Población de los barrios y Caseríos de Cevallos – Zona Rural año 2011 .....	91
<b>Tabla 35.</b> Población de los barrios y Caseríos de Cevallos – Zona Rural año 2020.....	92
<b>Tabla 36.</b> Georreferenciación de la zona del Proyecto de Alcantarillado .....	95
<b>Tabla 37.</b> Formas de eliminación de excretas en el cantón Cevallos.....	98
<b>Tabla 38.</b> Acceso al servicio eléctrico en el cantón Cevallos .....	100
<b>Tabla 39.</b> Vías por competencia en el cantón Cevallos.....	100
<b>Tabla 40.</b> Sistema Vial urbano del cantón Cevallos.....	101
<b>Tabla 41.</b> Tasa de Crecimiento – Método Aritmético.....	102
<b>Tabla 42.</b> Tasa de Crecimiento – Método Geométrico .....	103
<b>Tabla 43.</b> Tasa de Crecimiento – Método Exponencial .....	103
<b>Tabla 44.</b> Población Futura – Método Geométrico .....	105
<b>Tabla 45.</b> Lecturas AGOSTO RUTA (06) .....	107
<b>Tabla 46.</b> Calculo Coeficiente de Escurrimiento .....	118
<b>Tabla 47.</b> Georreferenciación de la planta del Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos .....	127
<b>Tabla 48.</b> Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos .....	133
<b>Tabla 49.</b> Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos .....	134
<b>Tabla 50.</b> Resultado del análisis físico-químico del afluente de la PTAR del cantón Cevallos.....	135
<b>Tabla 51.</b> Resultado del análisis físico-químico del efluente de la PTAR del cantón Cevallos.....	136
<b>Tabla 52.</b> Eficiencia de remoción de la PTAR del cantón Cevallos .....	137
<b>Tabla 53.</b> Grado de tratamiento obtenido mediante diversos procesos unitarios.....	138
<b>Tabla 54.</b> Remoción teórica total del tren de tratamiento .....	138
<b>Tabla 55.</b> Porcentaje de remoción real de la planta de tratamiento.....	138

**Tabla 56.** Porcentaje de remoción teórica de la planta de tratamiento.....140

**Tabla 57.** Dotaciones recomendadas.....142



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de un tramo de alcantarillado y sus áreas de aportación.....	9
<b>Figura 2.</b> Secciones transversales más usuales en conductos cerrados.....	29
<b>Figura 3.</b> Secciones transversales más usuales a cielo abierto.....	30
<b>Figura 4.</b> Tubería con Sección Totalmente Llena.....	39
<b>Figura 5.</b> Tubería con Sección Totalmente Llena.....	41
<b>Figura 6.</b> Sumidero de venta o acera.....	47
<b>Figura 7.</b> Sumidero de reja o calzada.....	47
<b>Figura 8.</b> Sumidero mixto o combinado.....	48
<b>Figura 9.</b> Curvas IDF Estación Talca.....	53
<b>Figura 10.</b> Curva Intensidad Duración Frecuencia Estación M0258 Querochaca.....	55
<b>Figura 11.</b> Monograma para determinar el tiempo de entrada.....	60
<b>Figura 12.</b> Componentes para tratar agua Residual.....	71
<b>Figura 13.</b> Estación total Trimble M3 de 5".....	76
<b>Figura 14.</b> Trípode.....	77
<b>Figura 15.</b> Prisma.....	77
<b>Figura 16.</b> Bastón.....	78
<b>Figura 17.</b> Flexómetro.....	78
<b>Figura 18.</b> Estacas.....	79
<b>Figura 19.</b> Huawei Y9.....	79
<b>Figura 20.</b> Lenovo ideapad 310.....	80
<b>Figura 21.</b> Calculadora CASIO fx-350ES PLUS.....	80
<b>Figura 22.</b> Impresora EPSON L396.....	80
<b>Figura 23.</b> Papelería.....	81
<b>Figura 24.</b> Ubicación de la Provincia de Tungurahua.....	93
<b>Figura 25.</b> Ubicación del proyecto de alcantarillado Sanitario y Pluvial.....	94
<b>Figura 26.</b> Georreferenciación de la zona del Proyecto de Alcantarillado.....	95
<b>Figura 27.</b> Descarga del Sector Los Vinces a la quebrada Palahua.....	99
<b>Figura 28.</b> Tasa de Crecimiento – Método Aritmético.....	102
<b>Figura 29.</b> Tasa de Crecimiento – Método Geométrico.....	103

<b>Figura 30.</b> Tasa de Crecimiento – Método Exponencial.....	104
<b>Figura 31.</b> Cálculos Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena .....	114
<b>Figura 32.</b> Temperatura del Aire estación meteorológica M258 QUEROCHACA. ...	119
<b>Figura 33.</b> Humedad relativa estación meteorológica M258 QUEROCHACA. ....	119
<b>Figura 34.</b> Nubosidad estación meteorológica M258 QUEROCHACA.....	120
<b>Figura 35.</b> Georreferenciación de la PTAR del cantón Cevallos.....	126
<b>Figura 36.</b> Diagrama de Flujo de la PTAR del cantón Cevallos.....	127
<b>Figura 37.</b> Parshall de ingreso PTAR cantón Cevallos.....	128
<b>Figura 38.</b> Desarenador PTAR cantón Cevallos .....	128
<b>Figura 39.</b> Sedimentador Primario PTAR cantón Cevallos .....	129
<b>Figura 40.</b> Sedimentador Secundario PTAR cantón Cevallos .....	129
<b>Figura 41.</b> FAFA PTAR cantón Cevallos .....	130
<b>Figura 42.</b> Lecho de secado de lodos PTAR cantón Cevallos .....	130
<b>Figura 43.</b> Tanques de protección PTAR cantón Cevallos .....	131
<b>Figura 44.</b> Compuertas de protección PTAR cantón Cevallos .....	131
<b>Figura 45.</b> Senderos Internos PTAR cantón Cevallos.....	132
<b>Figura 46.</b> Cerramiento de la PTAR cantón Cevallos.....	132
<b>Figura 47.</b> Comportamiento de Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos	133
<b>Figura 48.</b> Comportamiento de Caudales de Salida a la PTAR del cantón Cevallos ..	134
<b>Figura 49.</b> Remoción Real .....	139
<b>Figura 50.</b> Estado actual de la PTAR del cantón Cevallos .....	140
<b>Figura 51.</b> Remoción Teórica.....	141

## RESUMEN

La dotación de servicios básicos mejora de manera notable la calidad de vida de los seres humanos, siendo esta la razón primordial para diseñar una red de alcantarillado sanitario y pluvial capaz de cumplir con las necesidades de saneamiento de los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder del cantón Cevallos.

Para el diseño del proyecto técnico presentado a continuación se realizó el levantamiento topográfico de los sectores por medio de una estación total, posteriormente los datos obtenidos fueron procesados mediante la herramienta computacional Civil 3D, a su vez distintas normativas tanto nacionales e internacionales fueron aplicadas para garantizar el funcionamiento y eficiencia del proyecto.

La red de alcantarillado sanitario posee un diámetro nominal de tubería PVC de 250 milímetros, cuenta con una longitud de 3517.93 metros, mientras que para el alcantarillado pluvial se determinó un diámetro nominal de tubería PVC de 250 milímetros y una longitud de 3225.38 ambas cumplen con los parámetros hidráulicos establecidos en las normas. Para determinar el funcionamiento actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos se llevó a cabo un análisis de las propiedades físico-químicas del agua residual que ingresa y sale de la planta de tratamiento.

**Palabras clave:** Alcantarillado sanitario, Alcantarillado pluvial, Planta de tratamiento, Aguas residuales, PVC.

## ABSTRACT

The provision of basic services significantly improves the quality of life of human beings, which is the main reason for designing a sanitary and pluvial sewerage network capable of meeting the sanitation needs of the La Florida, Reina del Tránsito and Jesús del Gran Poder sectors of the Cevallos canton.

For the design of the technical project presented below, a topographic survey of the sectors was carried out using a total station, then the data obtained were processed using the Civil 3D computational tool. At the same time, different national and international regulations were applied to guarantee the operation and efficiency of the project.

The sanitary sewer network has a nominal PVC pipe diameter of 250 millimeters and a length of 3697.93 meters, while the storm sewer network has a nominal PVC pipe diameter of 250 millimeters and a length of 3275.38 meters, both of which comply with the hydraulic parameters established in the standards. To determine the current operation of the Cevallos wastewater treatment plant, an analysis of the physical and chemical properties of the wastewater entering and leaving the treatment plant was carried out.

**Key words:** Sanitary sewerage, Storm sewerage, Treatment plant, Wastewater, PVC.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

#### 1.1. Antecedentes

Martínez (1976), afirma que la descarga apropiada de deposiciones humanas, residuos líquidos comerciales e industriales y de aguas lluvias a través de sistemas de alcantarillado han demostrado desde la antigüedad, ser el procedimiento más seguro, práctico y eficaz para minimizar posibles enfermedades, infecciones y padecimientos que tengan un origen hídrico y a su vez permiten prevenir la contaminación de cuerpos de agua superficiales y el medio biofísico donde se desarrollan especies, mejorando así la calidad de vida de la sociedad[1].

El arco canal cloacal ubicado en Nagpur, India, es considerado como el sistema de alcantarillado más antiguo de la historia, su construcción se remonta 3,750 años a.C y las posteriores exploraciones realizadas en Layard, Nínive y Babilonia en las cuales se descubrieron enormes cloacas abovedadas datan del siglo VII a.C. En Roma la cloaca máxima era un arco canal, el cual se encargaba de drenar la zona del Foro Romano, actualmente esta gran cloaca se encuentra aún en funciones siendo una clara muestra de la relevancia e importancia que las civilizaciones antiguas ponían al momento de evacuar aguas negras [1].

El Centro de Investigaciones CIUDAD en su estudio denominado “Breve Historia de los Servicios en la Ciudad de Quito” indica que, en el siglo XVII, Quito fue la primera ciudad del Ecuador que tenía canales de agua los cuales atravesaban huertas y ejes de varias carreteras, estos canales eran los mismos por los cuales descendían las aguas servidas.

Ya en el año 1963 se inicia con la construcción del alcantarillado en sectores privilegiados en el aspecto económico y social, especialmente en las calles denominadas “principio” siendo aquellas calles que se encontraban empedradas[2].

En la actualidad los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales son los encargados no solo de la construcción de sistemas para abastecimiento de agua potable y alcantarillado, sino también se encargan de dar el mantenimiento adecuado de forma periódica a los sistemas mencionados.

Conforme con la información expuesta en El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos del 2014, el cantón se encuentra cubierto en un 95% de servicios básicos manejados no solamente por el GAD Municipal, sino también por la Junta administradora de agua potable y alcantarillado Yanahurco (JAAPARY) con 686 usuarios pertenecientes al cantón Cevallos, la Junta administradora de agua potable de Andignato con 331 usuarios, la Junta administradora de agua potable de Las Playas con 40 usuarios y la Junta administradora de agua potable de Jesús del Gran Poder con 55 usuarios.

El servicio de alcantarillado del cantón se encuentra cubierto en un 80% de su territorio y es manejado en su totalidad por el GAD municipal del cantón, los barrios, sectores y caseríos beneficiados son: Santa Rosa, San Pedro, Agua Santa, La Floresta, Santo Domingo, Andignato, El Rosario, Bellavista, La Unión, El Mirador, Corazón de Jesús, Nuevos Horizontes, José Francisco Arias, Aire Libre, El Belén, El Manantial, San Fernando, Tambo Centro, Tambo la Universidad, Aire Libre, El Triunfo, Las Playas, Reina del Tránsito.

Las aguas residuales recolectadas del cantón son evacuadas en la única planta de tratamiento existente en el cantón ubicada en el punto depresivo más bajo del mismo en el sector Reina del Tránsito, sin embargo, los sectores La Florida baja, parte de Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder parte alta, no cuentan con servicio de alcantarillado por lo que sus moradores descargan las aguas negras a orillas del río Pachanlica [3].

## **1.2. Justificación**

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) en el año 2018, al menos el 68% de la población mundial utiliza una red de saneamiento, sin embargo, se estima que al menos 2.400 millones de personas alrededor del mundo no poseen acceso a infraestructura de saneamiento y solo en Latinoamérica y el Caribe son 106 millones de personas quienes carecen de este servicio. La dificultad que se presenta para acceder al servicio de alcantarillado causa uno de los inconvenientes más preocupantes a nivel mundial; la muerte anual de alrededor de 340.000 niños y niñas menores de 5 años debido al padecimiento de enfermedades diarreicas con un origen parasitario [4].

Según las estadísticas presentadas por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades), la Secretaría Técnica para la Erradicación de la Pobreza (Setep), la Secretaría Nacional del Agua (Senagua) y el Banco del Estado (BDE), señalan que en Ecuador el 63.1% de la población posee acceso a una red de alcantarillado sanitario, a su vez Tungurahua tiene una cobertura provincial del 76,7%, el porcentaje restante de la provincia no cuenta con las condiciones óptimas de conducción y evacuación de agua residuales domesticas e industriales y el tratamiento de dichas aguas negras es prácticamente nulo[5]. En la provincia de Tungurahua se encuentra el cantón Cevallos catalogado como relativamente joven, debido a su cantonización en 1986, razón por la cual el acceso que la población rural del cantón tiene a diferentes servicios básicos en especial al alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, así como también al servicio de agua potable es significativamente bajo, debido a que apenas el 55.50% de los habitantes del cantón cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario y el 83.9% se encuentra abastecido de agua potable[5].

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos presentado en el año 2014, establece el crecimiento socioeconómico y poblacional de diferentes zonas

ubicadas fuera del casco urbano del cantón; como es el caso de los sectores: La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder los cuales conforman la zona baja del cantón siendo colindantes con el río Pachanlica, los sectores antes mencionados reflejan un aumento en el número de residencias, las mismas que no se encuentran conectadas a un sistema de alcantarillado sanitario, lo cual genera un elevado nivel de eliminación de aguas residuales en pozos ciegos, pozos sépticos, letrinas, quebradas, entre otros, esta descarga inconsciente de aguas servidas llega a orillas del río Pachanlica a través del suelo[3].

La descarga indiscriminada de excretas al medio ambiente ocasionan una severa contaminación en el suelo y una mala calidad del aire y del agua, razón por la cual, tanto la población en general como los mandatarios de turno requieren de manera sumamente necesaria tomar medidas en la evacuación y apropiado tratamiento de las aguas servidas que se generan en el sitio, debido al riesgo de contacto humano con heces fecales y a la presencia de bacterias en el medio ambiente, siendo un foco de infección con alta posibilidad de ocasionar problemas de salud severos como afecciones intestinales, parásitos, amebas, entre otros, por lo tanto, se debe implementar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en los sectores de La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder para proporcionar a sus habitantes una vida digna libre de enfermedades y contaminación ambiental[3].

A su vez, es sumamente necesaria la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón debido a que se presume que el río Pachanlica se encuentra altamente contaminado por la descarga directa de aguas residuales domésticas e industriales sin ningún tipo de tratamiento previo, poniendo en riesgo la vida de la flora y fauna que habita a lo largo y ancho de él[3].



### **1.3. Fundamentación teórica**

#### **ASPECTOS GENERALES**

##### **1.3.1. Sistema de Alcantarillado**

Alfaro, Carranza y González (2012), mencionan que un alcantarillado es aquel sistema compuesto por diferentes tuberías y estructuras complementarias cuyo objetivo es recoger y evacuar las aguas residuales procedentes de la población. Estas aguas residuales pueden ser reutilizadas siempre y cuando se realice un tratamiento previo cumpliendo con normas y condiciones ambientales establecidas de acuerdo a la zona de implantación. Los desechos líquidos de la población se componen básicamente de agua, sólidos orgánicos disueltos y en suspensión[6].

##### **1.3.2. Clasificación de los sistemas de alcantarillado**

Un sistema de alcantarillado se clasifica según el tipo de agua que conducen:

###### **1.3.2.1. Alcantarillado Sanitario**

Para Leon y otros (2017), un alcantarillado sanitario es aquel sistema formado por tuberías de distintos materiales, mediante la cual se evacuan las aguas servidas (domesticas, comerciales e industriales) de manera pronta y eficaz requiriendo tratamiento en una planta especializada para posteriormente ser vertida en un lugar donde no genere un impacto ambiental negativo y tampoco malestar en la población aledaña[7].

### **1.3.2.2. Alcantarillado Pluvial**

Es la red de tuberías encargada de captar aguas de escorrentía superficial (lluvias), mediante rejillas de piso localizadas en las carreteras y conducir las para su posterior, almacenamiento, infiltración o depósito en cauces naturales sin un tratamiento previo complejo (primario – sedimentación)[7].

### **1.3.2.3. Alcantarillado Mixto**

Combina el alcantarillado pluvial y sanitario mediante la conducción de aguas servidas y de lluvia a través de dos tuberías estratégicamente separadas[7].

### **1.3.2.4. Alcantarillado Combinado**

Aquel sistema que capta y conduce al mismo tiempo la totalidad de las aguas de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, para su respectiva disposición la cual se dificulta al requerir un tratamiento posterior, debido a que genera graves problemas de contaminación al ser vertidas en cauces naturales y su infiltración se ve restringida por impedimentos ambientales[7].

### **1.3.3. Componentes de un sistema de alcantarillado**

Todo sistema de alcantarillado consiste principalmente en:

- Una red de tuberías (dispuestas en circuitos abiertos y/o cerrados)
- Colectores
- Emisarios

- Otras estructuras hidráulicas que permiten el adecuado funcionamiento del sistema como: acometidas, pozos de inspección, cajas de registro[8].

### **1.3.3.1. Tuberías**

Moya (2018), establece que es un conducto comúnmente de sección circular y su uso dependerá de la capacidad requerida y la resistencia a la carga externa generada por los automóviles. La tubería de sección circular es la más recomendable para tuberías de recolección, mientras que las secciones restantes pueden ser de utilidad para la conducción de las aguas sanitarias o pluviales[9].

#### ***1.3.3.1.1. Tuberías secundarias***

Son tubos de sección circular que captan los caudales de vías secundarias y los transportan a vías principales, reciben caudales de una gran cantidad de acometidas domiciliarias[10].

El diámetro mínimo de las tuberías secundarias de la red de alcantarillado será de 200 mm(diámetro interior) [11].

#### ***1.3.3.1.2. Tuberías principales***

Son tubos de sección circular que reciben el caudal de descarga de las tuberías secundarias, así como también las acometidas domiciliarias, el diámetro mínimo de las tuberías principales para la red de alcantarillado será de 200 mm(diámetro interior) [11].

### **1.3.3.2. Colectores**

Son estructuras de secciones grandes con formas diversas, su función principal es recibir caudales provenientes de las tuberías principales y secundarias, permitiendo reducir la

longitud de recorrido de los caudales residuales. Es indispensable considerar la carga externa que la estructura deberá soportar debido al tráfico vehicular, así como también el volumen del líquido para determinar la forma de la sección[9].

### **1.3.3.3. Emisarios**

Son estructuras de conducción encargadas de recepcionar todas las tuberías y colectores, para transportar su caudal hacia la planta de tratamiento[12].

## **ALCANTARILLADO SANITARIO**

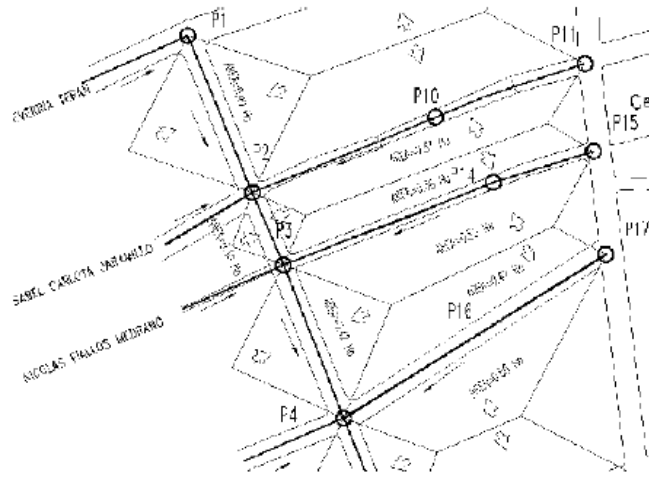
### **1.3.4. Bases de Diseño**

#### **1.3.4.1. Área de Estudio**

Moreno (2016), expresa que es aquella área definida por el sitio en donde se implantará el proyecto de alcantarillado, debido a que es necesario la recolección y transporte de los caudales procedentes de la descarga de aguas residuales domésticas e industriales[13].

#### **1.3.4.2. Áreas de Aportación**

De acuerdo con lo enunciado en el libro de Metodología de Diseño del Drenaje Urbano, las áreas de aportación o servicio es aquella área tributaria entre pozos, las cuales aportan caudal sanitario de la parte superior, inferior, izquierda y derecha de la tubería de recolección, es necesario considerar la topografía de la zona, la viabilidad de aportación de caudal y la disponibilidad física. El área de aportación es propia de cada red de tubería ya sea está abierta o cerrada, la dirección del flujo se da conforme al sentido que posee la pendiente del terreno[9]. La determinación de las áreas de aportación debe realizarse mediante el plano topográfico y el trazado del sistema de alcantarillado en la zona del proyecto[14].



**Figura 1.** Esquema de un tramo de alcantarillado y sus áreas de aportación

**Fuente:** Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

### 1.3.4.3. Descargas finales

La descarga final de las aguas residuales se realizará desde el cuerpo receptor hasta el reuso de la mismas, de acuerdo al tipo de tratamiento que se requiera implementar en el agua residual y también según las características de la zona de implantación del proyecto[15].

### 1.3.5. Componentes de un Sistema de Alcantarillado Sanitario

#### 1.3.5.1. Conexiones Domiciliarias

En el texto Metodología de Diseño del Drenaje Urbano, se establece que, las conexiones domiciliarias o acometidas son aquellas conexiones que van desde la caja de revisión localizada en el punto más bajo de la vivienda (en la mayoría de casos ubicada en la acera), donde concurren las demás acometidas intradomiciliarias, hacia la tubería de alcantarillado sanitario. Se debe considerar una deflexión de 30 a 45 grados entre la tubería de acometida y la tubería principal para mejor la movilidad e impedir obstrucciones innecesarias[9].

La CPE INEN 005-9-2 (1997), establece un diámetro mínimo (interior) de tubería de 100 mm y una pendiente mínima equivalente al 1% [16].

### 1.3.5.2. Pozos de revisión o inspección

Son estructuras verticales cilíndricas, diseñadas como medio de acceso e inspección a tuberías y colectores para realizar trabajos de mantenimiento y limpieza. Estos pozos se colocan bajos los siguientes aspectos:

- Inicio de nacientes
- Cambios considerables de pendientes
- Cambios de dirección
- Cambios de diámetro
- Variaciones de material de construcción
- Confluencia de dos o más tuberías, los empalmes directos de uniones domiciliarias
- Chequeos en el aforo, muestreo y análisis de aguas residuales [7].

La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6m, el cambio de diámetro desde el cuerpo de pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico, para facilitar el descenso al interior del pozo.

El diámetro del cuerpo del pozo estará en función del diámetro de la máxima tubería conectada al mismo, de acuerdo a la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Diámetros recomendados de pozos de revisión

<b>DIÁMETRO DE TUBERÍA (mm)</b>	<b>DIÁMETRO DEL POZO (m)</b>
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: Norma CO 10.07- 601[17]

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.5.2.1. Distancia entre pozos de inspección o revisión

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN,1992) en la **Tabla 2**, se muestran los valores de distancia máxima admisible entre dos pozos de revisión los cuales se encuentran en función de los diámetros de tubería que los conecta.

**Tabla 2.** Distancias máximas entre pozos de revisión

<b>DIÁMETRO DE TUBERÍA (mm)</b>	<b>DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS (m)</b>
Menor a 350	100
400 - 800	150
Mayores a 800	200

Fuente: Norma CO 10.07- 601[17].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

Los pozos de revisión para alcantarillado sanitario se colocarán de tal forma que se impida el flujo de escorrentía pluvial hacia ellos. Si esto es inevitable, será necesario el diseño de tapas herméticas especiales que lo impidan[12].

### 1.3.5.3. Pozos de revisión con salto

Son estructuras que permiten vencer desniveles originados en la confluencia de varias tuberías, permite también vencer pendientes en tramos continuos.

La altura libre entre la tubería de llegada y la tubería de salida, en un pozo normal oscila entre 0,60m y 0,70m, sin ocasionar turbulencia. De lo contrario, se colocará un salto, que es una tubería vertical paralela al pozo que conecta la tubería de llegada con el fondo del pozo, sin provocar turbulencia, el diámetro máximo de la tubería del salto será de 300mm. Para caídas superiores oscila desde los 0,70m hasta 0,80m, debe proyectarse para caídas extremas, con la ayuda de estructuras especiales, diseñadas según las alturas de dichas caídas y sus diámetros o dimensiones de acceso al pozo, para estas condiciones especiales[17].

### 1.3.6. Parámetros de Diseño

#### 1.3.6.1. Período de Diseño

El periodo de diseño es aquel espacio de tiempo que involucra las etapas de formulación del proyecto, diseño, financiamiento, adjudicación, construcción, operación y vida útil de los materiales, así como también el desarrollo socioeconómico de la población[9].

Los sistemas de agua potable al igual que los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales no deben proyectarse para un periodo menor a 20 años. En caso de ser necesario se adoptará un período de diseño distinto justificadamente, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1.25 veces la población presente[11].

##### 1.3.6.1.1. Valores recomendados para el Periodo de Diseño

Moya (2018), recomienda los valores que se pueden adoptar para establecer el periodo de diseño los mismos que se encuentran en función de la población y de sus componentes.

##### a) En función de la Población

**Tabla 3.** Valores del Periodo de Diseño según la Norma Boliviana.

<b>Población (hab)</b>	<b>Periodo (años)</b>
1000-15000	15
15001-50000	15-20
>50001	15

**Fuente:** Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



**b) En función de los componentes**

**Tabla 4.** Valores de período de diseño, según la Norma Boliviana.

<b>Componentes y/o Equipos</b>	<b>Vida Útil (años)</b>
Tuberías principales y secundarias	20 - 30
Colectores, Emisarios	30 - 50
Equipos mecánicos	5 - 10
Equipos eléctricos	10 - 15
Equipos con combustión	5-10

**Fuente:** Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 5.** Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable

<b>Componentes</b>		<b>Vida Útil (años)</b>
Diques grandes y túneles		50 a 100
Obras de captación		25 a 50
Pozos		10 a 25
Conducciones de hierro dúctil		40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC		20 a 30
Planta de Tratamiento		30 a 40
Tanques de Almacenamiento		30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	De hierro dúctil	40 a 50
	De asbesto cemento	20 a 25
Otros materiales		Variables de acuerdo especificaciones del fabricante.

**Fuente:** Norma CO 10.07- 601[17].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.6.2.Tasa de Crecimiento Poblacional

Es un parámetro con el que se establece la magnitud con la que determinada población puede crecer o decrecer a lo largo del tiempo depende fundamentalmente de la: Natalidad, Mortalidad, Inmigración o Emigración. Si la tasa de crecimiento poblacional llega a ser negativa se considerará un valor mínimo igual al 1% [18].

Las ecuaciones para determinar la tasa de crecimiento poblacional según los tres métodos de cálculo tradicionales son:

- **Método Lineal o Aritmético**

$$r(\%) = \left[ \frac{\frac{P_f}{P_i} - 1}{n} \right] \times 100 \quad \text{Ec. 1 [9]}$$

- **Método Geométrico**

$$r(\%) = \left[ \left( \frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100 \quad \text{Ec. 2 [9]}$$

- **Método Exponencial**

$$r(\%) = \left[ \frac{\ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)}{n} \right] \times 100 \quad \text{Ec. 3 [9]}$$

**Donde:**

- **r(%)**= Tasa de crecimiento poblacional
- **Pi** = Población inicial
- **Pf** = Población final
- **n** = Periodo de tiempo

De no existir datos, se tomarán en cuenta los valores de los índices de crecimiento geométrico propuestos en la **Tabla 6**.

**Tabla 6.** Tasas de Crecimiento Poblacional

<b>Región Geográfica</b>	<b>r(%)</b>
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

**Fuente:** Norma CO 10.07-602[19].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **1.3.6.3. Población Actual**

Población verificada inicialmente a través del censo poblacional y de vivienda efectuado por el órgano gestor encargado de generar la estadística nacional del Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), mismo que evidencia el número de habitantes. Los datos obtenidos se utilizarán como base para el cálculo de la población de diseño.

La población actual también puede ser verificada mediante la implementación de un micro censo o de encuestas dirigidas a los habitantes en el área de implantación del proyecto[9].

### **1.3.6.4. Población Futura o Población de Diseño**

Es la proyección de la población actual mediante métodos de cálculo para estimar el número de beneficiarios futuros del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

El uso de buen juicio en la estimación de la población es importante puesto que, si el valor estimado es muy bajo, el sistema será inadecuado siendo necesario rediseñar, reconstruir y refinanciar[20].

#### ***1.3.6.4.1. Tendencia Poblacional***

La tendencia población será determinada mediante el estudio demográfico del sitio del proyecto o mediante la correlación con un sitio que disponga de datos, y que tenga semejanza geográfica con el sitio en estudio[9].

Se tomará en cuenta los métodos estadísticos tradicionales, según las siguientes expresiones:

- ***Método lineal o aritmético***

Es un método de extrapolación en el que se determina la cifra media de crecimiento poblacional en un determinado tiempo, el cual puede aumentar o disminuir uniformemente por cada año transcurrido. El incremento poblacional es constante en todos los años lo cual refleja una velocidad constante de crecimiento[21].

La expresión utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$Pf = Pa \times (1 + (r \times n)) \quad Ec. 4 [9]$$

- ***Método Geométrico***

Este método de extrapolación se aplica cuando el crecimiento poblacional es constante en proporción con su tamaño variable. Para este caso la velocidad de crecimiento es variable reflejando una aceleración constante[21].

La expresión utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n \quad Ec. 5[9]$$

- **Método Exponencial**

Método de extrapolación donde el crecimiento poblacional es continuo y no por cada unidad de tiempo[21].

La expresión utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$Pf = Pa \times (e)^{r \times n} \quad Ec. 6 [9]$$

**Donde:**

- **Pf** = Población futura (hab)
- **Pa** = Población actual (hab)
- **r** = Tasa de Crecimiento Poblacional (decimal)
- **n** = Período de tiempo (años)
- **e** = Constante matemática de Euler ( $e = 2.71828$ )

### 1.3.6.5. Densidad Poblacional

La densidad de población es la relación existente entre los habitantes y el área que ocupan en función de un sector determinado, expresándose en habitantes por unidad de área (habitantes/Hectárea). El valor de área que se utilizara es el obtenido mediante el levantamiento topográfico.

$$Dp = \frac{Pf}{\text{Área del Proyecto}} \quad Ec. 7[10]$$

**Dónde:**

- **Dp** = densidad poblacional futura (hab/Ha)
- **Pf** = población futura (hab)
- **Área del Proyecto** = (hab/Ha)

### 1.3.6.6. Demanda de Agua Potable

Es la cantidad de agua que consume una persona en un día, este gasto se encuentra condicionado por factores climáticos, económicos, sociales y de la disponibilidad del agua[22].

- *Factores Climáticos*

**Tabla 7.** Dotaciones recomendadas

<b>POBLACIÓN (Habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media Futura (litros/habitante/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

**Fuente:** Norma CO 10.07- 601[17].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

- *Factores socioeconómicos*

**Tabla 8.** Ingresos y dotación de agua

Tipo de área a ser atendida según nivel de ingresos	Dotación per cápita (L/hab/día)
Alto	250-180
Medio	180-120
Bajo	120-80

**Fuente:** Manual de diseño y construcción de sistemas con dominiales de alcantarillado sanitario. Programa de Agua y Saneamiento. Bolivia[20].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

- *Uso Domestico*

**Tabla 9.** Consumo Doméstico Máximo

USOS	CONSUMO (lt/hab/día)			
	CLIMA FRÍO		CLIMA CÁLIDO	
	NORMAL	MÁXIMO	NORMAL	MÁXIMO
Bebida	2	3	2	3
Alimentación y cocina	8	8	10	10
Lavado de utensilios	8	8	8	8
Aseo corporal menor	6	12	10	15
Baño de ducha	21	32	40	60
Lavado de ropa	15	15	15	15
Inodoro	15	15	15	15
Total per-cápita	75	93	100	125

**Fuente:** Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Proyecto Washed. Quito 1995[23].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.6.7. Dotación Actual ( $D_a$ )

La dotación actual es el volumen de agua que consume una persona en un día, expresada en lt/hab/día[21].

### 1.3.6.8. Dotación Futura ( $D_f$ )

Para la determinación de la dotación futura se debe considerar el criterio que indica un incremento en la dotación equivalente a un 1 lt/día por cada habitante durante el periodo de diseño[12].

$$D_f = D_a + 1 \times n \quad \text{Ec. 8[12]}$$

*Donde:*

- $D_f$  = dotación futura (lt/hab/día)
- $D_a$  = datación actual (lt/hab/día)
- $n$  = periodo de diseño (años)

## 1.3.7. Análisis de Caudales

### 1.3.7.1. Aporte Doméstico

Aporte compuesto por flujos provenientes de actividades domésticas residenciales e institucionales. Son considerados aportes domésticos las actividades de limpieza, aseo personal, cocina y descargas con materia orgánica e inorgánica.

### 1.3.7.2. Aportes Industriales

Aquel aporte de flujos provenientes de procesos industriales, se determina mediante información de encuestas, censos y consumos industriales, así como también bajo estimaciones de consumos y ampliaciones futuras. En sectores netamente industriales,



localizados en zonas residenciales o comerciales es necesario llevar a cabo diferentes análisis específicos de las aguas residuales provenientes de la industria. No obstante, en industrias pequeñas localizadas en zonas residenciales o comerciales pueden utilizarse los valores mostrados en la **Tabla 10**[24].

**Tabla 10.** Contribución Industrial

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial (l/s/ha-ind)
Bajo	0,4
Medio	0,6
Medio alto	0,8
Alto	1,0 - 1,5

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.7.3. Aportes Comerciales

Aporte compuesto por el flujo de oficinas, tiendas y restaurantes, deben ser justificados a través de un estudio detallado de consumos diarios por personas, en densidades de población y coeficientes de retorno mayores a los aportes domésticos. En sectores mixtos (residenciales y comerciales) los caudales pueden ser ponderados empleando como base los valores de la **Tabla 11**[24].

**Tabla 11.** Contribución Comercial

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial (l/s/ha-ind)
Cualquiera	0,4 – 0,5

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

#### 1.3.7.4. Aportes Institucionales

Aporte compuesto por el flujo proveniente de escuelas, colegios, universidades, hoteles, hospitales, cárceles, entre otros. Estos aportes deben establecerse para cada caso en particular, mediante información de consumos registrados en la localidad de instituciones afines. No obstante, en pequeñas instituciones situadas en zonas residenciales, los aportes de aguas residuales pueden ser estimados con los valores por unidad de área institucional, mostrados en la **Tabla 12**[24].

**Tabla 12.** Contribución institucional mínima en zonas residenciales

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial (l/s/ha-ind)
Cualquiera	0,4 – 0,5

Fuente: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

#### 1.3.7.5. Caudal medio diario de Agua Potable ( $Qmd_{Ap}$ )

El caudal medio diario sanitario deberá calcularse al inicio y fin del período de diseño, su cálculo se realizará mediante la ecuación:

$$Qmd_{Ap} = \frac{Pf \times D}{86400} \quad Ec. 9 [25]$$

**Donde:**

- $Qmd_{Ap}$  = Caudal medio diario sanitario lt/seg
- $Pf$  = Población futura (hab)
- $D$  = Consumo de agua potable (dotación) lt/hab/día

### 1.3.7.6.Caudal Medio Diario Sanitario ( $Q_{mds}$ )

Es el volumen de agua producido por las descargas domiciliarias para su posterior evacuación en el sistema de alcantarillado, es un caudal contribuido en un período de 24 horas, obtenido como el promedio a lo largo de un año.

El caudal medio diario sanitario puede calcularse también mediante la ecuación:

$$Q_{mds} = C \times Q_{md_{AP}} \quad \text{Ec. 10 [25]}$$

*Donde:*

- $Q_{mds}$  = Caudal medio diario sanitario (lt/seg)
- $C$  = Coeficiente de retorno o aporte (adimensional)
- $Q_{md_{AP}}$  = Caudal medio diario de agua potable (lt/seg)

Moya (2018) en su libro Metodología de Diseño del Drenaje Urbano, menciona que el coeficiente de retorno ( $C$ ), se refiere a la cantidad de agua consumida en una vivienda, ya que no todo el líquido retorna al alcantarillado. Este porcentaje se denomina también coeficiente de aporte y estadísticamente oscila entre 60% a 80%.

De ser inexistente o muy pobre la información sobre el coeficiente de retorno, se podrá utilizar los valores de la **Tabla 13**.

**Tabla 13.** Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas

Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto	0,8 - 0,85

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.7.7. Caudal Máximo Instantáneo ( $Q_i$ )

Es el mayor caudal que puede escurrir en un periodo del día, el mismo que produce saturación en horas pico y resulta del producto del caudal domiciliar sanitario ( $Q_{ms}$ ) y un factor de mayoración ( $M$ )[12].

$$Q_i = M \times Q_{ms} \quad \text{Ec. 11}[12]$$

*Donde:*

- $Q_i$  = Caudal máximo instantáneo (l/s).
- $M$  = Coeficiente de mayoración.
- $Q_{ms}$  = Caudal medio diario sanitario (l/s).

El coeficiente de mayoración ( $M$ ), es la relación entre el gasto máximo horario y el gasto medio diario.

#### 1.3.7.7.1. Coeficiente de Mayoración ( $M$ )

Es el factor de mayoración que permite determinar picos máximos y mínimos que tiene el caudal de aguas servidas en relación a las variaciones de consumo de agua potable[12].

Este coeficiente se puede obtener mediante los siguientes métodos:

- *Coeficiente ( $M$ ) según Harmon*

Este método es comúnmente aplicado, para poblaciones medianamente grandes (1000 a 100000 habitantes), sin embargo, no presenta restricciones[12].

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f}} \quad \text{Ec. 12}[12]$$

$$2 \leq M \leq 3.8$$

*Donde:*

*Pf* = Población (miles)

- *Coficiente (M) según Babit*

Este tipo de método es más aplicable para condiciones rurales (poblaciones menores a 1000 habitantes)[12].

$$M = \frac{5}{p^{0,2}} \quad \text{Ec. 13[12]}$$

*Donde:*

*Pf* = Población en miles

- *Coficiente (M) según Popel*

Este método es utilizado para poblaciones grandes (urbes y ciudades) y se calcula según la población del proyecto mediante con la **Tabla 14**.

**Tabla 14.** Valores del coeficiente de Popel

<b>Población en miles</b>	<b>Coficiente M</b>
Menor a 5	2,40 a 2.00
5 a 10	2,00 a 1,85
10 a 50	2,00 a 1,85
10 a 50	1,85 a 1,60
Mayor a 250	1,33

**Fuente:** Normativa Boliviana 688[26].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.7.8. Caudal de Infiltración ( $Q_{inf}$ )

De acuerdo con lo establecido en las Normas de diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado, especialmente en zonas con un nivel freático alto, siendo el caudal de infiltración el volumen de agua que se infiltra en el suelo, dicha infiltración se presenta generalmente por fisuras en los colectores, juntas mal ejecutadas, en las uniones entre colectores y cámaras de inspección y dentro de las mismas cámaras[24].

Este coeficiente fluctúa debido a las condiciones presentadas a continuación:

- La altura del nivel freático.
- Permeabilidad del suelo.
- Dimensiones, estado y tipo de sistema de alcantarillado[25].

La ecuación de cálculo para determinar el caudal de infiltraciones la siguiente:

$$Q_{inf} = I \times L \quad \text{Ec. 14[25]}$$

**Donde:**

- $Q_{inf}$  = Caudal de Infiltración
- $I$  = valor infiltración (l/m; l/Km)
- $L$  = Longitud de la tubería (m; Km)

**Tabla 15.** Valores de Caudales por Infiltraciones

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0,1 -0,3	0,1 -0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

En la **Tabla 15** la categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación[24].

**Tabla 16.** Valores de Infiltración (1/metro)

Tipo de Unión	Tubo de HS		Tubo PVC	
	Mortero A/C	Caucho	Pegante	Caucho
N.F. Bajo	0.0005	0.0002	0.0001	0.00005
N.F. Alto	0.0008	0.0002	0.00015	0.0005

Fuente: Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medinac.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 1.3.7.9. Caudal de Conexiones Erradas ( $Q_e$ )

En los caudales de aguas residuales es necesario considerar los caudales pluviales debido a malas conexiones o conexiones erradas, para lo cual se fija un coeficiente de seguridad del 5 – 10 % del caudal máximo previsto de aguas residuales. El cálculo se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

Debido a que es área rural y no posee cunetas para evacuaciones de aguas lluvias, empozamiento de agua que puede ingresar al alcantarillado sanitario por errores constructivos.

$$Q_e = (0.05 - 0.10) \times Q_i \quad \text{Ec. 15[25]}$$

**Donde:**

- $Q_e$  = Caudal por conexiones erradas (lt/seg)
- $Q_i$  = Caudal máximo instantáneo de aguas residuales (lt/seg)

### 1.3.8. Caudal de Diseño ( $Qd$ )

Es el caudal máximo para el alcantarillado, teniendo un manejo adecuado en las conexiones domiciliarias. Toda red de alcantarillado presenta caudales adicionales, estos son: Caudal de infiltración ( $Qinf$ ), el caudal de conexiones erradas ( $Qe$ ) y el Caudal máximo instantáneo ( $Qi$ )[25].

Obtenidos estos caudales, el caudal de diseño ( $Qd$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$Qd = Qi + Qinf + Qe \quad Ec. 16[25]$$

*Donde:*

- $Qd$  = Caudal de diseño (l/s).
- $Qi$  = Caudal máximo instantáneo (l/s).
- $Qinf$  = Caudal de infiltración (l/s).
- $Qe$  = Caudal de conexiones erradas (l/s).

### 1.3.9. Condiciones hidráulicas de conducción

#### 1.3.9.1. Elección del tipo de conducto

En base a lo expuesto por la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento en las Recomendaciones para redes de alcantarillado el proyectista debe considerar dos aspectos importantes en la elección del tipo de conducto, el primero de ellos es la geometría o sección de las alcantarillas y el segundo aspecto es el material del conducto. La selección del conducto depende de los factores presentados a continuación:

- Rugosidad
- Coeficiente de rozamiento
- Tipo de agua a transportar
- Resistencia a la erosión y corrosión
- Resistencia mecánica

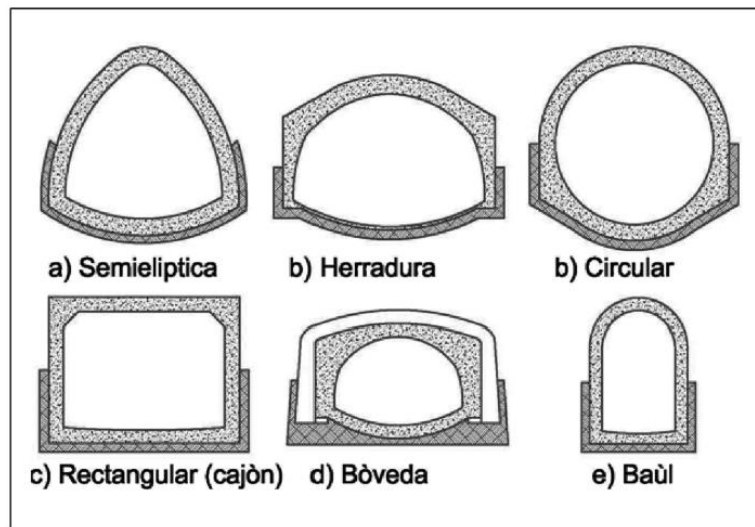


- Facilidad de manejo, instalación y mantenimiento
- Posibilidad de puesta en carga
- Tipo de unión
- Costo

### 1.3.9.1.1. Geometría o sección de las alcantarillas

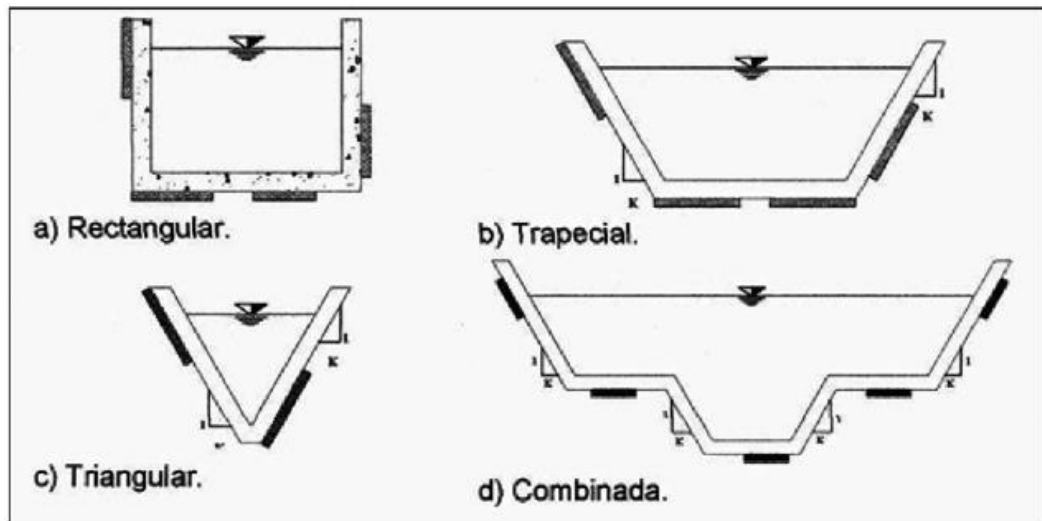
La Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento en las Recomendaciones para redes de alcantarillado[27], menciona la existencia de dos tipos de alcantarillas: visitables y no visitables, las secciones comúnmente utilizadas en redes no visitables (conductos cerrados) son la circular y la ovoidal, en redes visitables (conductos cerrados) suelen emplearse secciones rectangulares, de tipo bóveda, semielíptica, triangulares, trapezoidales, lenticulares, de hastiales rectos, entre otros.

La sección circular es la que se empleada generalmente en poblaciones rurales y zonas urbanas en ramales de último orden o red terciaria, entre sus ventajas tenemos: la posibilidad de prefabricación, facilidad de instalación, gran capacidad resistente y la facilidad y seguridad de su unión[27].



**Figura 2.** Secciones transversales más usuales en conductos cerrados

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].



**Figura 3.** Secciones transversales más usuales a cielo abierto

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24].

#### **1.3.9.1.2. Material del conducto**

De acuerdo con las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q los materiales comúnmente empleados en nuestro medio son:

- Hormigón simple (HS)
- Hormigón armado (HA)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Hierro fundido (HF)
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
- Polietileno de alta densidad (PEAD)

De emplearse otro material debe justificarse adecuadamente que sea apto para el fin propuesto y siempre que cumpla las exigencias normativas de cálculo estructural, hidráulico y de verificación a la corrosión[24].

### 1.3.9.2.Ubicación de las tuberías

Las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q establecen una profundidad mínima para las redes de recolección y evacuación de aguas residuales la cual debe permitir el drenaje adecuado por gravedad de las descargas domiciliarias, aceptando una pendiente mínima del 2%.

Los valores mínimos permisibles se encuentran en la **Tabla 17** presentada a continuación:

**Tabla 17.** Profundidad mínima de tuberías

Servidumbre	Profundidad mínima a la clave del colector
Vías peatonales o zonas verdes	1,50
Vías vehiculares	1,50

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q[24]

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

La profundidad máxima permisible debe proporcionar una aireación apropiada del flujo de aguas residuales para el caudal de diseño en una tubería, la cual se debe encontrar entre 70% y 85% del diámetro real de este.

En la Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q (2009), se estable que la profundidad máxima de las tuberías generalmente es de 5 m, no obstante, se recomienda que la profundidad no exceda los 3m debido a procesos constructivos, sin embargo, puede ser mayor siempre y cuando se cumplan con los requerimientos estructurales y geotécnicos del proyecto[24].

### **1.3.10. Criterios de diseño**

#### **1.3.10.1. Diámetros**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN (1998), considera para el alcantarillado sanitario un diámetro mínimo para tuberías secundaria y principal de 200 mm (diámetro interior) y para el alcantarillado pluvial o combinado, un diámetro de tubería mínimo de 250 mm (diámetro interior).

Las conexiones domiciliarias se realizarán con tubería de 100 mm de diámetro y con una pendiente mínima del 1% [11].

#### **1.3.10.2. Velocidades Permisibles**

##### ***1.3.10.2.1. Velocidades Mínimas***

En las redes de alcantarillado sanitario la velocidad del fluido en los colectores, ya sean primarios, secundarios o terciarios, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del período de diseño, no debe ser menor a 0,45 m/s y que preferentemente sea mayor que 0,6 m/s, para evitar la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido [17].

De acuerdo al autor Moya, D (2018), se establecen los siguientes valores de velocidad mínima:

- Velocidad mínima a tubo lleno = 0,60 m/s
- Velocidad mínima a tubo parcialmente lleno = 0,30 m/s [9].

##### ***1.3.10.2.2. Velocidades Máximas***

Las velocidades máximas admisibles en tuberías o colectores dependen del material de fabricación. Se recomienda usar los valores que constan en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.** Velocidades máximas a tubo lleno recomendados

Tipo de Material Velocidad		Tipo de Material Velocidad	Coefficiente de Rugosidad
Hormigón simple	Con uniones de mortero.	4	0,013
	Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 – 4	0,013
Asbesto cemento		4,5 – 5	0,011
Plástico		4,5	0,011

Fuente: Norma CO 10.07- 601[17].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### ***1.3.10.2.3. Coeficientes de rugosidad***

Según (COON, 1998), el coeficiente de rugosidad llamado también coeficiente de Manning (n), es una medida de la resistencia fraccional ejercida por un canal sobre el flujo. Este coeficiente puede también reflejar otras pérdidas de energía, como consecuencia de un flujo inestable, turbulencia desmedida y el acarreo de material suspendido y escombros, resultando difíciles o casi imposibles de aislar y cuantificar[28].

Los valores de coeficientes de rugosidad son obtenidos de literatura especializada y el funcionamiento de la conducción debe ser comprobada en revestimiento nuevo y revestimiento viejo.

En la **Tabla 19**, se presentan valores que pueden ser utilizados como referencia en la fórmula de Manning.

**Tabla 19.** Valores de coeficientes de rugosidad de Manning, para diferentes tipos conductos

<b>TIPO DE CONDUCTO</b>	<b>Intervalo del valor de “n”</b>	<b>Valor de “n” Recomendado</b>
Tubería de Hormigón Simple	0,012-0,015	0,013
Tuberías de Plástico o PVC corrugada		0,013
Tubería de Termoplástica de interior liso o PVC		0,010
Colectores y tuberías de hormigón armado, fundido en sitio	0,013-0,015	0,015
Ladrillo	0,014-0,019	0,016
Mampostería de piedra	0,017-0,020	0,018
Tubería de acero Corrugado	0,024-0,027	0,026
Canal en tierra sin revestir	0,025-0,040	0,033
Canal en roca sin revestir	0,030-0,045	0,038
Canal revestido con hormigón	0,013-0,015	0,015
Túnel en roca sin revestir	0,025-0,040	0,033
Túnel revestido con hormigón	0,014-0,016	0,015

**Fuente:** CPE- INEN 5 parte 9-1:1992[9].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **1.3.10.3. Pendientes del Proyecto**

#### **1.3.10.3.1. Gradiente Hidráulica**

Una pendiente adecuada para la tubería de la red de alcantarillado permitirá velocidades óptimas, por ende, un buen funcionamiento del sistema.

$$S = \frac{C.Sup - C.Inf}{L} \times 1000$$

Ec. 17[29]

*Donde:*

- **S**= Gradiente Hidráulica mínima (m/m)
- **C. Sup** = Cota superior del terreno (m)
- **C. Inf** = Cota inferior del terreno (m)
- **L** = Longitud total o por tramo (m)

#### 1.3.10.3.2. Pendiente mínima

$$S_{min} = \left( \frac{V_{min} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Ec. 18[29]

$$S_{min} = 0.5\%$$

*Donde:*

- **S<sub>min</sub>**= Gradiente Hidráulica mínima (m/m)
- **V<sub>min</sub>** = Velocidad mínima de la tubería (m/s)
- **n** = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)
- **D** = Diámetro de la tubería (m)

#### 1.3.10.3.3. Pendiente máxima

$$S_{max} = \left( \frac{V_{max} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Ec. 19[29]

$$S_{max} > 5\%$$

*Dónde:*

- **S<sub>max</sub>**= Gradiente Hidráulica máxima (m/m)

- ***V<sub>max</sub>*** = Velocidad mínima de la tubería (m/s)
- ***n*** = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)
- ***D*** = Diámetro de la tubería(m)

#### 1.3.10.3.4. Gradientes Permisibles

Las pendientes de la **Tabla 20**, se encuentran en función del diámetro y las velocidades, lo cual se debe asumir las mínimas para evitar que se produzca asentamientos en el sistema de alcantarillado:

**Tabla 20.** Pendientes Mínimas para Tuberías PVC

Diámetro (mm)	Pendiente		Pendiente a adoptarse
	Manning	Chezy	
200	0.0033	0.0041	0.003
250	0.0025	0.028	0.0025
300	0.0019	0.0022	0.002
380	0.0014	0.0016	0.0015
450	0.0011	0.0012	0.0012
600	0.00077	0.00080	0.0006
760	0.00057	0.00059	0.0006
910	0.00045	0.00046	0.0005

**Fuente:** Norma EX - IEOS[22].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



#### 1.3.10.4. Tirante o Profundidad de flujo

Es la altura de las aguas servidas en el interior del alcantarillado, los tirantes de agua deben ser determinados admitiendo un escurrimiento en régimen uniforme y permanente, la altura del tirante del flujo será mayor al 10% del diámetro de la tubería y menor al 75%, estos parámetros garantizan el funcionamiento de la red como un canal abierto y la funcionalidad en el acarreo de los sedimentos. El tirante máximo de flujo a transportar, es representado por la relación de tirantes  $d/D$ , donde  $d$  es la altura del flujo y  $D$  es el diámetro interior de la tubería[12].

#### 1.3.10.5. Tensión Tractiva ( $\tau$ )

Taco, F (2012) menciona acerca de la tensión tractiva o tensión de arrastre de sedimentos ( $\tau$ ), que es aquel esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector y en consecuencia sobre el material depositado, su unidad de medida es el Pascal.

Se utiliza la siguiente ecuación para su cálculo:

$$\tau = \delta \times g \times R \times S \quad \text{Ec. 20[10]}$$

*Dónde:*

- $\tau$  = Tensión tractiva (Pa)
- $\delta$  = Densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = Aceleración de la gravedad (9,8 m/seg<sup>2</sup>)
- $R$  = Radio hidráulico (m)
- $S$  = Pendiente de la tubería (m/m)

Para que se cumpla las condiciones mínimas de arrastre, la tensión tractiva mínima será de 1,0 Pa[10].

### 1.3.11. Fórmulas para el diseño hidráulico

Se considera que el flujo en las tuberías del sistema de alcantarillado será uniforme y permanente, en donde la velocidad media y el caudal permanecen constantes en una determinada longitud de conducto[12], para lo cual es necesario emplear:

#### 1.3.11.1. Fórmula de Chézy

Chézy mediante su fórmula calcula la velocidad que posee el agua en una sección de un cauce o canal. Se calcula con la ecuación:

$$V = C\sqrt{R \times S} \quad \text{Ec. 21[30]}$$

*Donde:*

- $V$  = Velocidad media del agua (m/s)
- $C$  = Coeficiente de Chezy
- $R$  = Radio hidráulico (m)
- $S$  = Gradiente Hidráulica (m/m)

En la *ecuación 22* se presenta un coeficiente  $C$  el cual se calcula de la siguiente forma:

$$C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}} \quad \text{Ec. 22[30]}$$

*Donde:*

- $C$  = Coeficiente de Manning a aplicar en la fórmula de Chézy
- $n$  = parámetro de rugosidad de Manning
- $R$  = Radio hidráulico (m)

### 1.3.11.2. Fórmula de Manning

Mediante la sustitución del coeficiente de Manning en la fórmula original de Chézy en la, es posible hallar la velocidad mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 23[30]}$$

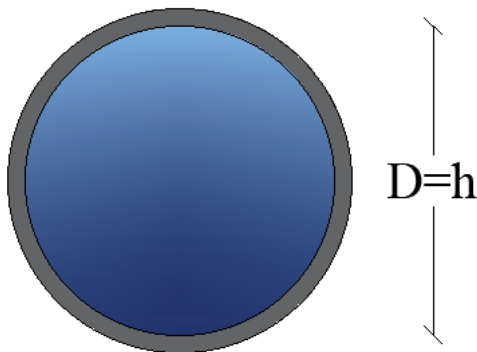
*Donde:*

- $V$  = Velocidad (m/s)
- $n$  = Parámetro de rugosidad de Manning
- $R$  = Radio hidráulico (m)
- $S$  = Pendiente (m/m)

### 1.3.12. Hidráulica de Conductos

#### 1.3.12.1. Tuberías con Sección Totalmente Llena

Para diseñar conductos circulares, se manejan tablas, nomogramas o softwares computacionales, los cuales se fundamentan en la fórmula de Manning y relacionan el diámetro, pendiente, velocidad y caudal (capacidad hidráulica), para flujo en tuberías de sección llena[7].



**Figura 4.** Tubería con Sección Totalmente Llena

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

- **Área Mojada**

$$A_{TLL} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \text{Ec. 24[29]}$$

- **Perímetro Mojado**

$$P_{TLL} = \pi \times D^2 \quad \text{Ec. 25[29]}$$

- **Radio Hidráulico**

$$R_{TLL} = \frac{A}{P} \text{ o } \frac{D}{4} \quad \text{Ec. 26[29]}$$

De las cuales se derivan las fórmulas siguientes:

- **Velocidad**

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 27[29]}$$

- **Caudal**

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 28[29]}$$

**Donde:**

- $A_{TLL}$  = Área mojada sección llena (m<sup>2</sup>)
- $P_{TLL}$  = Perímetro mojado sección llena (m)
- $R_{TLL}$  = Radio hidráulico a tubo totalmente lleno (m)
- $V_{TLL}$  = Velocidad a tubo totalmente lleno (m/s)

- $Q_{TLL}$  = Caudal a tubo totalmente lleno (lt/s)
- $n$  = Coeficiente de Rugosidad
- $D$  = Diámetro de la tubería (m)
- $S$  = Gradiente hidráulico (m/m)

### 1.3.12.2. Tuberías con Sección Parcialmente Llena

El flujo en conductos circulares de redes de alcantarillado, es a sección parcialmente llena (condiciones reales), con una superficie de agua libre y en contacto con el aire, debido a que el flujo a sección llena se produce en condiciones especiales. En el cálculo es necesario emplear las propiedades hidráulicas de sección circular la cuales vinculan las características de flujo a sección llena y parcialmente llena[7].

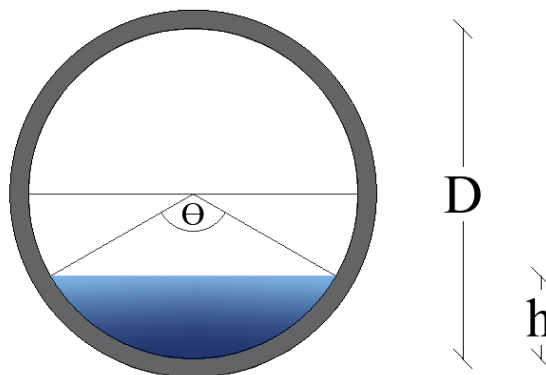


Figura 5. Tubería con Sección Totalmente Llena

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

- **Ángulo Central**

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) \quad \text{Ec. 29[29]}$$

- **Radio Hidráulico**

$$R_{TPL} = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi \theta} \right) \quad \text{Ec. 30[29]}$$

- **Velocidad**

$$V_{TPL} = \frac{0.397 \times D^{\frac{2}{3}}}{n} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 31[29]}$$

- **Caudal**

$$Q_{TPL} = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 (n)(2\pi\theta)^{\frac{3}{2}}} \times (2\pi\theta - 360 \times 2 \operatorname{sen} \theta)^{\frac{5}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 32[29]}$$

*Donde:*

- $\theta$  = Ángulo central en grado sexagesimal
- $h$  = Calado normal (m)
- $R_{TPL}$  = Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno (m)
- $V_{TPL}$  = Velocidad a tubo parcialmente lleno (m/s)
- $Q_{TPL}$  = Caudal a tubo parcialmente lleno (lt /s)
- $n$  = Coeficiente de Rugosidad
- $D$  = Diámetro de la tubería (m)
- $S$  = Gradiente hidráulico (m/m)

### 1.3.13. Propiedades Hidráulicas de las Tuberías

- **Área en régimen hidráulico**

$$A = 0.125 \times (\theta_{rad} - \operatorname{sen} \theta) \times do^2 \quad \text{Ec. 33[29]}$$

*Donde:*

$\theta_{rad}$  = Ángulo (radianes y grados)

$do$  = Diámetro u orificio interno, diseño (m)

- **Contorno mojado**

$$P_m = 0.5 \times \theta \times d_o \quad \text{Ec. 34[29]}$$

*Donde:*

$\theta$  = Ángulo (radianes)

$d_o$  = Diámetro u orificio inicial (m)

- **Radio en condición hidráulica**

$$Rh = A \times Pm \quad \text{Ec. 35[29]}$$

*Donde:*

$A$  = Área calculada con los criterios de ángulo (m<sup>2</sup>)

$Pm$  = Perímetro mojado (m)

- **Energía específica**

$$E = Y_{no} + \frac{V^2}{2 \times 9.81} \quad \text{Ec. 36[29]}$$

*Donde:*

$Y_{no}$  = Tirante normal de la sección (m)

$V$  = Velocidad (m/s)

- **Número de Froude**

$$\#F = V \sqrt{9.81} \times D \quad \text{Ec. 37[29]}$$

*Donde:*

$V$  = Velocidad (m/s)

$D$  = Profundidad o altura hidráulica (m)

- **Profundidad hidráulica**

$$D = A \times T \quad \text{Ec. 38[29]}$$

**Donde:**

$A$  = Área calculada con los criterios de ángulo (m<sup>2</sup>)

$T$ : Ancho superficial (m)

- **Ancho superficial**

$$T = \text{sen}(0.5\theta) d_o \quad \text{Ec. 39[29]}$$

**Donde:**

$\theta$  = Ángulo (grados °)

$d_o$  = Diámetro inicial (m)

#### **1.3.14. Comprobaciones de Diseño**

La velocidad a sección totalmente llena debe comprobarse con la velocidad máxima permisible, donde la velocidad a tubería llena debe ser menor a la velocidad máxima permisible.

$$V < V_{max} \quad \text{Ec. 40[12]}$$

La velocidad a sección parcialmente llena debe compararse con la velocidad mínima, donde la velocidad a tubería llena debe ser mayor o igual a la velocidad mínima.

$$V \geq V_{min} \quad \text{Ec. 41[12]}$$

En los tramos iniciales el caudal es sumamente pequeño por lo que no necesariamente se debe chequear la velocidad debido al criterio de pendiente mínima, sino debe chequearse bajo el criterio de la tensión tractiva[12].



## **ALCANTARILLADO PLUVIAL**

### **1.3.15. Bases de Diseño**

#### **1.3.15.1. Área de Estudio**

Esta área estará definida por el sitio en donde se implantará el proyecto de alcantarillado, debido a que es necesario la recolección y transporte de los caudales procedentes de las precipitaciones[13].

#### **1.3.15.2. Áreas de Aportación**

Para determinar las áreas de aportación es necesario contar con datos hidrológicos del área de estudio como el tipo de superficie, la cuenca hidrográfica que drena el sector, para establecer sus características y obtener superficies, pendientes, la forma y longitud del cauce principal, a su vez se debe identificar las subcuencas que atraviesan la zona y determinar el aporte al cauce principal de la cuenca[13].

Las áreas tributarias son el conjunto de superficies que resultan al dividir el área del proyecto. En áreas perceptiblemente cuadradas se trazan líneas diagonales entre los pozos de revisión. En áreas perceptiblemente rectangulares, se dividirá la sección rectangular por la mitad (lados menores), para después trazar rectas con una inclinación de  $45^\circ$  (lados menores), formando triángulos o trapecios como las áreas de drenaje[31].

#### **1.3.15.3. Descargas finales**

La descarga se la realiza de manera directa en lugares aptos como quebradas, ríos, esteros, entre otros[16].

### **1.3.16. Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial**

#### **1.3.16.1. Conexiones Domiciliarias**

En un alcantarillado pluvial, la acometida suele ser rectangular o circular en hormigón simple o armado, confinando una rejilla con su respectivo cerco, habitualmente de hierro fundido, acero dúctil o PVC, por medio de una tubería de acometida con un diámetro comprendido entre 150 mm a 200mm, no obstante, dependerá del juicio del calculista estimar y justificar diámetros mayores, dicha tubería se conectará directamente con un pozo o cámara de revisión. La ubicación de la rejilla en la calzada será en un punto bajo que evite la retención de caudal[9].

Se realizarán con una tubería de diámetro mínimo de 100 m[11].

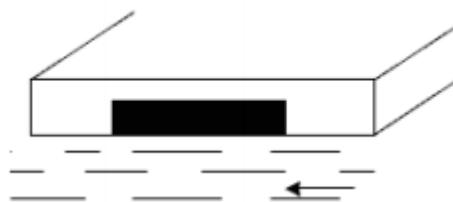
#### **1.3.16.2. Sumideros**

Según Ex – IEOS, son estructuras que permiten el ingreso y posterior recolección de aguas lluvia en las tuberías de la red de alcantarillado pluvial, deberán ser ubicados en los puntos más bajos de las vías, terraplenes, sobre quebradas y accesos de puentes, entre otros. Todos los sumideros se conectarán al pozo de inspección más próximo a través de una tubería diseñada con suficiente capacidad hidráulica[22].

##### ***1.3.16.2.1. Tipos de sumideros***

- **Tipo Ventana**

Consta de un orificio en el bordillo de la acera a modo de ventana, facilitando la captación de aguas lluvias que se desplazan por la cuneta. Debido a su ubicación no obstruyen el tránsito, pero su más grande desventaja es la acumulación fácil de basura y sedimentos, sin embargo, puede evitarse colocando rejillas en la ventana[32].

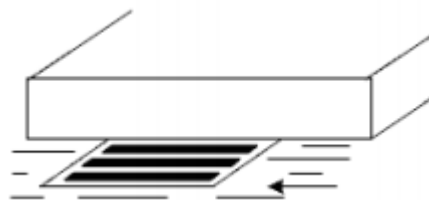


**Figura 6.** Sumidero de venta o acera

**Fuente:** Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” cantón Quito, provincia de Pichincha - Jessica Rivadeneira Molina[32].

- **Tipo Rejilla en Calzada**

Es una cámara en forma de caja donde se evacuan las aguas de escorrentía, consta de una rejilla con barras en sentido paralelo al flujo. Poseen una mayor capacidad de captación a comparación de los sumideros de tipo ventana, no obstante, pueden acumular desperdicios reduciendo el área útil de la rejilla[32].



**Figura 7.** Sumidero de reja o calzada

**Fuente:** Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” cantón Quito, provincia de Pichincha - Jessica Rivadeneira Molina[32].

- **Combinados**

Combina los dos tipos de sumideros mencionados anteriormente, buscan aumentar la eficiencia del sumidero de ventana y disminuir el espacio ocupado en la calzada por los sumideros de rejillas. Se recomienda su uso en lugares donde sería favorable uno de ventana, pero donde su eficacia de captación es menos del 70% [32].



**Figura 8.** Sumidero mixto o combinado

**Fuente:** Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” cantón Quito, provincia de Pichincha - Jessica Rivadeneira Molina[32].

#### ***1.3.16.2.2. Dimensiones de los sumideros***

En base a las recomendaciones de la Ex – IEOS presentadas a continuación, las dimensiones de los sumideros se relacionan directamente con la ubicación de los mismos:

- Cada 80 m de longitud de calle o en cada esquina de la manzana será colocado un sumidero estándar de 30x46 cm, si esta longitud es menor a 80 m, las descargas se realizarán directamente al pozo de revisión.
- En el caso de calles con longitudes mayores a 80 m o con pendientes muy pronunciadas, es conveniente aumentar el número de sumideros o variar su sección con longitudes de 1,5 y hasta 2,0 m, siempre y cuando su cálculo sea justificado por el proyectista.
- En las calles donde exista acumulación de aguas lluvias superficiales, se colocarán sumideros de bordillo directos, los cuales contarán con una longitud máxima paralela a la vía de 1,50 m y en el pozo de inspección de descarga se colocará una válvula de clapeta[22].

### **1.3.17. Parámetros de Diseño**

#### **1.3.17.1. Período de diseño**

El periodo de diseño en sistemas de alcantarillado pluvial debe ser menor que la vida útil de la obra y esta a su vez no debe ser menor a 30 años según la planificación del drenaje urbano. Dicha planificación debería ser lo adecuadamente flexible para permitir posibles actualizaciones cada 5 años, o cuando se presenten daños importantes[24].

#### **1.3.17.2. Caudal de Diseño**

Es aquel caudal recolectado en el área de drenaje conforme al tipo de precipitación estudiado, considerando la curva de intensidad, duración y frecuencia.

El método racional es aplicado en áreas con una superficie menor a 5 km<sup>2</sup>, siendo necesario obtener los registros de precipitaciones de la zona, de no existir dichos registros, se deberán obtener las curvas intensidad, duración, frecuencia a partir de las lluvias máximas de 24h registradas en el sector o registros pluviográficos de sectores con características climatológicas equivalentes[13].

La ecuación de cálculo para el método racional tiene los siguientes fundamentos:

- Considera una intensidad de precipitación constante a lo largo del periodo de lluvia.
- Las precipitaciones de corta duración y gran intensidad son las responsables de inundaciones.
- El tiempo de concentración de la cuenca es igual a la duración de la lluvia.
- Mediante la curva Intensidad- Duración- Frecuencia se halla la intensidad media máxima para un período de retorno escogido[9].

$$Q = 2.78 C I A$$

*Ec. 42[13]*

**Donde:**

- $Q$  = Caudal de escurrimiento (lt/s).
- $C$  = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).
- $I$  = Intensidad de lluvia para una duración de lluvias, igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio (mm/h).
- $A$  = Área de la cuenca (ha).

### 1.3.17.3. Coeficiente de Escurrimiento (C)

Es el resultado de la relación entre los volúmenes totales del escurrimiento superficial y el volumen de precipitación a lo largo del periodo de lluvia, en su análisis es necesario considerar el tipo y uso de suelo, permeabilidad del suelo, perdidas por infiltración, construcción, efectos de evo transpiración, evaporación, pendiente media, entre otros[13].

**Tabla 21.** Valores del coeficiente de Escurrimiento

TIPO DE ZONA	VALORES DE C
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 - 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 - 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 - 0,55
Parques, campos de deportes	0,1 - 0,2

**Fuente:** Norma EX – IEOS, Parte 5 - Disposiciones Especificas[22].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

La **Tabla 21**, presenta los valores del coeficiente C según el tipo de zona, para frecuencias entre 2 y 10 años.

De ser necesario el cálculo de un coeficiente de escurrimiento compuesto, el cual se basa en porcentajes de diferentes tipos de superficie, los valores presentados en la **Tabla 22**, pueden ser empleados[13].

**Tabla 22.** Valores de C para diversos tipos de superficies

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>C</b>
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 - 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 - 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 - 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,4 - 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 - 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 - 0,3
Parques y jardines	0,05 - 0,25

**Fuente:** Norma EX – IEOS, Parte 5 - Disipaciones Específicas[22].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

La **Tabla 23**, presenta los valores de escorrentía típicos empelados en áreas rurales.

**Tabla 23.** Coeficientes de Escorrentía Rural

Vegetación y topografía		Textura del suelo		
		Limo arenoso abierto	Arcilla y limo	Arcilla abierta
<b>Bosque</b>	Plano pend 0-5%	0.10	0.30	0.40
	Ondulada pend 5-10%	0.25	0.35	0.50
	Montañosa pend 10-30%	0.30	0.50	0.60
<b>Pastura</b>	Plano	0.10	0.30	0.40
	Ondulada	0.16	0.36	0.55
	Montañosa	0.22	0.42	0.60
<b>Cultivos</b>	Plano	0.30	0.50	0.60
	Ondulada	0.40	0.60	0.70
	Montañosa	0.52	0.72	0.82

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q, Titulo 5: Redes de alcantarillado de aguas lluvias[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

En la práctica, se zonifican superficies diferentes, las cuales arrojan datos de área y el tipo de superficie, de las cuales se deberán ir sumando a los valores del resto de zonas, hasta culminar con el total del área de drenaje y posteriormente emplear la ecuación siguiente:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_i)}{A_t} \quad \text{Ec. 43[9]}$$

**Donde:**

- $C$  = Promedio del coeficiente de escurrimiento de la zona de drenaje del proyecto.
- $A_i$  = área parcial de acuerdo al tipo de superficie
- $A_t$  = área total del proyecto
- $C_i$  = coeficiente de acuerdo al tipo de superficie



### 1.3.17.4. Intensidad de Precipitaciones

En la ecuación racional, la intensidad de precipitación es otro de los parámetros requeridos, la misma que se define como el volumen de agua, nieve o granizo, que se precipita en la zona del proyecto por una unidad de tiempo generalmente expresada en (mm/hora) o (lt/s/ha), la intensidad de la lluvia depende de la duración.

#### 1.3.17.4.1. Duración de la lluvia

La duración es el periodo de tiempo que comprende el inicio y fin de la precipitación, sus límites de duración están fijados de acuerdo a los intervalos de registro en los pluviógrafos, los cuales habitualmente van desde los 5 minutos (intervalo mínimo) hasta 24 horas.

### 1.3.17.5. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia

Según (Témez, 1978), las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) son el resultado de unir puntos característicos de la intensidad media en intervalos de distinta duración con una misma frecuencia o período de retorno[33].

Estas curvas permiten determinar las máximas intensidades para convertirse en herramientas para diseñar obras de drenaje urbano y estimación de caudales de evacuación en cuencas pequeñas a nivel rural[34].

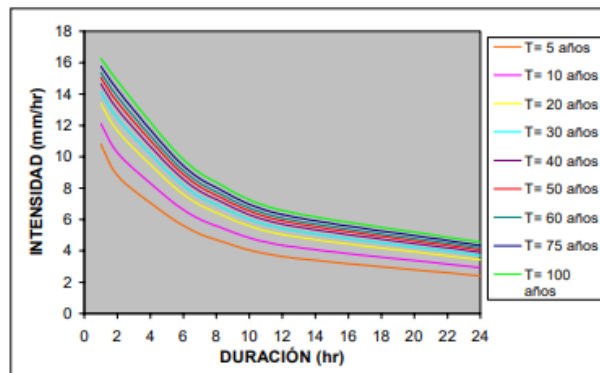


Figura 9. Curvas IDF Estación Talca

Fuente: Módulo 2 - Curvas Intensidad Duración Frecuencia[33].

Es importante determinar la frecuencia, debido a que esta establece la capacidad del sistema de alcantarillado, al igual que el periodo de retorno, su selección depende de la importancia y características zonales.

En la **Tabla 24**, se muestran distintas frecuencias en obras de drenaje que ayudan a la determinación de la intensidad máxima de precipitaciones:

**Tabla 24.** Valores de frecuencia para determinar la intensidad máxima

Obras de Drenaje	Frecuencia (años)
Redes en áreas urbanas y suburbanas	1-2
Redes en áreas urbanas residenciales y comerciales.	2-5
Colectores de segundo orden como canalización de riachuelos.	10
Diseño de obras especiales como canalizadores de primer orden.	20 - 50
Ríos principales que forman parte del sistema de drenaje global.	100

Fuente: Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

#### 1.3.17.5.1. Curvas Tipo INAMHI – Zona del proyecto

Mediante los datos presentados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, en el Estudio para la determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación presentado en la versión (2) 2019, tenemos la siguiente ecuación:

$$I = \frac{K \times T^m}{t^n} \quad \text{Ec. 44[35]}$$

Donde

- $I$  = Intensidad (mm/h)
- $K, m, n$  = Constantes de ajuste propias de cada estación.

- $T$  = Periodo de retorno (años)
- $t$  = Tiempo de duración (minutos)

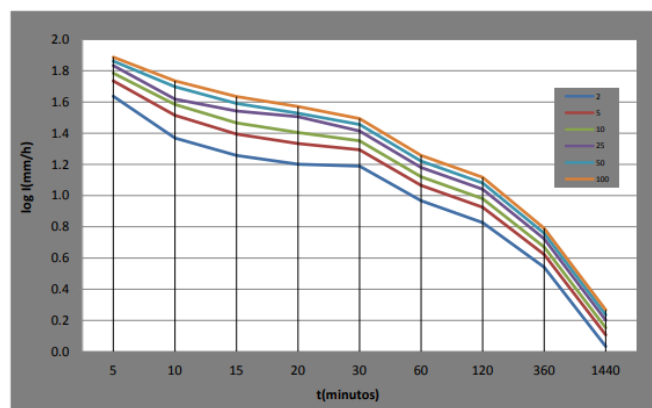
A partir de la **ecuación 44** se obtienen las siguientes ecuaciones y gráfica para la estación M0258 Querochaca:

**Tabla 25.** Intensidad Duración Frecuencia Estación M0258 Querochaca

Estación		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	Ecuaciones	R	R <sup>2</sup>
Código	Nombre				
M0258	QUEROCHACA	5<30	$i = 85.4334 \times T^{0.1904} \times t^{-0.5548}$	0.9833	0.9669
		30<120	$i = 115.1696 \times T^{0.1698} \times t^{-0.6168}$	0.9901	0.9802
		120<1440	$i = 278.5952 \times T^{0.1489} \times t^{-0.7720}$	0.9965	0.9929

**Fuente:** INAMHI, Estudio para la determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación presentado en la versión (2) 2019[35].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 10.** Curva Intensidad Duración Frecuencia Estación M0258 Querochaca

**Fuente:** INAMHI, Estudio para la determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación presentado en la versión (2) 2019[35].

### 1.3.17.6. Período de Retorno ( $T_r$ )

El período de retorno de un suceso hidrológico es calculado de manera inversa a la probabilidad de excedencia anual y este representa el periodo de tiempo promedio (probabilístico) dentro del cual ese evento puede volver a presentarse siendo igualado o excedido, asumiendo que los eventos naturales suelen presentarse aleatoriamente, como el caso de los caudales o precipitaciones[13].

Este parámetro nos permite proyectar la intensidad de la lluvia, en un tiempo de retorno corto la intensidad es menor, con una probabilidad de ocurrencia mayor y si el tiempo de retorno es largo se supone una intensidad alta, pero con una probabilidad de ocurrencia mínima. De presentarse el último de los casos mencionados anteriormente, en un periodo de retorno largo el incremento económico del proyecto será notorio debido al aumento de diámetro en las tuberías de las redes de alcantarillado[9].

La ecuación de cálculo del periodo de retorno es la siguiente:

$$T_r = \frac{1}{p(\%)} \times 100\% \quad \text{Ec. 45[9]}$$

*Donde*

- $T_r$  = Período de retorno (años)
- $p(\%)$  = Probabilidad de ocurrencia (%)

### 1.3.17.7. Tiempo de concentración ( $T_c$ )

Es el tiempo que el agua demora en alcanzar el punto más lejano de la cuenca hasta el colector, desde el inicio de la lluvia, sumándole los cauces principales y secundarios hasta el momento de desagüe[13].

En el método racional el tiempo de concentración es igual a la duración de la lluvia, siendo el aumento del caudal pluvial directamente proporcional al aumento del área de drenaje[9].

El tiempo de concentración se divide en dos partes: tiempo de entrada y tiempo flujo.

$$Tc = Ti + Tf \quad Ec. 46[13]$$

**Donde:**

- $Tc$  = Tiempo de concentración (min)
- $Ti$  = Tiempo de entrada (min)
- $Tf$  = Tiempo de flujo (min)

### 1.3.17.8. Tiempo de entrada ( $Ti$ )

Es el tiempo que se necesita el escurrimiento superficial para lograr alcanzar el punto más lejano de la cuenca hasta el primer sumidero, los valores recomendados par áreas urbanas fluctúan en entre 10 min y 30 min, el tiempo de entrada depende de los siguientes aspectos:

- La capa vegetal
- La pendiente de la superficie
- Almacenamiento en las depresiones
- Lluvia precedente
- Longitud del escurrimiento, entre otros[36].

Para la determinación del tiempo de entrada, se emplean también los siguientes criterios:

- **En áreas densamente pobladas** en una ciudad, con un alto porcentaje de superficies impermeables con sumideros cercanos entre sí, puede utilizarse un  $Ti$  de 5 minutos.
- **En distritos comerciales** con pendientes planas, entradas (sumideros) más espaciados, se puede utilizar un  $Ti$  de 10 a 15 minutos.
- **En distritos residenciales planos**, con sumideros muy espaciadas, puede utilizarse un  $Ti$  de 20 a 30 minutos[9].

No obstante, además de estos criterios existen un número considerable de ecuaciones que se pueden emplear para hallar el tiempo de entrada (*Ti*), la aplicación adecuada de las mismas es responsabilidad del proyectista quien debe argumentar correctamente su uso para evitar valores fuera de la realidad.

Las ecuaciones a utilizar garantizaran que el tiempo de escurrimiento no se distorsione.

- Según la Ecuación de **Kerby**

$$Ti = 1.44 \left( \frac{L \times m}{S^2} \right)^{0.467} \quad \text{Ec. 47[9]}$$

**Donde:**

- *Ti* = tiempo de entrada (min)
- *L* = Longitud máxima de escurrimiento superficial (m)
- *m* = Coeficiente de retardo (adimensional)
- *S* = Pendiente promedio entre el punto más alejado y el sitio de recolección (m/m)

**Tabla 26.** Valores de *m* para la aplicación de la ecuación de Kerby

Tipo de superficie	<i>m</i>
Impermeable	0.02
Suelo sin cobertura, compacto y liso	0.10
Superficie sin cobertura moderadamente rugosa	0.20
Pastos ralos	0.30
Terrenos con arborización	0.70
Pastos densos	0.80

**Fuente:** Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

- Según la Ecuación de soil conservation service (*SCS*) *U.S.*

$$Ti = \frac{L}{(60 \times Ve)} \quad \text{Ec. 48[9]}$$

$$Ve = a \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 49[9]}$$

**Donde:**

- **Ti** = tiempo de entrada (min)
- **L** = Longitud máxima de escurrimiento superficial (m)
- **Ve** = Velocidad media de escurrimiento superficial (m/sg)
- **a** = Constante (adimensional)
- **S** = Pendiente promedio entre el punto más alejado y el sitio de recolección (m/m)

**Tabla 27.** Valores de a para la aplicación de la ecuación de soil conservation service.

Tipo de superficie	a
Bosque denso – poblado de árboles y arbustos	0.70
Pastos y patios	2.00
Área cultivada en surcos	2.70
Suelos desnudos	3.15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6.50

Fuente: Metodología de diseño del drenaje urbano- Ing. M. Sc. Dilón Moya Medina[9].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

- Según *Monogramas*

Los monogramas relacionan la distancia de recorrido superficial, la pendiente y el tipo de suelo. El valor del tiempo de entrada se halla partiendo desde el valor de recorrido superficial en la regleta de la izquierda en metros, seguidamente traza una línea que cruce por el tipo de suelo del proyecto hasta la línea auxiliar que se encuentra en el centro del monograma, para después trazar otra línea a partir del punto anterior la cual debe atravesar

la pendiente del terreno y llega hasta la otra regleta del tiempo de entrada en la parte derecha del monograma, siendo este último valor que coincide con la línea final el valor asumido para los cálculos.

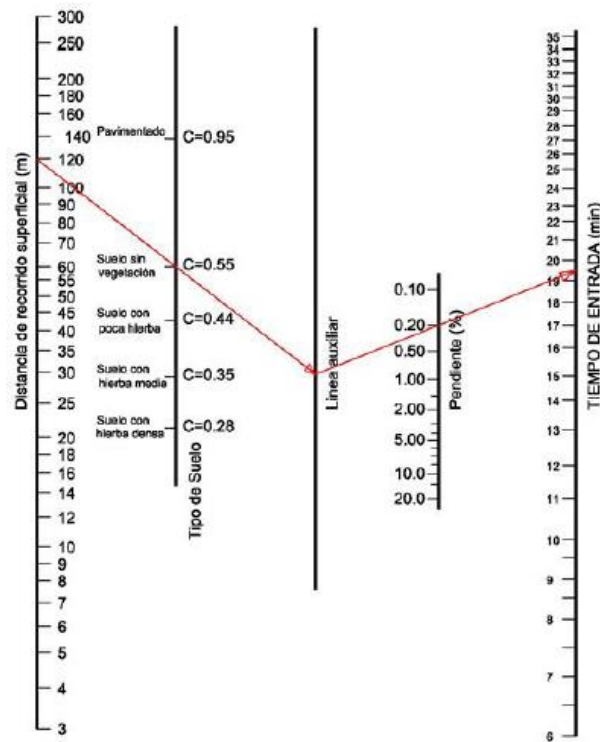


Figura 11. Monograma para determinar el tiempo de entrada

Fuente: Comisión Nacional del Agua de México, 2009

### 1.3.17.9. Tiempo de flujo

Llamado también tiempo de recorrido, es el tiempo que el agua de los causes primario y secundario tarda en recorrer el sistema de tuberías desde el punto de entrada hasta el punto de salida del sumidero o de la tubería[13].

$$Tf = \frac{L}{60 \times V} \quad Ec. 50[24]$$

Donde:

- $Tf$  = Tiempo de viaje en el conducto (min)
- $L$  = Longitud (m).
- $V$  = Velocidad media en la sección de escurrimiento (m/seg) =  $Q/A$



### **1.3.18. Condiciones Hidráulicas**

#### **1.3.18.1. Ubicación de tuberías**

Las tuberías de alcantarillado pluvial se colocarán de forma aproximada en el centro de la calzada[22].

#### **1.3.18.2. Profundidad de la tubería**

Las tuberías deberán contar con la suficiente profundidad para recolectar las aguas lluvias de los domicilios y de lotes de terrenos más bajos a los dos de la calzada.

Para la profundidad mínima se deberá determinar a qué profundidad fueron colocadas las tuberías para abastecimiento de agua potable, a esta profundidad se le sumará una separación mínima vertical de 0.20m y en lugares donde se presenten cruces también se le sumará el diámetro exterior de la tubería[32].

En caso de que la tubería de alcantarillado pluvial se ubique por debajo de la tubería de alcantarillado sanitario Castro, F (2022) manifiesta que se debe realizar un recubrimiento o introducir dicha tubería dentro de otra para protegerla en el caso de presentarse algún tipo de fisuración o rotura de la tubería de alcantarillado sanitario.

### **1.3.19. Criterios de Diseño**

#### **1.3.19.1. Diámetros**

De acuerdo a lo establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN,1998 el diámetro mínimo para una red de alcantarillado pluvial es de 250 mm. Para conexiones domiciliarias el diámetro mínimo es de 150 mm[16].

### 1.3.19.2. Velocidades Permisibles

#### 1.3.19.2.1. Velocidad mínima

Para alcantarillado pluvial o combinado, la velocidad mínima para caudal máximo instantáneo es de 0.90 m/sg, debido a que el líquido evacuado acarrea consigo los sólidos suspendidos que son evacuados conjuntamente con el caudal líquido[17].

#### 1.3.19.2.2. Velocidad máxima

Las velocidades máximas admisibles en tuberías o colectores en una red de alcantarillado pluvial dependen del material de fabricación. Se recomienda usar los valores que constan en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.** Velocidades máximas admisibles por el tipo de material

MATERIAL DE LA TUBERÍA	VELOCIDADES MÁXIMAS (m/seg)
Tubería de hormigón simple hasta 60 cm de diámetro	4,5
Tubería de hormigón armado de 60 cm de diámetro o mayores	6,0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/ cm <sup>2</sup>	6,0 – 6,5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm <sup>2</sup> . Grandes conducciones	7,0 – 7,5
PEAD, PVC, PRFV	7,5
Acero	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido	9,0 o mayor

**Fuente:** Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q, Título 5: Redes de alcantarillado de aguas lluvias[24].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **1.3.19.3. Pendiente de las Tuberías**

#### ***1.3.19.3.1. Pendiente mínima***

La pendiente del sistema será similar en todos los tramos a la pendiente del terreno para facilitar excavaciones, sin embargo, puede adoptarse un valor de pendiente mínima de 0.5% [9].

Las conexiones domiciliarias se instalarán con una pendiente mínima del 1% [11].

#### ***1.3.19.3.2. Pendientes máximas***

Los valores de pendiente máxima permitirán la comprobación de las velocidades máximas mostradas en la **Tabla 28**, si las velocidades máximas exceden estos valores se deberán realizar obras hidráulicas.

## **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES**

Alfaro, Carranza y González (2012), definen al tratamiento de aguas residuales como un conjunto de procedimientos químicos, físicos y biológicos con la finalidad de eliminar los contaminantes físicos, químicos, biológicos y una serie de características indeseables como materia orgánica, sólidos de gran tamaño, agentes patógenos, entre otros, que se encuentra presentes en el agua residual.

El tratamiento de las aguas residuales tiene como objetivo es generar agua limpia y un residuo solido o lodo, capaz de ser reutilizados en el ambiente [6].

### **1.3.20. Aguas Residuales**

Castañeda y Flores (2015), denominan a las aguas residuales, negras o cloacales como aquellas aguas de uso doméstico, comercial e industrial que se implementaron en procesos de limpieza o transformación, en ciertos casos están compuestas también por aguas lluvias

y de infiltraciones en el suelo para posteriormente ser conducidas a través de un sistema de alcantarillado. Estas aguas residuales son descargadas principalmente por uso municipal, comercial, industrial, servicios domésticos, agrícola, pecuario, entre otros y la mezcla de los mismos.

Este tipo de agua no puede ser reutilizada de forma directa sin antes haber sido intervenida mediante procesos de tratamiento, ya que al encontrarse contaminada pierde su potabilidad debido a que sus características físicas, químicas y biológicas o su composición se han visto alteradas resultando nocivas para la salud[37].

### **1.3.21. Clasificación de las Aguas Residuales**

#### **1.3.21.1. Agua Residual de Origen Doméstica**

Según Chinchilla y Rodríguez (2010), las aguas de origen domestico son aquellas aguas residuales provenientes de actividades metabólicas y cotidianas mediante baterías sanitarias, lavabos, cocinas y otros elementos domésticos, su calidad suele ser uniforme y presenta variaciones de acuerdo al nivel económico, social y cultural de los habitantes [8].

#### **1.3.21.2. Aguas Residuales de Origen Industrial**

Se generan debido a procesos industriales o manufactureros, es posible que contengan sustancia y elementos tóxicos: como cobre, mercurio, plomo, níquel y otros siendo necesaria su remoción antes de ser vertidos al sistema de alcantarillado[8].

#### **1.3.21.3. Aguas Residuales de Origen Agrícola**

Espín (2016), señala que las aguas de origen agrícola son aquellas aguas residuales que provienen de actividades agrícolas y ganaderas como cultivos y pastoreo intenso, arrastran elevadas cantidades de fertilizantes (fosfatos) y pesticidas[10].

#### 1.3.21.4. Aguas Residuales de Origen Pluvial

Aquellas aguas lluvias causadas por las precipitaciones, arrastran contaminantes atmosféricos los cuales son descargados sobre el suelo[10].

#### 1.3.22. Características de las Aguas Residuales

En la *Tabla 29*, *Tabla 30*, y la *Tabla 31* presentadas a continuación se detalla la procedencia de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

**Tabla 29.** Características físicas del agua residual y sus procedencias

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA
FÍSICAS	Sólidos Totales	Agua de suministro Aguas residual doméstica e industrial Erosión del suelo Infiltración Conexiones descontroladas
	Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales
	Color	Agua residual doméstica e industrial Degradación natural de materia orgánica
	Olor	Agua residual en descomposición Residuos industriales

**Fuente:** Ingeniería de aguas residuales: Volumen 1, Capítulo 3: Características de las aguas residuales - METCALF & EDDY[38].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 30.** Características químicas del agua residual y sus procedencias

<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>PROCEDENCIA</b>	
<b>QUÍMICAS</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Materia Orgánica Volátil</b>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
		<b>Proteínas</b>	
		<b>Carbohidratos</b>	
		<b>Grasas animales y aceites</b>	
		<b>Agentes Tensioactivos</b>	
		<b>Contaminantes Prioritarios</b>	
		<b>Pesticidas</b>	Residuos agrícolas
		<b>Fenoles</b>	Vertidos industriales
		<b>Otros</b>	Degradación natural de materia orgánica
	<b>Inorgánicos</b>	<b>Alcalinidad</b>	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		<b>Cloruros</b>	Metales pesados Vertidos industriales
		<b>Nitrógeno</b>	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
		<b>pH</b>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		<b>Contaminantes prioritarios</b>	
		<b>Azufre</b>	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
<b>Fósforo</b>		Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.	
		<b>Sulfuro de hidrógeno</b>	Descomposición de residuos domésticos.
	<b>Metano</b>		

		<b>Oxígeno</b>	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
--	--	----------------	---

**Fuente:** Ingeniería de aguas residuales: Volumen 1, Capítulo 3: Características de las aguas residuales – METCALF & EDDY[38].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 31.** Características biológicas del agua residual y sus procedencias

<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>PROCEDENCIA</b>	
<b>BIOLÓGICAS</b>	<b>Sulfuro de hidrógeno</b>	Descomposición de residuos domésticos.	
	<b>Metano</b>		
	<b>Oxígeno</b>	Agua de suministro; Infiltración de agua superficial	
	<b>Animales</b>	Cursos de agua y plantas de tratamiento	
	<b>Plantas</b>		
	<b>Protistas</b>	<b>Eubacterias</b>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
		<b>Arqueobacterias</b>	
<b>Virus</b>	Aguas residuales domésticas.		

**Fuente:** Ingeniería de aguas residuales: Volumen 1, Capítulo 3: Características de las aguas residuales – METCALF & EDDY[38].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **1.3.23. Parámetros de las Aguas Residuales**

#### **1.3.23.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Es un parámetro que permite el cálculo de la cantidad de oxígeno que la materia orgánica requiere para ser degradada en el curso de aguas residuales, el oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática, debido a las variaciones de la calidad del agua y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de peces y plantas.

Se determina mediante la medición de la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos a los 5 primeros días de biodegradación, se expresa en (mg/lit)[39].

#### **1.3.23.2. La demanda química de oxígeno (DQO)**

Es un parámetro que señala la cantidad de materia orgánica en una masa de agua; es empleado para la medición del oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable por medio de un elemento químico oxidante, el dicromato de potasio es el agente oxidante utilizado comúnmente debido a sus características oxidantes de la mayoría de compuestos orgánicos (excepto ácidos grasos). Es altamente empleado en determinaciones de materia orgánica de aguas servidas domesticas e industriales[39].

#### **1.3.23.3. Potencial Hidrogeno (pH)**

Es un parámetro que nos permite conocer la acidez o alcalinidad del agua residual, si dicha agua posee una gran concentración del ion de hidrógeno será difícil realizar un tratamiento por medios biológicos y si su concentración no se ve alterada se presentaran microorganismos biológicos[8].



#### **1.3.23.4. Nitrógeno (N)**

Es un elemento químico esencial para el desarrollo de la vida, se encuentra presente como nitrógeno orgánico, amoniacal, nitritos, nitratos, entre otros. Para tratar el agua residual será necesario un contenido bajo de nitrógeno, de usarse en cantidades más altas se dará origen a un desarrollo desmedido de algas y plantas en los elementos receptores[8].

#### **1.3.23.5. Fósforo (P)**

Es un elemento químico primordial para el crecimiento de especies acuáticas, su presencia en las aguas residuales se debe al uso de detergentes, fertilizantes y excretas humanas, en cantidades excesivas causa el deterioro de los cuerpos de agua[7].

#### **1.3.23.6. Coliformes totales y fecales**

Son el conjunto de agentes patógenos, como virus y salmonellas de origen humano o animal, presentes en aguas residuales, superficiales y sedimentos, a través de deposiciones, su eliminación tiene como objetivo principal cortar el ciclo epidemiológico de contagio para impedir la contaminación biológica[12].

### **1.3.24. Tratamiento de Aguas Residuales**

La finalidad del tratamiento de aguas residuales es reducir o eliminar por completo la contaminación de las mismas, para obtener agua con propiedades aptas según el uso que requieran, es necesario ubicar una planta de tratamiento al finalizar el alcantarillado sanitario.

Existen ciertas consideraciones para elegir el tipo de tratamiento:

- Las leyes vigentes
- Objetivos para la protección de la salud y el ambiente de la población
- Factores económicos como la recuperación de los costos de construcción y operación, disponibilidad y precios de los mismos.
- Capacidades de operación y mantenimiento

Se recomienda considerar y planificar futuras ampliaciones de la planta de tratamiento debido a aumentos de caudal[6].

### **1.3.25. Fases del tratamiento de aguas residuales**

#### **1.3.25.1. Pre tratamiento**

Se realiza para acondicionar a las aguas negras para que reciban un tratamiento posterior sin obstrucciones de tuberías y sin depósitos permanentes en los tanques, minimizan presencia de materia flotante, como grasas y aceites, a su vez evita grandes variaciones de caudal[6].

#### **1.3.25.2. Tratamiento Primario**

Tiene como finalidad retener la mayor cantidad de los sólidos suspendidos que transporta el agua residual y entre un 90 a 95% de los sólidos sedimentables, esto bajo la acción de la gravedad, los sólidos son depositados en lagunas o sedimentadores donde los sólidos son fácilmente removidos mediante la sedimentación, filtración, flotación y precipitación. En esta etapa se espera eliminar del 50% al 70% de los sólidos suspendidos y del 25 al 40% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)[6].

#### **1.3.25.3. Tratamiento Secundario**

En esta etapa se pretende remover materia orgánica suspendida, mediante procesos biológicos, donde microorganismos degradan la materia orgánica alimentándose de ella, también se pueden añadir reactivos para una rápida eliminación de fósforo y sólidos disueltos.

El oxígeno disuelto presente en las aguas residuales define dos procesos basados en la actividad biológica:

- Aerobios (en presencia de oxígeno)
- Anaerobios (en ausencia de oxígeno)[6].

### 1.3.25.4. Tratamiento Avanzado o Terciario

Se pretende alcanzar una gran calidad física, química y biológica del agua residual, conocida como desinfección. Este tratamiento va encaminado hacia la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), químicos contaminantes y metales pesados, así como también a la eliminación de parásitos y agentes patógenos.

Este tipo de tratamiento no es comúnmente utilizado para aguas residuales municipales, a menos que su reutilización tenga como objeto aplicaciones industriales o la protección ecológica de zonas determinadas[6].

### 1.3.26. Fases de Diseño para Tratar el Agua Residual

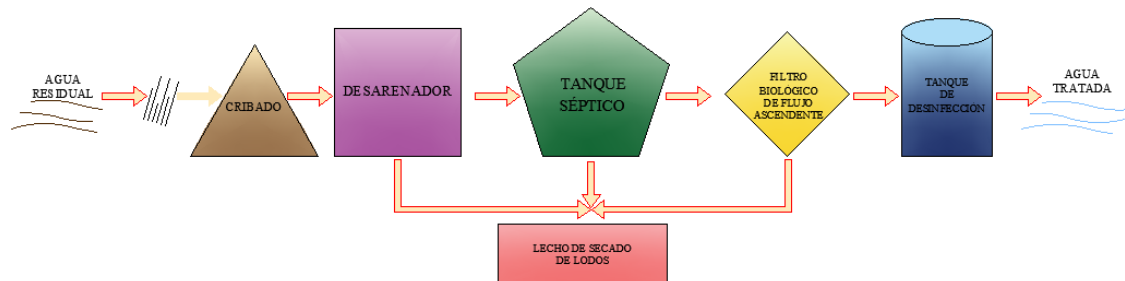


Figura 12. Componentes para tratar agua Residual

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

#### 1.3.26.1. Cribado

Parte del pre tratamiento cuya finalidad es evitar el obstrucción de los equipos de la planta de tratamiento como laguna so vertederos, debido a sólidos gruesos y material fibroso de dimensiones considerables[17].

#### 1.3.26.2. Desarenador

Es un elemento hidráulico tipo cámara destinado para reducir la velocidad de transporte del agua residual, tiene como objetivo permitir la disgregación de solidos minerales

(arena) mediante la sedimentación. Suelen ser ubicados antes de los demás componentes de tratamiento facilitando el procedimiento de etapas posteriores[17].

### **1.3.26.3. Desarenador del flujo horizontal**

Este tipo de desarenador es el más utilizado en las plantas de tratamiento, aquí el agua residual pasa a lo largo de un tanque en dirección horizontal. De acuerdo a lo establecido en las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 hab se establecen las siguientes consideraciones para el diseño de estos desarenadores:

- **Partículas a ser removidas** con un diámetro medio, igual o superior a 0,2 mm.
- **Velocidad de flujo** de 0,3 m/s con una tolerancia del (+/-) 20%.
- **La relación entre el largo y la altura de agua** debe ser como mínimo 25
- **Tiempo de retención recomendable** de 60 seg[17].

### **1.3.26.4. Tanque Séptico**

Permite la remoción de sólidos mediante decantación para que esto ocurra, las aguas residuales deben permanecer por lo menos 24 horas dentro del tanque séptico. Del total de la materia sólida contenida, aproximadamente el 50% se descompone y el 50% restante se acumula en el tanque conforme se realizan las descargas[8].

### **1.3.26.5. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

Son comúnmente utilizados en el tratamiento secundario de aguas residuales, está constituido por un sistema de tanques cuyas secciones dependen de las propiedades del flujo y de dicho parámetro dependerá el tiempo de retención del flujo en el sistema. Su finalidad es garantizar una mayor retención de sólidos, promover la proliferación de bacterias en la superficie, promoviendo la oxidación anaeróbica de la materia orgánica.

Para su adecuado funcionamiento el flujo debe ingresar al filtro por la parte inferior y el procedimiento de llenado lo hace atravesar totalmente el medio filtrante ascendentemente, dentro del litro en el cual ocurren una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos que depuran el afluente[40].

### **1.3.26.6. Lecho de Secado de Lodos**

Componen el método más simple y rentable para deshidratar los lodos o fangos estabilizados (lodos digeridos), en pequeñas comunidades su implementación resulta ideal. El secado de lodos es un proceso unitario que radica en la reducción del contenido de agua mediante vapor, la temperatura es un elemento prioritario para la determinación del tiempo que se requiere para la digestión[12].

#### **1.3.26.6.1. Tiempo requerido para digestión de lodos (*T<sub>d</sub>*)**

En la **Tabla 32**, se presentan los tiempos requeridos para la digestión de lodos según la temperatura empleada.

**Tabla 32.** Tiempo de digestión

<b>Temperatura °C</b>	<b>Tiempo de digestión en días</b>
5	110
10	76
15	75
20	40
>25	30

**Fuente:** Guía para el diseño de tanques sépticos y lagunas de estabilización- UNATSABAR (2005)[12].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **1.3.26.7. Desinfección**

Consiste en la eliminación selectiva de microorganismos causantes de enfermedades, como los virus, bacterias y quistes amebianos. Existen algunos métodos de desinfección como la cloración que es la técnica más utilizada al rededor del mundo por su efectividad para

desinfectar el agua, sin embargo existen otros métodos como la ozonización, radiación ultravioleta, diferentes mecanismos de desinfección solar, entre otros[8].

### 1.3.26.8. Porcentaje de remoción teórica por procesos

**Tabla 33.** Rendimiento de eliminación del constituyente, Porcentaje

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	P <sup>b</sup>	N-Org <sup>c</sup>	NH <sub>3</sub> -N
<b>Rejas de Barras</b>	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
<b>Desarenadores</b>	0 -5 <sup>d</sup>	0 -5 <sup>d</sup>	0 -10 <sup>d</sup>	nulo	nulo	nulo
<b>Sedimentación Primaria</b>	30 -40	30 -40	50 -65	10 - 20	10 - 20	0
<b>Fangos Activos</b>						
<b>Proceso Convencional</b>	80 -95	80 -85	80 -90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
<b>Filtros Percoladores</b>						
<b>Alta Carga Medio Pétreo</b>	65 -80	60 -80	60 -85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
<b>Carga Muy alta Medio Sintético</b>	65 -85	65 -85	65 -85	8 -12	15 - 20	8 - 15
<b>Biodiscos (RBCs)</b>	80 -85	80 -85	80 -85	10 - 25	15 - 20	8 - 15
<b>Cloración</b>	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: Ingeniería de aguas residuales: Volumen 1, Capítulo 3: Características de las aguas residuales - METCALF & EDDY[38].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar la red de alcantarillado sanitario y pluvial de los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

### **1.4.2. Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico de los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.
- Proponer una red de alcantarillado sanitario y pluvial que permita una adecuada recolección y manejo de aguas residuales y pluviales cumpliendo con los parámetros señalados en la normativa vigente.
- Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Reina del Tránsito.
- Realizar el análisis de precios unitarios para la ejecución de la obra.
- Analizar las condiciones técnicas, ambientales y económicas que componen el diseño de una red de alcantarillado sanitario y pluvial que permitan mejorar calidad de vida de la comunidad.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Equipos y Materiales

En el diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial de los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua se emplearon los siguientes materiales.

#### 2.1.1. Equipos

##### 2.1.1.1. Estación total

Equipo topográfico de marca Trimble M3 de 5" perteneciente al GAD del cantón Cevallos Provincia de Tungurahua, posee un sistema operativo Windows con software Trimble Access, tiene doble batería interna y doble pantalla táctil a color con 3 sistemas láser. Incluye una memoria interna con lectura de hasta 10'000.000 puntos, permite el cálculo de volúmenes, replanteos, dibujo por códigos, entre otras funciones. En la parte inferior tiene integrada una base niveladora triangular con acople y ajuste para trípode.



**Figura 13.** Estación total Trimble M3 de 5"

**Fuente:** <https://instrumentalyoptica.com.ec/product/trimble-m3-alquiler/>



### 2.1.1.2. Trípode

Equipo marca Trimble de aluminio con tres patas, con un cabezal triangular el cual brinda estabilidad y seguridad a la estación total ya sea en superficies planas o accidentadas.



**Figura 14.** Trípode

**Fuente:** <https://todotripodes.com/tripode-aluminio-estacion-total/>

### 2.1.1.3. Prisma

Conocido como objetivo (target) se coloca sobre un punto cualquiera y al ser observado a través de la Estación Total se dispara un láser el cual rebota de vuelta hacia el aparato para la lectura de puntos.

Para este levantamiento topográfico se lo realizo con la ayuda de dos prismas para optimizar la lectura de puntos.



**Figura 15.** Prisma

**Fuente:** <https://geobax.com/topografia/prisma-topografico/>

#### 2.1.1.4. Bastón

Es un bastón metálico de altura graduable, sobre el que se coloca el prisma. Tiene un nivel circular para situarlo con exactitud sobre el punto del terreno a ser leído.

Para este levantamiento topográfico se necesitaron dos bastones uno para cada prisma en uso.



**Figura 16.** Bastón

**Fuente:** <https://tienda.geotecnologias.com/products/44/baston-de-prisma-plegable-con-bloqueo-de-compresion>

#### 2.1.1.5. Flexómetro

Es una herramienta de medición, en el levantamiento topográfico se lo utilizó para determinar la distancia existente desde el suelo hasta el nivel medio la estación total y hasta el nivel medio de los prismas.



**Figura 17.** Flexómetro

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **2.1.1.6. Mojones y estacas**

Son materiales que permiten marcar BMs y puntos de referencia que posibilitan la implantación de la estación total, los mojones tomados fueron rocas grandes, ladrillos y troncos de árboles etc. Las estacas fueron de madera con una longitud de 0,15m[41].



**Figura 18.** Estacas

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **2.1.1.7. Teléfono Celular**

Dispositivo electrónico Huawei Y9 con 128 GB de memoria interna con una cámara trasera de 16 MP+8 MP +2 MP utilizado para la toma de fotografías, comunicación por voz y texto y mediante la instalación de aplicaciones en el dispositivo se lo utilizó como GPS y brújula.



**Figura 19.** Huawei Y9

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **2.1.1.8. Computador Portátil**

Dispositivo electrónico de marca LENOVO ideapad 310 con Windows 10 y un procesador Intel Core de 7° generación, con 1 TB de memoria interna y una tarjeta gráfica de 4 GB,

mediante la instalación de softwares especializados se utilizó en el diseño cálculos, volúmenes, APU, entre otros del proyecto de alcantarillado sanitario, pluvial.



**Figura 20.** Lenovo ideapad 310

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **2.1.1.9. Calculadora**

Equipo CASIO *fx-350ES PLUS* facilita el cálculo en el diseño del alcantarillado sanitario y pluvial del proyecto.



**Figura 21.** Calculadora CASIO fx-350ES PLUS

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **2.1.1.10. Impresora**

Equipo EPSON L396 equipo necesario para imprimir hojas de avances, cálculos y revisiones.



**Figura 22.** Impresora EPSON L396

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

## 2.1.2. Materiales

### 2.1.2.1. Papelería

Se utilizaron hojas y cuadernos para la toma de datos in situ, así como también para redactar notas relevantes y el avance diario.



**Figura 23. Papelería**

**Fuente:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 2.1.2.2. Softwares Computacionales

- **Word 2016**

Permite la creación y modificación de documentos en blanco o mediante plantillas, posee herramientas básicas redacción de textos o inserción de datos numéricos y alfanuméricos. Se lo utilizo para la redacción del Proyecto de alcantarillado.

**Fuente:** <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-word-87b3243c-b0bf-4a29-82aa-09a681999fdc>

- **Excel 2016**

Son hojas de cálculo con diferentes funciones como:

- ✓ Exportar datos topográficos obtenidos con la estación total.
- ✓ Operaciones matemáticas.

- ✓ Cálculos de diámetros de tuberías, pendientes, secciones etc.

**Fuente:** <https://support.microsoft.com/es-es/office/funciones-de-excel-por-categor%C3%ADa-5f91f4e9-7b42-46d2-9bd1-63f26a86c0eb>

- **Google Earth Pro**

Es un software con herramientas SIG incorporadas, permite obtener mapas e imágenes en alta resolución.

**Fuente:**[https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/es//intl/es\\_ar/enterprise/earthmaps/pdf/earth\\_pro\\_ds.pdf](https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/es//intl/es_ar/enterprise/earthmaps/pdf/earth_pro_ds.pdf)

- **Civil 3D 2019**

Es un software descargado gratuitamente con licencia de Autodesk Student obtenida por la Universidad Técnica de Ambato el cual permite:

- ✓ Emplazamiento de topografía.
- ✓ Importar de puntos
- ✓ Modelar superficies de terreno.
- ✓ Generar y modelar perfiles longitudinales y secciones transversales.
- ✓ Calculo de volúmenes.
- ✓ Crear y diseñar redes de tuberías.

**Fuente:**<https://latinoamerica.autodesk.com/products/civil-3d/features>

## **2.2. Metodología y Nivel de Investigación**

El proyecto técnico relacionado al diseño del alcantarillado sanitario y pluvial de los sectores La Florida, Jesús del Gran Poder, Reina del Tránsito, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua se llevará a cabo mediante las siguientes etapas:

### **a) PRIMERA ETAPA - Investigación de campo**

Para el cumplimiento de esta etapa se recolectará información obteniendo datos de muestreo poblacional y particularidades generales de la población, también se realizará el levantamiento topográfico en los tres sectores mencionados en el numeral 2.2, lugar donde se desarrollará el proyecto técnico, obteniendo la topografía, ubicación, elevaciones y coordenadas del terreno con la ayuda del equipo especificado en el numeral 2.1.1, el levantamiento se realizó con lecturas de puntos cada 20 metros aproximadamente, en los extremos de la vía y en los pozos de inspección existentes.

### **b) SEGUNDA ETAPA - Investigación documental y de campo**

La etapa de diseño del alcantarillado sanitario se desarrollará mediante la recolección de datos de censos poblacionales realizados por el INEC y mediante ecuaciones y tablas especificadas en normativas actuales y manuales de diseño para alcantarillado sanitario, las cuales permiten establecer valores para el periodo de diseño, crecimiento poblacional, poblaciones actuales y futuras, entre otros, con los valores obtenidos, se efectuará trabajo de escritorio para calcular, diseñar y modelar el alcantarillado sanitario con los materiales especificados en el numeral 2.1.2, esta etapa beneficiará la calidad de vida y desarrollo social y económico de los habitantes.

**c) TERCERA ETAPA – Investigación documental y de campo**

La etapa de diseño del alcantarillado pluvial se realizará a través ecuaciones y tablas detalladas en normativas actuales y manuales de diseño para alcantarillado pluvial, las cuales facilitan valores para el periodo de diseño, caudales de diseño, coeficientes de escurrimiento, intensidades de precipitación, entre otros, a su vez se recolectará datos del régimen pluviométrico y de distintos factores que afectan la meteorología e hidrología de la zona del proyecto, se hará uso de la curvas IDF proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), posteriormente se efectuará trabajo de escritorio para calcular, diseñar y modelar el alcantarillado pluvial con los materiales especificados en el numeral 2.1.2.

**d) CUARTA ETAPA – Investigación documental, laboratorio y campo**

Para llevar a cabo esta etapa se recolectará información de campo, acerca de los caudales de entrada y salida de la PTAR, en el transcurso de una semana, al pasar una hora, posteriormente se realizará análisis de laboratorio que exponga las características del agua residual, se efectuará trabajo de escritorio para evaluar, la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la parte baja del cantón: sector Reina del Tránsito con los materiales especificados en el numeral 2.1.2.

**e) QUINTA ETAPA - Investigación documental**

En esta etapa se verán reflejados los cálculos de diseño y modelado de la red de alcantarillado sanitario y pluvial mediante una memoria técnica, análisis de precios unitarios con sus respectivas especificaciones de construcción y mantenimiento, planos detallados en 2D.



### **2.2.1. PRIMERA ETAPA - Fase Preliminar del Proyecto**

En esta etapa preliminar se desarrollaron las siguientes actividades:

#### **2.2.1.1. Inspección del Lugar**

La inspección del lugar se lleva a cabo mediante la observación directa y recorriendo el lugar donde se desarrollará el proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial, aquí se toman también coordenadas geográficas UTM (Universal Transverse Mercator), para delimitar los sectores de implantación del proyecto.

#### **2.2.1.2. Muestreo Poblacional**

Consiste en determinar el número de habitantes y viviendas beneficiadas por el proyecto, se identifican también el número de conexiones domiciliarias en el área de implantación para establecer parámetros reales de diseño y no subdimensionar o sobredimensionar el alcantarillado sanitario y pluvial.

#### **2.2.1.3. Características de la Zona del Proyecto**

La caracterización de la zona permite conocer la ubicación del proyecto mediante mapas políticos, así como también el relieve del terreno mediante coordenadas geográficas UTM (Universal Transverse Mercator), de las zonas involucradas en el desarrollo del proyecto.

### **2.2.2. SEGUNDA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario**

Para realizar el diseño del alcantarillado sanitario de los sectores La Florida, Jesús del Gran Poder y Reina del Tránsito del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua se tomará un periodo de diseño en función de los componentes de la red de alcantarillado, conforme a la Norma Boliviana NB688 y la Norma CO 10.7-601.

### **2.2.3. TERCERA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial**

El diseño del alcantarillado pluvial se realizará de acuerdo a las normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q, Norma Boliviana NB688 y la Norma CO 10.7-601, con un periodo de diseño no menor que la vida útil de la obra y esta a su vez no debe ser menor a 30 años con actualizaciones cada 5 años[24].

### **2.2.4. CUARTA ETAPA - Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

#### **2.2.4.1. Características Generales y Físicas**

Consiste en una descripción breve de la localización y área de ocupación de la planta de tratamiento de aguas residuales, se determinará la población que será beneficiada, aspectos económicos y sociales de los sectores, se llevará a cabo la valoración in situ de cada elemento que conforma la planta de tratamiento.

#### **2.2.4.2. Operación y Mantenimiento Actual de la Planta de Tratamiento**

En este numeral se describe la forma de operación y mantenimiento actual de la Planta de Tratamiento, al igual que el personal a cargo del laboratorio con un rápido detalle de la infraestructura.

#### **2.2.4.3. Diagnóstico de las Estructuras**

Se llevará a cabo mediante trabajo de campo realizando visitas de inspección que permitan el diagnóstico de las infraestructuras que compone la Planta de Tratamiento, dicho diagnóstico nos permitirá identificar grietas, fisuras, daños estructurales, posibles filtraciones y obstrucciones causadas por sólidos y cualquier otro daño o inconveniente que se presente en la PTAR.

#### **2.2.4.4. Evaluación del Funcionamiento de la Planta de Tratamiento**

El adecuado funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales depende de la eficiencia de remoción de contaminantes en el líquido a ser tratado.

##### ***2.2.4.4.1. Eficiencia de Remoción***

Para cumplir con esta etapa se recolectan muestras del agua residual a la entrada y salida de la PTAR mediante recipientes adecuados a una temperatura idónea, para que las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual no presenten alteraciones. Previo a la etapa de recolección de muestras se realizará una medición de caudales de entrada y salida de la PTAR para determinar su pico crítico de funcionamiento, este procedimiento que se realizará con la lectura cronometrada y toma de caudales de entrada y salida mediante un balde de capacidad, a lo largo de una semana en horario de 8h00 am – 17h00 pm, se aplica la relación  $\text{Caudal} = \text{Volumen} / \text{Tiempo}$ .

Las características físicas, químicas y microbiológicas que se analizarán son:

- pH
- Temperatura
- Sólidos Suspendidos
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Turbidez
- Coliformes Fecales y
- Coliformes Totales

### **1.4.2.1. Evaluación de los Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

El funcionamiento adecuado de los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales depende de un análisis de contaminantes, así como también de la vida remanente de la PTAR.

#### **2.2.4.4.2. Porcentaje de Remoción de Contaminantes**

El manual de Diseño de la PTAR (Metcalf and Eddy, 1985) permite comparar los porcentajes de remoción de sólidos en suspensión total y DBO de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y los porcentajes admisibles de cada componente de la PTAR.

#### **2.2.4.4.3. Vida remanente de la PTAR**

La vida remanente de la PTAR será calculada conforme el cumplimiento del tiempo de retención descrito en la norma Ex – IEOS, la misma que emplea una estimación de la capacidad de tratamiento de la unidad de filtración anaeróbica N°1. Se calculará el caudal y diseñará un filtro anaerobio de flujo descendente utilizado en la comparación del caudal estimado en la valoración hidráulica de la red actual de alcantarillado.

### **2.2.5. QUINTA ETAPA: Fase Propuesta Técnica**

#### **2.2.5.1. Planos**

A través de la herramienta informática Autocad Civil 3D se realizará trabajo de escritorio en donde se obtendrá:

- La planimetría de la zona del proyecto (curvas de nivel y trazado de vías levantadas mediante la estación total)
- Planos de implantación de tuberías y pozos de inspección
- Planos de áreas de aportación y perfiles de los tramos de tubería (detalles de pozos y tuberías).

#### **2.2.5.2. Presupuesto Referencial**

Se realizará un Análisis de Precios Unitarios (APU) calculando los diferentes rubros involucrados en el proyecto, se utilizarán los precios unitarios que maneja actualmente el GAD municipal del cantón Cevallos. Una vez realizado el APU se obtendrá el presupuesto necesario para la construcción del proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

##### **3.1. PRIMERA ETAPA**

###### **3.1.1. Inspección del Lugar**

El cantón Cevallos fue fundado en 1986, sin embargo, en 1829 era considerado una parroquia perteneciente al Capote, a inicios del siglo XX se convirtió en el puerto terrestre con la estación de ferrocarril más cercana a la amazonia, es así como llegó a ser un punto estratégico para comercializar diferentes productos provenientes de la costa y el oriente ecuatoriano.

De acuerdo con lo establecido en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón Cevallos, este se encuentra cubierto por el servicio de alcantarillado en un 80% del total de viviendas, mientras que el área rural cuenta solamente con el 42,1% del total de viviendas conectadas a una red de alcantarillado sanitario. Barrios como: La Florida parte baja, Jesús del Gran Poder zona alta y una parte de Reina del Tránsito no cuentan con servicio de alcantarillado, por lo que llegan a descargar sus aguas negras en pozos sépticos o en el peor de los casos las descargan directamente a la quebrada Palahua o a orillas del Río Pachanlica.

En el barrio Reina del Tránsito siendo este el punto más bajo del cantón, se encuentra la planta de tratamiento de agua residuales la cual recolecta y trata las aguas negras provenientes de actividades domésticas e industriales realizadas en el cantón[3].

### 3.1.2. Muestreo Poblacional

En razón de que los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el censo poblacional del año 2010 muestra la población total del cantón Cevallos y debido a que para el desarrollo del presente proyecto se requieren solamente los datos poblacionales de los sectores La Florida, Jesús del Gran Poder, y Reina del Tránsito, se optó por hacer uso de las estadísticas presentadas en la actualización del Plan de Desarrollo Local del Cantón Cevallos en el 2009 con proyección al 2011 donde se obtuvieron los siguientes datos de los tres sectores antes mencionados en los cuales se implantará el proyecto:

**Tabla 34.** Población de los barrios y Caseríos de Cevallos – Zona Rural año 2011

<b>CASERÍOS</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>DENSIDAD POBLACIONAL (hab/ha)</b>
<b>La Florida</b>	308	77	1,774	1,74
<b>Jesús del Gran Poder</b>	152	38	0,868	1,75
<b>Reina del Tránsito</b>	144	36	0,370	3,90
<b>TOTAL</b>	604	151	3,012	2,46 (Promedio)

**Fuente:** “Plan de Desarrollo Local Cantón Cevallos 2009” Proyección al 2011[3].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 35.** Población de los barrios y Caseríos de Cevallos – Zona Rural año 2020

<b>CASERÍOS</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>DENSIDAD POBLACIONAL (hab/ha)</b>
<b>La Florida</b>	356	1,774	2.01
<b>Jesús del Gran Poder</b>	175	0,868	2.02
<b>Reina del Tránsito</b>	166	0,370	4.49
<b>TOTAL</b>	697	3,012	2.84 (Promedio)

Fuente: Técnico GAD cantón Cevallos 2020.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### **3.1.3. Características de la Zona del Proyecto**

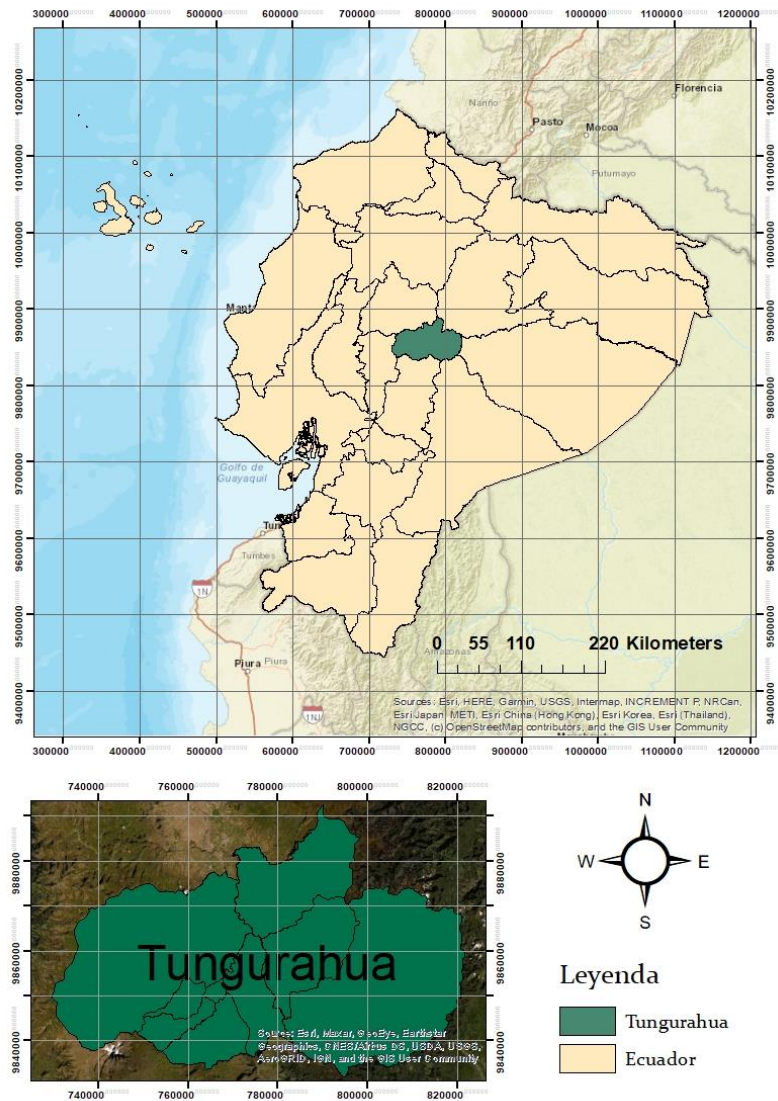
#### **3.1.3.1. Ubicación del Proyecto**

El proyecto se encuentra ubicado en el sector centro-sur de la provincia de Tungurahua, en el cantón Cevallos, sus límites cantonales son:

- **Norte:** cantón Ambato
- **Sur:** cantones Mocha y Quero
- **Este:** cantón Pelileo
- **Oeste:** cantones Tisaleo y Mocha

El cantón se localiza a 14 Km al Sur - Oriente del cantón Ambato, cuenta con una superficie de 18,78 Km<sup>2</sup>, el diseño del alcantarillado sanitario y pluvial se llevará a cabo en la zona baja del cantón; en los sectores: La Florida, Jesús del Gran Poder y Reina del Tránsito[3].





**Figura 24.** Ubicación de la Provincia de Tungurahua

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.1.3.2. Ubicación del cantón Cevallos

El proyecto se encuentra ubicado en el Nor-Este del cantón Cevallos los límites del proyecto el cual conforma los sectores: La Florida, Jesús del Gran Poder y Reina del Tránsito son:

### 3.1.3.2.1. Límites del proyecto

- **Norte:** cantón Ambato
- **Sur:** barrios Santa Rosa, Nuevos Horizontes, Las Playas y La Amistad
- **Este:** cantón Pelileo
- **Oeste:** barrios Vinces y Agua Santa

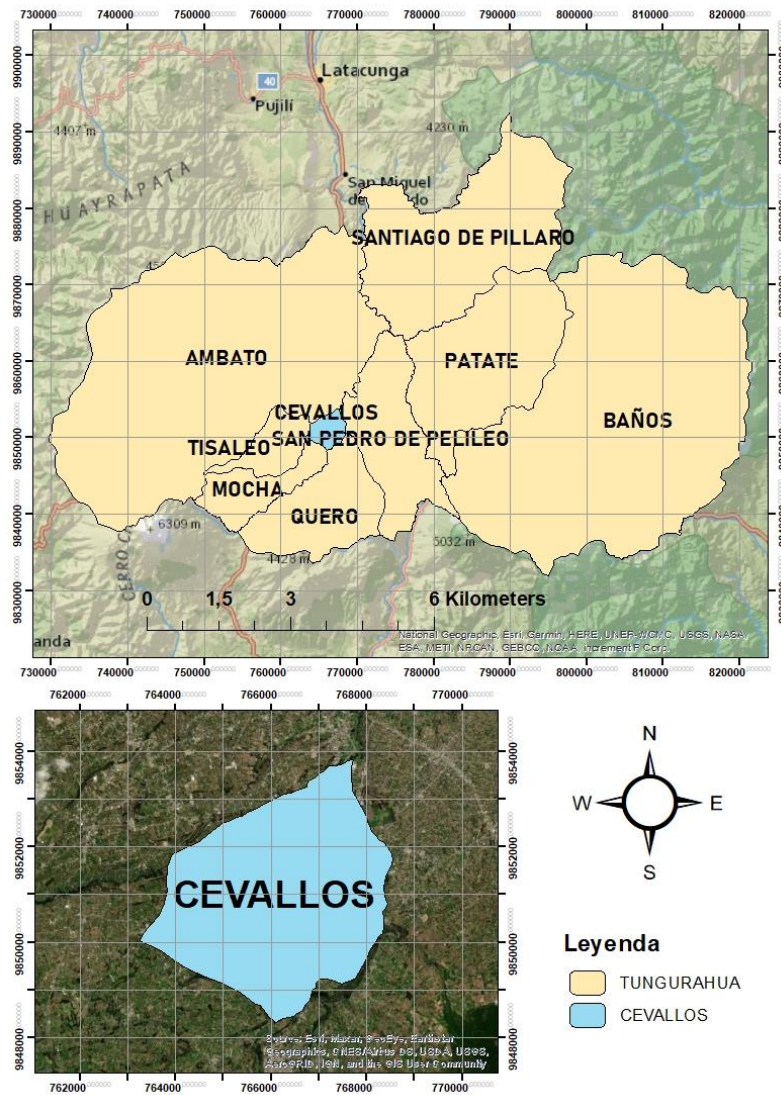


Figura 25. Ubicación del proyecto de alcantarillado Sanitario y Pluvial

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.1.3.3. Georreferenciación del proyecto mediante coordenadas UTM



**Figura 26.** Georreferenciación de la zona del Proyecto de Alcantarillado

**Fuente:** Google Earth Pro

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 36.** Georreferenciación de la zona del Proyecto de Alcantarillado

Sector	Coordenadas	
	Norte	Este
<b>Sector 1: La Florida</b>	9851500.43	766518.24
<b>Sector 2: Jesús del Gran Poder</b>	9852952.69	766729.57
<b>Sector 3: Reina del Tránsito</b>	9852357.00	767116.00

**Fuente:** Google Earth Pro

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.1.3.4. Relieve

La superficie dentro el callejón interandino es levemente ondulada; siendo la zona alta el Camino Real (Kápac Ñan) con 3080 msnm, hasta la zona baja el Río Pachanlica con 2640 msnm[3].

### **3.1.3.5. Suelo**

El cantón no posee muchos tipos de suelo, debido a su pequeña extensión territorial, sin embargo, predominan los siguientes tipos de suelos:

- Suelo negro u oscuro arenoso, de origen piro-clástico poco meteorizado,
- Arena fina con diámetros menores a los 0,5 mm de cangahua pura erosionada, con un bajo contenido de humedad, casi seco y con riesgo de sufrir stress hídrico por la falta de agua de regadío,
- Suelo joven con un porcentaje de materia orgánica inferior al 3%,
- Limos con arena muy fina y cangahua pura erosionada[3].

### **3.1.3.6. Sector económico**

Los habitantes del cantón Cevallos se encuentran especializado en la producción frutícola (fresas, manzanas, moras), se dedican a criar especies menores (cuyes, conejos, aves), son productores de calzado, con mano de obra artesanal, el cantón sirve como centro de acopio y comercialización de productos al ser sede de un centro de investigación y formación, también funciona como punto de acceso al Sur-Occidente de la provincia de Tungurahua[3].

### **3.1.3.7. Sector social**

Son 1.664 personas que equivalen al 24.4% del total cantonal las cuales se encuentran en situación de extrema pobreza, ocasionadas porque al menos 1.000 personas que es el 12.5% de su población reciben el bono de desarrollo humanos siendo la mitad de estas los jefes de hogar[3].

### **3.1.3.8. Sector Salud**

De acuerdo con los datos estadísticos presentados por el Subcentro de Salud del cantón las principales enfermedades que afectan a la población son las de origen respiratorio

(faringitis, amigdalitis), digestivo (parásitos, amebas) y propias de la mujer (infección de vías urinarias, vaginitis) causados por cambios bruscos de temperatura, higiene inadecuada[3]. De acuerdo a las estadísticas presentadas por el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador SIISE, el canton Cevallos posee una tasa de mortalidad del 10,63%, el cual se encuentra por debajo del índice provincial y nacional [3].

### **3.1.3.9.Sector Educación**

En el cantón Cevallos existen dos unidades educativas públicas las cuales unificaron los establecimientos educativos que existían en el cantón, la primera es la Unidad Educativa Alberto Guerra su capacidad es de 500 estudiantes y tiene un área de terreno de 5.600 m<sup>2</sup>, la segunda es la Unidad Educativa Pedro Fermín Cevallos con capacidad para recibir a 1270 alumnos cuenta con un área de terreno de 1.4 ha. Su oferta educativa va de 1er año a 10mo de Educación General Básica EGB y desde 1er año a 3ero de Bachillerato, respectivamente, con jurisdicción hispana, jornada matutina y mixta.

La tasa de analfabetismo en el área urbana es del 3,31% y en el área rural es del 4,58%, no obstante, los mayores niveles de analfabetismo se presentan en el área rural en mujeres mayores de 15 años [3].

### **3.1.3.10. Servicios Básicos**

#### ***3.1.3.10.1. Agua Potable***

Parte del agua para el consumo humano del cantón proviene del río Mocha que es captada en el puente de Olalla con un caudal de 8,3 lt/seg, este caudal es administrado por el GAD Municipal, a su vez del páramo de Sachaguayco proviene un caudal de 4,5 l/s, el cual es administrado por la Regional Yanahurco la cual dota mediante macro medidor a la planta de tratamiento ubicada en el barrio El Mirador, la Junta Administradora de Agua Potable de Andignato maneja un caudal de 2,15 l/s proveniente de las vertientes de Cacuango, la Junta Administradora de Agua Potable de Las Playas administra un caudal de 0,37 l/s y

proviene de una vertiente propia desde el sector de lo Poglios, Para el año 2014 la cobertura del servicio cuenta con 1608 acometidas, siendo un total de 2929 acometidas existentes en el cantón.

El GAD Municipal cuenta con dos planta de tratamiento de agua potable donde sea realiza el proceso de sedimentación, filtración, floculación y cloración para que el líquido vital sea apto para el consumo humano, el agua para consumo humano es analizada en sus parámetros físico- químicos y bacteriológicos [3].

### 3.1.3.10.2. Alcantarillado

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos (2011), se establece que el cantón se encuentra cubierto en un 80% de su territorio con el servicio de alcantarillado el cual es administrado en su totalidad por el GAD municipal del cantón Cevallos, las viviendas que tienen conexión a la red de alcantarillado en el área urbana es del 85,9% y en el área rural el 42,1%, lo cual refleja que los domicilios en el área rural se encuentran conectados en su mayoría a pozos sépticos y pozos ciegos.

**Tabla 37.** Formas de eliminación de excretas en el cantón Cevallos

<b>Cobertura a nivel Cantonal de Cevallos</b>		
<b>Tipo de servicio higiénico o escusado</b>	<b>Número de Casos</b>	<b>Porcentaje %</b>
Conectado a red pública de alcantarillado	1258	55.5
Conectado a pozo séptico	547	24.1
Conectado a pozo ciego	341	15.0
Letrina	55	2.4
No tiene	66	2.9
Total	2267	100.0

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos, 2011[3].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

Una mención importante del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos (2011), es que los barrios los Vines y la Florida descargan sus aguas negras de forma directa al Río Pachanlica, mientras que los barrios El Cristal, Jesús del Gran Poder zona alta y La Florida parte baja no cuentan con servicio de alcantarillado, las aguas residuales recolectadas de los barrios restantes del cantón son evacuadas en la única planta de tratamiento existente en el cantón ubicada en el punto depresivo más bajo del mismo en el sector Reina del Tránsito[3].



**Figura 27.** Descarga del Sector Los Vines a la quebrada Palahua

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### ***3.1.3.10.3. Electricidad***

De acuerdo con los datos presentados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos el servicio eléctrico atiende al 95.1% del total de hogares, el porcentaje restante no disponen de energía eléctrica y existen cinco vivienda que poseen de energía eléctrica de fuentes alternativas [3].

**Tabla 38.** Acceso al servicio eléctrico en el cantón Cevallos

<b>Cobertura a nivel Cantonal</b>		
<b>Categorías</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Porcentaje %</b>
Red de empresa eléctrica de servicio público	2214.00	97.66
Otro	5.00	0.22
No tiene	48.00	2.12
Total	2267.00	100.00

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos, 2011 [3].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

#### **3.1.3.10.4. Vialidad**

La longitud de vías en el cantón es de 90.69 Km con competencia del Gobierno Provincial de Tungurahua. La mayor parte de las vías del cantón se encuentran asfaltadas, entre las vías principales tenemos:

- Vía Ambato – Cevallos - Quero
- Vía Cevallos – Totoras – Ambato
- Vía Cevallos – Pelileo
- Vía Cevallos - Mocha

En la **Tabla 39**, se muestran las vías de acuerdo a la competencia del cantón Cevallos.

**Tabla 39.** Vías por competencia en el cantón Cevallos

<b>Vías</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Porcentaje</b>
Secundaria	15.80	17.42
Terciaria	43.57	48.04
Vecinal	31.32	34.54
Total	90.69	100.00

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos, 2011 [3].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



En la **Tabla 40**, se presenta el sistema vial de acuerdo a el material colocado en la capa de rodadura.

**Tabla 40.** Sistema Vial urbano del cantón Cevallos

Capa de rodadura	Clasificación vial rural				
	Arterial	Colectoras	Locales	Total	Porcentaje %
Asfalto	1.90	1.90 4.92	7.55	14.37	59.75
Adoquinado	0.00	1.08	0.93	2.01	8.36
Empedrado	0.00	0.00	3.86	3.86	16.05
Tierra	0.00	0.00	3.81	3.81	15.84
Total	1.90	6.00	16.15	24.05	100.00
Porcentaje %	7.90	24.95	67.15	100.00	

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos, 2011 [3].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### **3.1.3.10.5. Desechos solidos**

La recolección de basura en el casco urbano se realiza de lunes a viernes mediante un carro recolector mientras que en los sectores rurales se recolecta una vez por semana. Anualmente el cantón produce 2496 toneladas de basura, el 90% de la población rural elimina la basura con el carro recolector, mientras que el 10% restante la quema, desecha directamente a los terrenos o la arroja a cielo abierto causando una severa contaminación en el ambiente y los canales de agua de regadío[3].

### 3.2. SEGUNDA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario

#### 3.2.1. Cálculo del Periodo de Diseño

Se determinó un periodo de diseño de 25 años, mismo que se encuentra en función de los componentes de la red de alcantarillado.

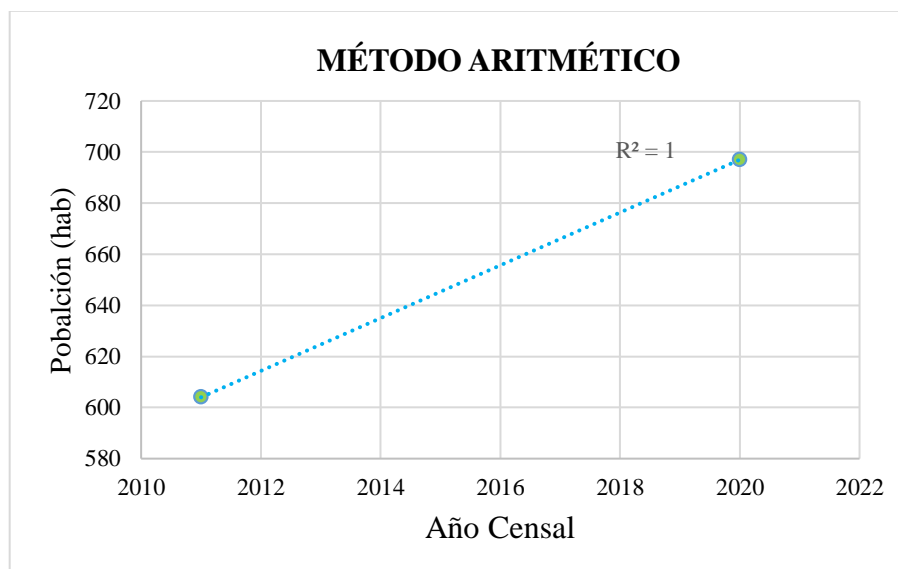
#### 3.2.2. Cálculo de la Tasa de Crecimiento

- Método Aritmético

**Tabla 41.** Tasa de Crecimiento – Método Aritmético

<b>POBLACIÓN TOTAL SECTORES: LA FLORIDA, JESÚS DEL GRAN PODER Y REINA DEL TRANSITO</b>			
<b>AÑO CENSAL</b>	<b>POBLACIÓN RURAL</b>	<b>INTERVALO "t" años</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO "r" %</b>
2011	604		
		9	1.71%
2020	697		

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 28.** Tasa de Crecimiento – Método Aritmético

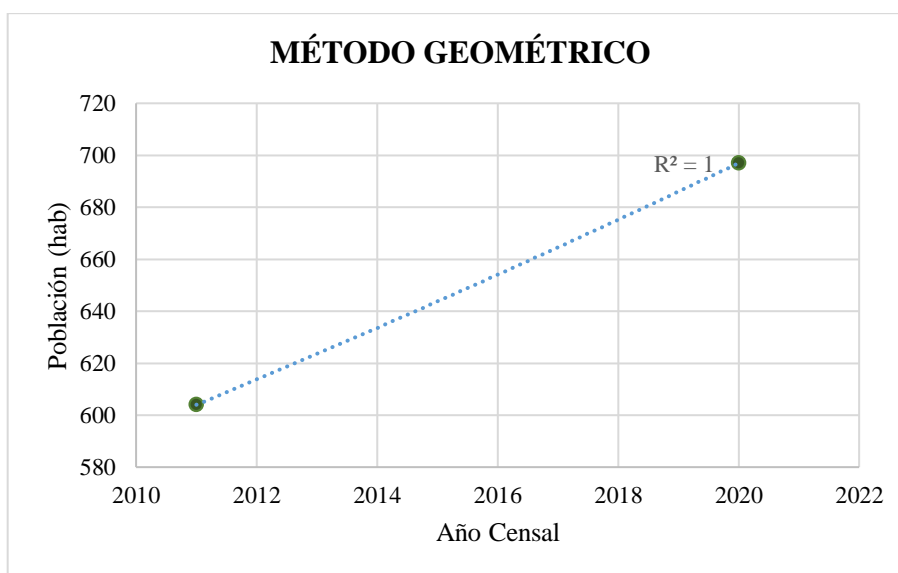
Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

- **Método Geométrico**

**Tabla 42.** Tasa de Crecimiento – Método Geométrico

<b>POBLACIÓN TOTAL SECTORES: LA FLORIDA, JESÚS DEL GRAN PODER Y REINA DEL TRÁNSITO</b>			
<b>AÑO CENSAL</b>	<b>POBLACIÓN RURAL</b>	<b>INTERVALO "t" años</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO "r" %</b>
2011	604		
		9	1.60%
2020	697		

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 29.** Tasa de Crecimiento – Método Geométrico

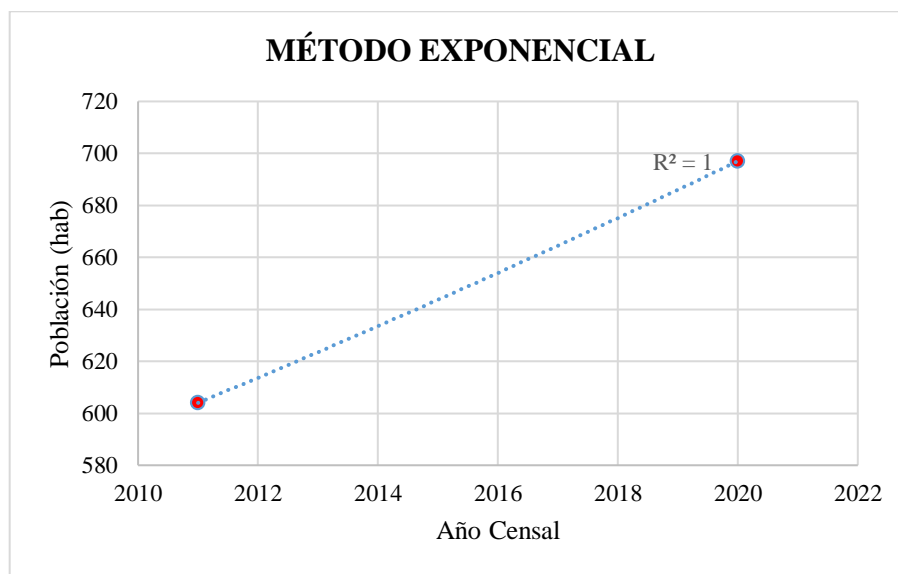
Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

- **Método Exponencial**

**Tabla 43.** Tasa de Crecimiento – Método Exponencial

<b>POBLACIÓN TOTAL SECTORES: LA FLORIDA, JESÚS DEL GRAN PODER Y REINA DEL TRANSITO</b>			
<b>AÑO CENSAL</b>	<b>POBLACIÓN RURAL</b>	<b>INTERVALO "t" años</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO "r" %</b>
2011	604		
		9	1.59%
2020	697		

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 30.** Tasa de Crecimiento – Método Exponencial

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

Una vez analizados los datos poblacionales obtenidos en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cevallos y calculada la tasa de crecimiento poblacional mediante los métodos aritmético, geométrico y exponencial se seleccionó la tasa de crecimiento mediante el método geométrico debido a que solamente se cuenta con los datos de los dos últimos censos poblacionales de los sectores, razón por la cual no se puede proceder por el método aritmético ya que para desarrollar dicho método de manera efectiva se requieren al menos los tres últimos datos poblacionales, de igual manera no se realiza el cálculo mediante el método exponencial ya que el crecimiento poblacional de

los sectores no se ajusta al crecimiento poblacional acelerado en el tiempo como el método lo describe.

$$r(\%) = \left[ \left( \frac{Pf}{Pi} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

$$r(\%) = \left[ \left( \frac{697}{604} \right)^{\frac{1}{25}} - 1 \right] \times 100$$

$$r(\%) = 1.60\%$$

$$r(\%) = 0.0160$$

### 3.2.3. Población Actual

La población actual para el desarrollo del proyecto en los tres sectores es de 697 habitantes para el año 2020, de acuerdo a lo expresado por técnicos de Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cevallos.

### 3.2.4. Cálculo de la Población Futura

Para determinar la población futura se implementará el método geométrico, debido a que la tasa de crecimiento del mismo es la que más se ajusta al crecimiento poblacional del lugar donde se implantara el proyecto.

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n$$

**Tabla 44.** Población Futura – Método Geométrico

<b>POBLACIÓN FUTURA MÉTODO GEOMÉTRICO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>HABITANTES</b>
2021	709
2022	720
2023	731
2024	743

2025	755
2026	767
2027	779
2028	792
2029	805
2030	817
2031	830
2032	844
2033	857
2034	871
2035	885
2036	899
2037	913
2038	928
2039	943
2040	958
2041	973
2042	989
2043	1005
2044	1021
2045	1037
2046	1054

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.2.5. Densidad Poblacional Futura

$$D_{pf} = \frac{P_f}{\text{Área del Proyecto}}$$

$$D_{pf} = \frac{1054 \text{ hab}}{301.2 \text{ Ha}}$$

$$D_{pf} = 3.50 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}}$$

### 3.2.6. Cálculo de la Dotación Actual

El cálculo de la dotación actual de agua se realizó mediante la lectura de 497 medidores ubicados dentro de la Ruta 06 del cantón durante del mes de agosto del 2021, lecturas que fueron facilitadas por técnicos de la jefatura de Agua Potable y Alcantarillado del GAD del cantón Cevallos de cada una de las viviendas y sus respectivos medidores ubicados en la ruta antes mencionada, de esta forma se obtuvo un valor promedio real del consumo de agua de cada habitante de los sectores en donde se desarrollara el proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial, a diferencia de los valores expuestos en la **Tabla 7**, **Tabla 8** y **Tabla 9** donde dichos valores son aproximados de acuerdo al clima, nivel de ingresos y uso doméstico.

Ver **Anexo #3**: Lecturas Ruta 06 del cantón Cevallos

**Tabla 45.** Lecturas AGOSTO RUTA (06)

<b>Lecturas AGOSTO RUTA (06)</b>							
	<b>N.Medidor</b>	<b>Lec. Anterior</b>	<b>Lec. Actual</b>	<b>VOL. m3/mes</b>	<b>VOL. m3/d</b>	<b>Núm. hab/viv</b>	<b>CONSUMO lt/hab/día</b>
1	12014598	40	44	4	0.13	4.00	33.33
2	12014593	74	82	8	0.27	4.00	66.67
3	12014599	69	70	1	0.03	4.00	8.33
4	1605010647	305	309	4	0.13	4.00	33.33
5	121103271	494	497	3	0.10	4.00	25.00
493	4535576	10952	10992	40	1.33	4.00	333.33
494	4535620	8352	8370	18	0.60	4.00	150.00
495	04-991748	6125	6158	33	1.10	4.00	275.00
496	12015612	216	218	2	0.07	4.00	16.67
497	06-140502	1296	1310	14	0.47	4.00	116.67
<b>Total</b>							57225.00
<b>Dotación actual</b>							132.16

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

En la **Tabla 45**, presentada anteriormente se calculó un volumen promedio de agua potable para 31 días calendario que posee el mes de Agosto, con un promedio de 4 habitantes por vivienda de acuerdo a los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el uso de dos decimales se debe a requerimientos del GAD cantonal para presentar la dotación actual de los sectores en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial 2020 que se encuentra actualmente en desarrollo.

En la RUTA 06 del cantón Cevallos 64 medidores no presentan lecturas en el mes de agosto teniendo como resultado en las fichas facilitadas por el GAD cantonal las siglas SM lo cual representa Sin Medidor, razón por la cual se restaron del total siendo 433 los medidores tomados en cuenta para el cálculo de la dotación actual.

### 3.2.7. Cálculo de la Dotación Futura

$$Df = Da + 1 \times n$$

$$Df = 132.16 \text{ lt/hab/día} + 1 \times 25 \text{ años}$$

$$Df = 157.16 \text{ lt/hab/día}$$

### 3.2.8. Cálculo del Caudal Medio Diario De Agua Potable

$$Qmd_{Ap} = \frac{Pf \times D}{86400}$$

$$Qmd_{Ap} = \frac{1054 \text{ hab} \times 157.16 \text{ lt/hab/día}}{86400}$$

$$Qmd_{Ap} = 1.92 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$



### 3.2.9. Calculo Caudal Medio Diario de Sanitario ( $Q_{mds}$ )

$$Q_{mds} = C \times Q_{md_{AP}}$$

$$Q_{mds} = 0.7 \times 1.92 \frac{lt}{seg}$$

$$Q_{mds} = 1.34 \frac{lt}{seg}$$

### 3.2.10. Calculo Caudal Máximo Instantáneo ( $Q_i$ )

- Coeficiente de Mayoración ( $M$ ) según Harmon

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f}}$$

$$2 \leq M \leq 3.8$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1054 \text{ hab}}}$$

$$M = 3.79$$

$$2 \leq 3.79 \leq 3.8 \text{ OK}$$

$$Q_i = M \times Q_{mds}$$

$$Q_i = 3.79 \times 1.34 \frac{lt}{seg}$$

$$Q_i = 5.08 \frac{lt}{seg}$$

### 3.2.11. Calculo Caudal de Infiltración ( $Q_{inf}$ )

Para determinar el caudal de infiltración se considerará un nivel freático bajo con un valor de 0.0005 según la *Tabla 15*.

$$Q_{inf} = I \times L$$

$$Q_{inf} = 0.0005 \times 3704.98 \text{ m}$$

$$Q_{inf} = 1.85 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.2.12. Calculo Caudal de Conexiones Erradas ( $Q_e$ )

Se empleará un coeficiente de seguridad del 10 % debido a posibles fallos por errores constructivos.

$$Q_e = (0.05 - 0.10) \times Q_i$$

$$Q_e = 0.10 \times 1.85 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_e = 0.25 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.2.13. Calculo Caudal de Diseño ( $Q_d$ )

$$Q_d = Q_i + Q_{inf} + Q_e$$

$$Q_d = 5.08 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 1.85 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0.25 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_d = 7.19 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

A continuación, se realizará un cálculo típico en el tramo del Pozo 1 al Pozo 2, los cuales se encuentran detallados desde el numeral **3.2.14** al numeral **3.2.21.10**, representando los cálculos efectuados en el diseño de la red de alcantarillado sanitario evitando así la repetición y exceso en el número de hojas para el desarrollo del presente proyecto.

### 3.2.14. Cálculo de la Gradiente Hidráulica

Tramo Pozo 1 - Pozo 2

$$S = \frac{C. Sup - C. Inf}{L} \times 1000$$

$$S = \frac{2854.53 \text{ m} - 2852.84 \text{ m}}{62.04 \text{ m}} \times 1000$$

$$S = 27.27\%$$

### 3.2.15. Cálculo del Diámetro

Tramo Pozo 1 - Pozo 2

$$Q_d = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{Q \times n}{0.312 \times S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = \left( \frac{0.0669 \times 0.011}{0.312 \times 0.024^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0.208m$$

La norma EMAAP-Q actual, establece un diámetro mínimo de 200 mm, una vez realizados los cálculos hidráulicos se determinó un resultado de 208 mm, para lo cual se

asume un diámetro de tubería de 250 mm, con el fin de que el diseño cumpla con las condiciones que establece un sistema de alcantarillado.

$$Diametro\ asumido = 0.25m$$

### 3.2.16. Calculo Pendiente mínima

$$S_{min} = \left( \frac{V_{min} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{min} = 0.5\%$$

$$S_{min} = \left( \frac{0.6 \left( \frac{m}{s} \right) \times 0.011 \times 1000}{397 \times 0.25^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{min} = 1.75 \%$$

### 3.2.17. Calculo Pendiente máxima

$$S_{max} = \left( \frac{V_{max} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{max} > 5\%$$

$$S_{max} = \left( \frac{4.5 \text{ m/s} \times 0.011 \times 10000}{0.397 \times 0.25^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{max} = 13.29\%$$

### 3.2.18. Calculo de Caudal en tubería Completamente Llena

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$
$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{0.011} \times 0.25m^{\frac{8}{3}} \times 0.024^{\frac{1}{2}}$$
$$Q_{TLL} = 0.09213 \frac{m^3}{seg}$$
$$Q_{TLL} = 92.13 \frac{lt}{seg}$$

### 3.2.19. Calculo de la Velocidad en tubería Completamente Llena

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$
$$V_{TLL} = \frac{0.397}{0.011} \times 0.25^{\frac{2}{3}} \times 0.024^{\frac{1}{2}}$$
$$V_{TLL} = 1.88 \frac{m}{seg}$$

La velocidad es la adecuada al encontrarse dentro de los límites permisibles de 0.60 – 4.5 m/s.

### 3.2.20. Cálculo Resultado Radio Hidráulico

$$R_h = \frac{D}{4}$$
$$R_h = \frac{0.25 m}{4}$$
$$R_h = 0.063 m$$

### 3.2.21. Cálculo de los Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena

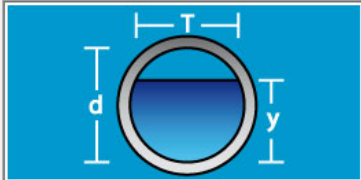
Mediante el programa HCanales realizaremos los cálculos presentados a continuación.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **LA FLORIDA** Proyecto: **CANTARILLADO SECTORES**  
 Tramo: **P1-P1** Revestimiento: **PVC**

**Datos:**

Caudal (Q): **0.00009213** m<sup>3</sup>/s  
 Diámetro (d): **.25** m  
 Rugosidad (n): **0.011**  
 Pendiente (S): **0.024** m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): **0.0056** m Perímetro mojado (p): **0.0749** m  
 Área hidráulica (A): **0.0003** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0037** m  
 Espejo de agua (T): **0.0738** m Velocidad (v): **0.3351** m/s  
 Número de Froude (F): **1.7525** Energía específica (E): **0.0113** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Retorna al Menú principal 11:18 12/12/2021

Figura 31. Cálculos Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

#### 3.2.21.1. Cálculo del Área Hidráulica

$$\beta = \cos^{-1} \left( \frac{\frac{D}{2} - yN}{\frac{D}{2}} \right)$$

$$\beta = \cos^{-1} \left( \frac{\frac{0.25}{2} - 0.0056}{\frac{0.25}{2}} \right)$$

$$\beta = 17.21^\circ$$

$$\theta = 2\beta$$

$$\theta = 17.21^\circ \times 2$$

$$\theta = 34.42^\circ$$

$$\theta = 0.60 \text{ rad}$$

$$A = 0.125 \times (\theta \text{ rad} - \text{sen } \theta) \times do^2$$

$$A = 0.125 \times (0.60 \text{ rad} - \text{sen } 34.42) \times 0.25^2$$

$$A = 0.0003 \text{ m}^2$$

#### 3.2.21.2. Cálculo del Perímetro Mojado

$$Pm = 0.5 \times \theta \times do$$

$$Pm = 0.5 \times 0.60 \times 0.25$$

$$Pm = 0.075 \text{ m}$$

#### 3.2.21.3. Cálculo del Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{A}{Pm}$$

$$Rh = \frac{0.0003 \text{ m}^2}{0.075 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.0037 \text{ m}$$

$$Rh = 37 \text{ cm}$$

#### 3.2.21.4. Verificación del Tirante Normal

$$\frac{Q \times n}{S^{1/2}} = A \times Rh^{2/3}$$

$$\frac{0.00009213 \times 0.011}{0.024^{1/2}} = 0.0003 \times 0.0037^{2/3}$$

$$0.000007 = 0.000007$$

### 3.2.21.5. Cálculo de la Velocidad

$$V_N = \frac{1}{n} \times R h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V_N = \frac{1}{0.011} \times 0.0037^{2/3} \times 0.024^{1/2}$$

$$V_N = 0.34 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$V_N = 0.34 \frac{\text{m}}{\text{seg}} > 0.30 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

### 3.2.21.6. Cálculo de la Energía Específica

$$E = Y_{no} + \frac{V^2}{2 \times 9.81}$$

$$E = 0.0056 + \frac{0.34^2}{2 \times 9.81}$$

$$E = 0.0113 \text{ kgm/kg}$$

### 3.2.21.7. Cálculo del Ancho superficial

$$T = \text{sen}(0.5\theta) d_o$$

$$T = \text{sen}(0.5(34.42)) 0.25$$

$$T = 0.0738 \text{ m}$$



**3.2.21.8. Cálculo de la Profundidad de Agua**

$$D = \frac{A}{T}$$
$$D = \frac{0.0003 \text{ m}^2}{0.0738 \text{ m}}$$
$$D = 0.00407 \text{ m}$$

**3.2.21.9. Cálculo del Número de Froude**

$$\#F = \frac{V}{\sqrt{9.81 \times D}}$$
$$\#F = \frac{0.34}{\sqrt{9.81 \times 0.00407}}$$
$$\#F = 1.7525$$

**Flujo Supercrítico**

**3.2.21.10. Cálculo de la Tensión Tractiva**

$$\tau = \delta \times g \times R \times S$$
$$\tau = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/seg}^2 \times 0.0037 \text{ m} \times 2.4\%$$
$$\tau = 1.09 \text{ Pa} > 1 \text{ Pa}$$

Se garantiza la fuerza de arrastre de solidos con el criterio de tensión tractiva mayor a 1 Pa.

### 3.3.TERCERA ETAPA - Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial

#### 3.3.1. Cálculo del Período de diseño

Se determinó un periodo de diseño de 30 años, mismo que se encuentra en función de lo estipulado en la Norma de Diseño de Alcantarillado para la EMAAP-Q.

#### 3.3.2. Calculo del coeficiente de escurrimiento

**Tabla 46.** Calculo Coeficiente de Escurrimiento

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO			
Superficie	C	A	A*C
Empedrados (juntas ordinarias)	0.45	1.69	0.76
Superficies no pavimentadas	0.2	0.44	0.09
		2.13	0.85

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (A \times C)}{At}$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (0.85Ha)}{2.13 Ha}$$

$$C = 0.40$$

*Donde:*

- **C:** es el coeficiente de escurrimiento presentado en la *Tabla 21*, *Tabla 22* y *Tabla 23*, valores que se toma en cuenta de acuerdo al tipo de zona, tipo de superficie, vegetación y topografía.
- **A:** representa el área de la vía en la cual se realizará el diseño del alcantarillado pluvial.

### 3.3.3. Resultado de Estudios Hidrológicos

#### 3.3.3.1.1. Temperatura Ambiental

La temperatura del cantón Cevallos oscila entre los 11 y 15 °C, desde el mes de mayo al mes de agosto la temperatura promedio baja, mientras que desde los meses de octubre a noviembre la temperatura aumenta de manera notable [3].

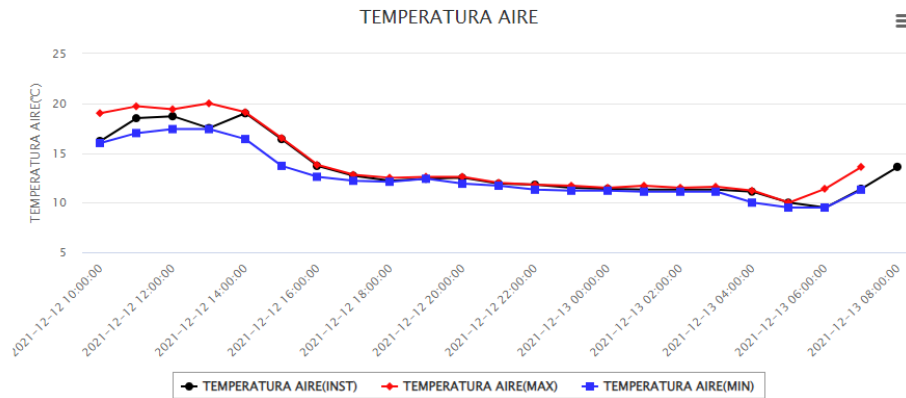


Figura 32. Temperatura del Aire estación meteorológica M258 QUEROCHACA.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

#### 3.3.3.1.2. Humedad

Los anuarios meteorológicos del INAMHI permiten determinar la humedad del ambiente mediante la medición de la cantidad de vapor que existe en el aire.

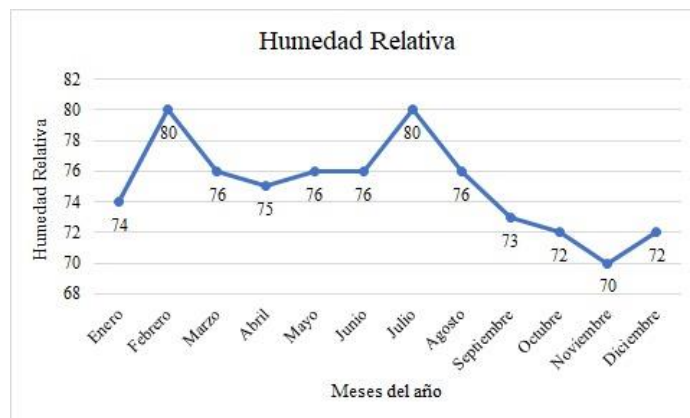


Figura 33. Humedad relativa estación meteorológica M258 QUEROCHACA.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.3.3.1.3. Nubosidad

Es medida de forma directa visualizando la fracción de cielo cubierto con nubes, su unidad de medición es la octa, los anuarios meteorológicos del INAMHI contienen los valores de nubosidad máxima y mínima.

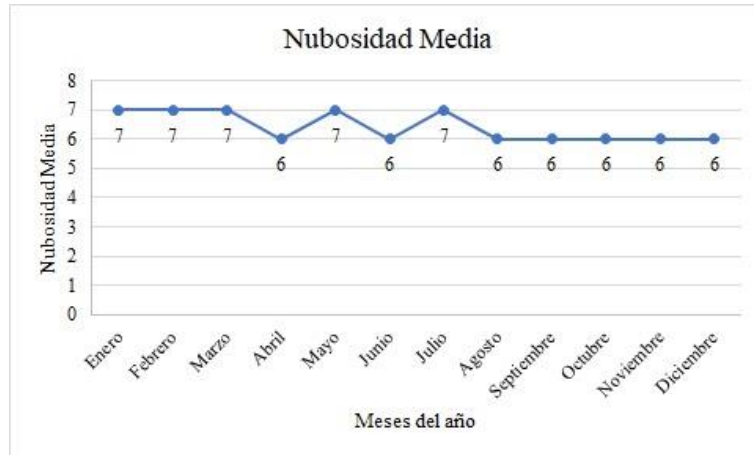


Figura 34. Nubosidad estación meteorológica M258 QUEROCHACA.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.3.3.1.4. Precipitaciones

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) a través de la estación M258 QUEROCHACA, ubicada en los predios de la Universidad Técnica de Ambato establece una precipitación media anual varía entre los 440mm a 820mm[3].

### 3.3.4. Cálculo de la Intensidad

$$I = \frac{K \times T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{85.4334 \times 5^{0.1904}}{5^{-0.5548}}$$

$$I = 47.53 \frac{lt}{seg} / Hab$$

Para el cálculo de la variable  $I$  (Intensidad) los valores de  $T$  (Periodo de retorno) y  $t$  (Tiempo de duración) se toman en años y minutos respectivamente.

A continuación, se realizará un cálculo típico en el tramo del Pozo 3 al Pozo 4, los cuales se encuentran detallados desde el numeral 3.3.5 al numeral 3.3.14.5, representando los cálculos efectuados en el diseño de la red de alcantarillado pluvial evitando así la repetición y exceso en el número de hojas para el desarrollo del presente proyecto.

### 3.3.5. Cálculo del Caudal de Diseño

Tramo Pozo 3 – Pozo 4

$$Q_p = A \times I$$

$$Q_p = 0.10Ha \times 43.79 \frac{lt}{seg} / Ha$$

$$Q_p = 4.54 \text{ lt/seg}$$

### 3.3.6. Resultado Tiempo de concentración

En las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q se establece un tiempo de concentración de 5 minutos para tramos iniciales sin sistemas afluentes.

### 3.3.7. Resultado diámetro de tubería

En el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se utilizará tubería PVC de 250 mm de diámetro, el cual cumple con las condiciones establecidas en las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q la cual establece un diámetro mínimo de 250 mm.

### 3.3.8. Calculo de la Pendiente del Terreno

Tramo Pozo 3 – Pozo 4

$$S = \frac{C. Sup - C. Inf}{L} \times 1000$$

$$S = \frac{2852.30 \text{ m} - 2851.95 \text{ m}}{16.62 \text{ m}} \times 1000$$

$$S = 21.06\%$$

### 3.3.9. Calculo Pendiente mínima

$$S_{min} = \left( \frac{v_{min} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{min} = 0.5\%$$

$$S_{min} = \left( \frac{2.47 \left( \frac{m}{s} \right) \times 0.011}{0.397 \times 0.25^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{min} = 1.20 \%$$

### 3.3.10. Calculo Pendiente máxima

$$S_{max} = \left( \frac{v_{max} \times n}{0.397 D^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{max} > 5\%$$

$$S_{max} = \left( \frac{4.5 \text{ m/s} \times 0.011}{0.397 \times 0.2^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S_{max} = 13.29\%$$

### 3.3.11. Cálculo de Caudal en tubería Completamente Llena

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{0.011} \times 0.25m^{\frac{8}{3}} \times 0.02980^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{TLL} = 0.12132 \frac{m^3}{\text{seg}}$$

$$Q_{TLL} = 121.32 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.3.12. Cálculo de la Velocidad en tubería Completamente Llena

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{0.011} \times 0.25^{\frac{2}{3}} \times 0.02980^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{TLL} = 2.47 \frac{m}{\text{seg}}$$

La velocidad es la adecuada al encontrarse dentro de los límites permisibles de 0.90 – 4.5 m/s.

### 3.3.13. Cálculo Resultado Radio Hidráulico

$$R_h = \frac{D}{4}$$

$$R_h = \frac{0.25 m}{4}$$

$$R_h = 0.063 m$$

### 3.3.14. Cálculo de los Elementos Hidráulicos Tubería Parcialmente Llena

#### 3.3.14.1. Cálculo del Área Hidráulica

$$\beta = \cos^{-1} \left( \frac{\frac{D}{2} - YN}{\frac{D}{2}} \right)$$
$$\beta = \cos^{-1} \left( \frac{\frac{0.25}{2} - 0.0060}{\frac{0.25}{2}} \right)$$
$$\beta = 17.82^\circ$$

$$\theta = 2\beta$$

$$\theta = 17.21^\circ \times 2$$

$$\theta = 35.64^\circ$$

$$\theta = 0.62 \text{ rad}$$

$$A = 0.125 \times (\theta \text{ rad} - \text{sen } \theta) \times do^2$$

$$A = 0.125 \times (0.62 \text{ rad} - \text{sen } 35.64) \times 0.25^2$$

$$A = 0.0003 \text{ m}^2$$

#### 3.3.14.2. Cálculo del Perímetro Mojado

$$Pm = 0.5 \times \theta \times do$$

$$Pm = 0.5 \times 0.62 \times 0.25$$

$$Pm = 0.0766 \text{ m}$$



**3.3.14.3. Cálculo del Radio Hidráulico**

$$Rh = \frac{A}{Pm}$$

$$Rh = \frac{0.0003m^2}{0.0766 m}$$

$$Rh = 0.0040 m$$

$$Rh = 40 cm$$

**3.3.14.4. Verificación del Tirante Normal**

$$\frac{Q \times n}{S^{1/2}} = A \times Rh^{2/3}$$

$$\frac{0.00012132 \times 0.011}{0.02968^{1/2}} = 0.0003 \times 0.0040^{2/3}$$

$$0.00000077 = 0.00000077$$

**3.3.14.5. Cálculo de la Velocidad**

$$V_N = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V_N = \frac{1}{0.011} \times 0.0040^{2/3} \times 0.02968^{1/2}$$

$$V_N = 0.92 \frac{m}{seg}$$

### **3.4. CUARTA ETAPA - Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

#### **3.4.1. Características Generales y Físicas**

##### **3.4.1.1. Ubicación**

El agua residual originada por actividades domésticas, agrícolas, comerciales e industriales son evacuadas en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos, la cual se encuentra ubicada en el punto depresivo más bajo al nor-este del cantón en el sector Reina del Tránsito.

##### **3.4.1.2. Georreferenciación de la planta de tratamiento mediante coordenadas UTM**



**Figura 35.** Georreferenciación de la PTAR del cantón Cevallos

**Fuente:** Google Earth Pro

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 47.** Georreferenciación de la planta del Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos

<b>Provincia</b>	Tungurahua	
<b>Cantón</b>	Cevallos	
<b>Coordenadas</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
	9851713.86	767939.89

Fuente: Google Earth Pro

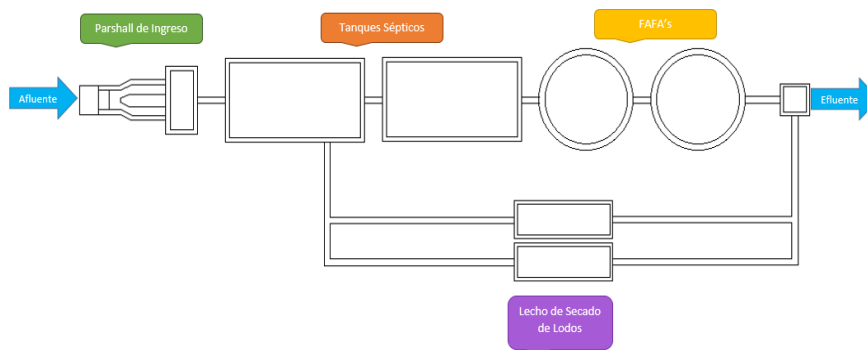
Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.2. Operación y Mantenimiento Actual de la Planta de Tratamiento

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cevallos es la entidad encargada actualmente de la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, personal capacitado se encarga del mantenimiento y la correcta operación de la PTAR. El GAD municipal del cantón no cuenta con un laboratorio especializado en el análisis de aguas residuales que permita un control detallado de las características del agua servida.

### 3.4.3. Diagnóstico de las Estructuras

#### 3.4.3.1. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos



**Figura 36.** Diagrama de Flujo de la PTAR del cantón Cevallos.

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.3.2. Rejillas y Control

Las rejillas se encuentran ubicadas al inicio de la PTAR como lo indica el diagrama de flujo, forman parte de la canaleta Parshall de ingreso, al momento retienen adecuadamente los sólidos de gran tamaño, sin embargo, sólidos pequeños logran pasar hacia el desarenador.



*Figura 37. Parshall de ingreso PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.3.3. Desarenador

Tiene forma rectangular, actualmente funciona de manera adecuada, sin embargo, necesita mantenimiento ya que por factores externos se ha perdido cierto espesor en el recubrimiento de la estructura y la superficie se encuentra con una capa de moho.



*Figura 38. Desarenador PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

#### 3.4.3.4.Sedimentador Primario

Tiene forma rectangular y cuenta con 4 compuertas, su funcionamiento no es el adecuado debido a que en horas con mayor ingreso de caudal a la Planta de Tratamiento el agua residual se desborda hacia otras zonas de la PTAR, lo cual ha ocasionado un socavón en el terreno de la misma.



*Figura 39. Sedimentador Primario PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

#### 3.4.3.5.Sedimentador Secundario

Construido en una segunda etapa, de forma rectangular, tiene 4 compuertas trabaja adecuadamente, es necesario el cambio en una de las tuberías de ventilación ya que se encuentra rota.



*Figura 40. Sedimentador Secundario PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.3.6.Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Existen dos Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, actualmente ninguno de los dos trabaja de manera adecuada debido a que existen filtraciones por la aparición de grietas en la estructura y la tubería en uno de los tanques se encuentra rota, de igual forma se recomienda realizar una limpieza adecuada y la reposición del material filtrante.



*Figura 41. FAFA PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.3.7.Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos se encuentra conformado por dos tanques construidos rectangularmente, desempeñan de manera conveniente el secado de lodos derivados de



*Figura 42. Lecho de secado de lodos PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.3.8. Otros Componentes

#### *Tanques de protección*

Destinados a conservar en óptimas condiciones diferentes elementos como las válvulas de control de los elementos que componen la PTAR, es necesario limpiarlos y retirar la maleza existente.



*Figura 43. Tanques de protección PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

#### *Compuertas de protección*

Con la inspección visual realizada se determinó que es necesaria una reposición de las compuertas debido a que la mayoría se encuentran oxidadas o simplemente han sido retiradas.



*Figura 44. Compuertas de protección PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### ***Senderos Internos***

Formados por caminos que facilitan el acceso interno a las diferentes estructuras que conforman la PTAR, es necesario realizar una limpieza para retirar la vegetación que puede afectar el funcionamiento de los tanques.



**Figura 45.** *Senderos Internos PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### ***Cerramiento***

Su función es delimitar la superficie total de la planta de tratamiento e impedir el paso hacia ella evitando que los habitantes tengan contacto directo con el agua residual.



**Figura 46.** *Cerramiento de la PTAR cantón Cevallos*

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís



### 3.4.4. Evaluación del Funcionamiento de la Planta de Tratamiento

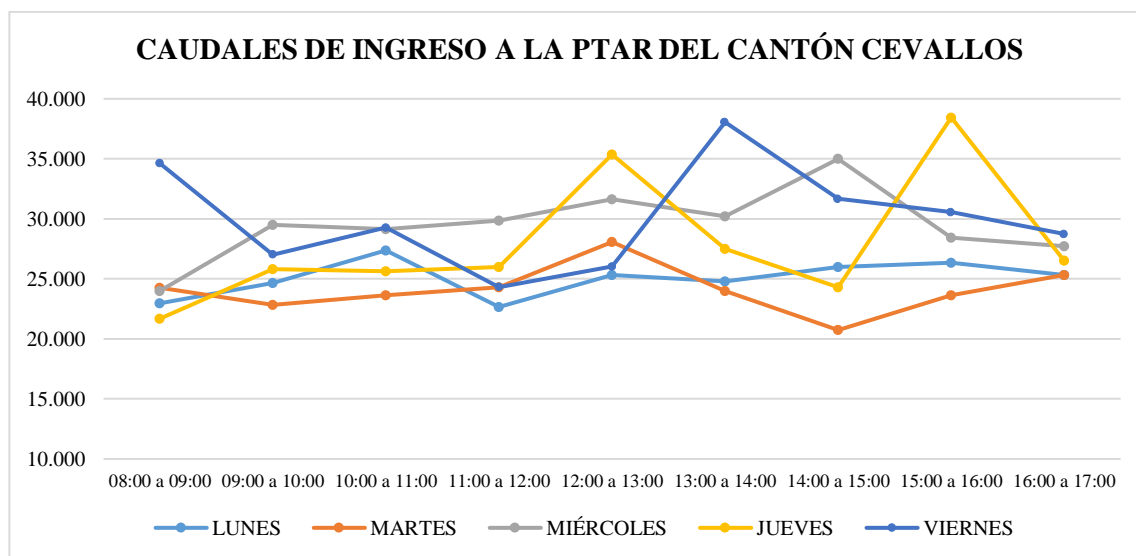
#### 3.4.4.1. Eficiencia de Remoción

La muestra para llevar a cabo la evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos se tomó el día jueves 9 de diciembre de 2021 de acuerdo a la lectura de mayor ingreso misma que representa el caudal máximo de entrada de aguas servidas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos, el análisis realizado se detalla en la **Tabla 48**.

**Tabla 48.** Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos

CAUDALES DE INGRESO A LA PTAR DEL CANTÓN CEVALLOS (l/seg)					
HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
08:00 a 09:00	22.992	24.279	24.013	21.696	34.614
09:00 a 10:00	24.647	22.828	29.486	25.828	27.029
10:00 a 11:00	27.376	23.649	29.130	25.658	29.272
11:00 a 12:00	22.665	24.313	29.843	26.016	24.313
12:00 a 13:00	25.320	28.073	31.649	35.370	26.026
13:00 a 14:00	24.814	23.980	30.201	27.515	38.057
14:00 a 15:00	25.999	20.742	34.991	24.306	31.678
15:00 a 16:00	26.341	23.649	28.424	38.447	30.561
16:00 a 17:00	25.320	25.320	27.724	26.546	28.741

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 47.** Comportamiento de Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos

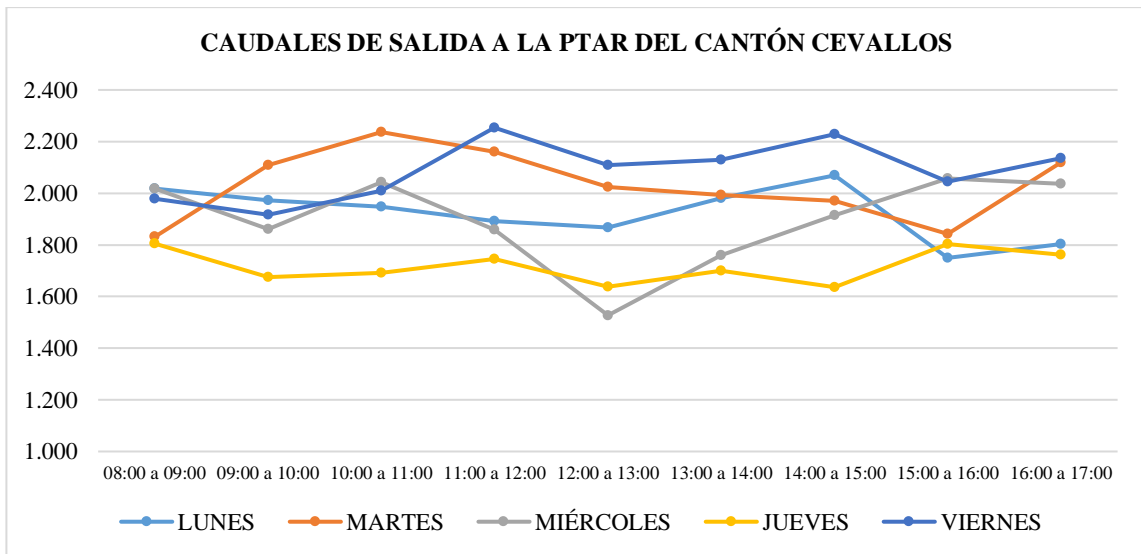
Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

El día viernes 10 de diciembre de 2021 se tomó la muestra de acuerdo a la lectura de mayor salida de aguas servidas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos, misma que representa el caudal máximo de salida del agua residual, el análisis realizado se detalla en la **Tabla 49**.

**Tabla 49.** Caudales de Ingreso a la PTAR del cantón Cevallos

<b>CAUDALES DE SALIDA A LA PTAR DEL CANTÓN CEVALLOS</b>					
<b>HORA</b>	<b>LUNES</b>	<b>MARTES</b>	<b>MIÉRCOLES</b>	<b>JUEVES</b>	<b>VIERNES</b>
<b>08:00 a 09:00</b>	2.017	1.831	2.017	1.805	1.979
<b>09:00 a 10:00</b>	1.972	2.109	1.862	1.675	1.916
<b>10:00 a 11:00</b>	1.948	2.237	2.043	1.693	2.010
<b>11:00 a 12:00</b>	1.892	2.160	1.858	1.744	2.254
<b>12:00 a 13:00</b>	1.868	2.024	1.527	1.638	2.109
<b>13:00 a 14:00</b>	1.981	1.992	1.760	1.701	2.129
<b>14:00 a 15:00</b>	2.069	1.970	1.914	1.636	2.228
<b>15:00 a 16:00</b>	1.750	1.843	2.057	1.803	2.045
<b>16:00 a 17:00</b>	1.803	2.119	2.036	1.762	2.137

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 48.** Comportamiento de Caudales de Salida a la PTAR del cantón Cevallos

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

### 3.4.4.2. Resultado del análisis físico-químico del afluente a la planta de tratamiento del cantón Cevallos

En la **Tabla 50** presentada a continuación se detalla el análisis físico-químico del influente de la PTAR del cantón Cevallos mismo que se realizó en el Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental “LIAA-GADMA”.

**Tabla 50.** Resultado del análisis físico-químico del afluente de la PTAR del cantón Cevallos

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
<b>pH</b>	UpH	7,6	5-9
<b>Temperatura</b>	°C	15	< 35
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	412	200 mg/L
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	206,0	100 mg/L
<b>Coliformes Fecales</b>	ufc/100ml	Incontables	Remoción > al 99.9%
<b>Coliformes Totales</b>	ufc/100ml	Incontables	-
<b>Sólidos Disueltos</b>	mg/L	937,7	1600 mg/L

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

Anexo#4: Resultados “LIAA-GADMA”

En base a lo estipulado en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente y bajo la comparación de los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio, se determina que las muestras no cumplen con la norma señalada, siendo necesario dar un tratamiento al agua residual antes de que esta sea descargada.

### 3.4.4.3.Resultado del análisis físico-químico del efluente a la planta de tratamiento

En la **Tabla 51** presentada a continuación se detalla el análisis físico-químico del efluente de la PTAR realizado en el Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental “LIAA-GADMA.

**Tabla 51.** Resultado del análisis físico-químico del efluente de la PTAR del cantón Cevallos

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
<b>pH</b>	UpH	7.1	5-9
<b>Temperatura</b>	°C	14	< 35
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	462	200 mg/L
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	231,0	100 mg/L
<b>Coliformes Fecales</b>	ufc/ml	Incontables	Remoción > al 99.9%
<b>Coliformes Totales</b>	ufc/ml	Incontables	-
<b>Sólidos Disueltos</b>	mg/L	799,3	1600 mg/L

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

**Anexo#4:** Resultados “LIAA-GADMA”

En base a lo estipulado en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente y bajo la comparación de los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio, se determina que las muestras no cumplen con los límites permisibles señalados en la norma, debido a que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), se ven incrementados al momento en que salen de la PTAR.

**Tabla 52.** Eficiencia de remoción de la PTAR del cantón Cevallos

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>	<b>REMOCIÓN</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
<b>pH</b>	UpH	7,6	7.1	0	5-9
<b>Temperatura</b>	°C	15	14	0	< 35
<b>DQO</b>	mg/L	412	462	-12.14	200 mg/L
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	206	231	-12.14	100 mg/L
<b>Coliformes Fecales</b>	ufc/ml	Incontables	Incontables	-	Remoción > al 99.9%
<b>Coliformes Totales</b>	ufc/ml	Incontables	Incontables	-	-
<b>Solidos Disueltos</b>	mg/L	937,7	799,3	14.76	1600 mg/L

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

Anexo#4: Resultados “LIAA-GADMA”

En base a la comparación de los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio del agua que ingresa y sale de la PTAR del cantón Cevallos se determina que el funcionamiento actual de la misma no es el adecuado para su caudal de diseño.

### **3.4.5. Evaluación de los Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

#### **3.4.5.1. Porcentaje de Remoción de Contaminantes**

El porcentaje de remoción de contaminantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos se determina a través del análisis los porcentajes de remoción conforme a los análisis físico-químico del afluente y efluente de la PTAR realizados en el Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental “LIAA-GADMA.

**Tabla 53.** Grado de tratamiento obtenido mediante diversos procesos unitarios

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje	
	DBO	DQO
Rejas de barras	Nulo	Nulo
Desarenadores	0 - 5	0 - 5
Reactor	80 - 95	80 - 85
Filtro biológico	65 - 80	60 - 80

Fuente: Ingeniería de aguas residuales: Volumen 1, Capítulo 3: Características de las aguas residuales - METCALF & EDDY[38].

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 54.** Remoción teórica total del tren de tratamiento

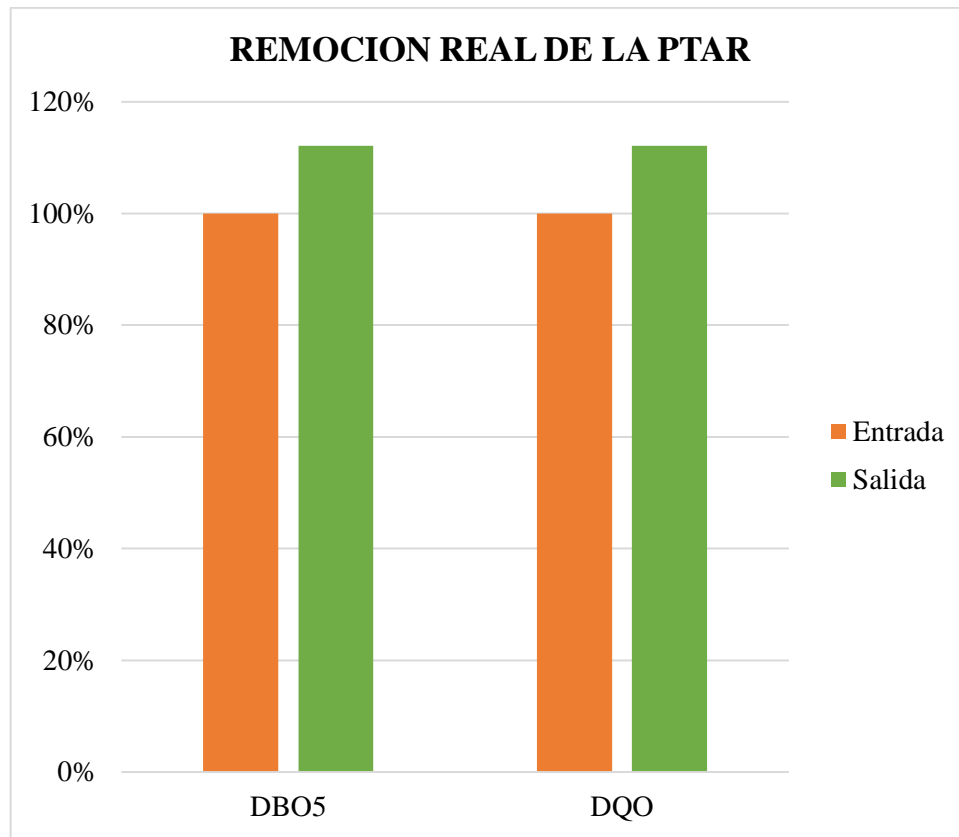
Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje	
	DBO	DQO
Rejas de barras	Nulo	Nulo
Desarenadores	5	5
Reactor	85	85
Filtro biológico	70	70
Total remoción teórica	95.73	95.73

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 55.** Porcentaje de remoción real de la planta de tratamiento

Parámetros	Unidad	Entrada	Salida	% de remoción real	Equivalente
DBO5	mg/l	206	231	-12.14%	0.00
DQO	mg/l	412	462	-12.14%	0.00

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís



**Figura 49.** Remoción Real

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

De acuerdo con los análisis de laboratorio se determinó que no se ha presentado ningún tipo de remoción de DBO5 ni de DQO, en la gráfica presentada mediante la **Figura 49** se expone como el porcentaje de DBO5 y de DQO que sale de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Cevallos en lugar de disminuir aumenta en un 12,14%.

Este aumento en los porcentajes de remoción tanto del DBO5 como del DQO se puede presentar debido a que inicialmente la planta de tratamiento fue calculada para un caudal de ingreso de 20 lt/seg (dato impartido por la jefatura de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Cevallos) mientras que en la actualidad el caudal más crítico tomado el jueves 9 de diciembre del 2021 arrojó un resultado de 38.447 lt/seg, caudal que al ser excesivo está causando un colapso de la misma.

Otra de las causas de este aumento en los porcentajes de DBO5 y de DQO puede deberse al escaso o nulo mantenimiento realizado en la Planta de Tratamiento del cantón desde el momento de su construcción en el año 2011 hasta la fecha, en la **Figura 50** se puede observar las condiciones actuales en las que se encuentra la PTAR.



**Figura 50.** Estado actual de la PTAR del cantón Cevallos

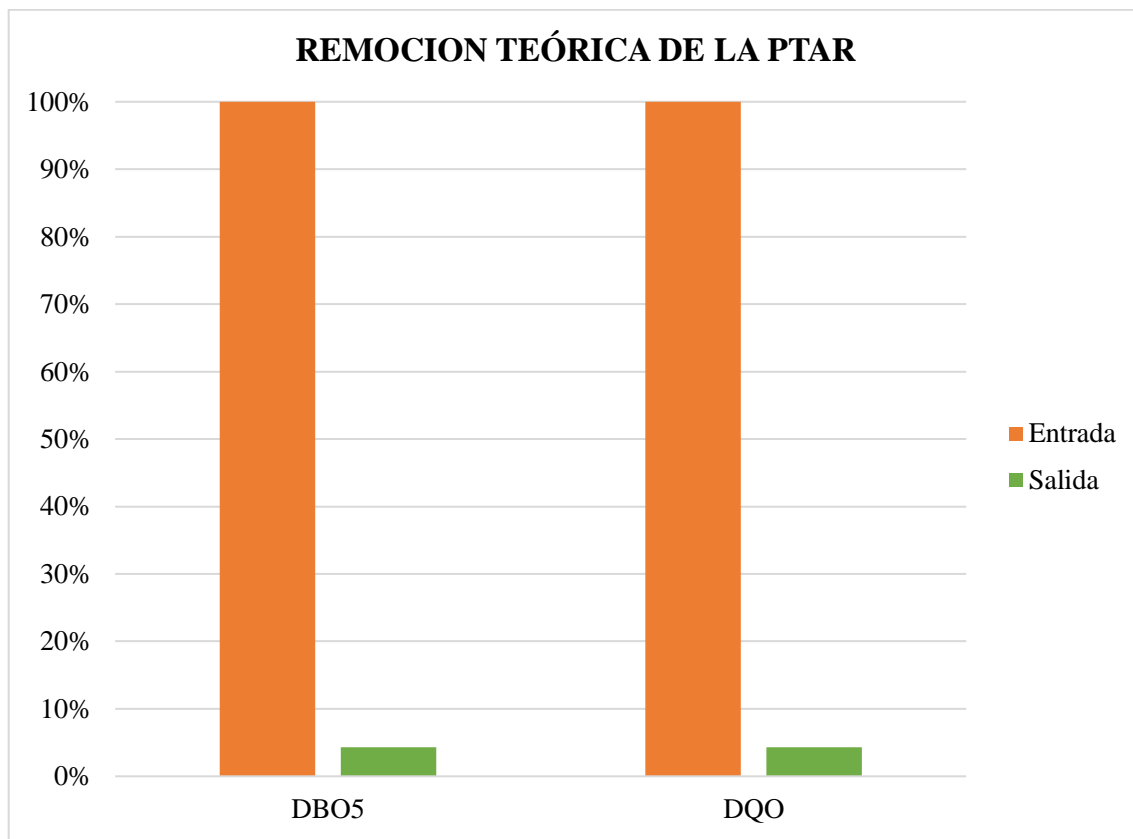
Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís

**Tabla 56.** Porcentaje de remoción teórica de la planta de tratamiento

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>% de remoción teórica</b>
<b>DBO5</b>	mg/l	206	8.81	95.73%
<b>DQO</b>	mg/l	412	17.61	95.73%

Elaborado por: Daysi Belén Pérez Villacís





**Figura 51.** Remoción Teórica

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

La grafica presentada en la **Figura 51** representa el porcentaje de DBO y DQO que se espera obtener a la salida de la PTAR a futuro, con un diseño y mantenimiento adecuados y de acuerdo a la teoría se pretende una remoción de DBO y DQO del 95.73%, dando como resultado un afluente con una concentración de tan solo el 4.27% de dichos parámetros como se observa en la figura.

#### **3.4.5.2. Determinación de la vida remanente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

La vida remanente de la PTAR se calcula mediante la evaluación de la capacidad de filtración, para lo cual es necesario identificar el tiempo de retención hidráulica que recomienda la norma EX – IEOS.

Se efectúa un análisis del volumen total del filtro existente, para determinar de manera aproximada la población de diseño de la PTAR, su objetivo es obtener el caudal de diseño del filtro para compararlo con el caudal que ingresa en la actualidad.

***Volumen Total del Filtro***

$$V_{TF} = \frac{1.6(D.A.P)(Cf.RA.S)TRH}{1000}$$

***Población***

$$Poblacion = \frac{Volumen\ Total\ (1000)}{1.6(D.A.P)(Cf.RA.S)TRH}$$

**Tabla 57.** Dotaciones recomendadas

<b>POBLACIÓN (Habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media Futura (litros/habitante/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

**Fuente:** Norma CO 10.07- 601[17].

**Elaborado por:** Daysi Belén Pérez Villacís

### ***Volumen***

- El Filtro N°1 tiene un diámetro de 5.50 m y una altura de 2.3 m.

$$\begin{aligned} \mathbf{Volumen_{Filtro\ 1}} &= \pi \times r^2 \times h \\ \mathbf{Volumen_{Filtro\ 1}} &= \pi \times (2.75m)^2 \times 2.3m \\ \mathbf{Volumen_{Filtro\ 1}} &= 54.64m^3 \end{aligned}$$

- El Filtro N°2 tiene un diámetro de 5.60 m y una altura de 2.3 m.

$$\begin{aligned} \mathbf{Volumen} &= \pi \times r^2 \times h \\ \mathbf{Volumen_{Filtro\ 2}} &= \pi \times (2.8m)^2 \times 2.3m \\ \mathbf{Volumen_{Filtro\ 3}} &= 56.65\ m^3 \end{aligned}$$

### ***Caudal sanitario de diseño de FAFA***

$$\begin{aligned} Q_{Sanitario} &= \frac{(\mathbf{Poblacion} \times \mathbf{D.A.P})(\mathbf{Coeficiente\ de\ Retorno})}{\mathbf{86400}} \\ Q_{Sanitario} &= \frac{(8163)(190)(80\%)}{86400} \\ \mathbf{Q_{Sanitario}} &= \mathbf{14.36lt/seg} \end{aligned}$$

Una vez calculado el caudal sanitario se lo compara con el caudal estimado de ingreso a la PTAR, mismo que fue registrado a lo largo de una semana y se lo detalló en la **Tabla 48**, a su vez este valor nos muestra que existe un excedente en el volumen de caudal que ingresa a la PTAR, razón por la cual es necesario realizar un control de las descargas provenientes de diferentes industrias especialmente de avícolas que existen en el cantón.

### 3.5.QUINTA ETAPA – Fase Propuesta Técnica

#### 3.5.1. Planos

Se obtuvieron un total de 17 planos entre ellos: Planimetría de la zona del proyecto, ubicación de pozos y tuberías, áreas tributarias, implantación de pozos y tuberías, perfiles del terreno tanto del alcantarillado sanitario como del alcantarillado pluvial y distintos planos de detalles.

#### 3.5.2. Presupuesto referencial

Rubro No.	Cod	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>PRELIMINARES</b>						
1	E01-14	Derrocamiento de elementos de hormigón incluye desalojo	m3	2.00	19.92	39.84
2	AP-06	Desempedrado y reempedrado	m2	1215.69	4.00	4862.76
3	V02-08b	Corte, desalojo y reposición (e=2") de pavimento asfaltico manual	m2	18.00	13.82	248.76

ALCANTARILLADO SANITARIO						
4	H01-04	Replanteo y Nivelación del Proyecto	Km	3.51	146.77	515.16
5	H02-10.2	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h=0-2 m	m3	6057.11	1.41	8540.53
6	H02-10.4	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h=2-4 m	m3	2396.64	1.7	4074.29
7	H02-10.6	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h= > 4m	m3	1011.4	2.14	2164.40
8	H02-50	Resanteo a mano a fondo de zanja	m2	3471.59	0.29	1006.76
9	H03-20.250	Prov. e instalación tubería pvc e/c d=250 mm	m	3506.39	16.15	56628.20
10	H02-40	Relleno compactado con maquinaria con suelo propio, capa 50 cm	m3	8832.25	1.81	15986.37
11	H03-90	Pozos de revisión H. S. F'c= 210 Kg/cm2 D=1,0 m e=0,20 m	m	247.7	140.31	34754.79
12	H03-91	Cerco y tapa hierro nodular para pozo de revisión	u	86.00	221.82	19076.52
13	H03-80	Conexiones domic. alcantarillado tub. PVC Ø 160mm, inc CR, excav. y relleno	u	36.00	166.4	5990.40
14	E05-110	Canal de riego tipo A0. 5H0.5, inc Encof y hormigón Simple F'c= 180 kg/cm3	m	30.00	16.79	503.70
ALCANTARILLADO PLUVIAL						
15	H01-04	Replanteo y Nivelación del Proyecto	Km	3.22	146.77	472.60
16	H02-10.2	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h=0-2 m	m3	5610.18	1.41	7910.35
17	H02-10.4	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h=2-4 m	m3	2543.77	1.7	4324.41
18	H02-10.6	Excavación a máquina de zanjas en tierra en seco h= > 4m	m3	1627.87	2.14	3483.64
19	H02-50	Resanteo a mano a fondo de zanja	m2	3215.47	0.29	932.49
20	H03-20.250	Prov. e instalación tubería pvc e/c d=250 mm	m	3217.38	16.15	51960.69
21	H02-40	Relleno compactado con maquinaria con suelo propio, capa 50 cm	m3	9369.45	1.81	16958.70
22	H03-90	Pozos de revisión H. S. F'c= 210 Kg/cm2 D=1,0 m e=0,20 m	m	165.31	140.31	23194.65
23	H03-91	Cerco y tapa hierro nodular para pozo de revisión	u	59	221.82	13087.38
			<b>TOTAL PROYECTO</b>			276,717.38
			<b>IVA</b>		12%	33,210.66
			<b>TOTAL PROYECTO + IVA</b>			309,966.20
<b>SON:</b> DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS DIECISIETE CON 38/100 CENTAVOS						

El presupuesto referencial fue realizado en conjunto con técnicos del GAD del cantón Cevallos, el código, descripción, unidad, cantidad y precio unitario fueron facilitados por los técnicos mencionados, mismos que poseen una base de datos actualizada.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- Se realizó el levantamiento topográfico mediante una estación total (equipo de precisión) perteneciente al GAD municipal del cantón Cevallos con la cual se obtuvieron las coordenadas y elevaciones necesarias de los sectores involucrados en el proyecto, posteriormente los datos obtenidos fueron procesados en el software de diseño Civil 3D.
- De acuerdo con la normativa vigente se estableció un periodo de diseño para la red alcantarillado sanitario de 25 años, mientras que para el alcantarillado pluvial el periodo de diseño es de 30 años, el material propuesto para los dos tipos de alcantarillado es de PVC con un diámetro de 250 mm, los materiales y parámetros de diseño establecidos cumplen con los límites que permiten garantizar el funcionamiento adecuado de ambos sistemas de alcantarillado.
- Se propuso el diseño del alcantarillado sanitario en tres sectores del cantón Cevallos; La Florida con una población futura aproximada de 538 habitantes, Jesús del Gran poder con 265 habitantes futuros aproximadamente y Reina del Tránsito con una población futura aproximada de 251 habitantes, se dividió el proyecto en tres tramos el primero de ellos La Florida – Jesús del Gran Poder para el cual se calculó un caudal instantáneo de 0,101 lt/seg, un caudal por conexiones erradas de 0,010 lt/seg y un caudal de infiltración de 0,251 lt/seg dando como resultado un caudal de diseño igual a 0.362 lt/seg el cual es descargado en un pozo existente con una profundidad de 2,30 metros, el segundo tramo La Florida – Reina del Tránsito para el cual se calculó un caudal instantáneo de 0,222 lt/seg, un caudal por conexiones erradas de 0,022 lt/seg y un caudal de infiltración de 0,519 lt/seg dando como resultado un caudal de diseño igual a 0.763 lt/seg el cual es descargado en un pozo existente con una profundidad de 2,70 metros, para el

tercer y último tramo Reina del Tránsito – Jesús del Gran Poder se calculó un caudal instantáneo de 0,048 lt/seg, un caudal por conexiones erradas de 0,005 lt/seg y un caudal de infiltración de 0,815 lt/seg dando como resultado un caudal de diseño igual a 1.228 lt/seg el cual es descargado en un pozo existente con una profundidad de 2,10 metros.

- De acuerdo con los análisis físico - químicos realizados al agua residual de la planta de tratamiento del cantón Cevallos se determinó que la misma no se encuentra trabajando de manera adecuada debido a que los resultados del DBO5 del afluente fue de 412 y el efluente de 462, ambos superan los límites establecidos por el TULSMA para ser considerada con un agua residual domestica clásica.
- El diseño del alcantarillado sanitario y pluvial para los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder del cantón Cevallos tiene como presupuesto referencial un valor de 276,755.54 el cual no incluye IVA, se encuentra conformado por un total de 23 rubros.

## RECOMENDACIONES

- Previo a la ejecución de la red de alcantarillado sanitario y pluvial se recomienda realizar un reconocimiento de campo en la zona del proyecto que permita la determinación de la orografía y relieve de los sectores la Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran poder del cantón Cevallos.
- Al momento de realizar el levantamiento topográfico es necesario contar con el equipo de precisión adecuado (estación total y GPS), los mismos que deben tener las actualizaciones necesarias, encontrarse debidamente calibrados y estar colocados correctamente en el terreno para obtener lecturas de mayor precisión.
- En el diseño del alcantarillado deben seguirse de manera estricta las normativas vigentes para minimizar errores de cálculo que provoquen un sub dimensionamiento o sobredimensionamiento de la red de alcantarillado lo cual representan pérdidas económicas.
- La memoria de cálculo al igual que los parámetros de diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial deben cumplirse para que el sistema construido sea eficiente.
- Se recomienda al municipio del cantón Cevallos controlar las descargas de aguas residuales que realizan diferentes industrias, fábricas y avícolas hacia el sistema de alcantarillado ya que el funcionamiento actual de la Planta de Tratamiento no es el adecuado ya que se han presenciado desbordamientos de distintos componentes de la PTAR.
- Se sugiere al GAD del cantón Cevallos y a las autoridades pertinentes agilizar el proceso de contratación y construcción de la segunda planta de tratamiento del cantón, misma que se ubicará en la quebrada Palahua y será construida en conjunto con el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, de esta forma se evitará la contaminación que se genera al descargar las aguas servidas a las orillas del río Pachanlica.
- Para la obtención de muestras de las aguas servidas en la Planta de Tratamiento es necesario colocarse el equipo de protección adecuada, caso contrario los contaminantes, bacterias y microorganismos que conducen dichas aguas negras



pueden ocasionar severos daños a la salud al ponerse en contacto con el ser humano.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. P. Martínez Pereda, “Algunos aspectos del alcantarillado y drenaje en México,” *Bol. la Of. Sanit. Panam.*, vol. 63, no. 4, pp. 330–336, 1967.
- [2] M. Vásquez, A. Carrión, A. M. Goetschel, and N. Sanchez, “Breve Historia de los servicios en la ciudad de Quito,” p. 146, 1997, [Online]. Available: <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=49071>.
- [3] M. del C. C. GAD-Cevallos, “PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL canton Cevallos,” *Chasqui Rev. Latinoam. Comun.*, pp. 1–275, 2011, [Online]. Available: <http://www.cevallos.gob.ec/index.php/component/phocadownload/category/170-plan-de-ordenamiento-y-desarrollo-territorial-pdot>.
- [4] A. Molina, M. Pozo, and J. Serrano, *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*. 2018.
- [5] Senplades, “Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador,” p. 120, 2014.
- [6] J. Alfaro, J. Carranza, and I. González, “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Isidro, departamento de Cabañas.” p. 435 pp., 2012, [Online]. Available: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1698/1/DISEÑO\\_DEL\\_SISTEMA\\_DE\\_ALCANTARILLADO\\_SANITARIO,\\_AGUAS\\_LLUVIAS\\_Y\\_PLANTA\\_DE\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RE.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1698/1/DISEÑO_DEL_SISTEMA_DE_ALCANTARILLADO_SANITARIO,_AGUAS_LLUVIAS_Y_PLANTA_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RE.pdf).
- [7] J. R. León Blanco, E. A. Salinas Rodríguez, and M. A. Lima Zepeda, “Diseño de red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento del municipio de Turín, departamento de Ahuachapán, El Salvador,” 2017.
- [8] E. Chinchilla Menjivar and E. Rodríguez Ayala, “Diseño De Sistema De Alcantarillado Sanitario Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para La

Ciudad San José Guayabal, Municipio De San José Guayabal, Departamento De Cuscatlán,” p. 431, 2010, [Online]. Available: [http://ri.ues.edu.sv/4043/1/Diseño de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de San Jose Guayabal, municipio de San Jose Guayabal, departamento%25](http://ri.ues.edu.sv/4043/1/Diseño%20de%20sistema%20de%20alcantarillado%20sanitario%20y%20planta%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20para%20la%20ciudad%20de%20San%20Jose%20Guayabal,%20municipio%20de%20San%20Jose%20Guayabal,%20departamento%25).

- [9] D. Moya Mediana, “Metodología De Diseño Del Drenaje Urbano,” p. 161, 2018.
- [10] T. M. Espín, “Estudio y diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales utilizando un tanque imhoff en la comunidad Chocaló-San francisco del cantón Santiago de Quero, provincia de Tungurahua.” pp. 1–302, 2016.
- [11] SENAGUA, “Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural,” *Secr. del Agua*, pp. 1–44, 2016, [Online]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5 Parte\\_9-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5 Parte_9-2.pdf).
- [12] R. del P. Manobanda Supe, “Las aguas residuales y su incidencia en la condición sanitaria de los habitantes de Huapante Grande, parroquia San Andrés, cantón Píllaro provincia de Tungurahua.” pp. 1–337, 2015.
- [13] G. P. Moreno Vásquez, “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el barrio México, ciudad Puyo, provincia de Pastaza,” pp. 1–150, 2016.
- [14] D. Armando and B. Vallejo, “DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA PARROQUIA EL ALTAR, CANTON PENIPE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO Previa a la obtención de Título de: INGENIERÍA CIVIL ELABORADO POR,” 2009.
- [15] A. Sanitario, “Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES,” *Actual. los criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la Z.M.G.*, vol. 38, pp. 1–38, 2014.
- [16] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “CPE INEN 005-9-2 (1997):Código de

práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural,,” vol. 2, p. 52, 1997.

- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES,” p. 21, 1992.
- [18] F. N. Molina Jácome, “Sistema de Alcantarillado Sanitario para mejorar el estado de vida de los habitantes del sector El Mariscal Sucre Occidental del cantón Saquisilí de la Provincia de Cotopaxi,” pp. 1–199, 2011.
- [19] Inen, “CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL,” *Inst. ecuatoriano Norm.*, p. 50, 1997.
- [20] OPS, “Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado,” *Organ. Panam. La Salud - Cepi*, p. 73, 2005, [Online]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>.
- [21] ANDA, “Manual de Planificación de Alcantarillado,” p. 131, 2009.
- [22] Ex-IEOS, “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,” *Galileo*, pp. 1–457, 1997.
- [23] B. P. Lárraga Jurado, “Diseño del sistema de Agua Potable para Augusto Valencia, cantón Vinces, Provincia de Los Ríos,” pp. 1–195, 2016, [Online]. Available: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOLÍVAR PATRICIO LÁRRAGA JURADO\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOLÍVAR_PATRICIO_LÁRRAGA_JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [24] EMAAP-Q, “NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMPAAP-Q,” pp. 1–176, 2009, [Online]. Available: <http://www.ecp.ec/wp->

content/uploads/2017/08/NORMAS\_ALCANTARILLADO\_EMAAP.pdf.

- [25] R. A. Quiroga Gonzalez, “Diseño del alcantarillado sanitario para los sectores altos de la Parroquia Quinchicoto del Cantón Tisaleo, con la implementación de una metodología de construcción anexada a Microsoft Project,” pp. 1–231, 2017.
- [26] Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, “Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial,” *Minist. del agua viceministerio Serv. basicos*, p. 250, 2007.
- [27] Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, “Recomendaciones Para Redes De Alcantarillado,” 1998.
- [28] V. A. Danna Mora, “Afectación Del Coeficiente De Rugosidad Para La Ecuación De Manning Con El Envejecimiento De Tuberías De Diferentes Materiales,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [29] J. J. Analuisa Sánchez, “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y del Tratamiento de sus aguas residuales con el método Doyoo Yookasoo para el barrio El Cristal, parroquia Totoras, cantón Ambato, provincia de Tungurahua,” pp. 1–284, 2016.
- [30] J. Sánchez, “Cálculo aproximado de la altura de inundación,” no. 1, pp. 1–4, 2012, [Online]. Available: [http://hidrologia.usal.es/Complementos/Calculo\\_altura\\_agua.pdf](http://hidrologia.usal.es/Complementos/Calculo_altura_agua.pdf).
- [31] J. C. Aldás Castro, “Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas Servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios), del cantón el Carmen,” 2011.
- [32] J. Rivadeneira, “Previo a La Obtención De Título De Ingeniera Civil Diseño Del Sistema De Alcantarillado Pluvial Del Barrio ‘ La Campiña Del Inca ’ Canton Quito , Provincia De Pichincha Autora : Jessica Rivadeneira Molina Quito / Diciembre / 2012,” pp. 1–191, 2012.
- [33] R. Pizarro, J. P. Flores, C. Sangüesa, and E. Martínez, “Módulo 2: Curvas

- intensidad duración frecuencia,” *Eias*, 2003, [Online]. Available: [http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b\\_modulo\\_IDF.pdf](http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf).
- [34] J. M. Maldonado Erazo, J. R. Samaniego Merchán, D. M. Ramos Criollo, and R. V. Abril Saltos, “Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 41, no. 1, pp. 127–137, 2020.
- [35] INAMHI, “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación,” *Inst. Nac. Meteorol. e Hidrol.*, no. 2, p. 282, 2019, [Online]. Available: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_D E\\_INTENSIDADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_D E_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf).
- [36] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C. Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1 000 Habitantes,” vol. 1, p. 293, 1992, [Online]. Available: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>.
- [37] A. A. Castañeda Villanueva and H. E. Flores López, “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco , México Introducción Desarrollo Diseño del experimento Resultados Conclusiones,” *Rev. Tecnol. y Soc. “innovación y difusión la Tecnol.*, vol. 5, no. 5, pp. 1–18, 2015, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5695425.pdf>.
- [38] E. Metcalf, *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. 2000.
- [39] E. Raffo Lecca and E. Ruiz Lizama, “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,” *Rev. la Fac. Ing. Ind.*, pp. 1–11, 2014, doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>.
- [40] A. Alvarado, “Evaluación De Materiales De Desecho Como Medio Filtrante En

Filtros Anaerobios De Flujo Ascendente,” p. 71, 2011.

- [41] L. Valencia Hernández, “Manual De Operación De La Estación Total,” *Abreco.Com.Mx*, p. 77, 2011, [Online]. Available: [http://www.abreco.com.mx/manuales\\_topografia/teodolitos\\_estaciones/Manual de Operacion de Estacion Total.pdf](http://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual de Operacion de Estacion Total.pdf).
- [42] INAMHI, *Anuario meteorológico № 53-2013*, no. 52. 2017.

## ANEXOS

### ANEXO N°1: Fotografías de la zona

<b>Fotografía 1</b>	<b>Fotografía 2</b>
	
Reconocimiento del lugar	Implantación del equipo topográfico
<b>Fotografía 3</b>	<b>Fotografía 4</b>
	
Levantamiento Topográfico	Medición de pozos existentes
<b>Fotografía 5</b>	<b>Fotografía 6</b>
	
Reconocimiento PTAR cantón Cevallos	Toma de muestras de agua residual en la PTAR del cantón Cevallos



**ANEXO N°2: Coordenadas UTM del Proyecto**

<b>PUNTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	9851404.54	766317.993	2852.4912	E1
2	9851421.18	766323.23	2852.5612	PR
3	9851398.78	766228.601	2854.5337	POZO 1
4	9851403.54	766229.079	2854.4229	VÍA
5	9851393.68	766228.639	2854.4947	VÍA
6	9851404.95	766249.504	2854.1966	VÍA
7	9851395.65	766249.467	2854.1608	VÍA
8	9851406.71	766269.456	2853.8354	VÍA
9	9851398.01	766269.205	2853.8977	VÍA
10	9851408.17	766291.372	2852.9298	VÍA
11	9851398.21	766290.354	2852.8134	VÍA
12	9851406.81	766310.909	2852.545	VÍA
13	9851397.12	766309.566	2852.4159	VÍA
14	9851405.49	766315.395	2852.5099	VÍA
15	9851395.22	766311.439	2852.4037	VÍA
16	9851403.03	766319.55	2852.4242	VÍA
17	9851398.6	766321.945	2852.4109	VÍA
18	9851388.14	766322.693	2852.3606	VÍA
19	9851386.32	766312.582	2852.3212	VÍA
20	9851381.23	766324.254	2852.3306	VÍA
21	9851379.85	766314.91	2852.3019	VÍA
22	9851377.12	766324.41	2852.3086	VÍA
23	9851375.32	766317.387	2852.2814	VÍA
24	9851373.76	766329.14	2852.2294	VÍA
25	9851369.46	766322.136	2852.2241	VÍA
26	9851370.46	766333.271	2852.181	VÍA
27	9851365.55	766328.915	2852.0888	VÍA
28	9851369.49	766335.623	2851.9736	VÍA
29	9851363.63	766333.226	2851.9313	VÍA
30	9851368.36	766340.993	2851.8901	VÍA
31	9851362.92	766339.872	2851.7434	VÍA
32	9851366.53	766360.629	2851.431	VÍA
33	9851361.37	766360.065	2851.382	VÍA
34	9851365.89	766380.065	2850.8871	VÍA
35	9851360.32	766379.157	2850.8459	VÍA
36	9851365.35	766398.487	2850.3712	VÍA
37	9851359.78	766397.269	2850.3164	VÍA
38	9851364.65	766417.721	2850.0859	VÍA

39	9851358.94	766417.308	2850.0072	VÍA
40	9851362.76	766438.421	2849.5978	VÍA
41	9851356.09	766437.922	2849.5586	VÍA
42	9851361.39	766460.664	2849.2669	VÍA
43	9851354.92	766459.743	2849.1744	VÍA
44	9851360.79	766476.466	2848.5753	VÍA
45	9851355.03	766475.608	2848.6076	VÍA
46	9851360.92	766495.989	2848.0339	VÍA
47	9851356.16	766495.421	2848.0869	VÍA
48	9851361.26	766501.097	2847.8491	VÍA
49	9851356.43	766501.21	2847.8336	VÍA
50	9851361.4	766502.498	2847.8217	VÍA
51	9851356.78	766504.126	2847.8272	VÍA
52	9851361.79	766503.699	2847.4771	VÍA
53	9851357.78	766509.415	2847.4736	VÍA
54	9851363.45	766506.917	2847.4642	VÍA
55	9851358.81	766511.575	2847.4633	VÍA
56	9851364.6	766508.579	2847.4575	VÍA
57	9851359.56	766512.189	2847.4563	VÍA
58	9851366.02	766509.517	2847.4434	VÍA
59	9851360.8	766512.972	2847.4433	VÍA
60	9851367.89	766509.944	2847.4333	VÍA
61	9851365.24	766513.679	2847.4386	VÍA
62	9851368.88	766509.854	2847.4278	VÍA
63	9851368.1	766514.214	2847.4265	VÍA
64	9851382.14	766511.465	2846.9943	VÍA
65	9851381.58	766515.844	2846.9678	VÍA
66	9851395.3	766511.678	2846.3994	VÍA
67	9851394.58	766517.446	2846.3614	VÍA
68	9851414.86	766512.858	2845.8166	VÍA
69	9851413.3	766519.438	2845.8512	VÍA
70	9851432.77	766514.262	2845.6653	VÍA
71	9851431.4	766521.307	2845.6321	VÍA
72	9851448.71	766514.211	2845.5139	VÍA
73	9851447.88	766521.107	2845.4129	VÍA
74	9851461.03	766514.68	2845.3826	VÍA
75	9851460.3	766521.466	2845.3245	VÍA
76	9851474.74	766514.404	2845.5145	VÍA
77	9851473.18	766521.99	2845.4558	VÍA
78	9851489.38	766513.691	2845.9818	VÍA
79	9851489.31	766520.407	2845.7112	VÍA

80	9851492.15	766520.512	2846.0324	POZO 2
81	9851502.81	766512.983	2846.4749	VÍA
82	9851501.25	766521.041	2846.3579	VÍA
83	9851525.48	766513.886	2847.4413	VÍA
84	9851524.29	766520.449	2847.3458	VÍA
85	9851546.72	766513.475	2848.5468	VÍA
86	9851546.03	766520.607	2848.5428	VÍA
87	9851567.98	766513.552	2849.7472	VÍA
88	9851566.02	766520.57	2849.6782	VÍA
89	9851586.74	766512.62	2850.6221	VÍA
90	9851587.61	766521.2	2850.5958	VÍA
91	9851599.67	766512.728	2851.6751	VÍA
92	9851599.41	766520.958	2851.5388	VÍA
93	9851611.51	766513.11	2852.8118	VÍA
94	9851613.06	766521.068	2852.6709	VÍA
95	9851633.68	766513.725	2853.5404	VÍA
96	9851635.2	766520.668	2853.5647	VÍA
97	9851654.55	766508.212	2854.1966	VÍA
98	9851655.78	766516.113	2854.1668	VÍA
99	9851674.64	766503.037	2854.8535	VÍA
100	9851675.32	766510.356	2854.8546	VÍA
101	9851694.77	766498.286	2855.6204	VÍA
102	9851695.89	766505.893	2855.5918	VÍA
103	9851716.65	766492.268	2856.4278	VÍA
104	9851717.36	766499.435	2856.2053	VÍA
105	9851730.9	766487.441	2856.8579	VÍA
106	9851730.63	766494.758	2856.7488	VÍA
107	9851743.29	766485.933	2857.382	VÍA
108	9851744.1	766493.13	2857.2841	VÍA
109	9851764.77	766483.515	2857.823	VÍA
110	9851766.07	766490.286	2857.7382	VÍA
111	9851782	766478.848	2857.5633	VÍA
112	9851783.63	766485.225	2857.4802	VÍA
113	9851802.92	766471.753	2856.7769	VÍA
114	9851803.65	766478.16	2856.7154	VÍA
115	9851810.3	766469.55	2855.9728	VÍA
116	9851811.66	766476.54	2855.8541	VÍA
117	9851823.85	766466.769	2854.6813	VÍA
118	9851824.97	766473.704	2854.8085	VÍA
119	9851844.17	766462.1	2853.6035	VÍA
120	9851845.25	766469.212	2853.6597	VÍA

121	9851855.08	766460.47	2852.6776	VÍA
122	9851855.87	766466.45	2852.7393	VÍA
123	9851864.39	766458.637	2851.7468	VÍA
124	9851865.29	766465.016	2851.8215	VÍA
125	9851884.7	766455.094	2850.8587	VÍA
126	9851885.54	766462.043	2850.8615	VÍA
127	9851903.55	766451.858	2850.1038	VÍA
128	9851904.24	766458.668	2850.0825	VÍA
129	9851909.12	766450.24	2849.541	VÍA
130	9851909.08	766457.24	2849.4821	VÍA
131	9851921.55	766447.29	2849.3622	VÍA
132	9851922.02	766454.759	2849.3279	VÍA
133	9851941.86	766444.077	2848.0859	VÍA
134	9851942.73	766451.127	2848.0045	VÍA
135	9851961.46	766441.03	2847.8532	VÍA
136	9851962.54	766448.304	2847.8241	VÍA
137	9851979.29	766436.573	2847.7667	VÍA
138	9851980.49	766443.913	2847.7588	VÍA
139	9851993.42	766433.067	2847.5156	VÍA
140	9851995.25	766440.616	2847.4442	VÍA
141	9851999.33	766431.34	2846.9834	VÍA
142	9852002.12	766439.57	2846.4527	VÍA
143	9852006.82	766429.78	2846.7975	VÍA
144	9852007.49	766437.902	2846.798	VÍA
145	9852020.23	766427.378	2846.0825	VÍA
146	9852021.76	766434.408	2846.103	VÍA
147	9852030.82	766424.827	2845.1021	VÍA
148	9852032.56	766431.616	2845.1338	VÍA
149	9852040.7	766421.246	2843.9593	VÍA
150	9852041.97	766428.527	2843.9819	VÍA
151	9852061.14	766414.151	2842.8517	VÍA
152	9852062	766421.278	2842.8366	VÍA
153	9852080.92	766406.805	2841.859	VÍA
154	9852082.04	766414.081	2841.8651	VÍA
155	9852100.95	766398.485	2840.9513	VÍA
156	9852102.82	766405.474	2840.9564	VÍA
157	9852119.94	766391.112	2840.5318	VÍA
158	9852120.91	766398.288	2840.6191	VÍA
159	9852141.1	766383.294	2840.1082	VÍA
160	9852142.67	766390.759	2840.2817	VÍA
161	9852161.24	766375.146	2839.1015	VÍA

162	9852163.63	766382.537	2839.092	VÍA
163	9852179.9	766366.959	2837.7367	VÍA
164	9852181.86	766373.917	2837.7285	VÍA
165	9852199.77	766358.626	2834.9497	VÍA
166	9852202.52	766365.091	2834.9778	VÍA
167	9852218.09	766348.697	2833.071	VÍA
168	9852220.57	766356.08	2833.1139	VÍA
169	9852227.63	766343.97	2831.1733	VÍA
170	9852229.44	766350.852	2831.2243	VÍA
171	9852240.6	766337.342	2830.7194	VÍA
172	9852244.31	766343.624	2830.6847	VÍA
173	9852242	766339.776	2830.7189	POZO 3
174	9852003.93	766441.93	2845.1859	VÍA
175	9852000.52	766446.02	2845.3284	VÍA
176	9852002.76	766448.093	2845.1466	VÍA
177	9852005.33	766443.875	2845.1259	VÍA
178	9852011.02	766459.654	2844.3442	VÍA
179	9852014.49	766457.744	2844.3777	VÍA
180	9852016.05	766470.981	2843.3817	VÍA
181	9852019.77	766470.723	2843.3772	VÍA
182	9852021.53	766483.526	2842.1077	VÍA
183	9852024.83	766482.14	2842.1441	VÍA
184	9852027.98	766498.771	2840.9553	VÍA
185	9852031.27	766497.385	2840.89	VÍA
186	9852037.3	766518.898	2839.8536	VÍA
187	9852040.64	766517.394	2839.7585	VÍA
188	9852047.34	766539.482	2838.4513	VÍA
189	9852051.27	766538.303	2838.3822	VÍA
190	9852056.43	766558.101	2837.0322	VÍA
191	9852060.15	766557.017	2837.0128	VÍA
192	9852065.26	766578.637	2835.8502	VÍA
193	9852069.23	766576.965	2835.5929	VÍA
194	9852073.38	766596.266	2834.4903	VÍA
195	9852076.93	766594.88	2834.4394	VÍA
196	9852080	766616.238	2833.5495	VÍA
197	9852084.15	766615.342	2833.4825	VÍA
198	9852086.03	766638.241	2832.8161	VÍA
199	9852090.11	766637.266	2832.6993	VÍA
200	9852093.04	766658.997	2831.9566	VÍA
201	9852096.18	766657.795	2831.8392	VÍA
202	9852097.53	766676.826	2830.3489	VÍA

203	9852100.63	766676.12	2830.2289	VÍA
204	9852104.37	766695.899	2828.6302	VÍA
205	9852107.56	766694.968	2828.6574	VÍA
206	9852109	766709.937	2826.9182	VÍA
207	9852113.1	766708.746	2826.8145	VÍA
208	9852115.49	766731.399	2825.1472	VÍA
209	9852118.98	766730.535	2825.1287	VÍA
210	9852122.56	766749.455	2823.4663	VÍA
211	9852125.72	766748.378	2823.4198	VÍA
212	9852129.67	766767.982	2821.8832	VÍA
213	9852132.44	766767.077	2821.9041	VÍA
214	9852134.92	766787.132	2820.3244	VÍA
215	9852138.54	766786.171	2820.2254	VÍA
216	9852141.39	766808.918	2818.8561	VÍA
217	9852145.84	766807.543	2818.7582	VÍA
218	9852147.94	766828.905	2817.2823	VÍA
219	9852152.11	766827.768	2817.3826	VÍA
220	9852155.82	766850.62	2815.0481	VÍA
221	9852159.48	766849.476	2815.0116	VÍA
222	9852162.76	766871.49	2812.6097	VÍA
223	9852167.75	766869.99	2812.4517	VÍA
224	9852168.46	766892.766	2810.1564	VÍA
225	9852172.67	766891.758	2810.0262	VÍA
226	9852172.96	766911.997	2807.7735	VÍA
227	9852177.2	766911.089	2807.6536	VÍA
228	9852177.55	766928.189	2805.3018	VÍA
229	9852181.51	766927.293	2805.1949	VÍA
230	9852180.81	766948.018	2802.5735	VÍA
231	9852185.35	766947.309	2802.5175	VÍA
232	9852183.86	766965.655	2800.2121	VÍA
233	9852188.13	766964.555	2800.0105	VÍA
234	9852190.84	766986.271	2797.4318	VÍA
235	9852195.39	766985.048	2797.2493	VÍA
236	9852199.14	767006.361	2795.2463	VÍA
237	9852203.35	767004.29	2795.1089	VÍA
238	9852211.16	767028.804	2793.2467	VÍA
239	9852215.16	767026.543	2793.1784	VÍA
240	9852220.76	767048.693	2791.1347	VÍA
241	9852224.93	767046.894	2791.0789	VÍA
242	9852232.29	767069.345	2789.2863	VÍA
243	9852235.92	767068.126	2789.1877	VÍA

244	9852243.9	767089.697	2787.4075	VÍA
245	9852247.13	767088.193	2787.3423	VÍA
246	9852253.19	767106.792	2785.4763	VÍA
247	9852256.28	767105.188	2785.423	VÍA
248	9852264.62	767128.092	2782.723	VÍA
249	9852268.1	767126.366	2782.5321	VÍA
250	9852268.62	767136.638	2779.91	VÍA
251	9852272.08	767133.686	2779.6012	VÍA
252	9852272.2	767143.21	2774.3854	VÍA
253	9852276.64	767139.921	2774.2922	VÍA
254	9852275.46	767145.86	2773.3658	VÍA
255	9852278.45	767141.784	2773.445	VÍA
256	9852279.53	767148.269	2772.3183	VÍA
257	9852280.51	767142.732	2772.4016	VÍA
258	9852284.88	767147.659	2771.1459	VÍA
259	9852284.55	767142.365	2771.1951	VÍA
260	9852295.9	767145.446	2770.2747	VÍA
261	9852293.96	767139.595	2770.326	VÍA
262	9852318.04	767132.018	2769.9465	VÍA
263	9852315.95	767127.779	2769.9208	VÍA
264	9852339.82	767120.528	2769.6785	VÍA
265	9852338.03	767116.515	2769.65	VÍA
266	9852363.59	767109.224	2768.9709	VÍA
267	9852361.72	767105.47	2768.9381	VÍA
268	9852384.05	767099.866	2768.5234	VÍA
269	9852382.42	767095.21	2768.5206	VÍA
270	9852389.99	767098.208	2768.3012	VÍA
271	9852389.06	767093.987	2768.3698	VÍA
272	9852397.16	767097.011	2768.1296	VÍA
273	9852397	767093.027	2768.0288	VÍA
274	9852399.51	767096.83	2767.9318	VÍA
275	9852399.39	767092.745	2767.9403	VÍA
276	9852405.46	767095.792	2767.8911	VÍA
277	9852405.64	767091.836	2767.7884	VÍA
278	9852409.94	767095.763	2767.8802	VÍA
279	9852411.37	767091.257	2767.7557	VÍA
280	9852415.58	767098.101	2767.8218	VÍA
281	9852417.96	767093.661	2767.7504	VÍA
282	9852421.02	767100.981	2767.813	VÍA
283	9852424.62	767097.705	2767.7438	VÍA
284	9852428.89	767108.52	2767.8023	VÍA

285	9852431.72	767103.88	2767.7419	VÍA
286	9852435.86	767111.721	2767.7916	VÍA
287	9852438.77	767107.554	2767.7391	VÍA
288	9852441.94	767115.891	2767.6963	VÍA
289	9852445.88	767113.056	2767.6285	VÍA
290	9852452.27	767134.847	2767.3107	VÍA
291	9852458.04	767132.739	2767.2938	VÍA
292	9852458.45	767146.071	2767.0191	VÍA
293	9852465.06	767144.047	2767.0874	VÍA
294	9852476.76	767162.951	2767.4917	VÍA
295	9852481.2	767160.647	2767.388	VÍA
296	9852491.32	767175.654	2767.5689	VÍA
297	9852495.08	767172.78	2767.6064	VÍA
298	9852498.07	767182.552	2767.6723	VÍA
299	9852499.57	767177.493	2767.6401	VÍA
300	9852504.16	767197.523	2767.2957	VÍA
301	9852508.34	767194.318	2767.2786	VÍA
302	9852505.64	767200.814	2766.7334	VÍA
303	9852509.98	767196.915	2766.7227	VÍA
304	9852522.33	767214.248	2766.4214	VÍA
305	9852525.54	767210.194	2766.3588	VÍA
306	9852541.03	767227.175	2765.4527	VÍA
307	9852543.56	767223.31	2765.4107	VÍA
308	9852560.01	767242.111	2764.2296	VÍA
309	9852563.57	767237.556	2764.1662	VÍA
310	9852579.98	767255.8	2762.9286	VÍA
311	9852583	767251.021	2762.8931	VÍA
312	9852598.59	767269.231	2761.3015	VÍA
313	9852602.48	767264.287	2761.2565	VÍA
314	9852616.29	767280.898	2759.7089	VÍA
315	9852619.97	767276.329	2759.7418	VÍA
316	9852634.57	767295.494	2757.9603	VÍA
317	9852638.68	767290.337	2757.979	VÍA
318	9852648.89	767306.246	2755.622	VÍA
319	9852653.81	767301.564	2755.6702	VÍA
320	9852659.5	767313.708	2751.3293	VÍA
321	9852663.1	767308.717	2751.5765	VÍA
322	9852665.43	767318.763	2747.4843	VÍA
323	9852673.39	767318.469	2748.2414	VÍA
324	9852667.58	767324.667	2747.0948	VÍA
325	9852667.39	767325.722	2746.9218	VÍA



326	9852665.01	767330.299	2745.8915	VÍA
327	9852674.47	767332.607	2747.8892	VÍA
328	9852663.47	767338.607	2745.6165	VÍA
329	9852650.92	767337.267	2743.9385	VÍA
330	9852650.83	767330.656	2743.9829	VÍA
331	9852628.59	767334.316	2742.5072	VÍA
332	9852629.44	767329.023	2742.5289	VÍA
333	9852606.42	767331.173	2741.7716	VÍA
334	9852607.41	767326.268	2741.8677	VÍA
335	9852584.8	767325.13	2740.2595	VÍA
336	9852585.51	767320.373	2740.315	VÍA
337	9852562.8	767320.063	2739.5555	VÍA
338	9852564.26	767315.248	2739.6248	VÍA
339	9852542.39	767318.453	2738.18	POZO 4
340	9852539.16	767315.364	2738.1378	VÍA
341	9852539.97	767311.388	2738.2928	VÍA
342	9852516.51	767312.32	2736.9391	VÍA
343	9852517.53	767308.008	2736.9854	VÍA
344	9852493.92	767306.99	2735.4546	VÍA
345	9852494.9	767302.759	2735.6698	VÍA
346	9852484.07	767304.284	2734.6115	VÍA
347	9852484.45	767299.913	2734.7828	VÍA
348	9852484.05	767302.425	2734.7094	POZO 5
349	9852505.81	767178.885	2768.3916	VÍA
350	9852510.14	767189.594	2768.4032	VÍA
351	9852514.56	767180.876	2768.9196	VÍA
352	9852513.1	767187.624	2768.6113	VÍA
353	9852515.2	767188.53	2768.9905	VÍA
354	9852530.4	767193.912	2770.9447	VÍA
355	9852532.51	767188.794	2770.9643	VÍA
356	9852550.64	767199.84	2772.6807	VÍA
357	9852552.55	767194.698	2772.7142	VÍA
358	9852564.55	767202.4	2773.7891	VÍA
359	9852564.32	767197.31	2773.9276	VÍA
360	9852570.88	767197.896	2774.3195	VÍA
361	9852570.82	767203.298	2774.2866	VÍA
362	9852589.44	767202.494	2775.0201	VÍA
363	9852590.34	767195.672	2775.2648	VÍA
364	9852609.39	767199.042	2775.6419	VÍA
365	9852609.99	767192.46	2775.5523	VÍA
366	9852627.18	767193.395	2775.6638	VÍA

367	9852627.87	767187.729	2775.566	VÍA
368	9852642.29	767188.786	2775.6802	VÍA
369	9852642.86	767183.896	2775.6073	VÍA
370	9852663.66	767183.703	2775.6964	VÍA
371	9852663.57	767179.561	2775.6548	VÍA
372	9852684.3	767179.3	2776.034	VÍA
373	9852684.37	767175.27	2776.0442	VÍA
374	9852704.51	767175.44	2776.4791	VÍA
375	9852704.74	767171.201	2776.434	VÍA
376	9852714.89	767171.461	2776.8721	VÍA
377	9852715.5	767166.58	2776.6944	VÍA
378	9852718.85	767168.917	2776.8533	VÍA
379	9852718.67	767164.274	2776.6686	VÍA
380	9852720.97	767167.319	2776.8396	VÍA
381	9852720.18	767162.195	2776.5161	VÍA
382	9852724.79	767164.246	2776.7396	VÍA
383	9852721.82	767159.85	2776.4804	VÍA
384	9852728.31	767156.968	2776.7003	VÍA
385	9852724.22	767155.062	2776.4104	VÍA
386	9852730.9	767150.801	2776.4597	VÍA
387	9852725.88	767150.081	2776.3556	VÍA
388	9852732.53	767145	2776.2858	VÍA
389	9852727.11	767145.46	2776.1829	VÍA
390	9852733.71	767130.36	2775.902	VÍA
391	9852728.81	767130.924	2775.9416	VÍA
392	9852734.28	767119.47	2775.5162	VÍA
393	9852729.26	767119.6	2775.6613	VÍA
394	9852734.96	767106.9	2775.1373	VÍA
395	9852730.1	767106.477	2775.2302	VÍA
396	9852736.58	767099.1	2774.463	VÍA
397	9852732.29	767097.251	2774.6324	VÍA
398	9852738.78	767093.82	2774.4488	VÍA
399	9852734.06	767092.758	2774.575	VÍA
400	9852741.42	767089.798	2774.3596	VÍA
401	9852735.58	767089.166	2774.5486	VÍA
402	9852744.2	767086.905	2774.3397	VÍA
403	9852738.87	767084.408	2774.5439	VÍA
404	9852747	767083.395	2774.3045	VÍA
405	9852742.79	767079.686	2774.5305	VÍA
406	9852753.11	767080.646	2774.2146	VÍA
407	9852747.95	767075.78	2774.4046	VÍA

408	9852757.36	767080.183	2774.1019	VÍA
409	9852755.89	767074.99	2774.1666	VÍA
410	9852770.43	767080.12	2772.7544	VÍA
411	9852769.66	767075.213	2772.628	VÍA
412	9852785.64	767080.493	2771.9437	VÍA
413	9852785.48	767076.024	2771.7738	VÍA
414	9852805.46	767080.304	2771.0547	VÍA
415	9852805.29	767075.735	2771.0024	VÍA
416	9852825.27	767076.714	2770.2818	VÍA
417	9852825.11	767071.446	2770.2067	VÍA
418	9852845.09	767073.825	2769.5561	VÍA
419	9852844.92	767068.456	2769.4589	VÍA
420	9852864.9	767072.636	2769.2181	VÍA
421	9852864.73	767067.167	2769.047	VÍA
422	9852884.71	767072.347	2768.6848	VÍA
423	9852884.55	767066.378	2768.6012	VÍA
424	9852904.53	767070.158	2768.1104	VÍA
425	9852904.36	767064.189	2768.0318	VÍA
426	9852924.34	767067.968	2767.5702	VÍA
427	9852924.18	767062	2767.4485	VÍA
428	9852944.16	767066.779	2767.1258	VÍA
429	9852943.99	767061.21	2767.1406	VÍA
430	9852963.97	767065.89	2766.8502	VÍA
431	9852963.8	767060.621	2766.9234	VÍA
432	9852983.78	767065.101	2766.6579	VÍA
433	9852983.62	767059.332	2766.5548	VÍA
434	9853003.6	767062.212	2766.3827	VÍA
435	9853003.43	767056.043	2766.2407	VÍA
436	9853023.41	767057.922	2765.8319	VÍA
437	9853023.25	767051.754	2765.751	VÍA
438	9853043.23	767054.633	2765.402	VÍA
439	9853043.06	767048.264	2765.5903	VÍA
440	9853063.04	767050.144	2763.9043	VÍA
441	9853062.88	767043.775	2763.9841	VÍA
442	9853082.86	767042.655	2762.3265	VÍA
443	9853082.69	767035.286	2762.2664	VÍA
444	9853095.67	767036.866	2760.3446	VÍA
445	9853093.5	767028.297	2760.3878	VÍA
446	9853101.48	767032.876	2759.4943	VÍA
447	9853099.32	767024.308	2759.4335	VÍA
448	9853107.3	767027.887	2759.1097	VÍA

449	9853103.13	767020.318	2759.0041	VÍA
450	9853112.11	767020.898	2758.6945	VÍA
451	9853106.25	767016.329	2758.4231	VÍA
452	9853115.23	767014.909	2758.3395	VÍA
453	9853108.76	767011.34	2758.0324	VÍA
454	9853116.34	767008.92	2758.0082	VÍA
455	9853109.97	767006.351	2758.0611	VÍA
456	9853116.56	767003.93	2757.9374	VÍA
457	9853110.19	767001.362	2757.708	VÍA
458	9853116.47	766998.941	2757.8246	VÍA
459	9853110.1	766996.372	2757.5172	VÍA
460	9853115.98	766993.952	2757.6697	VÍA
461	9853109.22	766991.383	2757.434	VÍA
462	9853114.1	766988.263	2757.4202	VÍA
463	9853107.97	766987.394	2757.1905	VÍA
464	9853112.85	766984.274	2757.03	VÍA
465	9853106.43	766983.405	2756.8446	VÍA
466	9853110.91	766979.284	2756.6308	VÍA
467	9853104.48	766979.416	2756.495	VÍA
468	9853109.36	766975.295	2756.5612	VÍA
469	9853102.83	766975.426	2756.4033	VÍA
470	9853107.71	766971.306	2756.4728	VÍA
471	9853100.99	766971.437	2756.3116	VÍA
472	9853104.87	766965.317	2756.4153	VÍA
473	9853099.44	766967.448	2756.2949	VÍA
474	9853102.62	766961.328	2756.0469	VÍA
475	9853097.5	766963.459	2756.0609	VÍA
476	9853100.38	766957.338	2755.7066	VÍA
477	9853095.25	766959.47	2755.652	VÍA
478	9853097.13	766951.349	2755.4268	VÍA
479	9853091.11	766952.48	2755.3451	VÍA
480	9853090.64	766941.371	2754.8945	VÍA
481	9853085.91	766943.502	2754.8383	VÍA
482	9853077.3	766922.403	2753.7015	VÍA
483	9853073.18	766925.534	2753.8737	VÍA
484	9853065.17	766904.436	2752.3544	VÍA
485	9853061.74	766907.567	2752.4725	VÍA
486	9853053.73	766886.468	2750.4251	VÍA
487	9853049.3	766889.599	2750.5145	VÍA
488	9853042.29	766868.5	2748.9931	VÍA
489	9853038.16	766871.632	2748.9699	VÍA

490	9853031.85	766850.533	2746.2828	VÍA
491	9853027.83	766853.664	2746.2095	VÍA
492	9853021.92	766832.565	2744.9868	VÍA
493	9853017.49	766835.696	2744.9083	VÍA
494	9853012.48	766814.598	2743.8356	VÍA
495	9853008.67	766817.729	2743.8039	VÍA
496	9853003.65	766796.63	2742.8196	VÍA
497	9852999.84	766799.761	2742.8341	VÍA
498	9852994.83	766778.662	2741.908	VÍA
499	9852991.02	766781.794	2741.8686	VÍA
500	9852986.01	766760.695	2740.9708	VÍA
501	9852982.19	766763.826	2740.9945	VÍA
502	9852976.18	766742.727	2740.4139	VÍA
503	9852972.37	766745.858	2740.3121	VÍA
504	9852966.36	766724.76	2739.8416	VÍA
505	9852962.55	766727.891	2739.7918	VÍA
506	9852955.54	766706.792	2739.297	VÍA
507	9852951.72	766709.923	2739.2393	VÍA
508	9852951.39	766700.494	2738.4461	VÍA
509	9852947.57	766703.625	2738.5851	VÍA
510	9852947.24	766695.196	2737.9121	VÍA
511	9852942.43	766697.328	2737.8281	VÍA
512	9852944.97	766691.78	2737.8077	VÍA
513	9852937.28	766691.03	2737.7853	VÍA
514	9852943.48	766688.461	2737.7725	VÍA
515	9852934.21	766684.364	2737.7351	VÍA
516	9852942.51	766684.333	2737.7377	POZO 6
517	9852936.21	766681.364	2737.7697	VÍA
518	9852944.48	766686.461	2737.6877	VÍA

ANEXO N°3: Lecturas Ruta 06 del cantón Cevallos

Lista de lecturas AGOSTO RUTA ( 06 )									
Nro Cta	Cta	Consumidor	N Med	L.Act	L.Ant	LECTURA	Novedad	Tarifa	
1	060000	7254 VILLACIS GUEVARA ANDREA CAROLINA	1109027435	0	1558				Domestic
1	060002	36 ALVAREZ CAMPANA JORGE PATRICIO	01-803141	0	1279				Domestic
1	060044	6256 CAPUZ SULCA LIDA LUCIA	06-141164	0	1621				Domestic
1	060033	11406 CAPUZ GUEVARA JACINTO	99-196613	0	225				Domestic
1	060034	11101 MANOBANDA TAYO JORGE HUMBERTO	1605009751	0	801				Domestic
1	060035	541 PILCO PILCO JOSE FRANCISCO	890798	0	1935				Domestic
3	060017	1758 MAITA SALAGATA SEGUNDO LIMNES	1211035778	0	452				Domestic
3	060077	13877 CAIZAGUANO CAJILEMA JOSE VICENTE	1605009759	0	397				Domestic
3	060036	11102 MANOBANDA TAYO MANUEL MESIAS	99-196617	0	2084				Domestic
3	060037	3429 SALINAS LUIS STALIN	12015627	0	169				Domestic
3	060368	2033 MANCERO GAVILANES MERY DORILA	99-196586	0	996				Domestic
3	060039	2017 CAPUZ GUEVARA JOSE MANUEL	05-067742	0	2489				Domestic
3	060071	15470 JARRIN RODRIGUEZ LUIS ALFONSO	1605011309	0	422				Domestic
3	060040	5688 PICO MERA LUIS CARLOS	890312	0	3093				Domestic
3	060041	11366 PICO VILLACIS FAUSTO ALFREDO	01-803162	0	1799				Domestic
5	060073	352 GUAMAN FLORES JANETH DE LOURDES	030665946	0	642				Domestic
5	060351	11716 SANCHEZ PAREDES MOISES DE LA CRUZ	99-196590	0	1970				Domestic
7	060070	11209 ROSERO VACA TATIANA MARISOL	01-803142	0	2510				Domestic
7	060042	7651 FUENTES PILATASIG MARIA LUCILA	890604	0	583				Domestic
7	060044	4451 PICO PICO BECKER GIOVANNY	890316	0	3441				Domestic
7	060045	11103 MANCERO BOSQUEZ LEOPRE GREGORIO	99-196594	0	2744				Domestic
13	060526	2955 MANCERO GAVILANES JOFFRE DANIEL	06-140391	0	841				Domestic
13	060517	11059 GUAMAN FLORES MAYRA MARITZA	000000	0	1103				Domestic
13	060043	7755 JIBAJA CHECA VICENTE NICANOR	06-140521	0	1375				Domestic
13	060381	9822 VILLEGAS BAYAS LUIS FERNANDO	12015674	0	378				Domestic
18	060537	7323 ZAMORA BONILLA VILMA OLIVA	06-140393	0	1090				Domestic
18	060047	6051 VILLEGAS BAYAS JORGE HUMBERTO	890799	0	447				Domestic
18	060049	7308 VILLEGAS JUAN ERNESTO	01-803201	0	970				Domestic
18	060050	11387 VILLEGAS VILLEGAS TRANCITO MERCEDES	01-803148	0	769				Domestic
18	060051	11052 VILLEGAS CARRANZA CESAR MEDARDO	1211035022	0	2779				Domestic
18	060014	5712 PRIETO SARMIENTO MARIA ROSAURA	1211035744	0	1056				Domestic
18	060705	1109 TREJO ANDACHI ISABEL MERCEDES	12014806	0	301				Domestic
15	060372	11264 VILLEGAS VILLACIS MARIA DE LAS NIEVES	01-803177	0	576				Domestic
20	060053	5492 MOYA CASTILLO ROSA MAGDALENA	890805	0	1373				Domestic
20	060054	5492 MOYA CASTILLO ROSA MAGDALENA	01-803140	0	2887				Domestic
20	060055	6071 ZAMBRANO SAMBI SEGUNDO ROMULO	080926161	0	1657				Domestic
20	060373	5574 PICO ZAMBRANO BAIRON HERNAN	01-803148	0	3731				Domestic
20	060053	11053 LOPEZ VACA NELSON EDUARDO	890820	0	31				Domestic
20	060050	4853 VILLEGAS LUIS HUMBERTO	06-141194	0	992				Domestic
20	060061	3574 VACA MIRANDA JORGE HERIBERTO	06-140480	0	1124				Domestic
20	060054	1126 VACA MIRANDA ESTHER ALICIA	06-130413	0	668				Domestic
105	060540	11201 GUEVARA VILLEGAS GLADYS CONCEPCION	01-802717	0	2051				Domestic
110	060062	1818 GUAMAN PANIMBOZA SEGUNDO MANUEL	1411024443	0	832				Domestic
120	060063	3665 VILLEGAS RAMOS FANNY RITA DEL CARME	85998	0	1240				Domestic
125	060354	8561 VILLEGAS RAMOS CATALINA VERENISE	4535481	0	1507				Domestic
130	060064	1240 ZURITA PICO SEGUNDO LUIS	4535362	0	4166				Domestic
140	060065	9854 ZURITA PICO GLADIS FABIOLA	01-803205	0	5224				Domestic
144	060377	11411 ZURITA VILLACIS FREDDY OSWALDO	080924666	0	1103				Domestic
145	060565	11254 VILLACIS QUISPE ANTONIO RODRIGO	99-196599	0	3733				Domestic
150	060066								Domestic

Copia del archivo original con un total de 10 páginas

**ANEXO N°4: Resultados de los análisis del agua residual de entrada y salida de la PTAR del cantón Cevallos.**



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental  
"LIAA-GADMA"

**INFORME DE ANALISIS**

Informe No. CA- 26- 2021  
 Código de Muestra: RML-21- 133  
**Datos proporcionados por el cliente:**  
 Nombre de la empresa: PTAR de Cevallos  
 Dirección de la empresa que solicita: Canton Cevallos  
 Sitio de Muestreo: Ingreso de la Planta de tratamiento Aguas residuales de Cevallos  
 Tipo de Muestra: Agua residual  
 Nombre del contacto del cliente: DAYSI PEREZ VILLACIS Teléfono:  
 Fecha de recepción o Toma de muestra: 09/12/2021 Hora de muestreo: 15:00  
 Fecha de Análisis: 09/12/2021  
 Fecha Entrega resultados: 14/12/2021 Condiciones ambientales in situ  
 Descripción de la muestra: Muestra simple HR% N/A  
 Temperatura ambiental: N/A °C  
 Muestreado: DAYSI PEREZ VILLACIS  
 Recaptado por: Ing. Diego Sánchez

**RESULTADO ANALISIS**

Parámetros	Simbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Límites de descarga	
						Tabla,8 Sistema de Alcantarillado	
Potencial de hidrógeno	pH	PELIAA-GADMA01/APHA 4500 HB / POTENCIOMÉTRICO	-----	7,6	0,09 upH	6 - 9	upH
Demanda química de oxígeno	DQO	PELIAA-GADMA03/APHA 5220 D / UV-VISIBLE	mg/L	412	1,4%	500	mg/l
Demanda Bioquímica de oxígeno *	DBO5	APHA 5210B/ METODO RESPIROMÉTRICO	mg/L	206,0		250	mg/l
E coli *		APHA 9221	ufc/ml	Incontables		-----	-----
E coli Totales *		APHA 9221	ufc/ml	Incontables		-----	-----
Sólidos Totales a 105°C *	SDT	APHA 2540 B / SECADO A 103 -105 °C	mg/L	937,7		1600	mg/l

Acreditación N - SAE - LEN - 16-017 Laboratorio de Ensayos

Condiciones Ambientales de Laboratorio: Temperatura media \* 19,4 Humedad relativa media: 65,5 (%HR)

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los ítems de ensayo para esta muestra

\* Parámetro no acreditado

El laboratorio no se responsabiliza de la integridad de la muestra cuando esta es suministrada por el cliente, siendo los resultados reportados en este informe exclusivos de la muestra recibida.

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización

Nota: Los métodos utilizados corresponden al Standard Method ed. 23



Responsable del Laboratorio  
Dr. Julio Núñez



  
15-12-2021



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental  
"LIAA-GADMA"

INFORME DE ANALISIS

Informe No. CA- 26- 2021  
Código de Muestra: RML-21- 134  
Datos proporcionados por el cliente:  
Nombre de la empresa: PTAR de Cevallos  
Dirección de la empresa que solicita: Canton Cevallos  
Sitio de Muestreo: Salida de la Planta de tratamiento Aguas residuales de Cevallos  
Tipo de Muestra Agua residual  
Nombre del contacto del cliente : DAYSI PEREZ VILLACIS Teléfono:  
Fecha de recepción o Toma de muestra: 10/12/2021 Hora de muest 11:30  
Fecha de Análisis: 10/12/2021  
Fecha Entrega resultados: 14/12/2021 Condiciones ambientales in situ  
Descripción de la muestra : Muestra simple HR% N/A  
Temperatura ambiental: N/A °C  
Muestreado DAYSI PEREZ VILLACIS Receptado por: Ing. Diego Sánchez

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Simbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Límites de descarga	
						Tabla.8 Sistema de Alcantarillado	
Potencial de hidrógeno	pH	PELAA-GADMA/01/APIA 4300 IBE / POTENCIOMETRICO	---	7,1	0,09 upH	6 - 9	upH
Demanda química de oxígeno	DQO	PELAA-GADMA/01/APIA 5220 D / UV- VISIBLE	mg/L	462	1,4%	500	mg/l
Demanda Bioquímica de oxígeno *	DBO5	APIA 5210B/ METODO RESPIROMETRICO	mg/L	231,0		250	mg/l
E coli *		APIA 9221	ufc/ml	Incontables		---	---
E coli Totales *		APIA 9221	ufc/ml	Incontables		---	---
Sólidos Totales a 105°C *	SDT	APIA 2540 B / SECADO A 105 -105 °C	mg/L	799,3		1600	mg/l

Acreditación N.- SAE - LEN - 16-017 Laboratorio de Ensayos

Condiciones Ambientales de Laboratorio: Temperatura media: 18,4 Humedad relativa media: 58,5 (%HR)

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los ítems de ensayo para esta muestra

\* Parámetro no acreditado

El laboratorio no se responsabiliza de la integridad de la muestra cuando esta es suministrada por el cliente, siendo los resultados reportados en este informe exclusivos de la muestra recibida.

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización

Nota: Los métodos utilizados corresponden al Standard Method ed. 23

Responsable del Laboratorio  
D. J. Muñoz



15-12-2021