



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES  
DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO  
SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO,  
QUETZALTENANGO**

**María Renée De León Pimentel**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES  
DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO  
SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO,  
QUETZALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARÍA RENÉE DE LEÓN PIMENTEL**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |
| VOCAL I    | Ing. José Francisco Gómez Rivera     |
| VOCAL II   | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran        |
| VOCAL IV   | Br. Luis Diego Aguilar Ralón         |
| VOCAL V    | Br. Christian Daniel Estrada Santizo |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López    |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |   |
|------------|---|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco      |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco      |
| EXAMINADOR | Ing. Juan Merck Cos                     |
| EXAMINADOR | Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López       |



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES  
DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO  
SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO,  
QUETZALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 25 de septiembre de 2018.

  
**María Renée De León Pimentel**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de abril de 2019  
REF.EPS.DOC.369.04.2019

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **María Renée De León Pimentel**, Registro Académico 201404131 y CUI 2599 85945 0901 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.**

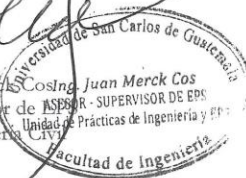
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cosío  
Asesor/Supervisor de EPS - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
JMC/ra





Guatemala,  
29 de abril de 2019

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil María Renée De León Pimentel con CUI 2599859450901 Registro Académico No. 201404131, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza  
Jefe Del Departamento de Hidráulica

/mrrm.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de abril de 2019  
REF.EPS.D.165.04.2019

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **María Renée De León Pimentel, CUI 2599 85945 0901 y Registro Académico 201404131**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Osear Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra







El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación de la estudiante María Renée De León Pimentel titulado **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2019  
/mrrm.







Universidad de San Carlos  
de Guatemala

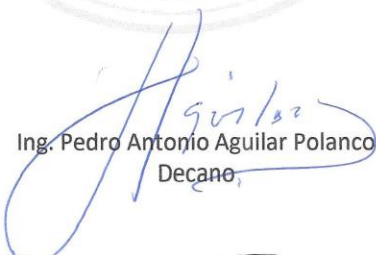


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 240.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LOS DESFOGUES DE LOS COLECTORES DE ALCANTARILLADOS COMBINADOS EN LA ZONA 5 Y DEL ALCANTARILLADO SEPARATIVO DE LA ZONA 10 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**, presentado por la estudiante universitaria: **María Renée De León Pimentel**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2019

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mi mamá**

Pilar Pimentel, por ser mi gran pilar, por nunca dejarme vencer y sus constantes palabras de aliento que hoy me permiten estar aquí.

### **Mis abuelos**

Yolanda Moreno, Alejandro Pimentel, Paula Barrios y Roberto de León (q. e. p. d.), que desde pequeña me acobijaron y llenaron de sabias palabras que día a día me inspiran y motivan.

### **Mi papá**

Iván de León, por apoyarme, no podría haber concluido esta meta de otra manera.

### **Mis tías**

Belem y Victoria Pimentel, Aracely y Jeanneth, de León por estar incondicionalmente ayudándome para seguir adelante y plantearme nuevas metas.

### **Mis primas**

María del Carmen Hurtado, Alejandra Wundram, Gwendolynne de León, por ser una necesaria distracción e inspiración.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Mi madre** Pilar Pimentel, por su apoyo y amor incondicional, por acompañarme a soñar y ayudarme a hacer esos sueños realidad.
- Mi familia** Por presionarme y alentarme a la vez, por no dejarme vencer y nunca dejar que algo me faltara.
- Mi novio** Adam Finch, por su amor, amistad, convivencia, paciencia, experiencias, distracciones, ayuda, apoyo incondicional. Por siempre estar ahí para mí y escucharme.
- Mis amigos de la Facultad** Vivian Welches, Daisy Nájera, Elio Chicas, Mario Monzón, Pablo Vidaurre, y Karina Oliveros por su amistad sincera y por hacer de este trayecto una amena aventura, sin ustedes esta meta hubiera sido más difícil de alcanzar.
- Mis amigos** Los de casa, los de lejos, los de cerca, los más antiguos, los más nuevos, los que siempre están, los que nunca están, gracias principalmente por escucharme y hacerme reír.

**Ing. Juan Merck**

Por su asesoramiento en mi trabajo de graduación, su paciencia durante mi EPS y por sus consejos. Muchas gracias.

**Ing. Manuel Arrivillaga**

Por su ayuda para cumplir esta meta.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por la oportunidad de estudiar aquí, las herramientas y conocimientos adquiridos, y por las experiencias durante estos años.

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....  | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS.....  | XI   |
| GLOSARIO.....   | XIII |
| RESUMEN.....  | XV   |
| OBJETIVOS.....  | XVII |
| INTRODUCCIÓN.....   | XIX  |
| <br>  |      |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....   | 1    |
| 1.1. Diagnóstico del sistema de alcantarillado de la zona 5 y 10<br>de la ciudad de Quetzaltenango..... | 1    |
| 1.1.1. Evaluación de la cobertura del sistema de<br>alcantarillado de la zona 5 y 10.....               | 1    |
| 1.1.2. Funcionamiento del sistema.....  | 2    |
| 1.1.3. Estado en el que se encuentra el sistema.....  | 2    |
| 1.1.4. Análisis y evaluación de las posibles soluciones<br>a los problemas.....                         | 3    |
| <br>  |      |
| 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....  | 5    |
| 2.1. Diseño del sistema de desfogue del sistema combinado de<br>la zona 5 de Quetzaltenango.....        | 5    |
| 2.1.1. Descripción del proyecto.....  | 5    |
| 2.1.2. Levantamiento topográfico.....   | 6    |
| 2.1.3. Descripción del sistema.....   | 6    |
| 2.1.4. Partes de un alcantarillado.....   | 7    |
| 2.1.4.1. Colector.....  | 7    |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.1.4.2.   | Pozos de visita .....                           | 8  |
| 2.1.4.3.   | Conexiones domiciliarias .....                  | 9  |
| 2.1.5.     | Periodo de diseño.....                          | 10 |
| 2.1.6.     | Población futura .....                          | 10 |
| 2.1.7.     | Determinación de caudales .....                 | 11 |
| 2.1.7.1.   | Población tributaria .....                      | 12 |
| 2.1.7.2.   | Dotación .....                                  | 13 |
| 2.1.7.3.   | Factor de retorno .....                         | 13 |
| 2.1.7.4.   | Caudal que contribuye al sistema .....          | 13 |
| 2.1.7.4.1. | Caudal domiciliar .....                         | 13 |
| 2.1.7.4.2. | Caudal comercial .....                          | 15 |
| 2.1.7.4.3. | Caudal por infiltración ...                     | 15 |
| 2.1.7.5.   | Caudal sanitario.....                           | 17 |
| 2.1.7.6.   | Caudal pluvial .....                            | 18 |
| 2.1.7.6.1. | Tiempos de concentración .....                  | 19 |
| 2.1.7.6.2. | Intensidad de lluvia .....                      | 19 |
| 2.1.7.6.3. | Áreas tributarias.....                          | 21 |
| 2.1.7.6.4. | Periodo de retorno a 50 años.....               | 22 |
| 2.1.7.7.   | Factor de caudal medio .....                    | 22 |
| 2.1.7.8.   | Factor de Harmon.....                           | 23 |
| 2.1.7.9.   | Caudal de diseño.....                           | 24 |
| 2.1.7.10.  | Ecuación de Manning para flujo de canales ..... | 26 |
| 2.1.7.11.  | Relaciones hidráulicas .....                    | 27 |
| 2.1.8.     | Parámetros de diseño hidráulicos.....           | 28 |
| 2.1.8.1.   | Coeficiente de rugosidad .....                  | 29 |
| 2.1.8.2.   | Velocidades máximas y mínimas .....             | 29 |



|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.1.8.3.   | Diámetro de colector .....  | 30 |
| 2.1.8.4.   | Profundidad de colector .....   | 30 |
| 2.1.8.4.1. | Ancho de zanja .....  | 31 |
| 2.1.8.4.2. | Volumen de excavación .....   | 32 |
| 2.1.8.4.3. | Cotas invert.....   | 34 |
| 2.1.9.     | Ubicación de pozos de visita.....   | 35 |
| 2.1.10.    | Profundidad de pozos de visita .....  | 36 |
| 2.1.11.    | Tragantes y otras estructuras necesarias.....   | 37 |
| 2.1.12.    | Diseño hidráulico .....   | 38 |
| 2.1.13.    | Ejemplo de diseño de un tramo.....  | 38 |
| 2.1.14.    | Propuesta de desfogue .....   | 45 |
| 2.1.15.    | Planos.....   | 46 |
| 2.1.16.    | Presupuesto.....  | 46 |
| 2.2.       | Mejoramiento del alcantarillado sanitario de la 1ª calle de avenida Las Américas a 7ª avenida de la zona 10 de Quetzaltenango ..... | 48 |
| 2.2.1.     | Descripción del proyecto.....   | 48 |
| 2.2.2.     | Descripción del sistema .....   | 49 |
| 2.2.3.     | Levantamiento topográfico .....   | 49 |
| 2.2.4.     | Componentes del alcantarillado a diseñar.....   | 49 |
| 2.2.4.1.   | Colector.....   | 49 |
| 2.2.4.2.   | Pozos de visita .....   | 50 |
| 2.2.4.3.   | Conexiones domiciliarias .....  | 50 |
| 2.2.5.     | Periodo de diseño .....   | 50 |
| 2.2.6.     | Población futura .....  | 51 |
| 2.2.7.     | Determinación de caudales.....  | 51 |
| 2.2.7.1.   | Población tributaria .....  | 51 |
| 2.2.7.2.   | Dotación.....   | 53 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| 2.2.7.3.    | Factor de retorno .....                         | 53 |
| 2.2.7.4.    | Caudal que contribuye al sistema .....          | 53 |
| 2.2.7.4.1.  | Caudal domiciliar .....                         | 53 |
| 2.2.7.4.2.  | Caudal comercial .....                          | 53 |
| 2.2.7.4.3.  | Caudal por infiltración ...                     | 53 |
| 2.2.7.5.    | Caudal sanitario.....                           | 55 |
| 2.2.7.6.    | Factor de caudal medio .....                    | 55 |
| 2.2.7.7.    | Factor de Harmon.....                           | 55 |
| 2.2.7.8.    | Caudal de diseño.....                           | 56 |
| 2.2.7.9.    | Ecuación de Manning para flujo de canales ..... | 57 |
| 2.2.7.10.   | Relaciones hidráulicas .....                    | 58 |
| 2.2.8.      | Parámetros de diseño hidráulicos.....           | 60 |
| 2.2.8.1.    | Coefficiente de rugosidad .....                 | 60 |
| 2.2.8.2.    | Velocidades máximas y mínimas.....              | 60 |
| 2.2.8.3.    | Diámetro del colector .....                     | 60 |
| 2.2.8.4.    | Profundidad de colector .....                   | 60 |
| 2.2.8.4.1.  | Ancho de zanja.....                             | 61 |
| 2.2.8.4.2.  | Volumen de excavación.....                      | 61 |
| 2.2.8.4.3.  | Cotas invert .....                              | 63 |
| 2.2.9.      | Ubicación de pozos de visita .....              | 64 |
| 2.2.10.     | Profundidad de pozos de visita.....             | 64 |
| 2.2.11.     | Caudal pluvial.....                             | 65 |
| 2.2.11.1.   | Coefficiente de escorrentía .....               | 65 |
| 2.2.11.2.   | Intensidad de lluvia .....                      | 66 |
| 2.2.11.2.1. | Áreas tributarias.....                          | 66 |
| 2.2.11.2.2. | Tiempos de concentración .....                  | 67 |

|                      |  |    |
|----------------------|--|----|
| 2.2.11.2.3.          | Caudal.....                                  | 67 |
| 2.2.12.              | Pendiente de tubería.....                    | 68 |
| 2.2.13.              | Diámetro de tubería .....                    | 68 |
| 2.2.14.              | Velocidades y caudales a sección llena ..... | 68 |
| 2.2.15.              | Relaciones hidráulicas .....                 | 69 |
| 2.2.16.              | Cotas invert.....                            | 70 |
| 2.2.17.              | Ejemplo de diseño de un tramo.....           | 70 |
| 2.2.18.              | Propuesta de desfogue .....                  | 78 |
| 2.2.18.1.            | Puntos de desfogue .....                     | 78 |
| 2.2.18.2.            | Cuerpos receptores.....                      | 79 |
| 2.2.18.3.            | Estructuras para el desfogue.....            | 79 |
| 2.2.19.              | Propuesta de tratamiento.....                | 79 |
| 2.2.20.              | Planos.....                                  | 79 |
| 2.2.21.              | Presupuesto.....                             | 80 |
| 2.3.                 | Cronograma de ejecución.....                 | 81 |
| 2.4.                 | Evaluación de impacto ambiental inicial..... | 84 |
| CONCLUSIONES.....    |  | 93 |
| RECOMENDACIONES..... |  | 95 |
| BIBLIOGRAFÍA.....    |  | 97 |
| APÉNDICES.....       |  | 99 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Familia de curvas duración-intensidad-frecuencia para la estación Labor Ovalle..... | 21 |
|----|---|----|

### TABLAS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I.    | Periodo de diseño para obras sanitarias. ....                                    | 10 |
| II.   | Población tributaria actual y proyección a futuro .....                          | 12 |
| III.  | Caudal domiciliario calculado actual y futuro.....                               | 14 |
| IV.   | Caudal de infiltración de pozo a pozo del proyecto .....                         | 16 |
| V.    | Caudal sanitario por trayecto.....   | 17 |
| VI.   | Valores para coeficiente de escorrentía comunes. ....                            | 18 |
| VII.  | Parámetros de ajuste para la estación Labor Ovalle. ....                         | 20 |
| VIII. | Factor de Harmon calculado para cada tramo, actual y futuro .....                | 24 |
| IX.   | Caudal de diseño para cada tramo, actual y futuro .....                          | 25 |
| X.    | Parámetros de diseño, velocidad y caudal a sección llena.....                    | 27 |
| XI.   | Relaciones hidráulicas .....   | 28 |
| XII.  | Valores promedio del factor de rugosidad de Manning para varios materiales ..... | 29 |
| XIII. | Profundidades mínimas de tubería.....  | 31 |
| XIV.  | Ancho libre de zanjas según su profundidad y el diámetro de la tubería.....      | 32 |
| XV.   | Excavación de pozos y tubería.....   | 33 |
| XVI.  | Cotas invert para cada tramo .....   | 35 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| XVII.    | Profundidad de pozos de visita .....   | 37 |
| XVIII.   | Parámetros de diseño para el tramo del PV 20 al PV 21, desfogue<br>zona 5..... | 39 |
| XIX.     | Datos para el cálculo del caudal pluvial del PV 20 al PV 21.....               | 41 |
| XX.      | Valores de las relaciones hidráulicas .....                                    | 44 |
| XXI.     | Revisión de los parámetros hidráulicos.....                                    | 45 |
| XXII.    | Presupuesto para el desfogue del drenaje combinado de la zona 5 ....           | 47 |
| XXIII.   | Población tributaria para cada tramo de diseño .....                           | 52 |
| XXIV.    | Caudal de infiltración calculado para cada tramo.....                          | 54 |
| XXV.     | Factor de Harmon calculado para cada tramo, actual y futuro .....              | 56 |
| XXVI.    | Caudal de diseño para cada tramo, actual y futuro .....                        | 57 |
| XXVII.   | Parámetros de diseño, velocidad y caudal a sección llena .....                 | 58 |
| XXVIII.  | Relaciones actuales y futuras con su respectiva verificación .....             | 59 |
| XXIX.    | Excavación de pozos de visita y tubería .....                                  | 62 |
| XXX.     | Cotas invert para cada tramo.....  | 63 |
| XXXI.    | Alturas de pozos para el alcantarillado sanitario .....                        | 64 |
| XXXII.   | Altura de pozos para el alcantarillado pluvial .....                           | 65 |
| XXXIII.  | Intensidad de lluvia para cada tramo .....                                     | 66 |
| XXXIV.   | Áreas tributarias para cada tramo .....  | 66 |
| XXXV.    | Tiempos de concentración para cada tramo .....                                 | 67 |
| XXXVI.   | Caudal por tramo y acumulado .....   | 67 |
| XXXVII.  | Pendiente de tubería .....   | 68 |
| XXXVIII. | Velocidades y caudales a sección llena.....                                    | 69 |
| XXXIX.   | Relaciones hidráulicas .....   | 69 |
| XL.      | Cotas invert para cada tramo.....  | 70 |
| XLI.     | Parámetros de diseño para el tramo del PV 2 al PV 3 .....                      | 71 |
| XLII.    | Valores de las relaciones hidráulicas .....                                    | 74 |
| XLIII.   | Revisión de los parámetros hidráulicos.....                                    | 74 |
| XLIV.    | Datos para el cálculo del caudal pluvial del PV 1 al PV 2. ....                | 75 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| XLV.    | Valores de las relaciones hidráulicas .....  | 77 |
| XLVI.   | Revisión de los parámetros hidráulicos .....   | 77 |
| XLVII.  | Mejoramiento del alcantarillado pluvial de la 1ª calle de avenida las<br>américas a 7ª avenida de la zona 10 del municipio de<br>Quetzaltenango.....   | 80 |
| XLVIII. | Mejoramiento del alcantarillado sanitario de la 1ª calle de avenida<br>las américas a 7ª avenida de la zona 10 del municipio de<br>Quetzaltenango..... | 81 |
| XLIX.   | Cronograma de ejecución para el sistema de desfogue de la zona 5<br>de Quetzaltenango.....   | 82 |
| L.      | Cronograma de ejecución del sistema de alcantarillado sanitario de<br>la zona 10 de Quetzaltenango.....  | 83 |
| LI.     | Cronograma de ejecución del sistema de alcantarillado pluvial de la<br>zona 10 de Quetzaltenango .....   | 84 |
| LII.    | Diagnóstico ambiental actividades de bajo impacto ambiental .....  | 85 |





## LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo                    | Significado                     |
|----------------------------|---------------------------------|
| <b>Q</b>                   | Caudal                          |
| <b>Ø</b>                   | Diámetro de tubería             |
| <b>DH</b>                  | Distancia horizontal            |
| <b>EST</b>                 | Estación                        |
| <b>Hab</b>                 | Habitante                       |
| <b>l</b>                   | Litros                          |
| <b>l/s</b>                 | Litros por segundo              |
| <b>m</b>                   | Metro                           |
| <b>m<sup>3</sup></b>       | Metro cúbico                    |
| <b>S<sub>Tub</sub></b>     | Pendiente de la tubería         |
| <b>S<sub>Terreno</sub></b> | Pendiente de terreno            |
| <b>PV</b>                  | Pozo de visita                  |
| <b>P.O.</b>                | Punto observado                 |
| <b>Rh</b>                  | Radio hidráulico                |
| <b>n</b>                   | Rugosidad                       |
| <b>s</b>                   | Segundo                         |
| <b>r</b>                   | Taza de crecimiento poblacional |



## GLOSARIO

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Aguas residuales</b> | Aguas desechadas después de haber servido para un fin, las cuales pueden ser: domésticas, comerciales o industriales. Otros sinónimos son aguas servidas o aguas negras. |
| <b>Caudal</b>           | Cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.  |
| <b>COCODE</b>           | Consejos comunitarios de desarrollo.   |
| <b>Cota Invert</b>      | La parte más baja de un colector medida en el interior.  |
| <b>Dotación</b>         | Cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y que se expresa en litros por habitante al día.                                       |
| <b>INE</b>              | Instituto Nacional de Estadística.   |
| <b>INFOM</b>            | Instituto de Fomento Municipal.  |
| <b>Pendiente</b>        | Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal, diseñada para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente haciendo uso                  |

de la fuerza de la gravedad, la cual en alcantarillados cumple con especificaciones establecidas.

**Periodo de diseño** Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población.

**Pozo de visita** Estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto permitir inspección, limpieza y ventilación del sistema.

**POT** Plan de Ordenamiento Territorial

**Relaciones hidráulicas** Relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena, y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con ciertas condiciones para que las tuberías trabajen como canales.

## RESUMEN

La cabecera municipal de Quetzaltenango padece, en época de invierno, de daños por culpa de la inundación de sus calles. Esto se genera por dos razones: la primera porque el sistema de desfogue de la ciudad está obstruido y por lo tanto, ha colapsado por completo, contaminando los ríos y zanjonés del área y haciendo menos eficiente la evacuación de las tuberías, por lo que las calles toman menos tiempo en inundarse y más en vaciarse; la segunda es que en las partes altas de la ciudad la superficie está cubierta, sobre todo las calles al construir lotificaciones que, al no tomar en cuenta el plan de ordenamiento territorial, no consideran el efecto que tienen aguas abajo, por lo que las tuberías dejan de trabajar como canales y empiezan a trabajar a presión, para lo que no están diseñadas.

Es por eso que nace la necesidad de diseñar una nueva línea de desfogue para evitar la contaminación de los ríos y zanjonés del área y disminuir las inundaciones de la ciudad. Ya que el sistema, tanto el que se encuentra antes del proyecto como al que se conecta es combinado, el sistema a diseñar es combinado también.

Además, en la parte alta de la ciudad, el diseño de un sistema de alcantarillado separativo reducirá el caudal que se incorpora a la red existente de alcantarillado del municipio de Quetzaltenango, evitando el colapso de la red existente.

Este trabajo de graduación es una propuesta, con base en la evaluación de los desfogues de los colectores de alcantarillados combinados en la zona 5 y

del alcantarillado separativo de la zona 10 de la ciudad de Quetzaltenango, y conforme a las exigencias de la municipalidad. El informe se divide en dos partes: la fase de investigación, donde se encuentra una evaluación y diagnóstico del estado actual de los alcantarillados; la segunda fase es la de servicio técnico profesional, donde se describe lo realizado para obtener una propuesta de solución a la problemática identificada en cada proyecto.

Para ambos proyectos se presentan los presupuestos de trabajo, planos constructivos y cronograma de ejecución. Los proyectos han sido diseñados bajo los requerimientos de la municipalidad de Quetzaltenango.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar la evaluación a los sistemas de desfogue del alcantarillado combinado de la zona 5 y del alcantarillado separativo de la zona 10 de la ciudad de Quetzaltenango y plantear una propuesta de solución a la situación que se presenta.

### **Específicos**

1. Desarrollar un diagnóstico del sistema de alcantarillado de la zona 5 y 10 de la ciudad de Quetzaltenango, tanto en su comportamiento como en su cobertura.
2. Proponer las posibles soluciones a la problemática de los desfogues.
3. Elaborar los planos y presupuestos de los proyectos.
4. Evitar la contaminación de ríos y zanjones de los cuerpos receptores.
5. Capacitar al personal de campo de la dirección de drenajes y miembros de los COCODE sobre el mantenimiento y funcionamiento del sistema de alcantarillado propuesto.
6. Realizar el levantamiento topográfico.





## INTRODUCCIÓN

Quetzaltenango es la cabecera del departamento de Quetzaltenango, tiene una extensión superficial de 120 kms<sup>2</sup>, y de acuerdo al plan de ordenamiento territorial (POT) del 2015, la proyección de su población para el año 2019 es de 200 985 habitantes. El porcentaje de población de Quetzaltenango afectado por inundaciones pasará de un 5 % aproximadamente en situación actual, a un valor del 15 %. En términos absolutos, esto significa que, en el escenario tendencial en el 2050, 70 000 personas podrían verse afectadas por una crecida máxima.

El crecimiento desmedido y desorganizado de la población, hace que a nivel nacional se tengan problemas de infraestructura, ya que lo diseñado y planificado no satisface las necesidades de la población existente. En Quetzaltenango esto se ve reflejado en el sistema de alcantarillado, porque la red de alcantarillado combinado actual no tiene la capacidad para los caudales reales y, en tiempo de lluvia, las inundaciones son cada vez más frecuentes.

Para evitar los problemas de inundaciones sería ideal tener un sistema de alcantarillado separativo, pero cambiar la red actual representa un costo alto en tiempo y recursos, con lo que no se cuenta. Lo que el POT pretende, es que en las nuevas lotificaciones y en las áreas donde se quiere densificar la población, la planificación de servicios sea adecuada, y, con lo que a drenajes respecta, tengan un sistema separativo para mejorar el sistema y evitar la saturación del sistema existente.

El sistema de desfogue actual de la ciudad de Quetzaltenango ha colapsado por completo, por lo que es necesaria la remodelación del mismo. Esto evitará las constantes inundaciones de la ciudad, ya que ayudará al tiempo de vaciado de las áreas que se ven afectadas con crecidas máximas. Además, evitará los malos olores y contaminación que se genera por la descarga de desechos en el río Bolas y río Seco.

También, la planificación de un sistema de alcantarillado separativo en la zona 10, ubicada en la parte alta de la ciudad, va a reducir el caudal en las tuberías que se saturan en la red principal, y la escorrentía que se genera en tiempo de lluvia será disminuida a través de sistemas de colección de aguas pluviales en el área.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Diagnóstico del sistema de alcantarillado de la zona 5 y 10 de la ciudad de Quetzaltenango**

Para realizar un sistema de alcantarillado es necesario realizar varios pasos ordenadamente para asegurar el funcionamiento del mismo.

### **1.1.1. Evaluación de la cobertura del sistema de alcantarillado de la zona 5 y 10**

El sistema de alcantarillado de la zona 5 es un sistema combinado, tiene especial importancia porque es en esta zona donde se concentran las aguas de la ciudad para el desfogue de la ciudad y la mayor parte del área rural. Es por esto que el caudal que circula por estas tuberías es elevado y, en invierno, es la zona de la ciudad que se ve más afectada por las inundaciones.

El sistema de alcantarillado de zona 10, es un sistema combinado también. Este tiene la particularidad de estar en la parte alta de Quetzaltenango, y tener pendientes muy pronunciadas. Por el Plan de Ordenamiento Territorial, esta es un área de la ciudad donde se quiere densificar la población, y esto no se puede lograr si no se tienen los servicios básicos en óptimas condiciones. Es por esto que se quiere modificar el sistema por un sistema separativo que disminuya el caudal sanitario que ingresa a la red existente de la ciudad.

### **1.1.2. Funcionamiento del sistema**

El drenaje sanitario de la zona 5 actualmente está desfogando sus aguas al río Bolas sin antes tener un tipo de tratamiento, contaminándolo y generando descontento en la población. El mal olor se produce principalmente por la obstrucción de la tubería que pasa por debajo de las casas del área. Además, las dimensiones de la tubería existente no son adecuadas para el caudal existente. Esta zona de la ciudad tiene la característica de ser muy plana y, además, ser la más baja de la ciudad por lo que es una zona de inundación cuando se dan crecidas máximas.

El alcantarillado sanitario de la zona 10, por el contrario, se encuentra en una de las zonas más altas de la ciudad y el terreno tiene pendientes muy pronunciadas. Actualmente, es un sistema combinado que incorpora la totalidad de sus aguas a la red existente. Esto genera que la red a la que se conecta el sistema existente se sobrecargue y, en invierno, el vaciado de las tuberías sea más lento.

### **1.1.3. Estado en el que se encuentra el sistema**

La tubería existente en zona 5 está colapsada, en parte porque el diámetro de la tubería es pequeño para transportar el caudal generado por todas las zonas de la ciudad, y en parte por el taponamiento de la tubería provocado por el descontento de los vecinos por el mal olor del río Bolas, y el área en general aldeaña al sistema de desfogue.

El sistema combinado de la zona 10 se conecta a una de las redes principales de la ciudad, sobresaturando la red existente, y esto genera problemas en las tuberías que se encuentran aguas abajo cuando es invierno.

Este no es un sistema ideal para el crecimiento poblacional que se espera en el área, cuando puede optimizarse con un sistema separativo que libere la red.

#### **1.1.4. Análisis y evaluación de las posibles soluciones a los problemas**

Es necesario rehabilitar y remodelar el sistema de desfogue de la ciudad, conduciéndolo por la vía pública para llevarlo a donde las aguas puedan ser tratadas antes de desfogarlo en los ríos y zanjonés del área. Idealmente, se podría construir una bóveda debajo de la calzada Manuel Lisandro Barillas, pero esto deja de ser una opción por el costo que representa.

Otra forma para mejorar el desfogue de la ciudad sería con una tubería de 60", que vaya desde la unificación de los caudales a desfogar a la planta de tratamiento, pero el presupuesto disponible descarta esta opción.

Es por esto que en zona 5, lamentablemente, se tiene que diseñar con las limitaciones que se presentan. La principal limitación en el tramo donde se va a ubicar el proyecto es el tamaño de la tubería, ya que la existente en la calzada Manuel Lisandro Barillas es de 48", que es la que se dirige a la PTAR desde donde se va a desfogar en el río Seco. Limitando el periodo de diseño, reduciéndolo significativamente a 13 años, para que el sistema trabaje en condiciones óptimas con el debido mantenimiento.

En la zona 10, es necesario que se implemente un sistema separativo donde las aguas pluviales puedan ser conducidas a un zanjón sin ser contaminadas antes, y así, se evite sobrecargar el sistema combinado de la ciudad. El alcantarillado sanitario se incorporará al alcantarillado principal en la calzada Sinfonso Aguilar mientras que el pluvial se dirigirá al zanjón Calderón.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de desfogue del sistema combinado de la zona 5 de Quetzaltenango**

Para realizar el diseño de un sistema de desfogue, antes se debe realizar una descripción del proyecto, levantamiento topográfico entre otros.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

La necesidad de este proyecto surge con el descontento de los habitantes de la ciudad de Quetzaltenango por las inundaciones constantes en tiempo de lluvia. Además, el alcantarillado actual pasa debajo de varias viviendas, generando descontento con los vecinos por el mal olor que se produce. El objetivo principal es conducir el desfogue principal de la ciudad por la vía pública, reduciendo las inundaciones de áreas de la ciudad y agilizando, también, el tiempo de vaciado de las mismas en tiempo de invierno.

El impacto positivo del proyecto es alto, ya que beneficia a todos los habitantes de la ciudad al aliviar las zonas de inundación, por ser el desfogue principal de la cabecera municipal, esto quiere decir que serán a futuro 200 985 habitantes beneficiados.

La rehabilitación y remodelación del sistema de desfogue de la red de alcantarillado de Quetzaltenango, va a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, así como mejorar el estado de los ríos y zanjonés del

sector al evitar la contaminación de los mismos, tomando en cuenta los parámetros de y normas de construcción pertinentes para el caso.

### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico sirve para conocer las particularidades y configuración del terreno. Se toma un banco de marca, o punto de referencia, y a partir de ese se pueden conocer distancias horizontales y diferencias de altura con respecto al mismo.

En la topografía del proyecto de zona 5 se tomó de referencia un levantamiento previamente realizado para tener las cotas de los pozos de visita en los cuales se va a unificar el caudal para conducirlo y desfogarlo. El terreno tiene la característica de ser muy plano, lo cual dificulta la conducción del caudal en la tubería. Además, el tramo desde donde se quiere unificar el caudal a donde está la tubería a la que se quiere conectar, es en contra pendiente.

Para los levantamientos de los proyectos se utilizó una estación total marca Nikon serie NIVO 1C con precisión de 1 s, dos prismas de medición topográfica, plomadas, clavos, estacas y pintura.

### **2.1.3. Descripción del sistema**

Los aspectos que se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial son: la población a la que va a servir, la longitud total, la topografía del terreno, el caudal sanitario, el caudal pluvial, el diámetro de la tubería, el material de la tubería, la pendiente requerida de la tubería para evitar sedimentación, la ubicación de los pozos de visita, el área tributaria, entre otros.



La línea tendrá una longitud aproximada de 886 m con 23 pozos de visita. Debido al caudal calculado y el diámetro de la tubería siguiente al pozo de conexión se estableció que el diámetro de la tubería a utilizar es de 48". Para este diámetro el mejor material a utilizar es el de polietileno de alta densidad (ADS), que al igual que el PVC, es un polímero con baja rugosidad.

Los pozos de visita deben tener un diámetro de 2 m y, por las características topográficas del terreno al no tener pendientes pronunciadas, las profundidades de los pozos varían desde los 3,50 m hasta los 13,00 m. Además, la distancia entre los pozos de visita no puede ser mayor a 50 m para evitar la sedimentación en los mismos.

#### **2.1.4. Partes de un alcantarillado**

Un sistema de alcantarillado se compone de un colector, pozo de visitas, conexiones domiciliarias, entre otros.

##### **2.1.4.1. Colector**

Son las tuberías por las que las aguas residuales son conducidas hasta, idealmente, un lugar de tratamiento antes de desfogarlas o reutilizarlas. Los diámetros utilizados van desde 4" para conexiones domiciliarias, hasta 60" para proyectos más grandes.

Los materiales más usados son PVC, concreto, ADS, entre otros. La selección del material es importante para saber la rugosidad con la que se va a realizar el diseño.

El diámetro depende del caudal que vaya a transportarse, y la norma general para definirlo es que el tirante de agua que transporta no debe ser menor que 0,10 m ni mayor que 0,75 m. Estas tuberías nunca deben trabajar a presión, ya que por la naturaleza de las aguas que conducen se generan gases que pueden generar fracturas parciales o totales en el sistema, generando problemas salubres y económicos.

El tramo diseñado tiene una longitud de 885,156 m, por lo que se utilizarán 154 tubos de 48" con tubería ADS, la cual tiene una rugosidad de 0,009. Este tipo de tubería se fabrica bajo y cumple con las normas DIN 16961, ASTM D-1784 y ASTM D-2564. Además, tiene la ventaja de ser liviana, resistente, hermética, durable y de fácil instalación, por lo que se eligió para este proyecto.

#### **2.1.4.2. Pozos de visita**

La función principal de estas estructuras es verificar que la red de alcantarillado esté funcionando adecuadamente, además, sirven para darle mantenimiento al sistema.

Un pozo de visita debe proporcionar un control de flujo hidráulico en cambios de dirección, cambios de gradiente, distancias horizontales permisibles (rectas o curvas), además de proporcionar ingreso de oxígeno al sistema. Se construyen de concreto, ladrillo de barro cocido, tubos de concreto o cualquier material que sea impermeable y durable para el periodo de diseño.

El proyecto tiene 23 pozos en total, de los cuales se construirán 22 de distintas profundidades. Las paredes de los pozos serán construidas con ladrillos tayuyos de barro cocido, el fondo del pozo se hará con una fundición de concreto reforzado con varillas de acero de 1/2" en dos sentidos, la tapadera

será de concreto reforzado con varillas de acero de 3/8" en dos sentidos y el brocal será de concreto reforzado con varillas de acero de 3/8" con eslabones de 1/4" cada 10 centímetros. Por las pendientes y contrapendientes existentes en el proyecto, las profundidades varían entre 3,50 m y 13,00 m.

#### **2.1.4.3. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias deben tener un ángulo de 45° con respecto a la línea central del colector principal, en el sentido del flujo del sistema. La pendiente debe encontrarse entre el 2 % y 6 %.

Las conexiones domiciliarias están comprendidas por:

Cajas de registro: son las que recolectan todas las aguas servidas de un domicilio antes de unirla a la red de alcantarillado público.

Tuberías de descarga: es la tubería que va de las cajas de registro hacia la red de alcantarillado público.

Elemento de empotramiento: es el empalme entre la tubería que viene de la conexión domiciliar hacia la red principal, con un boquete en el colector principal, teniendo una caída libre proveniente de la conexión domiciliar.

Las conexiones domiciliarias deben ser como se describe anteriormente y se especifica en planos.

### **2.1.5. Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el tiempo para el cual el sistema va a funcionar en condiciones óptimas. Para seleccionarlo se tiene que tomar en cuenta el tipo de proyecto que va a ser, y en este caso, el tipo de obra sanitaria que es.

Tabla I. **Periodo de diseño para obras sanitarias.**

| <b>Tipo de obra</b>                       | <b>Tiempo</b> |
|---|---------------|
| Colector principal                        | 30 – 40 años  |
| Planta de tratamiento de aguas residuales | 20 – 30 años  |
| Líneas de descarga                        | 10 – 15 años  |

Fuente: INFOM.

El periodo de diseño de este proyecto está limitado por el tamaño de la tubería, por lo que se redujo a 13 años. Esto no cumple con las normas de diseño que se están utilizando en Guatemala, pero es un requerimiento especial de la Dependencia de Drenajes de la municipalidad de Quetzaltenango.

### **2.1.6. Población futura**

Los factores que intervienen en el cálculo del crecimiento poblacional son las características de la ciudad, a qué se dedica la población, cómo se distribuyen los habitantes en la ciudad, entre otros.

Para determinar la población futura a servir, se utilizó el método geométrico, tomando en cuenta que la tasa de crecimiento poblacional según el censo del INE del 2002 es de 2,71 %.

$$P_f = P_o * (1 + \frac{r}{100})^n$$

Donde:

- $P_f$  = población futura  
 $P_o$  = población actual  
 $r$  = tasa de crecimiento poblacional  
 $n$  = número de años

La población futura a servir, partiendo de una población actual de 2 754 habitantes es:

$$P_f = P_o * (1 + \frac{r}{100})^n$$
$$P_f = 2\,754 * (1 + \frac{2.71}{100})^{13}$$
$$P_f = 3\,899 \text{ hab}$$

La población para la que se va a diseñar es de 3 899 habitantes, pero no olvidando que, por la magnitud de este proyecto, se tiene un caudal de ingreso al sistema que debe ser considerado para las dimensiones de la tubería.

### **2.1.7. Determinación de caudales**

Hay varios factores que intervienen en la determinación del caudal de diseño, para garantizar un funcionamiento óptimo por un periodo determinado, por ejemplo: población tributaria, dotación, factor de retorno, caudal que contribuye al sistema, factor de caudal medio, factor de Harmon, y caudal de diseño.

### 2.1.7.1. Población tributaria

La población tributaria, es la población que se va a conectar al colector del alcantarillado público a diseñar por tramos. En algunas partes, por las características del terreno, las viviendas se conectan a otro colector, por simple gravedad. También la población tributaria varía en cada tramo de la tubería según sea el número de viviendas del área. Por cuestiones de practicidad, se asume que hay 6 habitantes por vivienda.

Tabla II. **Población tributaria actual y proyección a futuro**

| De PV | A PV | No. Casas |       |                  | Hab. Sevir |       |                  |
|-------|------|-----------|-------|------------------|------------|-------|------------------|
|       |      | Actual    | Acum. | Futuro acumulado | Actual     | Acum. | Futuro acumulado |
| 1     | 2    | 3         | 3     | 4                | 18         | 18    | 26               |
| 2     | 3    | 4         | 7     | 10               | 24         | 42    | 60               |
| 3     | 4    | 23        | 30    | 42               | 138        | 180   | 255              |
| 4     | 5    | 8         | 38    | 54               | 48         | 228   | 323              |
| 5     | 6    | 10        | 48    | 68               | 60         | 288   | 408              |
| 6     | 7    | 5         | 53    | 75               | 30         | 318   | 451              |
| 7     | 8    | 3         | 56    | 79               | 18         | 336   | 476              |
| 8     | 9    | 25        | 81    | 115              | 150        | 486   | 689              |
| 9     | 10   | 20        | 101   | 143              | 120        | 606   | 858              |
| 10    | 11   | 12        | 113   | 160              | 72         | 678   | 960              |
| 11    | 12   | 38        | 151   | 214              | 228        | 906   | 1283             |
| 12    | 13   | 39        | 190   | 269              | 234        | 1140  | 1614             |
| 13    | 14   | 18        | 208   | 294              | 108        | 1248  | 1767             |
| 14    | 15   | 21        | 229   | 324              | 126        | 1374  | 1946             |
| 15    | 16   | 23        | 252   | 357              | 138        | 1512  | 2141             |
| 16    | 17   | 33        | 285   | 403              | 198        | 1710  | 2421             |
| 17    | 18   | 12        | 297   | 420              | 72         | 1782  | 2523             |
| 18    | 19   | 40        | 337   | 477              | 240        | 2022  | 2863             |
| 19    | 20   | 14        | 351   | 497              | 84         | 2106  | 2982             |
| 20    | 21   | 16        | 367   | 520              | 96         | 2202  | 3118             |
| 21    | 22   | 30        | 397   | 562              | 180        | 2382  | 3373             |
| 22    | 23   | 62        | 459   | 650              | 372        | 2754  | 3899             |

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.7.2. Dotación**

La dotación varía de lugar a lugar, esta indica la demanda de agua por persona y se expresa en litro por habitante al día (l/hab-día). El volumen de descarga de aguas residuales es directamente proporcional a la dotación de agua potable por habitante. Para la ciudad de Quetzaltenango la dotación es de 200 l/hab-día, dato proporcionado por la municipalidad.

### **2.1.7.3. Factor de retorno**

De la totalidad de las aguas residuales, de origen doméstico, se considera que regresan después de su utilización, este factor se encuentra entre 0,75 y 0,95. Este también depende de para qué fueron utilizadas, es por eso que para las aguas residuales de otro origen es necesario darles un pre tratamiento, idealmente antes de unificarlas.

Se utilizará un factor de retorno de 0,75.

### **2.1.7.4. Caudal que contribuye al sistema**

El caudal que contribuye al sistema está compuesto por todos los caudales que generan aguas residuales, como lo son: domiciliar, comercial, por conexiones ilícitas, por infiltración, entre otros. Además, en sistemas separativos y combinados es necesario considerar el caudal generado por aguas pluviales.

#### **2.1.7.4.1. Caudal domiciliar**

El caudal domiciliar depende de la población y la dotación en cada tramo del sistema de alcantarillado y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{dom} = \frac{Dot.* F.R.* Hab}{86\ 400}$$

Donde:

- $Q_{dom}$  = caudal domiciliar en l/s  
Dot = dotación de agua potable en l/hab-día  
F.R. = factor de Retorno (0,75)  
Hab = número de habitantes

Considerando el factor de retorno, la dotación y el número de habitantes se obtiene:

Tabla III. **Caudal domiciliario calculado actual y futuro**

| De<br>PV | A<br>PV | Caudal domiciliar<br>(l/s) |        |
|----------|---------|----------------------------|--------|
|          |         | Actual                     | Futuro |
| 1        | 2       | 0,0313                     | 0,0451 |
| 2        | 3       | 0,0729                     | 0,1042 |
| 3        | 4       | 0,3125                     | 0,4444 |
| 4        | 5       | 0,3958                     | 0,5625 |
| 5        | 6       | 0,5000                     | 0,7101 |
| 6        | 7       | 0,5521                     | 0,7847 |
| 7        | 8       | 0,5833                     | 0,8299 |
| 8        | 9       | 0,8438                     | 1,1997 |
| 9        | 10      | 1,0521                     | 1,4948 |
| 10       | 11      | 1,1771                     | 1,6719 |
| 11       | 12      | 1,5729                     | 2,2326 |
| 12       | 13      | 1,9792                     | 2,8090 |
| 13       | 14      | 2,1667                     | 3,0747 |
| 14       | 15      | 2,3854                     | 3,3854 |
| 15       | 16      | 2,6250                     | 3,7257 |
| 16       | 17      | 2,9688                     | 4,2135 |
| 17       | 18      | 3,0938                     | 4,3906 |
| 18       | 19      | 3,5104                     | 4,9809 |
| 19       | 20      | 3,6563                     | 5,1875 |
| 20       | 21      | 3,8229                     | 5,4236 |
| 21       | 22      | 4,1354                     | 5,8663 |
| 22       | 23      | 4,7813                     | 6,7813 |

Fuente: elaboración propia.



#### 2.1.7.4.2. Caudal comercial

Como su nombre lo indica, este caudal se genera de los comercios, comedores, restaurantes, hoteles. La dotación comercial depende del tipo de comercio que exista. La ecuación para determinar el caudal comercial es:

$$Q_{dom} = \frac{\sum(Dot_{com} * Cap_{com})}{86\ 400}$$

Donde:

|             |   |                                   |
|-------------|---|-----------------------------------|
| $Q_{dom}$   | = | Caudal domiciliar (l/s)           |
| $Dot_{com}$ | = | Dotación del comercio (l/hab/día) |
| $Cap_{com}$ | = | Capacidad del comercio (hab)      |

A lo largo de la longitud del proyecto no se encuentra ningún comercio que aporte a la línea, por lo que no hay caudal comercial.

#### 2.1.7.4.3. Caudal por infiltración

Este caudal se genera por las estructuras complementarias como los pozos de visita y candelas, pero también por malas juntas o fisuras a lo largo de la tubería, donde el agua subterránea o incluso del manto freático, se infiltra en el sistema. Se determina con un factor de seguridad entre 2 y 10 % del diámetro de la tubería por la longitud acumulada hasta el tramo que se está diseñando.

Se decidió tomar un factor del 2 %, así que el caudal de infiltración queda de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,02 * \emptyset * L$$

Donde:

- $Q_{inf}$  = caudal de infiltración  
 $\emptyset$  = diámetro de la tubería  
 L = longitud del tramo (km)

Por lo tanto, se obtiene:

Tabla IV. **Caudal de infiltración de pozo a pozo del proyecto**

| De PV | A PV | Caudal de infiltración |
|-------|------|------------------------|
| 1     | 2    | 0,0244                 |
| 2     | 3    | 0,0344                 |
| 3     | 4    | 0,0769                 |
| 4     | 5    | 0,1249                 |
| 5     | 6    | 0,1729                 |
| 6     | 7    | 0,1945                 |
| 7     | 8    | 0,2027                 |
| 8     | 9    | 0,2363                 |
| 9     | 10   | 0,2843                 |
| 10    | 11   | 0,3287                 |
| 11    | 12   | 0,3719                 |
| 12    | 13   | 0,4151                 |
| 13    | 14   | 0,4582                 |
| 14    | 15   | 0,5014                 |
| 15    | 16   | 0,5446                 |
| 16    | 17   | 0,5878                 |
| 17    | 18   | 0,6311                 |
| 18    | 19   | 0,6742                 |
| 19    | 20   | 0,7176                 |
| 20    | 21   | 0,7607                 |
| 21    | 22   | 0,8040                 |
| 22    | 23   | 0,8497                 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.5. Caudal sanitario

El caudal sanitario es la suma del caudal domiciliar, de infiltración, comercial, entre otros. Se utiliza para determinar el factor de caudal medio del sistema.

Tabla V. Caudal sanitario por trayecto

| De PV | A PV | Caudal domiciliar (l/s) |        | Caudal de Infiltración | Caudal sanitario Tramo |        |
|-------|------|-------------------------|--------|------------------------|------------------------|--------|
|       |      | Actual                  | Futuro |                        | Actual                 | Futuro |
| 1     | 2    | 0,0313                  | 0,0451 | 0,0244                 | 0,0557                 | 0,0695 |
| 2     | 3    | 0,0729                  | 0,1042 | 0,0344                 | 0,1073                 | 0,1386 |
| 3     | 4    | 0,3125                  | 0,4427 | 0,0769                 | 0,3894                 | 0,5196 |
| 4     | 5    | 0,3958                  | 0,5608 | 0,1249                 | 0,5207                 | 0,6857 |
| 5     | 6    | 0,5000                  | 0,7083 | 0,1729                 | 0,6729                 | 0,8812 |
| 6     | 7    | 0,5521                  | 0,7830 | 0,1945                 | 0,7466                 | 0,9775 |
| 7     | 8    | 0,5833                  | 0,8264 | 0,2027                 | 0,7860                 | 1,0291 |
| 8     | 9    | 0,8438                  | 1,1962 | 0,2363                 | 1,0801                 | 1,4325 |
| 9     | 10   | 1,0521                  | 1,4896 | 0,2843                 | 1,3364                 | 1,7739 |
| 10    | 11   | 1,1771                  | 1,6667 | 0,3287                 | 1,5058                 | 1,9954 |
| 11    | 12   | 1,5729                  | 2,2274 | 0,3719                 | 1,9448                 | 2,5993 |
| 12    | 13   | 1,9792                  | 2,8021 | 0,4151                 | 2,3943                 | 3,2172 |
| 13    | 14   | 2,1667                  | 3,0677 | 0,4582                 | 2,6249                 | 3,5259 |
| 14    | 15   | 2,3854                  | 3,3785 | 0,5014                 | 2,8868                 | 3,8799 |
| 15    | 16   | 2,6250                  | 3,7170 | 0,5446                 | 3,1696                 | 4,2616 |
| 16    | 17   | 2,9688                  | 4,2031 | 0,5878                 | 3,5566                 | 4,7909 |
| 17    | 18   | 3,0938                  | 4,3802 | 0,6311                 | 3,7249                 | 5,0113 |
| 18    | 19   | 3,5104                  | 4,9705 | 0,6742                 | 4,1846                 | 5,6447 |
| 19    | 20   | 3,6563                  | 5,1771 | 0,7176                 | 4,3739                 | 5,8947 |
| 20    | 21   | 3,8229                  | 5,4132 | 0,7607                 | 4,5836                 | 6,1739 |
| 21    | 22   | 4,1354                  | 5,8559 | 0,8040                 | 4,9394                 | 6,6599 |
| 22    | 23   | 4,7813                  | 6,7691 | 0,8497                 | 5,6310                 | 7,6188 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.6. Caudal pluvial

Es el caudal que se genera por el agua de lluvia. Para determinarlo se utilizó el método racional ya que el área no supera las 80 hectáreas, con la siguiente ecuación:

$$Q_{pluv} = \frac{cia}{360}$$

Donde:

- c = coeficiente de escorrentía
- i = intensidad de lluvia (mm/h)
- a = área tributaria (Ha)

El coeficiente de escorrentía se toma para representar que del total del agua llovida se infiltra en el suelo o se evapora. Este coeficiente depende de la superficie que se esté analizando. Mientras más impermeable sea la superficie, mayor es el valor del coeficiente de escorrentía.

Tabla VI. Valores para coeficiente de escorrentía comunes

| Superficie  | c           |
|---|-------------|
| Techos  | 0,70 – 0,95 |
| Pavimentos de concreto y asfalto                              | 0,85 – 0,90 |
| Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones | 0,75 – 0,85 |
| Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones  | 0,60 – 0,70 |
| Calles y banquetas de arena                                   | 0,15 – 0,30 |
| Calles sin pavimento, lotes desocupados, etc.                 | 0,10 – 0,30 |
| Parques, canchas, jardines, prados, etc.                      | 0,05 – 0,25 |
| Bosques y tierra cultivada                                    | 0,01 – 0,20 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a las características del lugar, se adoptó un coeficiente de 0,45 del pozo 1 al pozo 10, y un coeficiente de 0,30 del pozo 10 al pozo final.

#### **2.1.7.6.1. Tiempos de concentración**

El tiempo de concentración es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio. En tramos iniciales, el tiempo de concentración se estima de 5 minutos debido a la longitud del tramo.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estima por la siguiente ecuación:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{60 * v_{n-1}}$$

Donde:

- $t_n$  = tiempo de concentración hasta el tramo considerado (min)
- $t_{n-1}$  = tiempo de concentración hasta el tramo anterior (min)
- $L$  = longitud del tramo anterior (m)
- $v_{n-1}$  = velocidad a sección llena en el tramo anterior (m/s)

Cuando en un punto sean concurrentes dos o más ramales,  $t_{n-1}$  se tomará la del ramal que tenga el mayor tiempo de concentración.

#### **2.1.7.6.2. Intensidad de lluvia**

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia es medida en mm/h.

La estación del INSIVUMEH más cercana es la de Labor Ovalle, que pertenece a la cuenca Samalá y se ubica en Olinstepeque, Quetzaltenango. Su elevación es de 2 400m y en 35 años se registraron 98 tormentas.

La ecuación para determinar la intensidad de lluvia en mm/h es la siguiente:

$$i_{Tr} = \frac{A}{(t + B)^n}$$

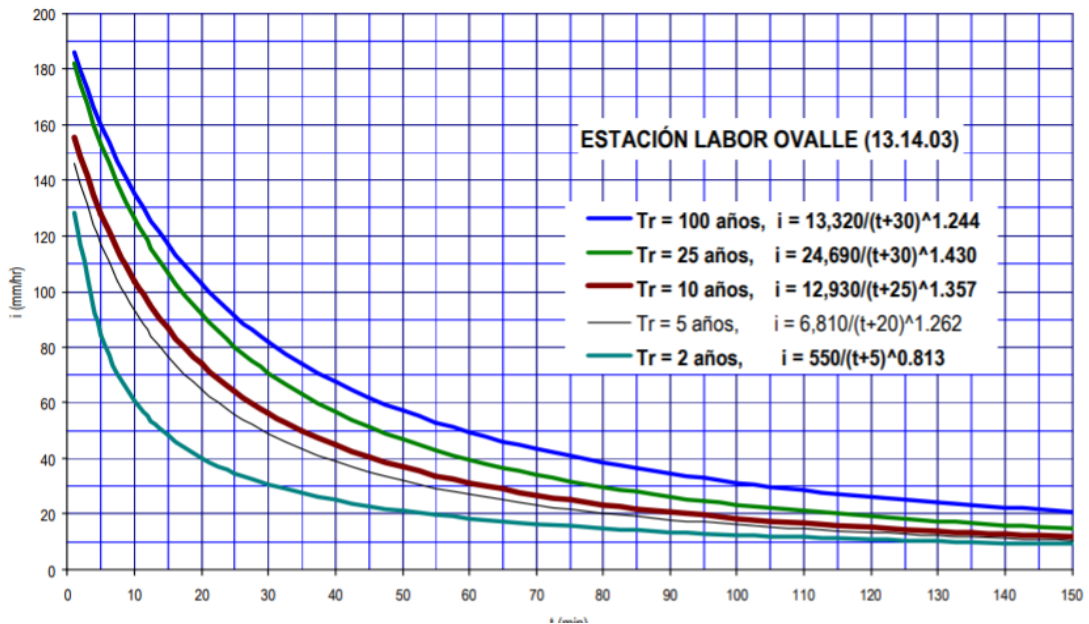
Donde A, B y n son parámetros de ajuste obtenidos mediante optimización no lineal.

Tabla VII. **Parámetros de ajuste para la estación Labor Ovalle**

| <b>Tr</b> | <b>2</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>20</b> | <b>25</b> | <b>30</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>A</b>  | 550      | 6 810    | 12 930    | 26 890    | 24 690    | 23 370    | 15 860    | 13 320     |
| <b>B</b>  | 5        | 20       | 25        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30         |
| <b>n</b>  | 0,813    | 1,262    | 1,357     | 1,458     | 1,43      | 1,412     | 1,294     | 1,244      |

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Familia de curvas duración-intensidad-frecuencia para la estación Labor Ovalle



Fuente: INSIVUMEH. *Familia de curvas duración-intensidad-frecuencia*.

<http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/INFORME%20de%20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf> fig.1. Consulta: enero de 2019.

20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf fig.1. Consulta: enero de 2019.

### 2.1.7.6.3. Áreas tributarias

Las áreas tributarias se determinan a partir de las cotas del terreno, ya que según sea la dirección que toma el agua se puede saber qué colector va a ser el que la va a transportar, y por lo tanto, el área que contribuye a cada tramo de tubería.

#### **2.1.7.6.4. Periodo de retorno a 50 años**

El periodo de retorno de un evento hidrológico, se define como el intervalo promedio de tiempo dentro del cual ese evento puede ser igualado o excedido una vez en promedio.

En cuanto mayor sea la importancia, la repercusión social, ecológica y económica de la obra, el periodo de retorno deberá ser mayor. Esto es debido a que entre más amplio sea el periodo de retorno, mayor va a ser la probabilidad de que un evento hidrológico se repita.

La ecuación para obtener la intensidad de lluvia en un periodo de retorno de 50 años es la siguiente:

$$i_{50} = \frac{15\ 860}{(t + 30)^{1,294}}$$

El cálculo del caudal pluvial se encuentra en el apéndice 1.

#### **2.1.7.7. Factor de caudal medio**

Es un factor que debe encontrarse entre 0,002 y 0,005, su función es regular la aportación de caudal en la tubería. Este se calcula tomando en cuenta lo que aporta cada habitante, más la suma de todos los demás caudales (doméstico, infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial), dividido entre la población total.

$$fqm = \frac{Q_{sanitario}}{Población}$$



El fqm calculado para este proyecto es:

$$fqm = \frac{7,6188}{3\ 899} = 0,0019$$

A pesar de ser un valor más cercano a 0,002, por la magnitud de este proyecto y la sugerencia del reglamento para el diseño y construcción de drenajes de EMPAGUA se decidió utilizar un fqm de 0,003.

#### **2.1.7.8. Factor de Harmon**

Este factor se utiliza para simular que múltiples accesorios se estén utilizando simultáneamente en un área. También cubre las horas pico, es decir cuando más se está utilizando el drenaje. Este factor es adimensional y se encuentra entre 1,5 y 4,5, según sea el tamaño de la población en un determinado tramo. La ecuación para determinarlo es:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\ 000}}}$$

Donde:

FH = factor de Harmon

P = población

Tabla VIII. **Factor de Harmon calculado para cada tramo, actual y futuro**

| De PV | A PV | Hab. Sevir |       |       | Factor de Harmon |      |
|-------|------|------------|-------|-------|------------------|------|
|       |      | Act.       | Acum. | Acum. | Act.             | Fut. |
| 1     | 2    | 18         | 18    | 26    | 4.39             | 4.36 |
| 2     | 3    | 24         | 42    | 60    | 4.33             | 4.30 |
| 3     | 4    | 138        | 180   | 255   | 4.16             | 4.11 |
| 4     | 5    | 48         | 228   | 323   | 4.13             | 4.06 |
| 5     | 6    | 60         | 288   | 408   | 4.09             | 4.02 |
| 6     | 7    | 30         | 318   | 451   | 4.07             | 4.00 |
| 7     | 8    | 18         | 336   | 476   | 4.06             | 3.99 |
| 8     | 9    | 150        | 486   | 689   | 3.98             | 3.90 |
| 9     | 10   | 120        | 606   | 858   | 3.93             | 3.84 |
| 10    | 11   | 72         | 678   | 960   | 3.90             | 3.81 |
| 11    | 12   | 228        | 906   | 1283  | 3.83             | 3.73 |
| 12    | 13   | 234        | 1140  | 1614  | 3.76             | 3.66 |
| 13    | 14   | 108        | 1248  | 1767  | 3.74             | 3.63 |
| 14    | 15   | 126        | 1374  | 1946  | 3.71             | 3.59 |
| 15    | 16   | 138        | 1512  | 2141  | 3.68             | 3.56 |
| 16    | 17   | 198        | 1710  | 2421  | 3.64             | 3.52 |
| 17    | 18   | 72         | 1782  | 2523  | 3.62             | 3.51 |
| 18    | 19   | 240        | 2022  | 2863  | 3.58             | 3.46 |
| 19    | 20   | 84         | 2106  | 2982  | 3.57             | 3.44 |
| 20    | 21   | 96         | 2202  | 3118  | 3.55             | 3.43 |
| 21    | 22   | 180        | 2382  | 3373  | 3.53             | 3.40 |
| 22    | 23   | 372        | 2754  | 3899  | 3.47             | 3.34 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.9. Caudal de diseño

Este caudal es el que transportará el sistema en cualquier punto de la red. Este determina las condiciones hidráulicas con las que se diseñará el alcantarillado. Se determina con la siguiente ecuación:

$$Q_{Dis} = fqm * F.H.* hab$$

Donde:

fqm = factor de caudal medio

F.H. = factor de Harmon

Hab = número de habitantes

Considerando que se tiene un caudal de ingreso al sistema de 586,74 l/s, dato proporcionado por la municipalidad, un factor de caudal medio de 0,003 y el número de habitantes se determinó el caudal de diseño:

Tabla IX. **Caudal de diseño para cada tramo, actual y futuro**

| De PV | A PV | Hab. Sevir |       |       | Factor de Harmon |      | Caudal Pluvial | Caudal de diseño Qdis |           |
|-------|------|------------|-------|-------|------------------|------|----------------|-----------------------|-----------|
|       |      | Act.       | Acum. | Acum. | Act.             | Fut. |                | Actual                | Futuro    |
| 1     | 2    | 18         | 18    | 26    | 4,39             | 4,36 | 19,7254        | 606,7025              | 606,8055  |
| 2     | 3    | 24         | 42    | 60    | 4,33             | 4,30 | 27,8355        | 615,1211              | 615,3495  |
| 3     | 4    | 138        | 180   | 255   | 4,16             | 4,11 | 61,7779        | 650,7643              | 651,6621  |
| 4     | 5    | 48         | 228   | 323   | 4,13             | 4,06 | 99,5842        | 689,1491              | 690,2583  |
| 5     | 6    | 60         | 288   | 408   | 4,09             | 4,02 | 13,9083        | 727,1821              | 728,5688  |
| 6     | 7    | 30         | 318   | 451   | 4,07             | 4,00 | 15,6156        | 744,2384              | 745,7676  |
| 7     | 8    | 18         | 336   | 476   | 4,06             | 3,99 | 15,9123        | 750,7448              | 752,3500  |
| 8     | 9    | 150        | 486   | 689   | 3,98             | 3,90 | 18,6053        | 778,1481              | 780,4066  |
| 9     | 10   | 120        | 606   | 858   | 3,93             | 3,84 | 22,8519        | 815,7366              | 818,4761  |
| 10    | 11   | 72         | 678   | 960   | 3,90             | 3,81 | 27,5643        | 868,2369              | 871,2771  |
| 11    | 12   | 228        | 906   | 1 283 | 3,83             | 3,73 | 323,3194       | 920,4693              | 924,4162  |
| 12    | 13   | 234        | 1 140 | 1 614 | 3,76             | 3,66 | 372,5303       | 972,1295              | 976,9920  |
| 13    | 14   | 108        | 1 248 | 1 767 | 3,74             | 3,63 | 421,0872       | 1021,8298             | 1027,0698 |
| 14    | 15   | 126        | 1 374 | 1 946 | 3,71             | 3,59 | 469,2422       | 1071,2748             | 1076,9406 |
| 15    | 16   | 138        | 1 512 | 2 141 | 3,68             | 3,56 | 516,8835       | 1120,3160             | 1126,4894 |
| 16    | 17   | 198        | 1 710 | 2 421 | 3,64             | 3,52 | 564,0118       | 1169,4250             | 1176,3176 |
| 17    | 18   | 72         | 1 782 | 2 523 | 3,62             | 3,51 | 610,7203       | 1216,8128             | 1224,0275 |
| 18    | 19   | 240        | 2 022 | 2 863 | 3,58             | 3,46 | 656,9539       | 1265,4102             | 1273,4118 |
| 19    | 20   | 84         | 2 106 | 2 982 | 3,57             | 3,44 | 702,9829       | 1312,2782             | 1320,4971 |
| 20    | 21   | 96         | 2 202 | 3 118 | 3,55             | 3,43 | 748,3318       | 1358,5231             | 1367,1560 |
| 21    | 22   | 180        | 2 382 | 3 373 | 3,53             | 3,40 | 793,5121       | 1405,4775             | 1414,6567 |
| 22    | 23   | 372        | 2 754 | 3 899 | 3,47             | 3,34 | 840,7948       | 1456,2039             | 1466,6028 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.10. Ecuación de Manning para flujo de canales

La ecuación fue desarrollada como una evolución de la ecuación de Chézy, por el Ingeniero irlandés Robert Manning en 1889 y se utiliza para determinar la velocidad en canales abiertos o tuberías que no funcionan a presión. Al conocer los requerimientos de la capacidad hidráulica de la tubería, se procede a determinar el área interna del tubo, ideal para el alcantarillado que está siendo diseñado.

La ecuación de Manning se define así:

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

Donde:

- V = velocidad
- $R_h$  = radio hidráulico
- S = pendiente
- N = coeficiente de rugosidad

Dicho coeficiente de rugosidad depende del material del que está hecha la tubería.

Con los parámetros de diseño se determinó la velocidad y el caudal a sección llena.

Tabla X. **Parámetros de diseño, velocidad y caudal a sección llena**

| De PV | A PV | $\emptyset$ | S tubo | Rugosidad | Sección Llena |              |
|-------|------|-------------|--------|-----------|---------------|--------------|
|       |      | Pulg        | %      | n         | Velocidad     | Caudal (l/s) |
| 1     | 2    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 2     | 3    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 3     | 4    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 4     | 5    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 5     | 6    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 6     | 7    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 7     | 8    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 8     | 9    | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 9     | 10   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 10    | 11   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 11    | 12   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 12    | 13   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 13    | 14   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 14    | 15   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 15    | 16   | 48          | 0,15   | 0,009     | 1,8466        | 2155,9055    |
| 16    | 17   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 17    | 18   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 18    | 19   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 19    | 20   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 20    | 21   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 21    | 22   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |
| 22    | 23   | 48          | 0,20   | 0,009     | 2,1323        | 2489,4603    |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.11. Relaciones hidráulicas

Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena, y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena. Estas relaciones deben cumplir con ciertas condiciones para que las tuberías no trabajen a presión, sino como un canal abierto. Estas relaciones parten de la relación de caudales  $q/Q$ , donde  $q$  es el caudal de diseño y  $Q$  es el caudal a sección llena. Indican que la relación de tirante/diámetro ( $d/D$ ), no debe ser

menor a 0,10, ni mayor a 0,75. También establece que la velocidad mínima es de 0,6 m/s y la máxima de 2,5 m/s.

Tabla XI. Relaciones hidráulicas

| De PV | A PV | Relaciones Actuales |        | Verificación Actual |    |       |    | Relaciones Futuras |        | Verificación Futura |    |       |    |
|-------|------|---------------------|--------|---------------------|----|-------|----|--------------------|--------|---------------------|----|-------|----|
|       |      | q/Q                 | v/V    | v (m/s)             | V  | d/D   | y  | q/Q                | v/V    | v (m/s)             | V  | d/D   | y  |
| 1     | 2    | 0,2814              | 0,8578 | 1,5841              | OK | 0,362 | OK | 0,2815             | 0,8578 | 1,5841              | OK | 0,362 | OK |
| 2     | 3    | 0,2853              | 0,8615 | 1,5908              | OK | 0,365 | OK | 0,2854             | 0,8615 | 1,5908              | OK | 0,365 | OK |
| 3     | 4    | 0,3019              | 0,8746 | 1,6151              | OK | 0,376 | OK | 0,3023             | 0,8758 | 1,6173              | OK | 0,377 | OK |
| 4     | 5    | 0,3197              | 0,8887 | 1,6410              | OK | 0,388 | OK | 0,3202             | 0,8898 | 1,6432              | OK | 0,389 | OK |
| 5     | 6    | 0,3373              | 0,9022 | 1,6659              | OK | 0,400 | OK | 0,3379             | 0,9022 | 1,6659              | OK | 0,400 | OK |
| 6     | 7    | 0,3452              | 0,9077 | 1,6762              | OK | 0,405 | OK | 0,3459             | 0,9077 | 1,6762              | OK | 0,405 | OK |
| 7     | 8    | 0,3482              | 0,9010 | 1,6803              | OK | 0,407 | OK | 0,3490             | 0,9099 | 1,6803              | OK | 0,407 | OK |
| 8     | 9    | 0,3609              | 0,9186 | 1,6962              | OK | 0,415 | OK | 0,3620             | 0,9196 | 1,6982              | OK | 0,416 | OK |
| 9     | 10   | 0,3784              | 0,9302 | 1,7177              | OK | 0,426 | OK | 0,3797             | 0,9312 | 1,7196              | OK | 0,427 | OK |
| 10    | 11   | 0,4027              | 0,9455 | 1,7459              | OK | 0,441 | OK | 0,4042             | 0,9465 | 1,7477              | OK | 0,442 | OK |
| 11    | 12   | 0,4270              | 0,9602 | 1,7731              | OK | 0,456 | OK | 0,4288             | 0,9611 | 1,7748              | OK | 0,457 | OK |
| 12    | 13   | 0,4509              | 0,9734 | 1,7975              | OK | 0,470 | OK | 0,4532             | 0,9752 | 1,8009              | OK | 0,472 | OK |
| 13    | 14   | 0,4740              | 0,9861 | 1,8209              | OK | 0,484 | OK | 0,4764             | 0,9878 | 1,8241              | OK | 0,486 | OK |
| 14    | 15   | 0,4969              | 0,9983 | 1,8434              | OK | 0,498 | OK | 0,4996             | 0,9992 | 1,8450              | OK | 0,499 | OK |
| 15    | 16   | 0,5196              | 1,0092 | 1,8636              | OK | 0,511 | OK | 0,5225             | 1,0108 | 1,8666              | OK | 0,513 | OK |
| 16    | 17   | 0,4698              | 0,9843 | 2,0988              | OK | 0,482 | OK | 0,5457             | 1,0212 | 2,1775              | OK | 0,526 | OK |
| 17    | 18   | 0,4888              | 0,9940 | 2,1195              | OK | 0,493 | OK | 0,5677             | 1,0312 | 2,1988              | OK | 0,539 | OK |
| 18    | 19   | 0,5083              | 1,0034 | 2,1395              | OK | 0,504 | OK | 0,5907             | 1,0408 | 2,2192              | OK | 0,552 | OK |
| 19    | 20   | 0,5271              | 1,0124 | 2,1588              | OK | 0,515 | OK | 0,6125             | 1,0499 | 2,2387              | OK | 0,565 | OK |
| 20    | 21   | 0,5457              | 1,0212 | 2,1775              | OK | 0,526 | OK | 0,6342             | 1,0586 | 2,2573              | OK | 0,578 | OK |
| 21    | 22   | 0,5646              | 1,0297 | 2,1956              | OK | 0,537 | OK | 0,6562             | 1,0663 | 2,2737              | OK | 0,590 | OK |
| 22    | 23   | 0,5849              | 1,0386 | 2,2146              | OK | 0,549 | OK | 0,6803             | 1,0748 | 2,2917              | OK | 0,604 | OK |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.8. Parámetros de diseño hidráulicos

Para la elaboración de un diseño hidráulico, se deben tomar en cuenta varios parámetros como el coeficiente de rugosidad, la velocidad mínima y máxima, el diámetro y la profundidad del colector, entre otros.

### 2.1.8.1. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad lo determina el material de la tubería a utilizar. Entre más grande sea la rugosidad del material, menor va a ser la velocidad del flujo.

Tabla XII. **Valores promedio del factor de rugosidad de Manning para varios materiales**

| Material             | n     |
|----------------------|-------|
| PVC/ADS              | 0,009 |
| Concreto acabado     | 0,012 |
| Concreto sin acabado | 0,014 |
| Hierro fundido       | 0,015 |
| Adrillo              | 0,016 |
| Acero remachado      | 0,018 |
| Metal corrugado      | 0,022 |
| Tierra               | 0,025 |
| Grava                | 0,029 |

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de rugosidad para las tuberías ADS es de 0,009.

### 2.1.8.2. Velocidades máximas y mínimas

Por la naturaleza del contenido de las tuberías, el INFOM sugiere tener una velocidad mínima para que no exista sedimentación en las tuberías y estas se obstruyan, y una velocidad máxima para que no existan rupturas o fallos en la tubería. Para que la tubería se auto limpie, requiere de una velocidad mínima de 0,60 m/s.

Cuando la pendiente del terreno es muy fuerte, la velocidad en la tubería aumenta y para que no ocasione abrasión o incluso rupturas, la velocidad máxima sugerida es de 2,5 m/s. De acuerdo a algunos fabricantes, la velocidad máxima puede ser hasta de 5,0 m/s.

En este proyecto la velocidad mínima permisible es de 0,60 m/s y la máxima de 2,5 m/s, para evitar la sedimentación de sólidos y garantizar la limpieza de la tubería.

#### **2.1.8.3. Diámetro de colector**

Los criterios de diseño de alcantarillado especifican que la tubería no puede ser menor de 15 cm (6") y para las conexiones domiciliarias no debe ser menor a 10 cm (4"). Para seleccionar el diámetro de la tubería se debe tomar en cuenta que la tubería siempre debe trabajar como un canal abierto, no como un conducto a presión, por lo que el tamaño de la tubería debe ser capaz de conducir el caudal a un máximo de 75 % de su capacidad y un mínimo del 10 % para evitar sedimentación.

La sección de tubería para este proyecto fue determinada tanto por el tamaño de la tubería anterior al pozo de aportación que es de 48", como el tamaño de la tubería siguiente al pozo de conexión que es de 48".

#### **2.1.8.4. Profundidad de colector**

La profundidad del colector la dicta principalmente la pendiente del terreno, el tamaño de la tubería y el tipo de tránsito que va a pasar por donde se encuentra la tubería. Además, la norma bajo la que fue fabricada la tubería también dicta la profundidad mínima.



La profundidad del colector es medida desde la superficie del terreno hasta la superficie superior externa del colector. No existe una profundidad máxima, pero es conveniente no profundizar mucho la tubería para no incrementar los gastos en la profundidad de los pozos de visita y el movimiento de tierras que esto implica.

Tabla XIII. **Profundidades mínimas de tubería**

| <b>Profundidad mínima de la cota invert para evitar rupturas (cm)</b> |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Diámetro</b>   | <b>8"</b> | <b>10"</b> | <b>12"</b> | <b>16"</b> | <b>18"</b> | <b>21"</b> | <b>24"</b> | <b>30"</b> | <b>36"</b> | <b>42"</b> | <b>48"</b> | <b>60"</b> |
| <b>Tráfico Normal</b>   | 122       | 128        | 133        | 141        | 150        | 158        | 166        | 184        | 199        | 214        | 225        | 255        |
| <b>Tráfico Pesado</b>   | 142       | 148        | 153        | 151        | 170        | 178        | 186        | 204        | 219        | 234        | 245        | 275        |

Fuente: Dirección de Drenajes de la Municipalidad de Quetzaltenango.

La profundidad de este proyecto la establece la profundidad del pozo inicial, que es de 4,10 m, lo que supera lo que el fabricante permite que es de 1,20 m.

#### **2.1.8.4.1. Ancho de zanja**

Para su fácil colocación y seguridad, se necesita hacer una excavación donde se debe considerar el tamaño de la tubería para determinar la profundidad y ancho que debe tener la zanja para ingresar la tubería. Cabe mencionar que, si la zanja se profundiza a más de 2 metros, la forma en la que la zanja debe ser es de forma trapezoidal.

Tabla XIV. **Ancho libre de zanjas según su profundidad y el diámetro de la tubería**

| Ø   | Hasta 1,30m | De 1,31m a 1,85m | De 1,86m a 2,35m | De 2,36m a 2,85m | De 2,86m a 3,35m | De 3,36m a 3,85m | De 3,86m a 4,35m | De 4,36m a 4,85m | De 4,86m a 5,35m | De 5,36m a 5,85m | De 5,86m en adelante |
|-----|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| 6"  | 60          | 60               | 65               | 65               | 70               | 70               | 75               | 75               | 75               | 80               | 80                   |
| 8"  | 60          | 60               | 65               | 65               | 70               | 70               | 75               | 75               | 75               | 80               | 80                   |
| 10" |             | 70               | 70               | 70               | 70               | 70               | 75               | 75               | 75               | 80               | 80                   |
| 12" |             | 75               | 75               | 75               | 75               | 75               | 75               | 75               | 75               | 80               | 80                   |
| 15" |             | 90               | 90               | 90               | 90               | 90               | 90               | 90               | 90               | 90               | 90                   |
| 18" |             | 110              | 110              | 110              | 110              | 110              | 110              | 110              | 110              | 110              | 110                  |
| 24" |             | 135              | 135              | 135              | 135              | 135              | 135              | 135              | 135              | 135              | 135                  |
| 36" |             |                  | 175              | 175              | 175              | 175              | 175              | 175              | 175              | 175              | 175                  |
| 48" |             |                  |                  | 210              | 210              | 210              | 210              | 210              | 210              | 210              | 210                  |
| 60" |             |                  |                  | 245              | 245              | 245              | 245              | 245              | 245              | 245              | 245                  |

Fuente: Dirección de Drenajes de la Municipalidad de Quetzaltenango.

Para la instalación de esta tubería, el ancho de la zanja debe de ser de 2,10 m.

#### 2.1.8.4.2. Volumen de excavación

El volumen de la excavación no es más que la sumatoria de los anchos de zanja por la longitud del tramo, más el área del diámetro del cilindro del pozo por la sumatoria de las alturas de los pozos de visita.

$$V_{exc} = \sum (A_z * L) + (A_{CPV} * \sum h_{pozo})$$

Donde:

- $V_{exc}$  = volumen de excavación
- $A_z$  = ancho de zanja
- $L$  = longitud del tramo
- $A_{CPV}$  = área del cilindro del pozo
- $h_{pozo}$  = profundidad del pozo

Tabla XV. **Excavación de pozos y tubería**

| De PV | A PV | Excavación m <sup>3</sup> |            |
|-------|------|---------------------------|------------|
|       |      | De PV                     | Tubería    |
| 1     | 2    | 51,5221                   | 204,9057   |
| 2     | 3    | 48,3061                   | 95,5633    |
| 3     | 4    | 54,6858                   | 557,6705   |
| 4     | 5    | 75,3131                   | 906,0686   |
| 5     | 6    | 108,4380                  | 1 186,3136 |
| 6     | 7    | 141,9777                  | 583,3000   |
| 7     | 8    | 155,1315                  | 224,8878   |
| 8     | 9    | 158,3579                  | 900,8323   |
| 9     | 10   | 154,0162                  | 1 198,4930 |
| 10    | 11   | 143,4353                  | 1 022,6212 |
| 11    | 12   | 132,2688                  | 929,5113   |
| 12    | 13   | 123,5793                  | 875,4950   |
| 13    | 14   | 116,3978                  | 825,1145   |
| 14    | 15   | 109,9807                  | 782,0966   |
| 15    | 16   | 103,9804                  | 736,6155   |
| 16    | 17   | 97,9424                   | 654,8059   |
| 17    | 18   | 87,0725                   | 669,3553   |
| 18    | 19   | 88,9953                   | 655,1000   |
| 19    | 20   | 87,1973                   | 665,0293   |
| 20    | 21   | 88,1186                   | 666,5306   |
| 21    | 22   | 88,8448                   | 671,0337   |
| 22    | 23   | 88,9862                   | 715,4974   |

Fuente: elaboración propia.

La excavación para los pozos de visita es de 2 304,55 m<sup>3</sup> y para la tubería es de 15 726,84 m<sup>3</sup>. La excavación total es de 18 031,39 m<sup>3</sup>.

### 2.1.8.4.3. Cotas invert

Las cotas invert son las cotas de nivel que determinan dónde se va a encontrar la parte inferior de la tubería que conecta a dos pozos de visita, de acuerdo al INFOM. Estas cotas de terreno y puntos de entrada y salida de la tubería en el alcantarillado se calculan de la siguiente manera:

$$CT_f = CT_i - (DH * S_{Tubería})$$

$$S_{Terreno} = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100$$

$$CI_i = CT_i - (H_{Tráfico} + E_{Tubería} + \emptyset)$$

$$CI_f = CI_i - DH * S_{Tubería}$$

$$CI_s = CI_f - 0,03$$

Donde:

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| $CT_f$        | = | cota de terreno final                             |
| $CT_i$        | = | cota de terreno inicial                           |
| $DH$          | = | distancia horizontal                              |
| $S_{Terreno}$ | = | pendiente del terreno                             |
| $CI_i$        | = | cota invert inicial                               |
| $CI_f$        | = | cota invert final                                 |
| $H_{Tráfico}$ | = | profundidad mínima de la tubería según el tráfico |
| $E_{Tubería}$ | = | espesor de tubería                                |
| $\emptyset$   | = | diámetro de tubería                               |

Tabla XVI. Cotas invert para cada tramo

| De PV | A PV | Cotas Terreno |         | DH (m) |         | S (%) Terreno | S tubo % | Cotas Invert |         |
|-------|------|---------------|---------|--------|---------|---------------|----------|--------------|---------|
|       |      | Inicio        | Final   | Tramo  | Acum.   |               |          | Salida       | Llegada |
| 1     | 2    | 446,595       | 446,271 | 25,383 | 25,383  | 1,28          | 0,15     | 442,495      | 442,457 |
| 2     | 3    | 446,271       | 446,733 | 10,457 | 35,840  | -4,42         | 0,15     | 442,427      | 442,411 |
| 3     | 4    | 446,733       | 448,278 | 44,310 | 80,150  | -3,49         | 0,15     | 442,381      | 442,315 |
| 4     | 5    | 448,278       | 450,809 | 50,000 | 130,150 | -5,06         | 0,15     | 442,285      | 442,210 |
| 5     | 6    | 450,809       | 453,373 | 50,000 | 180,150 | -5,13         | 0,15     | 442,180      | 442,105 |
| 6     | 7    | 453,373       | 454,356 | 22,500 | 202,650 | -4,37         | 0,15     | 442,075      | 442,041 |
| 7     | 8    | 454,356       | 454,570 | 8,498  | 211,148 | -2,52         | 0,15     | 442,011      | 441,998 |
| 8     | 9    | 454,570       | 454,142 | 35,000 | 246,148 | 1,22          | 0,15     | 441,968      | 441,916 |
| 9     | 10   | 454,142       | 453,195 | 50,000 | 296,148 | 1,89          | 0,15     | 441,886      | 441,811 |
| 10    | 11   | 453,195       | 452,207 | 46,265 | 342,412 | 2,14          | 0,15     | 441,781      | 441,711 |
| 11    | 12   | 452,207       | 451,418 | 45,009 | 387,421 | 1,75          | 0,15     | 441,681      | 441,614 |
| 12    | 13   | 451,418       | 450,749 | 45,009 | 432,430 | 1,49          | 0,15     | 441,584      | 441,516 |
| 13    | 14   | 450,749       | 450,141 | 44,894 | 477,324 | 1,35          | 0,15     | 441,486      | 441,419 |
| 14    | 15   | 450,141       | 449,566 | 45,009 | 522,333 | 1,28          | 0,15     | 441,389      | 441,322 |
| 15    | 16   | 449,566       | 448,988 | 45,005 | 567,338 | 1,28          | 0,15     | 441,292      | 441,224 |
| 16    | 17   | 448,988       | 448,003 | 45,001 | 612,339 | 2,19          | 0,20     | 441,194      | 441,104 |
| 17    | 18   | 448,003       | 448,036 | 45,007 | 657,346 | -0,07         | 0,20     | 441,074      | 440,984 |
| 18    | 19   | 448,036       | 447,773 | 44,957 | 702,303 | 0,59          | 0,20     | 440,954      | 440,864 |
| 19    | 20   | 447,773       | 447,726 | 45,161 | 747,464 | 0,10          | 0,20     | 440,834      | 440,744 |
| 20    | 21   | 447,726       | 447,664 | 44,893 | 792,357 | 0,14          | 0,20     | 440,714      | 440,624 |
| 21    | 22   | 447,664       | 447,555 | 45,125 | 837,481 | 0,24          | 0,20     | 440,594      | 440,504 |
| 22    | 23   | 447,555       | 447,525 | 47,675 | 885,156 | 0,06          | 0,20     | 440,474      | 440,378 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.9. Ubicación de pozos de visita

Según Normas del INFOM, se deben colocar en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetro s menores de 24".
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores, ramales iniciales.

A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24".

A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24".

En este proyecto se tiene la particularidad del terreno que no tiene pendiente, por lo que los pozos de visita no pueden distanciarse más de 50 m uno del otro.

#### **2.1.10. Profundidad de pozos de visita**

Esta se obtiene restándole a la cota invert de salida del pozo 0,15 m, que es el fondo del pozo y se utiliza como una base. Cuando las tuberías que llegan y salen del pozo de visita son del mismo diámetro, la cota invert como mínimo tiene que estar 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

Si la tubería es de distinto diámetro, la cota invert debe ser como mínimo, la diferencia entre ambos diámetros, por debajo de la cota invert de entrada. Si al pozo de visita llega más de una tubería y sale una, y son de distinto diámetro, le cota de salida tiene que estar 3 cm debajo de las tuberías que son del mismo diámetro, y se toma la que resulte más profunda.

Las profundidades de los pozos de visita para este proyecto varían desde los 3,50 m hasta 13,00 m. El pozo al que se conecta el proyecto tiene una profundidad de 7,15 m, por lo cual no puede profundizar la tubería.

Tabla XVII. **Profundidad de pozos de visita**

| De PV | A PV | Cotas Terreno |         | Cotas Invert |         | Altura de Pozo |        |
|-------|------|---------------|---------|--------------|---------|----------------|--------|
|       |      | Inicio        | Final   | Salida       | Llegada | Inicio         | Final  |
| 1     | 2    | 446,595       | 446,271 | 442,495      | 442,457 | 4,100          | 3,844  |
| 2     | 3    | 446,271       | 446,733 | 442,427      | 442,411 | 3,844          | 4,352  |
| 3     | 4    | 446,733       | 448,278 | 442,381      | 442,315 | 4,352          | 5,993  |
| 4     | 5    | 448,278       | 450,809 | 442,285      | 442,210 | 5,993          | 8,629  |
| 5     | 6    | 450,809       | 453,373 | 442,180      | 442,105 | 8,629          | 11,298 |
| 6     | 7    | 453,373       | 454,356 | 442,075      | 442,041 | 11,298         | 12,345 |
| 7     | 8    | 454,356       | 454,570 | 442,011      | 441,998 | 12,345         | 12,602 |
| 8     | 9    | 454,570       | 454,142 | 441,968      | 441,916 | 12,602         | 12,256 |
| 9     | 10   | 454,142       | 453,195 | 441,886      | 441,811 | 12,256         | 11,414 |
| 10    | 11   | 453,195       | 452,207 | 441,781      | 441,711 | 11,414         | 10,526 |
| 11    | 12   | 452,207       | 451,418 | 441,681      | 441,614 | 10,526         | 9,834  |
| 12    | 13   | 451,418       | 450,749 | 441,584      | 441,516 | 9,834          | 9,263  |
| 13    | 14   | 450,749       | 450,141 | 441,486      | 441,419 | 9,263          | 8,752  |
| 14    | 15   | 450,141       | 449,566 | 441,389      | 441,322 | 8,752          | 8,274  |
| 15    | 16   | 449,566       | 448,988 | 441,292      | 441,224 | 8,274          | 7,794  |
| 16    | 17   | 448,988       | 448,003 | 441,194      | 441,104 | 7,794          | 6,929  |
| 17    | 18   | 448,003       | 448,036 | 441,074      | 440,984 | 6,929          | 7,082  |
| 18    | 19   | 448,036       | 447,773 | 440,954      | 440,864 | 7,082          | 6,939  |
| 19    | 20   | 447,773       | 447,726 | 440,834      | 440,744 | 6,939          | 7,012  |
| 20    | 21   | 447,726       | 447,664 | 440,714      | 440,624 | 7,012          | 7,070  |
| 21    | 22   | 447,664       | 447,555 | 440,594      | 440,504 | 7,070          | 7,081  |
| 22    | 23   | 447,555       | 447,525 | 440,474      | 440,378 | 7,081          | 7,150  |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.11. Tragantes y otras estructuras necesarias

Los tragantes son estructuras de captación y recolección de las aguas pluviales. Existen básicamente tres tipos de tragantes:

- De acera
- De rejilla transversal
- De rejilla longitudinal

- Los tragantes se localizan bajo las siguientes condiciones:
  - En las partes bajas de un sistema o de un tramo de tubería.
  - A 3 m de la orilla de la acera que forma la esquina
  - Un tragante de acera se localiza por lo menos 100 m bajo una calle impermeabilizada, si la calle es de tierra no se colocan tragantes de acera.
  - Cuando el tirante de agua alcanza una altura de 0,10 m.

En estos proyectos se va a utilizar el tragante de esquina. Este tipo de tragante se debe colocar a una distancia mínima de 3 metros del borde de la calle. Los tragantes de acera se conectan a un pozo de visita, y cuentan con una tapadera de acceso.

- Desfogue

Los desfogues son estructuras donde se vierten las aguas servidas o pluviales. También son llamados lugares de descarga.

#### **2.1.12. Diseño hidráulico**

La tabla del diseño hidráulico se encuentra en el apéndice 2.

#### **2.1.13. Ejemplo de diseño de un tramo**

Con las características del PV 20 a PV 21, se diseñará el sistema de alcantarillado con los siguientes datos:



Tabla XVIII. **Parámetros de diseño para el tramo del PV 20 al PV 21, desfogue zona 5**

| Parámetros de diseño      |               |
|---------------------------|---------------|
| Tasa de crecimiento (INE) | 2,71 %        |
| Periodo de diseño         | 13 años       |
| CT de PV 20               | 447,726       |
| CT de PV 21               | 447,664       |
| DH                        | 44,893        |
| DH acumulada              | 792,357       |
| # casas del tramo         | 16            |
| # casas acumuladas        | 367           |
| Coefficiente de rugosidad | 0,009         |
| Dotación                  | 200 l/hab-día |
| Factor de retorno         | 0,75          |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de población

A partir del número de casas, considerando que hay 6 habitantes por casa se obtiene el número de habitantes del tramo:

$$P_0 = 16 * 6 = 96 \text{ hab}$$

Las acumuladas hasta el pozo 21 son:

$$P_0 = 367 * 6 = 2\ 202 \text{ hab}$$

Se calcula la población futura con la ecuación del método geométrico:

$$P_f = P_0 * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n = 2\ 207 * \left(1 + \frac{2,71}{100}\right)^{13} = 3\ 124 \text{ hab}$$

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S_{Terreno} = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{447,726 - 447,664}{44,893} * 100 = 0,14 \%$$

El fqm determinado para el proyecto es de 0,003, y se obtiene lo siguiente:

- Cálculo del factor de Harmon
  - Análisis de situación actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{2\,202}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{2\,202}{1\,000}}} = 3,55$$

- Análisis de situación futura

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{3\,124}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{3\,124}{1\,000}}} = 3,43$$

- Cálculo del caudal pluvial

A continuación se muestran los cálculos para determinar el caudal pluvial:

Tabla XIX. **Datos para el cálculo del caudal pluvial del PV 20 al PV 21.**

| Datos                                    |            |
|--|------------|
| Distancia horizontal                     | 44,893 m   |
| Área tributaria                          | 0,5189 Ha  |
| Coefficiente de escorrentía              | 0,3        |
| Tiempo de concentración de PV 19 a PV 20 | 18,3526    |
| Velocidad en el tramo anterior           | 2,2505 m/s |
| Intensidad de lluvia de PV 19 a PV 20    | 105,814    |
| Caudal acumulado hasta PV 20             | 702,98     |

Fuente: elaboración propia.

- Multiplicación del área por el coeficiente de escorrentía

$$(a * c) = 0,51889 * 0,3 = 0,16$$

- Determinación del tiempo de concentración

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{60 * v_{n-1}} = 18,0201 + \frac{44,893}{60 * 2,2505} = 18,3526 \text{ min}$$

El tiempo de concentración en el tramo es de 18,3526 minutos.

- Cálculo de la intensidad de lluvia

$$i_{50} = \frac{15\ 860}{(t + 30)^{1,294}} = \frac{15\ 860}{(18,3526 + 30)^{1,294}} = 104,873 \text{ mm/h}$$

La intensidad de lluvia en el tramo es de 104,873 mm/h.

- Cálculo del caudal en el tramo y el caudal acumulado

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a determinar el caudal en el tramo.

$$Q_{PV20-PV21} = \frac{cia}{360} = \frac{0,16 * 104,873}{360} * 1\ 000 = 45,35 \text{ l/s}$$

Para obtener el caudal acumulado hasta el PV 21 se suma lo acumulado anterior con el caudal del tramo.

$$Q_{Acumulado} = Q_{PV20-PV21} + Q_{Acumulado PV20} = 45,35 + 702,98 = 748,33 \text{ l/s}$$

El caudal acumulado hasta el pozo de visita es de 748,33 l/s. Al ser un drenaje combinado, es necesario considerar este caudal en el caudal de diseño para verificar que la tubería sea capaz de transportar el caudal total.

- Cálculo del caudal de diseño

El caudal de diseño para este caso particular por ser un sistema combinado debe considerar el caudal de aporte en el pozo inicial de 586,74 l/s y el caudal pluvial del tramo que es 748,3318 l/s.

- Análisis de situación actual

$$\begin{aligned} Q_{Dis} &= (f_{qm} * F.H.* hab) + Q_{pluvial} + Q_0 \\ &= (0,003 * 0,75 * 2\ 202) + 748,3318 + 586,74 = 1358,523 \text{ l/s} \end{aligned}$$

- Análisis de situación futura

$$Q_{Dis} = (fqm * F.H.* hab) + Q_{pluvial} + Q_0$$

$$= (0,003 * 0,75 * 3124) + 748,3318 + 586,74 = 1367,22 \text{ l/s}$$

- Cálculo de velocidad a sección llena

Para determinar la velocidad a sección llena se utilizó la ecuación de Manning, donde el factor 0,03249 se utiliza para las conversiones pertinentes del diámetro.

$$V = \frac{R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03249 * 48^{2/3} * \frac{0,20^{1/2}}{100}}{0,009} = 2,1323 \text{ m/s}$$

- Cálculo del caudal a sección llena

Para determinar el caudal a sección llena se utiliza la ecuación de continuidad:

$$Q_{lleno} = A * V = 1,1675 * 2,1323 = 2\ 489,4603 \text{ l/s}$$

- Cálculo de relaciones hidráulicas

Relación de caudales:

- Análisis de situación actual

$$\frac{q_{diseño}}{Q_{lleno}} = \frac{1\ 358,523}{2\ 489,4603} = 0,5457$$

- Análisis de situación futura

$$\frac{q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{1\,367,22}{2\,489,4603} = 0,6342$$

Al obtener los resultados se buscan en las tablas de relaciones hidráulicas, y se obtiene:

Tabla XX. **Valores de las relaciones hidráulicas**

| Relaciones Hidráulicas |        |            |        |
|------------------------|--------|------------|--------|
| Actual                 |        | Futuro     |        |
| <b>q/Q</b>             | 0,5457 | <b>q/Q</b> | 0,6342 |
| <b>v/V</b>             | 1,0212 | <b>v/V</b> | 1,0586 |
| <b>d/D</b>             | 0,5260 | <b>d/D</b> | 0,5780 |

Fuente: elaboración propia.

- Se calcula la velocidad de flujo:
  - Análisis de situación actual

$$v = \frac{v}{V} * V = 1,0212 * 2,1323 = 2,1775 \text{ m/s}$$

- Análisis de situación futura

$$v = \frac{v}{V} * V = 1,0586 * 2,1323 = 2,2573 \text{ m/s}$$

Se comparan los valores obtenidos con los parámetros hidráulicos para verificar que estén dentro de lo aceptable.

Tabla XXI. **Revisión de los parámetros hidráulicos**

| <b>Parámetros hidráulicos</b> |                 |                             |              |                     |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| <b>Periodo</b>                | <b>Relación</b> | <b>Parámetros de diseño</b> | <b>Valor</b> | <b>Verificación</b> |
| <b>Actual</b>                 | Velocidad       | $0,60 < v < 2,50$           | 2,1775       | Cumple              |
|                               | Tirante         | $0,10 < d < 0,75$           | 0,5260       | Cumple              |
| <b>Futuro</b>                 | Velocidad       | $0,60 < v < 2,50$           | 2,2573       | Cumple              |
|                               | Tirante         | $0,10 < d < 0,75$           | 0,5780       | Cumple              |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de cotas invert

El pozo 20 al ser un pozo intermedio tiene una cota invert de llegada de 440,744 m, por lo que la cota invert de llegada del pozo 21 es:

$$CI_f = CI_i - DH * S_{Tubería} = 440,744 - 44,893 * 0,20 = 440,714 \text{ m}$$

Y la cota invert de salida de ese pozo sería entonces:

$$CI_s = CI_f - 0,03 = 440,714 - 0,03 = 440,624 \text{ m}$$

#### **2.1.14. Propuesta de desfogue**

Para mitigar los daños al medio ambiente, se debe idear un punto de desfogue respetando las normas del Ministerio de Medio Ambiente. Las descargas deben tener un tratamiento adecuado antes de introducirlas al cuerpo receptor.

La tubería que se ha diseñado en el proyecto, es la tubería de desfogue de la ciudad de Quetzaltenango. El tramo se une a una tubería existente que conduce el agua hacia una planta de tratamiento.

#### **2.1.15. Planos**

Los planos del proyecto son: localización, ubicación, planta general del proyecto, perfil del eje central del proyecto, densidad de vivienda y detalles constructivos. Los planos constructivos se encuentran en el apéndice 3.

#### **2.1.16. Presupuesto**

El presupuesto fue elaborado contemplando renglones de trabajo, precios unitarios y costo por renglón de trabajo. De acuerdo a los requerimientos de la Municipalidad de Quetzaltenango se utilizó un 25 % de los costos directos para costos indirectos, que incluyen prestaciones laborales, administración y dirección técnica entre otras, obteniendo:



**Tabla XXII. Presupuesto para el desfogue del drenaje combinado de la zona 5**

PROYECTO: REHABILITACIÓN Y REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA RED DE DRENAJE COMBINADO DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO

UBICACIÓN: 13 calle y avenida Manuel Lisando Barillas, zona 5, Quetzaltenango, Quetzaltenango.

Fecha: nov-18

| Nº                              | Descripción                                 | Cantidad  | Unidad         | Costo Unitario | Costo/Total         |
|---------------------------------|---|-----------|----------------|----------------|---------------------|
| 1                               | Topografía general                          | 885,16    | ml             | Q 11,42        | Q 10 108,48         |
| 2                               | Trazo                                       | 1 858,31  | ml             | Q 1,28         | Q 2 378,63          |
| 3                               | Excavación de pozos y tubería               | 18 031,39 | m <sup>3</sup> | Q 56,27        | Q 1 014 626,31      |
| 4                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.51m a 4.00m   | 1,00      | Unidad         | Q 11 720.15    | Q 11 720,15         |
| 5                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.01m a 4.50m   | 2,00      | Unidad         | Q 14 081.12    | Q 28 162,24         |
| 6                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=5.51m a 6.00m   | 1,00      | Unidad         | Q 17 149.89    | Q 17 149,89         |
| 7                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=6.51m a 7.00m   | 2,00      | Unidad         | Q 20 243.11    | Q 40 486,22         |
| 8                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=7.01m a 7.50m   | 4,00      | Unidad         | Q 22 401.50    | Q 89 606,00         |
| 9                               | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=7.51m a 8.00m   | 1,00      | Unidad         | Q 24 753.88    | Q 24 753,88         |
| 10                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=8.01m a 8.50m   | 1,00      | Unidad         | Q 27 192.45    | Q 27 192,45         |
| 11                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=8.51m a 9.00m   | 2,00      | Unidad         | Q 29 915.23    | Q 59 830,46         |
| 12                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=9.01m a 9.50m   | 1,00      | Unidad         | Q 31 872.33    | Q 31 872,33         |
| 13                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=9.51m a 10.00m  | 1,00      | Unidad         | Q 34 122.87    | Q 34 122,87         |
| 14                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=10.51m a 11.00m | 1,00      | Unidad         | Q 36 291.04    | Q 36 291,04         |
| 15                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=11.01m a 11.50m | 2,00      | Unidad         | Q 38 642.11    | Q 77 284,22         |
| 16                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=12.01m a 12.50m | 2,00      | Unidad         | Q 41 807.28    | Q 83 614,56         |
| 17                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=12.51m a 13.00m | 1,00      | Unidad         | Q 43 096.66    | Q 43 096,66         |
| 18                              | Tubería ADS Ø 48"                           | 885,16    | ml             | Q 2 371.45     | Q 2 099 103,19      |
| 19                              | Relleno y compactación                      | 14 648,11 | m <sup>3</sup> | Q 63.65        | Q 932 352,20        |
| 20                              | Limpieza final                              | 3 383,28  | m <sup>3</sup> | Q 31.89        | Q 107 892,79        |
| <b>Costo Total del Proyecto</b> |   |           |                | <b>Q</b>       | <b>4 771 644,57</b> |

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Mejoramiento del alcantarillado sanitario de la 1ª calle de avenida Las Américas a 7ª avenida de la zona 10 de Quetzaltenango**

A continuación se detallan los pasos a seguir para el mejoramiento del alcantarillado existente en la 1ª. y 7ª. avenida Las Américas de la zona 10 de Quetzaltenango.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El diseño del sistema de alcantarillado separativo de la zona 10, mejorará la red de alcantarillado existente al reducir el caudal que va aguas abajo en el sistema de drenaje combinado. También, promoverá el crecimiento poblacional en esta área de una manera ordenada al tener un sistema eficiente.

Este proyecto pretende reducir el caudal que se integra a la red existente en zona 1, al tener un colector para aguas pluviales evitando las inundaciones generadas por la sobrecarga del alcantarillado existente. La longitud del proyecto es de 1 250 metros, y a futuro la población a servir se estima que sea de 11 355 habitantes. La ventaja principal de esta área es que aún no está pavimentada, por lo que la implementación de este sistema se facilita.

El sistema separativo para la zona 10 de Quetzaltenango, reducirá la saturación de la red existente de la zona 1, al separar los colectores y desfogar el agua pluvial al zanjón Calderón y así disminuir el caudal que desfoga en la zona 1, ya que la red actual se satura fácilmente en tiempo de lluvia.

El impacto aguas abajo de este proyecto es alto, ya que el caudal de escorrentía va a disminuir también, mejorando y evitando las inundaciones que se dan en el sector donde desfoga la tubería.

### **2.2.2. Descripción del sistema**

El sistema consiste en el alcantarillado separativo. La longitud aproximada del alcantarillado es de 1 243 m con 29 pozos. La longitud del alcantarillado pluvial es de aproximadamente 517 m, siendo menor que la del alcantarillado sanitario por la ubicación del desfogue.

En este proyecto se usará tubería de polietileno de alta densidad (A.D.S.), de 6" y 8" y de 36" para el alcantarillado pluvial.

El diámetro del cilindro de los pozos de visita para el alcantarillado sanitario debe ser de 1,20 m, y de 2 m para el alcantarillado pluvial.

### **2.2.3. Levantamiento topográfico**

Este proyecto tiene pendientes muy pronunciadas por lo que con el tiempo y aumento de caudal se podría generar abrasión en las tuberías. Este proyecto se conecta a la red principal, por lo que también se tomó de referencia una topografía previamente realizada como banco de marca.

### **2.2.4. Componentes del alcantarillado a diseñar**

Para diseñar un sistema de alcantarillado se debe contemplar un colector, pozo de visitas, conexiones domiciliarias, entre otros.

#### **2.2.4.1. Colector**

El colector principal del alcantarillado sanitario es de 1 243,03 m, de los cuales 577,164 m tienen un diámetro de tubería de 6" y los restantes 665,867 m

son de 8" de diámetro. El material a utilizar es A.D.S., que se fabrica bajo la norma DIN 16961, así como también ASTM D-1784, ASTM F-794 D-2564.

El alcantarillado pluvial tiene una longitud de 516,79 m y tiene 36" de diámetro en su totalidad.

#### **2.2.4.2. Pozos de visita**

El proyecto tiene un total de 40 pozos de visita, de los cuales 29 son para el alcantarillado sanitario con un diámetro de cilindro de 1,2 m y 11 son para el alcantarillado pluvial con un diámetro de cilindro de 2 m. Las paredes de los pozos serán construidas con ladrillos tayuyos de barro cocido, el fondo del pozo se hará con una fundición de concreto reforzado con varillas de acero de 1/2" en dos sentidos, la tapadera será de concreto reforzado con varillas de acero de 3/8" en dos sentidos y el brocal será de concreto reforzado con varillas de acero de 3/8" con eslabones de 1/4" cada 10 centímetros. Las profundidades varían desde 1,3 m de profundidad hasta los 5 m.

#### **2.2.4.3. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias deben ser como se describió en 2.1.4.3 y sus especificaciones se encuentran en el plano 9 del apéndice 6.

#### **2.2.5. Periodo de diseño**

De acuerdo a las normas del INFOM, los proyectos deben ser diseñados para 30 años. Ya que este proyecto no tiene limitaciones, el periodo de diseño es de 30 años. Debe tomarse en cuenta que para que el sistema funcione óptimamente se le tiene que dar el mantenimiento adecuado.

### **2.2.6. Población futura**

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$
$$P_f = 1\ 140 * \left(1 + \frac{2.71r}{100}\right)^{30}$$
$$P_f = 2\ 557 \text{ hab}$$

La población para la que se hará el diseño es una población futura de 2 557 habitantes.

### **2.2.7. Determinación de caudales**

Para determinar el caudal del sistema de alcantarillado, se debe tomar en cuenta la población, dotación, factor de retorno, los caudales entre otros.

#### **2.2.7.1. Población tributaria**

La población tributaria es la población que aporta a cada tramo de la tubería entre pozo y pozo de visita.

Tabla XXIII. **Población tributaria para cada tramo de diseño**

| De PV | A PV | No. Casas |       |              | Hab. Sevir |       |       |
|-------|------|-----------|-------|--------------|------------|-------|-------|
|       |      | Act.      | Acum. | Futuro acum. | Act.       | Acum. | Acum. |
| 1     | 2    | 32        | 32    | 71           | 192        | 192   | 429   |
| 2     | 3    | 13        | 45    | 100          | 78         | 270   | 603   |
| 3     | 4    | 7         | 52    | 116          | 42         | 312   | 696   |
| 4     | 5    | 4         | 56    | 125          | 24         | 336   | 750   |
| 5     | 6    | 7         | 63    | 141          | 42         | 378   | 844   |
| 6     | 7    | 2         | 65    | 145          | 12         | 390   | 870   |
| 7     | 8    | 3         | 68    | 152          | 18         | 408   | 911   |
| 8     | 9    | 11        | 79    | 176          | 66         | 474   | 1 058 |
| 9     | 10   | 5         | 84    | 187          | 30         | 504   | 1 125 |
| 10    | 11   | 6         | 90    | 201          | 36         | 540   | 1 205 |
| 11    | 12   | 13        | 103   | 230          | 78         | 618   | 1 379 |
| 12    | 13   | 8         | 111   | 248          | 48         | 666   | 1 486 |
| 13    | 14   | 2         | 113   | 252          | 12         | 678   | 1 513 |
| 14    | 15   | 1         | 114   | 254          | 6          | 684   | 1 526 |
| 15    | 16   | 3         | 117   | 261          | 18         | 702   | 1 566 |
| 16    | 17   | 2         | 119   | 265          | 12         | 714   | 1 593 |
| 17    | 18   | 4         | 123   | 274          | 24         | 738   | 1 647 |
| 18    | 19   | 3         | 126   | 281          | 18         | 756   | 1 687 |
| 19    | 20   | 2         | 128   | 285          | 12         | 768   | 1 713 |
| 20    | 21   | 8         | 136   | 303          | 48         | 816   | 1 821 |
| 21    | 22   | 9         | 145   | 323          | 54         | 870   | 1 941 |
| 22    | 23   | 5         | 150   | 335          | 30         | 900   | 2 008 |
| 23    | 24   | 4         | 154   | 343          | 24         | 924   | 2 061 |
| 24    | 25   | 8         | 162   | 361          | 48         | 972   | 2 168 |
| 25    | 26   | 6         | 168   | 375          | 36         | 1 008 | 2 249 |
| 26    | 27   | 5         | 173   | 386          | 30         | 1 038 | 2 316 |
| 27    | 28   | 9         | 182   | 406          | 54         | 1 092 | 2 436 |
| 28    | 29   | 8         | 190   | 424          | 48         | 1 140 | 2 543 |

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.7.2. Dotación**

La dotación para la ciudad de Quetzaltenango es de 200 l/hab-día.

### **2.2.7.3. Factor de retorno**

Se utilizará un factor de retorno de 0,75.

### **2.2.7.4. Caudal que contribuye al sistema**

Los caudales que contribuyen al sistema son los siguientes:

#### **2.2.7.4.1. Caudal domiciliar**

El caudal domiciliar del sistema es de 0,1875 l/s.

#### **2.2.7.4.2. Caudal comercial**

Este proyecto no cuenta con ningún comercio a lo largo de la línea.

#### **2.2.7.4.3. Caudal por infiltración**

El caudal de infiltración calculado se muestra en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Caudal de infiltración calculado para cada tramo**

| <b>De PV</b> | <b>A PV</b> | <b>Caudal de Infiltración</b> |
|--------------|-------------|-------------------------------|
| 1            | 2           | 0,0045                        |
| 2            | 3           | 0,0118                        |
| 3            | 4           | 0,0184                        |
| 4            | 5           | 0,0219                        |
| 5            | 6           | 0,0264                        |
| 6            | 7           | 0,0300                        |
| 7            | 8           | 0,0331                        |
| 8            | 9           | 0,0393                        |
| 9            | 10          | 0,0454                        |
| 10           | 11          | 0,0512                        |
| 11           | 12          | 0,0590                        |
| 12           | 13          | 0,0665                        |
| 13           | 14          | 0,0693                        |
| 14           | 15          | 0,0961                        |
| 15           | 16          | 0,1002                        |
| 16           | 17          | 0,1076                        |
| 17           | 18          | 0,1154                        |
| 18           | 19          | 0,1195                        |
| 19           | 20          | 0,1275                        |
| 20           | 21          | 0,1388                        |
| 21           | 22          | 0,1470                        |
| 22           | 23          | 0,1546                        |
| 23           | 24          | 0,1583                        |
| 24           | 25          | 0,1674                        |
| 25           | 26          | 0,1744                        |
| 26           | 27          | 0,1824                        |
| 27           | 28          | 0,1906                        |
| 28           | 29          | 0,1989                        |

Fuente: elaboración propia.



#### **2.2.7.5. Caudal sanitario**

El caudal sanitario del alcantarillado es de 4,6138 l/s.

#### **2.2.7.6. Factor de caudal medio**

El factor del caudal medio es:

$$f_{qm} = \frac{4,6138}{2\ 557} = 0,0018$$

Se utilizará un fqm de 0,002.

#### **2.2.7.7. Factor de Harmon**

A continuación en la tabla XXV se muestra el cálculo del Factor de Harmon.

Tabla XXV. **Factor de Harmon calculado para cada tramo, actual y futuro**

| De PV | A PV | Hab. Sevir |       |       | Factor de Harmond |      |
|-------|------|------------|-------|-------|-------------------|------|
|       |      | Act.       | Acum. | Acum. | Act.              | Fut. |
| 1     | 2    | 192        | 192   | 429   | 4,15              | 4,01 |
| 2     | 3    | 78         | 270   | 603   | 4,10              | 3,93 |
| 3     | 4    | 42         | 312   | 696   | 4,07              | 3,90 |
| 4     | 5    | 24         | 336   | 750   | 4,06              | 3,88 |
| 5     | 6    | 42         | 378   | 844   | 4,03              | 3,85 |
| 6     | 7    | 12         | 390   | 870   | 4,03              | 3,84 |
| 7     | 8    | 18         | 408   | 911   | 4,02              | 3,83 |
| 8     | 9    | 66         | 474   | 1 058 | 3,99              | 3,78 |
| 9     | 10   | 30         | 504   | 1 125 | 3,97              | 3,77 |
| 10    | 11   | 36         | 540   | 1 205 | 3,96              | 3,75 |
| 11    | 12   | 78         | 618   | 1 379 | 3,93              | 3,71 |
| 12    | 13   | 48         | 666   | 1 486 | 3,91              | 3,68 |
| 13    | 14   | 12         | 678   | 1 513 | 3,90              | 3,68 |
| 14    | 15   | 6          | 684   | 1 526 | 3,90              | 3,67 |
| 15    | 16   | 18         | 702   | 1 566 | 3,89              | 3,67 |
| 16    | 17   | 12         | 714   | 1 593 | 3,89              | 3,66 |
| 17    | 18   | 24         | 738   | 1 647 | 3,88              | 3,65 |
| 18    | 19   | 18         | 756   | 1 687 | 3,88              | 3,64 |
| 19    | 20   | 12         | 768   | 1713  | 3,87              | 3,64 |
| 20    | 21   | 48         | 816   | 1 821 | 3,86              | 3,62 |
| 21    | 22   | 54         | 870   | 1 941 | 3,84              | 3,60 |
| 22    | 23   | 30         | 900   | 2 008 | 3,83              | 3,58 |
| 23    | 24   | 24         | 924   | 2 061 | 3,82              | 3,58 |
| 24    | 25   | 48         | 972   | 2 168 | 3,81              | 3,56 |
| 25    | 26   | 36         | 1 008 | 2 249 | 3,80              | 3,55 |
| 26    | 27   | 30         | 1 038 | 2 316 | 3,79              | 3,54 |
| 27    | 28   | 54         | 1 092 | 2 436 | 3,78              | 3,52 |
| 28    | 29   | 48         | 1 140 | 2 543 | 3,76              | 3,50 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.8. Caudal de diseño

En la tabla XXVI se especifica el caudal de diseño para cada tramo, actual y futuro.

Tabla XXVI. Caudal de diseño para cada tramo, actual y futuro

| De PV | A PV | Hab. Sevir |       |      |       | Factor de Harmon |      | Caudal de diseño Qdis |         |
|-------|------|------------|-------|------|-------|------------------|------|-----------------------|---------|
|       |      | Act.       | Acum. | Fut. | Acum. | Act.             | Fut. | Actual                | Futuro  |
| 1     | 2    | 192        | 192   | 429  | 429   | 4,15             | 4,01 | 1,5936                | 3,4406  |
| 2     | 3    | 78         | 270   | 174  | 603   | 4,10             | 3,93 | 2,2140                | 4,7396  |
| 3     | 4    | 42         | 312   | 94   | 697   | 4,07             | 3,90 | 2,5397                | 5,4366  |
| 4     | 5    | 24         | 336   | 54   | 751   | 4,06             | 3,88 | 2,7283                | 5,8278  |
| 5     | 6    | 42         | 378   | 94   | 845   | 4,03             | 3,85 | 3,0467                | 6,5065  |
| 6     | 7    | 12         | 390   | 27   | 872   | 4,03             | 3,84 | 3,1434                | 6,6970  |
| 7     | 8    | 18         | 408   | 41   | 913   | 4,02             | 3,83 | 3,2803                | 6,9936  |
| 8     | 9    | 66         | 474   | 148  | 1 061 | 3,99             | 3,78 | 3,7825                | 8,0212  |
| 9     | 10   | 30         | 504   | 67   | 1 128 | 3,97             | 3,77 | 4,0018                | 8,5051  |
| 10    | 11   | 36         | 540   | 81   | 1 209 | 3,96             | 3,75 | 4,2768                | 9,0675  |
| 11    | 12   | 78         | 618   | 174  | 1 383 | 3,93             | 3,70 | 4,8575                | 10,2342 |
| 12    | 13   | 48         | 666   | 108  | 1 491 | 3,91             | 3,68 | 5,2081                | 10,9738 |
| 13    | 14   | 12         | 678   | 27   | 1 518 | 3,90             | 3,68 | 5,2884                | 11,1725 |
| 14    | 15   | 6          | 684   | 14   | 1 532 | 3,90             | 3,67 | 5,3352                | 11,2449 |
| 15    | 16   | 18         | 702   | 41   | 1 573 | 3,89             | 3,66 | 5,4616                | 11,5144 |
| 16    | 17   | 12         | 714   | 27   | 1 600 | 3,89             | 3,66 | 5,5549                | 11,7120 |
| 17    | 18   | 24         | 738   | 54   | 1 654 | 3,88             | 3,65 | 5,7269                | 12,0742 |
| 18    | 19   | 18         | 756   | 41   | 1 695 | 3,88             | 3,64 | 5,8666                | 12,3396 |
| 19    | 20   | 12         | 768   | 27   | 1 722 | 3,87             | 3,64 | 5,9443                | 12,5362 |
| 20    | 21   | 48         | 816   | 108  | 1 830 | 3,86             | 3,62 | 6,2995                | 13,2492 |
| 21    | 22   | 54         | 870   | 121  | 1 951 | 3,84             | 3,59 | 6,6816                | 14,0082 |
| 22    | 23   | 30         | 900   | 67   | 2 018 | 3,83             | 3,58 | 6,8940                | 14,4489 |
| 23    | 24   | 24         | 924   | 54   | 2 072 | 3,82             | 3,57 | 7,0594                | 14,7941 |
| 24    | 25   | 48         | 972   | 108  | 2 180 | 3,81             | 3,56 | 7,4066                | 15,5216 |
| 25    | 26   | 36         | 1 008 | 81   | 2 261 | 3,80             | 3,54 | 7,6608                | 16,0079 |
| 26    | 27   | 30         | 1 038 | 67   | 2 328 | 3,79             | 3,53 | 7,8680                | 16,4357 |
| 27    | 28   | 54         | 1 092 | 121  | 2 449 | 3,78             | 3,52 | 8,2555                | 17,2410 |
| 28    | 29   | 48         | 1 140 | 108  | 2 557 | 3,76             | 3,50 | 8,5728                | 17,8990 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.9. Ecuación de Manning para flujo de canales

En la tabla XXVII se describen los cálculos de la ecuación de Manning para flujo de canales.

Tabla XXVII. **Parámetros de diseño, velocidad y caudal a sección llena**

| De PV | A PV | $\varnothing$ | S tubo | Área Tubería   | Rugosidad | Sección Llena |              |
|-------|------|---------------|--------|----------------|-----------|---------------|--------------|
|       |      | Pulg          | %      | m <sup>2</sup> | n         | velocidad     | Caudal (l/s) |
| 1     | 2    | 6             | 6,00   | 0,0183         | 0,009     | 2,9198        | 53,4323      |
| 2     | 3    | 6             | 1,90   | 0,0183         | 0,009     | 1,6431        | 30,0687      |
| 3     | 4    | 6             | 1,30   | 0,0183         | 0,009     | 1,3591        | 24,8715      |
| 4     | 5    | 6             | 1,25   | 0,0183         | 0,009     | 1,3327        | 24,3884      |
| 5     | 6    | 6             | 2,00   | 0,0183         | 0,009     | 1,6857        | 30,8483      |
| 6     | 7    | 6             | 2,40   | 0,0183         | 0,009     | 1,8466        | 33,7928      |
| 7     | 8    | 6             | 4,75   | 0,0183         | 0,009     | 2,5979        | 47,5416      |
| 8     | 9    | 6             | 4,25   | 0,0183         | 0,009     | 2,4574        | 44,9704      |
| 9     | 10   | 6             | 6,55   | 0,0183         | 0,009     | 3,0507        | 55,8278      |
| 10    | 11   | 6             | 7,40   | 0,0183         | 0,009     | 3,2426        | 59,3396      |
| 11    | 12   | 6             | 6,10   | 0,0183         | 0,009     | 2,9440        | 53,8752      |
| 12    | 13   | 6             | 5,40   | 0,0183         | 0,009     | 2,7699        | 50,6892      |
| 13    | 14   | 6             | 6,75   | 0,0183         | 0,009     | 3,0969        | 56,6733      |
| 14    | 15   | 8             | 8,10   | 0,0325         | 0,009     | 4,1097        | 133,5653     |
| 15    | 16   | 8             | 7,95   | 0,0325         | 0,009     | 4,0715        | 132,3238     |
| 16    | 17   | 8             | 7,85   | 0,0325         | 0,009     | 4,0458        | 131,4885     |
| 17    | 18   | 8             | 7,60   | 0,0325         | 0,009     | 3,9808        | 129,3760     |
| 18    | 19   | 8             | 7,55   | 0,0325         | 0,009     | 3,9677        | 128,9503     |
| 19    | 20   | 8             | 7,40   | 0,0325         | 0,009     | 3,9281        | 127,6633     |
| 20    | 21   | 8             | 4,20   | 0,0325         | 0,009     | 2,9593        | 96,1773      |
| 21    | 22   | 8             | 3,15   | 0,0325         | 0,009     | 2,5628        | 83,2910      |
| 22    | 23   | 8             | 4,05   | 0,0325         | 0,009     | 2,9060        | 94,4450      |
| 23    | 24   | 8             | 4,40   | 0,0325         | 0,009     | 3,0290        | 98,4425      |
| 24    | 25   | 8             | 3,80   | 0,0325         | 0,009     | 2,8149        | 91,4843      |
| 25    | 26   | 8             | 2,55   | 0,0325         | 0,009     | 2,3059        | 74,9418      |
| 26    | 27   | 8             | 2,55   | 0,0325         | 0,009     | 2,3059        | 74,9418      |
| 27    | 28   | 8             | 1,70   | 0,0325         | 0,009     | 1,8827        | 61,1878      |
| 28    | 29   | 8             | 3,35   | 0,0325         | 0,009     | 2,6430        | 85,8975      |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.10. Relaciones hidráulicas

Para este proyecto las relaciones hidráulicas resultan como se presentan en la tabla XXVIII:

Tabla XXVIII. **Relaciones actuales y futuras con su respectiva verificación**

| De PV | A PV | Relaciones Actuales |        | Verificación Actual |    |       |    | Relaciones Futuras |        | Verificación Futura |    |       |    |
|-------|------|---------------------|--------|---------------------|----|-------|----|--------------------|--------|---------------------|----|-------|----|
|       |      | q/Q                 | v/V    | v (m/s)             | V  | d/D   | y  | q/Q                | v/V    | v (m/s)             | V  | d/D   | y  |
| 1     | 2    | 0,0298              | 0,4453 | 1,3000              | OK | 0,118 | OK | 0,0644             | 0,5598 | 1,6346              | OK | 0,171 | OK |
| 2     | 3    | 0,0736              | 0,5832 | 0,9583              | OK | 0,183 | OK | 0,1576             | 0,7290 | 1,1978              | OK | 0,268 | OK |
| 3     | 4    | 0,1021              | 0,6420 | 0,8725              | OK | 0,215 | OK | 0,2183             | 0,7998 | 1,0870              | OK | 0,317 | OK |
| 4     | 5    | 0,1119              | 0,6593 | 0,8786              | OK | 0,225 | OK | 0,2386             | 0,8198 | 1,0926              | OK | 0,332 | OK |
| 5     | 6    | 0,0988              | 0,6366 | 1,0732              | OK | 0,212 | OK | 0,2107             | 0,7915 | 1,3343              | OK | 0,311 | OK |
| 6     | 7    | 0,0930              | 0,6260 | 1,1560              | OK | 0,206 | OK | 0,1977             | 0,7776 | 1,4358              | OK | 0,301 | OK |
| 7     | 8    | 0,0690              | 0,5716 | 1,4851              | OK | 0,177 | OK | 0,1468             | 0,7135 | 1,8535              | OK | 0,258 | OK |
| 8     | 9    | 0,0841              | 0,6077 | 1,4934              | OK | 0,196 | OK | 0,1779             | 0,7544 | 1,8539              | OK | 0,285 | OK |
| 9     | 10   | 0,0717              | 0,5940 | 1,8120              | OK | 0,181 | OK | 0,1519             | 0,7212 | 2,2001              | OK | 0,263 | OK |
| 10    | 11   | 0,0721              | 0,5940 | 1,9259              | OK | 0,181 | OK | 0,1523             | 0,7212 | 2,3385              | OK | 0,263 | OK |
| 11    | 12   | 0,0902              | 0,6187 | 1,8215              | OK | 0,202 | OK | 0,1899             | 0,7690 | 2,2639              | OK | 0,295 | OK |
| 12    | 13   | 0,1027              | 0,6437 | 1,7831              | OK | 0,216 | OK | 0,2158             | 0,7970 | 2,2077              | OK | 0,315 | OK |
| 13    | 14   | 0,0933              | 0,6260 | 1,9388              | OK | 0,206 | OK | 0,1965             | 0,7762 | 2,4037              | OK | 0,300 | OK |
| 14    | 15   | 0,0399              | 0,4865 | 1,9992              | OK | 0,136 | OK | 0,0839             | 0,6059 | 2,4899              | OK | 0,195 | OK |
| 15    | 16   | 0,0413              | 0,4909 | 1,9986              | OK | 0,138 | OK | 0,0869             | 0,6132 | 2,4968              | OK | 0,199 | OK |
| 16    | 17   | 0,0422              | 0,4953 | 2,0038              | OK | 0,140 | OK | 0,0887             | 0,6169 | 2,4958              | OK | 0,201 | OK |
| 17    | 18   | 0,0443              | 0,5018 | 1,9976              | OK | 0,143 | OK | 0,0929             | 0,6242 | 2,4849              | OK | 0,205 | OK |
| 18    | 19   | 0,0455              | 0,5061 | 2,0081              | OK | 0,145 | OK | 0,0952             | 0,6297 | 2,4985              | OK | 0,208 | OK |
| 19    | 20   | 0,0466              | 0,5083 | 1,9965              | OK | 0,146 | OK | 0,0977             | 0,6349 | 2,4938              | OK | 0,211 | OK |
| 20    | 21   | 0,0655              | 0,5638 | 1,6684              | OK | 0,173 | OK | 0,1371             | 0,7008 | 2,0739              | OK | 0,250 | OK |
| 21    | 22   | 0,0802              | 0,5984 | 1,5336              | OK | 0,191 | OK | 0,1678             | 0,7425 | 1,9029              | OK | 0,277 | OK |
| 22    | 23   | 0,0730              | 0,5813 | 1,6893              | OK | 0,182 | OK | 0,1522             | 0,7212 | 2,0958              | OK | 0,263 | OK |
| 23    | 24   | 0,0717              | 0,5940 | 1,7991              | OK | 0,181 | OK | 0,1499             | 0,7181 | 2,1751              | OK | 0,261 | OK |
| 24    | 25   | 0,0810              | 0,6003 | 1,6897              | OK | 0,192 | OK | 0,1687             | 0,7425 | 2,0901              | OK | 0,277 | OK |
| 25    | 26   | 0,1022              | 0,6420 | 1,4803              | OK | 0,215 | OK | 0,2131             | 0,7943 | 1,8315              | OK | 0,313 | OK |
| 26    | 27   | 0,1050              | 0,6473 | 1,4926              | OK | 0,218 | OK | 0,2188             | 0,7998 | 1,8442              | OK | 0,317 | OK |
| 27    | 28   | 0,1349              | 0,6975 | 1,3133              | OK | 0,248 | OK | 0,2803             | 0,8578 | 1,6151              | OK | 0,362 | OK |
| 28    | 29   | 0,0998              | 0,6384 | 1,6873              | OK | 0,213 | OK | 0,2072             | 0,7874 | 2,0810              | OK | 0,308 | OK |

Fuente: elaboración propia.

## **2.2.8. Parámetros de diseño hidráulicos**

A continuación se describen los parámetros del diseño hidráulico que contiene:

### **2.2.8.1. Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad para esta tubería es de 0,009.

### **2.2.8.2. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad mínima es de 0,60 m/s y la máxima de 2,5 m/s. Para el diseño del drenaje pluvial se tomó la decisión de utilizar la velocidad máxima del fabricante que es de 5 m/s para no aumentar el diámetro del colector.

### **2.2.8.3. Diámetro del colector**

El diámetro del colector de la tubería para drenaje sanitario es de 6" en una longitud de 577 m y de 8" en una longitud de 666 m. En el drenaje pluvial el diámetro de la tubería es de 36" en toda su longitud.

### **2.2.8.4. Profundidad de colector**

Para el drenaje sanitario, en el primer tramo se profundizó la tubería 1,3 m para que a lo largo del drenaje no se tuviera pozos tan profundos. La profundidad del drenaje pluvial se determinó con la profundidad del drenaje sanitario, por lo que el primer pozo tiene una profundidad de 3,75 m.

#### **2.2.8.4.1. Ancho de zanja**

Para la instalación de la tubería del drenaje sanitario, el ancho de la zanja varía entre 0,60m y 0,75 m, dependiendo del tamaño de la tubería y la profundidad de los pozos de visita.

En el drenaje pluvial, por otro lado, el ancho de zanja debe de ser de 1,75 m.

Esto se establece por la normativa del INFOM en conjunto con los requerimientos de la Dirección de Drenajes de la Municipalidad de Quetzaltenango.

#### **2.2.8.4.2. Volumen de excavación**

Para el volumen de excavación se realiza una descripción en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Excavación de pozos de visita y tubería**

| De PV | A PV | Altura de Pozo |       | Excavación m <sup>3</sup> |          |
|-------|------|----------------|-------|---------------------------|----------|
|       |      | Inicio         | Final | PV                        | Tubería  |
| 1     | 2    | 1,300          | 1,297 | 5,8811                    | 28,907   |
| 2     | 3    | 1,297          | 1,400 | 5,8688                    | 51,6858  |
| 3     | 4    | 1,400          | 1,425 | 6,3343                    | 46,8857  |
| 4     | 5    | 1,425          | 1,455 | 6,4468                    | 25,6736  |
| 5     | 6    | 1,455          | 1,478 | 6,581                     | 33,2233  |
| 6     | 7    | 1,478          | 3,147 | 6,6864                    | 56,1178  |
| 7     | 8    | 3,147          | 3,175 | 14,2378                   | 57,3604  |
| 8     | 9    | 3,175          | 3,192 | 14,3639                   | 115,5092 |
| 9     | 10   | 3,192          | 3,453 | 14,4408                   | 122,2155 |
| 10    | 11   | 3,453          | 3,705 | 15,621                    | 125,4365 |
| 11    | 12   | 3,705          | 3,924 | 16,7589                   | 192,4623 |
| 12    | 13   | 3,924          | 4,196 | 17,7511                   | 194,8646 |
| 13    | 14   | 4,196          | 4,219 | 18,9837                   | 73,802   |
| 14    | 15   | 4,219          | 3,749 | 19,0885                   | 61,2093  |
| 15    | 16   | 3,749          | 3,809 | 16,623                    | 67,9237  |
| 16    | 17   | 3,809          | 3,883 | 17,2308                   | 136,0001 |
| 17    | 18   | 3,883          | 2,816 | 17,5657                   | 88,5935  |
| 18    | 19   | 2,816          | 1,697 | 12,738                    | 26,4798  |
| 19    | 20   | 1,697          | 1,918 | 7,6775                    | 57,4879  |
| 20    | 21   | 1,918          | 2,058 | 8,6764                    | 94,4499  |
| 21    | 22   | 2,058          | 2,074 | 9,309                     | 68,742   |
| 22    | 23   | 2,074          | 2,303 | 9,3825                    | 70,941   |
| 23    | 24   | 2,303          | 2,323 | 10,4193                   | 35,0565  |
| 24    | 25   | 2,323          | 2,332 | 10,5081                   | 86,1048  |
| 25    | 26   | 2,332          | 2,353 | 10,5506                   | 67,2051  |
| 26    | 27   | 2,353          | 2,473 | 10,6468                   | 80,1035  |
| 27    | 28   | 2,473          | 2,495 | 11,1882                   | 836884   |
| 28    | 29   | 2,495          | 2,473 | 11,2851                   | 82.9515  |

Fuente: elaboración propia.



El volumen de excavación de los pozos de visita es de 33,18 m<sup>3</sup> y de la tubería es de 2 231,08 m<sup>3</sup>. El volumen total de excavación es de 2 564,2651 m<sup>3</sup>.

#### 2.2.8.4.3. Cotas invert

En la tabla XXX se describen los cálculos de las cotas invert para cada tramo del proyecto.

Tabla XXX. Cotas invert para cada tramo

| A<br>PV | A<br>PV | Cotas Terreno |        | DH (m) |          | S (%)<br>Terreno | S tubo<br>% | Cotas Invert |         |
|---------|---------|---------------|--------|--------|----------|------------------|-------------|--------------|---------|
|         |         | Inicio        | Final  | Tramo  | Acum.    |                  |             | Salida       | Llegada |
| 1       | 2       | 92,497        | 90,236 | 37,138 | 37,138   | 6,09             | 6,00        | 91,197       | 88,969  |
| 2       | 3       | 90,236        | 89,064 | 61,522 | 98,660   | 1,91             | 1,90        | 88,939       | 87,770  |
| 3       | 4       | 89,064        | 88,346 | 54,835 | 153,495  | 1,31             | 1,30        | 87,664       | 86,951  |
| 4       | 5       | 88,346        | 87,978 | 29,414 | 182,909  | 1,25             | 1,25        | 86,921       | 86,553  |
| 5       | 6       | 87,978        | 87,222 | 37,464 | 220,373  | 2,02             | 2,00        | 86,523       | 85,774  |
| 6       | 7       | 87,222        | 86,503 | 29,718 | 250,091  | 2,42             | 2,40        | 85,744       | 85,031  |
| 7       | 8       | 86,503        | 85,275 | 25,808 | 275,899  | 4,76             | 4,75        | 83,355       | 82,129  |
| 8       | 9       | 85,275        | 83,065 | 51,694 | 327,593  | 4,28             | 4,25        | 82,099       | 79,902  |
| 9       | 10      | 83,065        | 79,735 | 50,563 | 378,156  | 6,59             | 6,55        | 79,872       | 76,560  |
| 10      | 11      | 79,735        | 76,146 | 48,372 | 426,528  | 7,42             | 7,40        | 76,280       | 72,700  |
| 11      | 12      | 76,146        | 72,128 | 65,399 | 491,927  | 6,14             | 6,10        | 72,439       | 68,450  |
| 12      | 13      | 72,128        | 68,763 | 61,916 | 553,843  | 5,43             | 5,40        | 68,201       | 64,858  |
| 13      | 14      | 68,763        | 67,182 | 23,321 | 577,164  | 6,78             | 6,75        | 64,562       | 62,988  |
| 14      | 15      | 67,182        | 64,505 | 23,321 | 600,485  | 11,48            | 8,10        | 62,958       | 61,069  |
| 15      | 16      | 64,505        | 62,509 | 25,476 | 625,961  | 7,83             | 7,95        | 60,751       | 58,725  |
| 16      | 17      | 62,509        | 58,887 | 46,701 | 672,662  | 7,76             | 7,85        | 58,695       | 55,029  |
| 17      | 18      | 58,887        | 53,823 | 48,406 | 721,068  | 10,46            | 7,60        | 54,999       | 51,320  |
| 18      | 19      | 53,823        | 50,711 | 26,005 | 747,073  | 11,97            | 7,55        | 51,002       | 49,039  |
| 19      | 20      | 50,711        | 47,016 | 49,957 | 797,030  | 7,40             | 7,40        | 49,009       | 45,312  |
| 20      | 21      | 47,016        | 44,160 | 70,615 | 867,645  | 4,04             | 4,20        | 45,093       | 42,127  |
| 21      | 22      | 44,160        | 42,540 | 50,992 | 918,637  | 3,18             | 3,15        | 42,097       | 40,491  |
| 22      | 23      | 42,540        | 40,609 | 47,387 | 966,024  | 4,07             | 4,05        | 40,461       | 38,542  |
| 23      | 24      | 40,609        | 39,577 | 23,219 | 989,243  | 4,44             | 4,40        | 38,300       | 37,278  |
| 24      | 25      | 39,577        | 37,398 | 56,800 | 1046,043 | 3,84             | 3,80        | 37,248       | 35,090  |
| 25      | 26      | 37,398        | 36,269 | 43,932 | 1089,975 | 2,57             | 2,55        | 35,060       | 33,940  |
| 26      | 27      | 36,269        | 34,985 | 49,830 | 1139,805 | 2,58             | 2,55        | 33,910       | 32,639  |
| 27      | 28      | 34,985        | 34,099 | 51,613 | 1191,418 | 1,72             | 1,70        | 32,506       | 31,628  |
| 28      | 29      | 34,099        | 32,348 | 51,613 | 1243,031 | 3,39             | 3,35        | 31,598       | 29,869  |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9. Ubicación de pozos de visita

Los pozos de visita se ubican en donde hay intersecciones, y cuando la pendiente cambia drásticamente para disminuir la velocidad.

### 2.2.10. Profundidad de pozos de visita

Las profundidades de los pozos de visita en el alcantarillado sanitario varían desde los 1,3 m hasta 4,5 m, el pozo de conexión tiene una profundidad de 2 95 m. En el alcantarillado pluvial varían de los 3,75 m hasta 5m.

Tabla XXXI. Alturas de pozos para el alcantarillado sanitario

| A<br>PV | Cotas Terreno |        | Cotas Invert |         | Altura de Pozo |       |
|---------|---------------|--------|--------------|---------|----------------|-------|
|         | Inicio        | Final  | Salida       | Llegada | Inicio         | Final |
| 2       | 92,497        | 90,236 | 91,197       | 88,969  | 1,300          | 1,297 |
| 3       | 90,236        | 89,064 | 88,939       | 87,770  | 1,297          | 1,400 |
| 4       | 89,064        | 88,346 | 87,664       | 86,951  | 1,400          | 1,425 |
| 5       | 88,346        | 87,978 | 86,921       | 86,553  | 1,425          | 1,455 |
| 6       | 87,978        | 87,222 | 86,523       | 85,774  | 1,455          | 1,478 |
| 7       | 87,222        | 86,503 | 85,744       | 85,031  | 1,478          | 3,148 |
| 8       | 86,503        | 85,275 | 83,355       | 82,129  | 3,148          | 3,176 |
| 9       | 85,275        | 83,065 | 82,099       | 79,902  | 3,176          | 3,193 |
| 10      | 83,065        | 79,735 | 79,872       | 76,560  | 3,193          | 3,455 |
| 11      | 79,735        | 76,146 | 76,280       | 72,700  | 3,455          | 3,707 |
| 12      | 76,146        | 72,128 | 72,439       | 68,450  | 3,707          | 3,927 |
| 13      | 72,128        | 68,763 | 68,201       | 64,858  | 3,927          | 4,201 |
| 14      | 68,763        | 67,182 | 64,562       | 62,988  | 4,201          | 4,224 |
| 15      | 67,182        | 64,505 | 62,958       | 61,069  | 4,224          | 3,754 |
| 16      | 64,505        | 62,509 | 60,751       | 58,725  | 3,754          | 3,814 |
| 17      | 62,509        | 58,887 | 58,695       | 55,029  | 3,814          | 3,888 |
| 18      | 58,887        | 53,823 | 54,999       | 51,320  | 3,888          | 2,821 |
| 19      | 53,823        | 50,711 | 51,002       | 49,039  | 2,821          | 1,702 |
| 20      | 50,711        | 47,016 | 49,009       | 45,312  | 1,702          | 1,923 |
| 21      | 47,016        | 44,160 | 45,093       | 42,127  | 1,923          | 2,063 |
| 22      | 44,160        | 42,540 | 42,097       | 40,491  | 2,063          | 2,079 |
| 23      | 42,540        | 40,609 | 40,461       | 38,542  | 2,079          | 2,309 |
| 24      | 40,609        | 39,577 | 38,300       | 37,278  | 2,309          | 2,329 |
| 25      | 39,577        | 37,398 | 37,248       | 35,090  | 2,329          | 2,338 |

Continuación de la tabla XXXI.

|    |        |        |        |        |       |       |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 26 | 37,398 | 36,269 | 35,060 | 33,940 | 2,338 | 2,359 |
| 27 | 36,269 | 34,985 | 33,910 | 32,639 | 2,359 | 2,479 |
| 28 | 34,985 | 34,099 | 32,506 | 31,628 | 2,479 | 2,501 |
| 29 | 34,099 | 32,348 | 31,598 | 29,869 | 2,501 | 2,479 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Altura de pozos para el alcantarillado pluvial**

| De<br>PV | A<br>PV | Cotas Terreno |        | Cotas Invert |         | Altura de Pozo |       |
|----------|---------|---------------|--------|--------------|---------|----------------|-------|
|          |         | Inicio        | Final  | Salida       | Llegada | Inicio         | Final |
| 1        | 2       | 92,882        | 89,110 | 89,132       | 86,965  | 3,750          | 3,418 |
| 2        | 3       | 89,110        | 88,316 | 85,692       | 84,546  | 3,418          | 3,808 |
| 3        | 4       | 88,316        | 87,866 | 84,508       | 83,783  | 3,808          | 4,118 |
| 4        | 5       | 87,866        | 86,579 | 83,748       | 82,734  | 4,118          | 4,969 |
| 5        | 6       | 86,579        | 83,236 | 81,610       | 80,286  | 4,969          | 4,076 |
| 6        | 7       | 83,236        | 79,713 | 79,160       | 77,507  | 4,076          | 4,180 |
| 7        | 8       | 79,713        | 76,143 | 75,533       | 73,993  | 4,180          | 4,690 |
| 8        | 9       | 76,143        | 72,354 | 71,453       | 70,197  | 4,690          | 3,394 |
| 9        | 10      | 72,354        | 72,205 | 68,960       | 68,798  | 3,394          | 4,644 |
| 10       | 11      | 72,205        | 71,259 | 67,561       | 67,68   | 4,644          | 4,191 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11. Caudal pluvial

La tabla final del cálculo del caudal pluvial se encuentra en el apéndice 4.

#### 2.2.11.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía promedio para cada tramo de la tubería según la superficie es de 0,5.

### 2.2.11.2. Intensidad de lluvia

En la tabla XXXII se muestran los cálculos de la intensidad de lluvia para cada tramo del proyecto.

Tabla XXXIII. **Intensidad de lluvia para cada tramo**

| De PV | A PV | Cotas Terreno |        | DH (m) | i        |
|-------|------|---------------|--------|--------|----------|
|       |      | Inicio        | Final  |        |          |
| 1     | 2    | 92,882        | 89,110 | 94,229 | 159,3232 |
| 2     | 3    | 89,110        | 88,316 | 57,272 | 157,7867 |
| 3     | 4    | 88,316        | 87,866 | 40,291 | 156,7992 |
| 4     | 5    | 87,866        | 86,579 | 56,324 | 156,0739 |
| 5     | 6    | 86,579        | 83,236 | 77,867 | 155,0699 |
| 6     | 7    | 83,236        | 79,713 | 51,668 | 153,6614 |
| 7     | 8    | 79,713        | 76,143 | 48,143 | 152,9884 |
| 8     | 9    | 76,143        | 72,354 | 59,767 | 152,3658 |
| 9     | 10   | 72,354        | 72,205 | 7,717  | 151,4208 |
| 10    | 11   | 72,205        | 71,259 | 23,509 | 151,2992 |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.11.2.1. Áreas tributarias

En la tabla XXXIV se muestran los cálculos de cada área tributaria para cada tramo del proyecto.

Tabla XXXIV. **Áreas tributarias para cada tramo**

| De PV | A PV | Cotas Terreno |        | DH (m) | S (%) Terreno | Área (Ha) |
|-------|------|---------------|--------|--------|---------------|-----------|
|       |      | Inicio        | Final  |        |               |           |
| 1     | 2    | 92,882        | 89,110 | 94,229 | 4,00          | 4,4550    |
| 2     | 3    | 89,110        | 88,316 | 57,272 | 1,39          | 5,1554    |
| 3     | 4    | 88,316        | 87,866 | 40,291 | 1,12          | 5,2897    |
| 4     | 5    | 87,866        | 86,579 | 56,324 | 2,28          | 5,2897    |
| 5     | 6    | 86,579        | 83,236 | 77,867 | 4,29          | 5,2897    |
| 6     | 7    | 83,236        | 79,713 | 51,668 | 6,82          | 3,0956    |
| 7     | 8    | 79,713        | 76,143 | 48,143 | 7,42          | 3,0956    |
| 8     | 9    | 76,143        | 72,354 | 59,767 | 6,34          | 5,1341    |
| 9     | 10   | 72,354        | 72,205 | 7,717  | 1,93          | 5,1341    |
| 10    | 11   | 72,205        | 71,259 | 23,509 | 4,02          | 5,1335    |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11.2.2. Tiempos de concentración

Para el primer tramo, el tiempo de concentración es de 5 minutos.

Tabla XXXV. **Tiempos de concentración para cada tramo**

| De PV | A PV | Cotas Terreno |        | DH (m) | S (%) Terreno | Área (Ha) | Tiempo concentración |
|-------|------|---------------|--------|--------|---------------|-----------|----------------------|
|       |      | Inicio        | Final  |        |               |           |                      |
| 1     | 2    | 92,882        | 89,110 | 94,229 | 4,00          | 4,4550    | 5,0000               |
| 2     | 3    | 89,110        | 88,316 | 57,272 | 1,39          | 5,1554    | 5,2631               |
| 3     | 4    | 88,316        | 87,866 | 40,291 | 1,12          | 5,2897    | 5,4346               |
| 4     | 5    | 87,866        | 86,579 | 56,324 | 2,28          | 5,2897    | 5,5618               |
| 5     | 6    | 86,579        | 83,236 | 77,867 | 4,29          | 5,2897    | 5,7396               |
| 6     | 7    | 83,236        | 79,713 | 51,668 | 6,82          | 3,0956    | 5,9925               |
| 7     | 8    | 79,713        | 76,143 | 48,143 | 7,42          | 3,0956    | 6,1148               |
| 8     | 9    | 76,143        | 72,354 | 59,767 | 6,34          | 5,1341    | 6,2288               |
| 9     | 10   | 72,354        | 72,205 | 7,717  | 1,93          | 5,1341    | 6,4034               |
| 10    | 11   | 72,205        | 71,259 | 23,509 | 4,02          | 5,1335    | 6,4260               |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11.2.3. Caudal

En la tabla XXXVI se muestran los cálculos del caudal por tramo y acumulado del proyecto.

Tabla XXXVI. **Caudal por tramo y acumulado**

| De PV | A PV | DH (m) | S (%) Terreno | Área (Ha) | Tiempo concentración | i        | (Q) q | Q Acumulado |
|-------|------|--------|---------------|-----------|----------------------|----------|-------|-------------|
| 1     | 2    | 94,229 | 4,00          | 4,4550    | 5,0000               | 159,3232 | 0,99  | 0,99        |
| 2     | 3    | 57,272 | 1,39          | 5,1554    | 5,2631               | 157,7867 | 1,13  | 2,12        |
| 3     | 4    | 40,291 | 1,12          | 5,2897    | 5,4346               | 156,7992 | 1,15  | 3,27        |
| 4     | 5    | 56,324 | 2,28          | 5,2897    | 5,5618               | 156,0739 | 1,15  | 4,41        |
| 5     | 6    | 77,867 | 4,29          | 5,2897    | 5,7396               | 155,0699 | 1,14  | 5,55        |
| 6     | 7    | 51,668 | 6,82          | 3,0956    | 5,9925               | 153,6614 | 0,66  | 6,21        |
| 7     | 8    | 48,143 | 7,42          | 3,0956    | 6,1148               | 152,9884 | 0,66  | 6,87        |
| 8     | 9    | 59,767 | 6,34          | 5,1341    | 6,2288               | 152,3658 | 1,09  | 7,96        |
| 9     | 10   | 7,717  | 1,93          | 5,1341    | 6,4034               | 151,4208 | 1,08  | 9,04        |
| 10    | 11   | 23,509 | 4,02          | 5,1335    | 6,4260               | 151,2992 | 1,08  | 10,12       |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.12. Pendiente de tubería

Con los datos obtenidos y al establecer un diámetro de tubería se determinó la pendiente de la tubería ideal.

Tabla XXXVII. Pendiente de tubería

| De PV | A PV | DH (m) | S (%) Terreno | Área (Ha) | S (%) Tubería |
|-------|------|--------|---------------|-----------|---------------|
| 1     | 2    | 94,229 | 4,00          | 4,4550    | 2,30          |
| 2     | 3    | 57,272 | 1,39          | 5,1554    | 2,00          |
| 3     | 4    | 40,291 | 1,12          | 5,2897    | 1,80          |
| 4     | 5    | 56,324 | 2,28          | 5,2897    | 1,80          |
| 5     | 6    | 77,867 | 4,29          | 5,2897    | 1,70          |
| 6     | 7    | 51,668 | 6,82          | 3,0956    | 3,20          |
| 7     | 8    | 48,143 | 7,42          | 3,0956    | 3,20          |
| 8     | 9    | 59,767 | 6,34          | 5,1341    | 2,10          |
| 9     | 10   | 7,717  | 1,93          | 5,1341    | 2,10          |
| 10    | 11   | 23,509 | 4,02          | 5,1335    | 2,10          |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.13. Diámetro de tubería

El diámetro de tubería calculado es de 36" para todo el proyecto. Esto es para que no exceda las velocidades de diseño del fabricante.

### 2.2.14. Velocidades y caudales a sección llena

En la tabla XXXVIII se muestran los cálculos de las velocidades y caudales a sección llena del proyecto.

Tabla XXXVIII. **Velocidades y caudales a sección llena**

| De PV | A PV | DH (m) | Área (Ha) | S (%) Tubería | Área Tubería | Rugosidad | Secc. Llena |         |
|-------|------|--------|-----------|---------------|--------------|-----------|-------------|---------|
|       |      |        |           |               |              | n         | V (m/s)     | Q (L/s) |
| 1     | 2    | 94,229 | 4,4550    | 2,30          | 0,6568       | 0,009     | 5,9691      | 3,9205  |
| 2     | 3    | 57,272 | 5,1554    | 2,00          | 0,6568       | 0,009     | 5,5662      | 3,6559  |
| 3     | 4    | 40,291 | 5,2897    | 1,80          | 0,6568       | 0,009     | 5,2805      | 3,4682  |
| 4     | 5    | 56,324 | 5,2897    | 1,80          | 0,6568       | 0,009     | 5,2805      | 3,4682  |
| 5     | 6    | 77,867 | 5,2897    | 1,70          | 0,6568       | 0,009     | 5,1318      | 3,3706  |
| 6     | 7    | 51,668 | 3,0956    | 3,20          | 0,6568       | 0,009     | 7,0407      | 4,6243  |
| 7     | 8    | 48,143 | 3,0956    | 3,20          | 0,6568       | 0,009     | 7,0407      | 4,6243  |
| 8     | 9    | 59,767 | 5,1341    | 2,10          | 0,6568       | 0,009     | 5,7036      | 3,7461  |
| 9     | 10   | 7,717  | 5,1341    | 2,10          | 0,6568       | 0,009     | 5,7036      | 3,7461  |
| 10    | 11   | 23,509 | 5,1335    | 2,10          | 0,6568       | 0,009     | 5,7036      | 3,7461  |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.15. Relaciones hidráulicas

En la tabla XXXIX se muestran los cálculos de las relaciones hidráulicas del proyecto.

Tabla XXXIX. **Relaciones hidráulicas**

| De PV | A PV | Secc. Llena |         | Relaciones hidráulicas |        | Verificación |    |       |         |
|-------|------|-------------|---------|------------------------|--------|--------------|----|-------|---------|
|       |      | V (m/s)     | Q (L/s) | q/Q                    | v/V    | v (m/s)      | V  | d/D   | Tirante |
| 1     | 2    | 5,9691      | 3.9205  | 0,2514                 | 0,8315 | 4,9633       | OK | 0,341 | OK      |
| 2     | 3    | 5,5662      | 3.6559  | 0,3090                 | 0,8805 | 4,9010       | OK | 0,381 | OK      |
| 3     | 4    | 5,2805      | 3.4682  | 0,3322                 | 0,8977 | 4,7403       | OK | 0,396 | OK      |
| 4     | 5    | 5,2805      | 3.4682  | 0,3306                 | 0,8966 | 4,7345       | OK | 0,395 | OK      |
| 5     | 6    | 5,1318      | 3.3706  | 0,3380                 | 0,9022 | 4,6299       | OK | 0,400 | OK      |
| 6     | 7    | 7,0407      | 4.6243  | 0,1429                 | 0,7087 | 4,9897       | OK | 0,255 | OK      |
| 7     | 8    | 7,0407      | 4.6243  | 0,1422                 | 0,7071 | 4,9785       | OK | 0,254 | OK      |
| 8     | 9    | 5,7036      | 3.7461  | 0,2900                 | 0,8651 | 4,9342       | OK | 0,368 | OK      |
| 9     | 10   | 5,7036      | 3.7461  | 0,2882                 | 0,8639 | 4,9273       | OK | 0,367 | OK      |
| 10    | 11   | 5,7036      | 3.7461  | 0,2880                 | 0,8639 | 4,9273       | OK | 0,367 | OK      |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.16. Cotas invert

En la tabla XL se muestran los cálculos de las cotas invert para cada tramo del proyecto.

Tabla XL. Cotas invert para cada tramo

| De PV | A PV | Cotas Terreno |        | DH (m) | S (%)<br>Tubería | Cotas Invert |         |
|-------|------|---------------|--------|--------|------------------|--------------|---------|
|       |      | Inicio        | Final  |        |                  | Salida       | Llegada |
| 1     | 2    | 92,882        | 89,110 | 94,229 | 2,30             | 89.132       | 86.965  |
| 2     | 3    | 89,110        | 88,316 | 57,272 | 2,00             | 85.692       | 84.546  |
| 3     | 4    | 88,316        | 87,866 | 40,291 | 1,80             | 84.508       | 83.783  |
| 4     | 5    | 87,866        | 86,579 | 56,324 | 1,80             | 83.748       | 82.734  |
| 5     | 6    | 86,579        | 83,236 | 77,867 | 1,70             | 81.610       | 80.286  |
| 6     | 7    | 83,236        | 79,713 | 51,668 | 3,20             | 79.160       | 77.507  |
| 7     | 8    | 79,713        | 76,143 | 48,143 | 3,20             | 75.533       | 73.993  |
| 8     | 9    | 76,143        | 72,354 | 59,767 | 2,10             | 71.453       | 70.197  |
| 9     | 10   | 72,354        | 72,205 | 7,717  | 2,10             | 68.960       | 68.798  |
| 10    | 11   | 72,205        | 71,259 | 23,509 | 2,10             | 67.561       | 67.068  |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.17. Ejemplo de diseño de un tramo

En la tabla XLI se muestran los parámetros de diseño para un tramo del proyecto.



Tabla XLI. **Parámetros de diseño para el tramo del PV 2 al PV 3**

| Parámetros de diseño      |               |
|---------------------------|---------------|
| Tasa de crecimiento (INE) | 2,71 %        |
| Periodo de diseño         | 30 años       |
| CT de PV 1                | 90,236 m      |
| CT de PV 2                | 89,064 m      |
| DH                        | 61,522 m      |
| DH acumulada              | 98,66 m       |
| # casas del tramo         | 13            |
| # casas acumuladas        | 45            |
| Coefficiente de rugosidad | 0,009         |
| Dotación                  | 200 l/hab-día |
| Factor de retorno         | 0,75          |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de población

A partir del número de casas, considerando que hay 6 habitantes por casa se obtiene el número de habitantes del tramo:

$$P_0 = 13 * 6 = 78 \text{ hab}$$

Las acumuladas hasta el pozo 2 son:

$$P_0 = 45 * 6 = 270 \text{ hab}$$

Se calcula la población futura con la ecuación del método geométrico:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n = 270 * \left(1 + \frac{2,71}{100}\right)^{13} = 603 \text{ hab}$$

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S_{Terreno} = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{90,236 - 89,064}{61,522} * 100 = 1,91 \%$$

- Cálculo del factor de Harmon

- Análisis de situación actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{270}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{270}{1\,000}}} = 4,10$$

- Análisis de situación futura

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{603}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{603}{1\,000}}} = 3,93$$

- Cálculo del caudal de diseño

- Análisis de situación actual

$$Q_{Dis} = (fqm * F.H.* hab) = (0,002 * 0,75 * 270) = 2,214 \text{ l/s}$$

- Análisis de situación futura

$$Q_{Dis} = (fqm * F.H.* hab) = (0,00 * 0,75 * 603) = 4,7396 \text{ l/s}$$

- Cálculo de velocidad a sección llena

Para determinar la velocidad a sección llena se utilizó la ecuación de Manning, donde el factor 0,03249 se utiliza para las conversiones pertinentes del diámetro.

$$V = \frac{R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03249 * 6^{\frac{2}{3}} * \frac{1,90^{\frac{1}{2}}}{100}}{0,009} = 1,6431 \text{ m/s}$$

- Cálculo del caudal a sección llena

Para determinar el caudal a sección llena se utiliza la ecuación de continuidad:

$$Q_{lleno} = A * V = 0,0183 * 1,6431 = 53,4323 \text{ l/s}$$

- Cálculo de relaciones hidráulicas

Relación de caudales:

- Análisis de situación actual

$$\frac{Q_{diseño}}{Q_{lleno}} = \frac{2,214}{53,4323} = 0,0736$$

- Análisis de situación futura

$$\frac{Q_{diseño}}{Q_{lleno}} = \frac{4,7396}{53,4323} = 0,1576$$

Los resultados se buscan en las tablas de relaciones hidráulicas:

Tabla XLII. **Valores de las relaciones hidráulicas**

| Relaciones Hidráulicas |  |        |        |        |
|------------------------|--|--------|--------|--------|
| Actual                 |  |        | Futuro |        |
| q/Q                    |  | 0,0736 | q/Q    | 0,1576 |
| v/V                    |  | 0,5832 | v/V    | 0,7290 |
| d/D                    |  | 0,1180 | d/D    | 0,2680 |

Fuente: elaboración propia.

- Se calcula la velocidad de flujo:
  - Análisis de situación actual

$$v = \frac{v}{V} * V = 0,58324 * 1,6431 = 0,9583 \text{ m/s}$$

- Análisis de situación futura

$$v = \frac{v}{V} * V = 0,728971 * 1,6431 = 1,1978 \text{ m/s}$$

Se comparan los valores obtenidos con los parámetros hidráulicos para verificar que estén dentro de lo aceptable:

Tabla XLIII. **Revisión de los parámetros hidráulicos**

| Verificación de los parámetros hidráulicos |           |                              |        |              |
|--|-----------|------------------------------|--------|--------------|
| Periodo                                    | Relación  | Parámetros de diseño (INFOM) | Valor  | Verificación |
| <b>Actual</b>                              | Velocidad | 0,60 < v < 2,50              | 0,9583 | Cumple       |
|  | Tirante   | 0,10 < d < 0,75              | 0,1180 | Cumple       |
| <b>Futuro</b>                              | Velocidad | 0,60 < v < 2,50              | 1,1978 | Cumple       |
|  | Tirante   | 0,10 < d < 0,75              | 0,2680 | Cumple       |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de cotas invert

El pozo 2 al ser un pozo intermedio tiene una cota invert de llegada de 89,969 m, por lo que la cota invert de salida del pozo 2 es:

$$CI_s = CI_f - 0,03 = 89,969 - 0,03 = 89,939 \text{ m}$$

Y la cota invert de llegada del pozo 3 sería entonces:

$$CI_f = CI_i - DH * S_{Tubería} = 89,939 - 61,522 * \frac{1,90}{100} = 87,770 \text{ m}$$

- Cálculo del caudal pluvial

Tabla XLIV. **Datos para el cálculo del caudal pluvial del PV 1 al PV 2.**

| Datos                                  |          |
|--|----------|
| Cota de terreno inicial                | 92,882 m |
| Cota de terreno final                  | 89,110 m |
| Distancia horizontal                   | 94,229 m |
| Área tributaria                        | 4,455 Ha |
| Coficiente de escorrentía              | 0,5      |
| Tiempo de concentración de PV 1 a PV 2 | 5 min    |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S_{Terreno} = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{92,882 - 89,110}{94,229} * 100 = 4,00\%$$

- Multiplicación del área por el coeficiente de escorrentía

$$(a * c) = 4,455 * 0,5 = 2,23$$

- Cálculo de la intensidad de lluvia

$$i_{50} = \frac{15\ 860}{(t + 30)^{1,294}} = \frac{15\ 860}{(5 + 30)^{1,294}} = 159,3232\ mm/h$$

La intensidad de lluvia en el tramo es de 159,3232 mm/h.

- Cálculo del caudal en el tramo

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a determinar el caudal en el tramo.

$$Q_{PV1-PV2} = \frac{cia}{360} = \frac{2,23 * 159,3232}{360} = 0,99\ m^3/s$$

Este caudal es también el caudal acumulado por ser el tramo inicial.

- Cálculo de la velocidad a sección llena

$$V = \frac{R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03249 * 36^{2/3} * \frac{2,30^{1/2}}{100}}{0,009} = 5,969\ m/s$$

- Cálculo del caudal a sección llena

$$Q_{lleno} = A * V = 0,6568 * 5,969 = 3,921\ l/s$$

- Relaciones hidráulicas

$$\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{0,99}{3,921} = 0,2514$$

Al obtener los resultados se buscan en las tablas de relaciones hidráulicas, y se obtiene:

Tabla XLV. **Valores de las relaciones hidráulicas**

| Relaciones Hidráulicas |        |
|------------------------|--------|
| q/Q                    | 0,2514 |
| v/V                    | 0,8315 |
| d/D                    | 0,3410 |

Fuente: elaboración propia.

- Se calcula la velocidad de flujo:

$$v = \frac{v}{V} * V = 0,8315 * 5,969 = 4,9633 \text{ m/s}$$

Se comparan los valores obtenidos con los parámetros hidráulicos para verificar que estén dentro de lo aceptable:

Tabla XLVI. **Revisión de los parámetros hidráulicos**

| Verificación de los parámetros hidráulicos |                              |        |              |
|--|------------------------------|--------|--------------|
| Relación                                   | Parámetros de diseño (INFOM) | Valor  | Verificación |
| <b>Velocidad</b>                           | 0,60 < v < 5,00              | 4,9633 | Cumple       |
| <b>Tirante</b>                             | 0,10 < d < 0,75              | 0,3410 | Cumple       |

Fuente: elaboración propia.

En este caso, se permite que la velocidad máxima sea de 5 m/s por las especificaciones del fabricante.

- Cotas invert

Por ser un pozo inicial, la cota invert de salida va a estar dada por la profundidad que se quiera que tenga el primer pozo, por lo tanto:

$$CI_s = CI_{Terreno} - 3,75 = 89,132 \text{ m}$$

La cota invert de llegada del pozo 2 sería entonces:

$$CI_f = CI_i - DH * S_{Tubería} = 89,132 - 94,229 * \frac{2,30}{100} = 89,965 \text{ m}$$

### **2.2.18. Propuesta de desfogue**

A continuación se describe la propuesta de desfogue.

#### **2.2.18.1. Puntos de desfogue**

El desfogue será a continuación del pozo de visita 11 del alcantarillado pluvial, con las especificaciones que se encuentran en el plano 10 del apéndice 6.

El alcantarillado sanitario desfoga en la red de alcantarillado existente de la ciudad.



### **2.2.18.2. Cuerpos receptores**

El cuerpo receptor del alcantarillado pluvial es el zanjón Calderón que tiene una profundidad de 4,45 m. Este zanjón atraviesa la ciudad y desfoga en el río Bolas.

El cuerpo receptor del alcantarillado sanitario es la red existente, conectándose en el pozo de visita 29, cuya profundidad es de 2,95 m.

### **2.2.18.3. Estructuras para el desfogue**

El desfogue será un canal de concreto que desemboque en el zanjón Calderón. En el apéndice 6 se encuentran los detalles del desfogue dentro de los planos.

### **2.2.19. Propuesta de tratamiento**

En el caso del alcantarillado sanitario, la línea se une a la red existente de la ciudad, y esta línea se dirige hacia la PTAR. El drenaje pluvial desfoga en el zanjón sin ser contaminado, por lo que no requiere de ningún tratamiento previo.

### **2.2.20. Planos**

Los planos constructivos consisten en: localización, ubicación, planta general del proyecto, perfil del eje central, densidad de vivienda, perfil del drenaje pluvial, planta del drenaje pluvial y detalles constructivos. Los planos se encuentran en el apéndice 6.

## 2.2.21. Presupuesto

En la tabla XLVII se muestra el presupuesto del proyecto.

Tabla XLVII. **Mejoramiento del alcantarillado pluvial de la 1ª calle de avenida las américas a 7ª avenida de la zona 10 del municipio de Quetzaltenango**

| PROYECTO: REHABILITACIÓN Y REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA RED DE DRENAJE COMBINADO DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO |   |          |        |                |                     |               |
|--|---|----------|--------|----------------|---------------------|---------------|
| UBICACIÓN: 13 calle y avenida Manuel Lisando Barillas, zona 5, Quetzaltenango, Quetzaltenango.                                 |   |          |        |                |                     |               |
|  |   |          |        |                |                     | Fecha: nov-18 |
| Nº   | Descripción                                 | Cantidad | Unidad | Costo Unitario | Costo/Total         |               |
| 1  | Topografía general                          | 516,79   | ml     | Q 12,16        | Q 6 284,16          |               |
| 2  | Trazo                                       | 1 077,58 | ml     | Q 1,47         | Q 1 584,04          |               |
| 3  | Excavación de pozos y tubería               | 2 415,11 | m³     | Q 56,27        | Q135 898,23         |               |
| 4  | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.001m a 3.500m | 2,00     | Unidad | Q 11 802,38    | Q 23 604,76         |               |
| 5  | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.501m a 4.000m | 2,00     | Unidad | Q 14 024,66    | Q 28 049,32         |               |
| 6  | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.001m a 4.500m | 4,00     | Unidad | Q 16 462,02    | Q 65 848,08         |               |
| 7  | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.501m a 5.000m | 3,00     | Unidad | Q 14 230,67    | Q 42 692,01         |               |
| 8  | Desfogue                                    | 1,00     | Unidad | Q 1 980,20     | Q 1 980,20          |               |
| 9  | Tubería ADS 36"                             | 516,79   | ml.    | Q 1 748,49     | Q903 602,14         |               |
| 10   | Relleno y compactación                      | 1 871,66 | m³     | Q 63,65        | Q119 131,15         |               |
| 11   | Limpieza final                              | 543,45   | m³     | Q 31,89        | Q 17 330,62         |               |
| <b>Costo Total del Proyecto</b>  |   |          |        | <b>Q</b>       | <b>1 346 004,71</b> |               |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLVIII. Mejoramiento del alcantarillado sanitario de la 1ª calle de avenida las américas a 7ª avenida de la zona 10 del municipio de Quetzaltenango**

| PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL DRENAJE SANITARIO DE LA 1A. CALLE DE AVENIDA LAS AMÉRICAS A 7A. AVENIDA DE LA ZONA 10 DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO<br>UBICACIÓN: 1a. calle de avenida Las Américas a 7a. avenida, zona 10, Quetzaltenango, Quetzaltenango. |   |          |        |   |                |                     |        |
|--|---|----------|--------|---|----------------|---------------------|--------|
|  |   |          |        |   |                | Fecha:              | nov-18 |
| Nº   | Descripción                                 | Cantidad | Unidad |   | Costo Unitario | Costo/Total         |        |
| 1  | Topografía general                          | 1 243,03 | ml     | Q | 11,14          | Q 13 847,36         |        |
| 2  | Trazo                                       | 2 598,06 | ml     | Q | 1,30           | Q 3 377,48          |        |
| 3  | Excavación de pozos y tubería               | 2 529,13 | m³     | Q | 56,27          | Q142 314,14         |        |
| 4  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=1.001m a 1.500m | 6,00     | Unidad | Q | 2 875,01       | Q 17 250,06         |        |
| 5  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=1.501m a 2.000m | 2,00     | Unidad | Q | 6 587,25       | Q 13 174,50         |        |
| 6  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=2.001m a 2.500m | 7,00     | Unidad | Q | 9 984,42       | Q 69 890,94         |        |
| 7  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=2.501m a 3.000m | 2,00     | Unidad | Q | 10 306,01      | Q 20 612,02         |        |
| 8  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=3.001m a 3.500m | 4,00     | Unidad | Q | 11 869,70      | Q 47 478,80         |        |
| 9  | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=3.501m a 4.000m | 5,00     | Unidad | Q | 13 921,33      | Q 69 606,65         |        |
| 10   | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=4.001m a 4.500m | 2,00     | Unidad | Q | 16 238,66      | Q 32 477,32         |        |
| 11   | Tubería ASTM F-949 6"                       | 577,16   | ml.    | Q | 381,06         | Q219 934,11         |        |
| 12   | Tubería ASTM F-949 8"                       | 665,87   | ml.    | Q | 569,61         | Q379 284,50         |        |
| 13   | Relleno y compactación                      | 2 200,22 | m³     | Q | 63,65          | Q140 044,00         |        |
| 14   | Limpieza final                              | 328,91   | m³     | Q | 31,89          | Q 10 488,93         |        |
| <b>Costo Total del Proyecto</b>  |   |          |        |   | <b>Q</b>       | <b>1 179 780,81</b> |        |

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Cronograma de ejecución

En la tabla XLIX se muestran los cronograma del proyecto.

Tabla XLIX. **Cronograma de ejecución para el sistema de desfogue de la zona 5 de Quetzaltenango**

| Renglón                        | Descripción                                 | Cantidad  | Unidad | Costo Unitario | Costo/Total         | MESES        |              |               |               |               |
|--------------------------------|---|-----------|--------|----------------|---------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                                |   |           |        |                |                     | 1            | 2            | 3             | 4             | 5             |
| 1                              | Topografía general                          | 885,16    | ml     | Q 11,42        | Q 10 108,48         |              |              |               |               |               |
| 2                              | Trazo                                       | 1858,31   | ml     | Q 1,28         | Q 2 378,63          |              |              |               |               |               |
| 3                              | Excavación de pozos y tubería               | 18031,39  | m³     | Q 56,27        | Q1 014 626,31       |              |              |               |               |               |
| 4                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.51m a 4.00m   | 1,00      | Unidad | Q 11 720,15    | Q 11 720,15         |              |              |               |               |               |
| 5                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.01m a 4.50m   | 2,00      | Unidad | Q 14 081,12    | Q 28 162,24         |              |              |               |               |               |
| 6                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=5.51m a 6.00m   | 1,00      | Unidad | Q 17 149,89    | Q 17 149,89         |              |              |               |               |               |
| 7                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=6.51m a 7.00m   | 2,00      | Unidad | Q 20 243,11    | Q 40 486,22         |              |              |               |               |               |
| 8                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=7.01m a 7.50m   | 4,00      | Unidad | Q 22 401,50    | Q 89 606,00         |              |              |               |               |               |
| 9                              | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=7.51m a 8.00m   | 1,00      | Unidad | Q 24 753,88    | Q 24 753,88         |              |              |               |               |               |
| 10                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=8.01m a 8.50m   | 1,00      | Unidad | Q 27 192,45    | Q 27 192,45         |              |              |               |               |               |
| 11                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=8.51m a 9.00m   | 2,00      | Unidad | Q 29 915,23    | Q 59 830,46         |              |              |               |               |               |
| 12                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=9.01m a 9.50m   | 1,00      | Unidad | Q 31 872,33    | Q 31 872,33         |              |              |               |               |               |
| 13                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=9.51m a 10.00m  | 1,00      | Unidad | Q 34 122,87    | Q 34 122,87         |              |              |               |               |               |
| 14                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=10.51m a 11.00m | 1,00      | Unidad | Q 36 291,04    | Q 36 291,04         |              |              |               |               |               |
| 15                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=11.01m a 11.50m | 2,00      | Unidad | Q 38 642,11    | Q 77 284,22         |              |              |               |               |               |
| 16                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=12.01m a 12.50m | 2,00      | Unidad | Q 41 807,28    | Q 83 614,56         |              |              |               |               |               |
| 17                             | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=12.51m a 13.00m | 1,00      | Unidad | Q 43 096,66    | Q 43 096,66         |              |              |               |               |               |
| 18                             | Tubería ADS Ø 48"                           | 885,16    | ml     | Q 2 371,45     | Q2 099 103,19       |              |              |               |               |               |
| 19                             | Relleno y compactación                      | 14 648,11 | m³     | Q 63,65        | Q 932 352,20        |              |              |               |               |               |
| 20                             | Limpieza final                              | 3 383,28  | m³     | Q 31,89        | Q 107 892,79        |              |              |               |               |               |
|                                |   |           |        | <b>Q</b>       | <b>4 771 644,57</b> | 100.00 %     |              |               |               |               |
| <b>Inversión</b>               |   |           |        |                |                     | Q 264 954,37 | Q 456 573,55 | Q1 465 869,36 | Q1 465 869,36 | Q1 118 377,92 |
| <b>Porcentaje de Inversión</b> |   |           |        |                |                     | 5.55 %       | 9.57 %       | 30.72 %       | 30.72 %       | 23.44 %       |

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Cronograma de ejecución del sistema de alcantarillado sanitario de la zona 10 de Quetzaltenango**

| Renglón                 | Descripción                                 | Cantidad | Unidad         | Costo Unitario | Costo/Total         | MESES       |              |              |              |              |
|-------------------------|---|----------|----------------|----------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         |   |          |                |                |                     | 1           | 2            | 3            | 4            | 5            |
| 1                       | Topografía general                          | 1 243,03 | ml             | Q 11,14        | Q 13 847,36         |             |              |              |              |              |
| 2                       | Trazo                                       | 2 598,06 | ml             | Q 1,30         | Q 3 377,48          |             |              |              |              |              |
| 3                       | Excavación de pozos y tubería               | 2 529,13 | m <sup>3</sup> | Q 56,27        | Q 142 314,14        |             |              |              |              |              |
| 4                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=1.001m a 1.500m | 6,00     | Unidad         | Q 2 875,01     | Q 17 250,06         |             |              |              |              |              |
| 5                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=1.501m a 2.000m | 2,00     | Unidad         | Q 6 587,25     | Q 13 174,50         |             |              |              |              |              |
| 6                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=2.001m a 2.500m | 7,00     | Unidad         | Q 9 984,42     | Q 69 890,94         |             |              |              |              |              |
| 7                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=2.501m a 3.000m | 2,00     | Unidad         | Q 10 306,01    | Q 20 612,02         |             |              |              |              |              |
| 8                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=3.001m a 3.500m | 4,00     | Unidad         | Q 11 869,70    | Q 47 478,80         |             |              |              |              |              |
| 9                       | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=3.501m a 4.000m | 5,00     | Unidad         | 13 921,33      | Q 69 606,65         |             |              |              |              |              |
| 10                      | Pozos de visita, Ø=1.20m, h=4.001m a 4.500m | 2,00     | Unidad         | 16 238,66      | Q 32 477,32         |             |              |              |              |              |
| 11                      | Tubería ASTM F-949 6"                       | 577,16   | ml.            | 381,06         | Q 219 934,11        |             |              |              |              |              |
| 12                      | Tubería ASTM F-949 8"                       | 665,87   | ml.            | Q 569,61       | Q 379 284,50        |             |              |              |              |              |
| 13                      | Relleno y compactación                      | 2 200,22 | m <sup>3</sup> | Q 63,65        | Q 140 044,00        |             |              |              |              |              |
| 14                      | Limpieza final                              | 328,91   | m <sup>3</sup> | Q 31,89        | Q 10 488,93         |             |              |              |              |              |
|                         |   |          |                | <b>Q</b>       | <b>2 160 241,79</b> |             |              |              |              | 100.00%      |
| Inversión               |   |          |                |                |                     | Q 15 536,10 | Q 194 273,74 | Q 365 694,50 | Q 365 694,50 | Q 238 581,96 |
| Porcentaje de inversión |   |          |                |                |                     | 1.32 %      | 16.47 %      | 31.00 %      | 31.00 %      | 20.22 %      |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Cronograma de ejecución del sistema de alcantarillado pluvial de la zona 10 de Quetzaltenango**

|                         |   | MEJORAMIENTO DEL DRENAJE SANITARIO DE 1 CALLE DE AVENIDA LAS AMÉRICAS A 7 AVENIDA DE LA ZONA 10 DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO |                |             |                     | MESES          |              |              |                 |   |
|-------------------------|---|---|----------------|-------------|---------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|---|
|                         |   | R.  | Descripción    | Cantidad    | Unidad              | Costo Unitario | Costo/Total  | 1            | 2               | 3 |
| 1                       | Topografía general                          | 516,79  | ml             | Q 12,16     | Q 6 284,16          |                |              |              |                 |   |
| 2                       | Trazo                                       | 1 077,58  | ml             | Q 1,47      | Q 1 584,04          |                |              |              |                 |   |
| 3                       | Excavación de pozos y tubería               | 2 415,11  | m <sup>3</sup> | Q 56,27     | Q 135 898,23        |                |              |              |                 |   |
| 4                       | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.001m a 3.500m | 2,00  | Unidad         | Q 11 802,38 | Q 23 604,76         |                |              |              |                 |   |
| 5                       | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=3.501m a 4.000m | 2,00  | Unidad         | Q 14 024,66 | Q 28 049,32         |                |              |              |                 |   |
| 6                       | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.001m a 4.500m | 4,00  | Unidad         | Q 16 462,02 | Q 65 848,08         |                |              |              |                 |   |
| 7                       | Pozos de visita, Ø=2.00m, h=4.501m a 5.000m | 3,00  | Unidad         | Q 14 230,67 | Q 42 692,01         |                |              |              |                 |   |
| 8                       | Desfogue                                    | 1,00  | Unidad         | Q 1 980,20  | Q 1 980,20          |                |              |              |                 |   |
| 9                       | Tubería ADS 36"                             | 516,79  | ml.            | Q 1 748,49  | Q 903 602,14        |                |              |              |                 |   |
| 10                      | Relleno y compactación                      | 1 871,66  | m <sup>3</sup> | Q 63,65     | Q 119 131,15        |                |              |              |                 |   |
| 11                      | Limpieza final                              | 543,45  | m <sup>3</sup> | Q 31,89     | Q 17 330,62         |                |              |              |                 |   |
| <b>Q</b>                |   |   |                |             | <b>1 346 004,71</b> |                |              |              | <b>100,00 %</b> |   |
| Inversión,              |   |   |                |             |                     | Q 7 076,18     | Q 440 400,58 | Q 439 608,56 | Q 458 919,38    |   |
| Porcentaje de inversión |   |   |                |             |                     | 0.53 %         | 32.72 %      | 32.66 %      | 34.09 %         |   |

Fuente: elaboración propia.

## 2.4. Evaluación de impacto ambiental inicial

En la tabla LII se muestra el diagnóstico ambiental actividades de bajo impacto ambiental del proyecto.

Tabla LII. **Diagnóstico ambiental actividades de bajo impacto ambiental**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,  
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN   |
|--|---|
| <p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Diagnóstico Ambiental (DA), colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt</li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul> | <p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p> |
| <p><b>I. INFORMACION LEGAL</b></p>   |   |
| <p><b>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</b><br/>Evaluación y propuesta de solución a los desfogues de los colectores de alcantarillados combinados y del alcantarillado separativo de Quetzaltenango.</p>   |   |
| <p><b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b><br/>Diseño de los desfogues de los colectores de alcantarillados combinados y del alcantarillado de la ciudad de Quetzaltenango.</p>  |   |
| <p><b>I.2. Información legal:</b></p> <p><b>A) Persona Individual:</b></p> <p><b>A.1. Representante Legal:</b></p> <hr/> <p><b>B) De la empresa:</b><br/>Razón social: NO aplica<br/>Nombre Comercial: NO aplica<br/>No. De Escritura Constitutiva: NO aplica<br/>Fecha de constitución:<br/>Patente de Sociedad                      Registro No. NO aplica    Folio No. NO aplica    Libro No. NO aplica<br/>Patente de Comercio                      Registro No. NO aplica    Folio No. NO aplica    Libro No. NO aplica</p> <p><b>C) De la Propiedad:</b><br/>No. De Finca XX Folio No. XX Libro No. XX de Guatemala donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p><b>D) De la Empresa y/o persona individual:</b><br/>Número de Identificación Tributaria (NIT):</p>   |   |

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN  |  |
|--|--|--|
| I.3 Teléfono Correo electrónico: drenajes@munixela.gob.gt  |  |  |
| I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)  |  |  |
| 13 calle y avenida Manuel Lisandro Barillas, zona 5, Quetzaltenango.<br>1ª calle de avenida Las Américas a 7ª avenida, zona 10, Quetzaltenango.  |  |  |
| I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)   |  |  |
| 11 av. Y 4ª calle de la zona 1, Quetzaltenango, Quetzaltenango.  |  |  |
| I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo  |  |  |
| <b>II. INFORMACION GENERAL</b>   |  |  |
| Se debe proporcionar una descripción de la actividad, explicando las etapas siguientes:  |  |  |
| <b>II.1 Etapas</b>   |  |  |
| <b>Construcción</b>  | <b>Operación</b>   | <b>Abandono</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza y chapeo</li> <li>• Excavación para tuberías y pozos</li> <li>• Construcción de pozos de visita</li> <li>• Introducción de tubería</li> <li>• Relleno de tubería</li> <li>• Fundición del desfogue</li> <li>• Limpieza General</li> <li>• Martillo hidráulico</li> <li>• Cortadora</li> <li>• Cisterna</li> <li>• Rodo vibratorio</li> <li>• Motoniveladora</li> <li>• Diesel</li> <li>• Planos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza</li> <li>• Mantenimiento</li> <li>• Trabajo Ininterrumpido</li> <li>• Cronograma de desarrollo de actividades</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiro o cambio de tubería</li> </ul> |
| <b>II.2 Área</b>   |  |  |
| a) Área total de terreno en metros cuadrados: 24 700,416 metros cuadrados  |  |  |
| b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 4 492,1185 metros cuadrados   |  |  |
| c) Área total de construcción en metros cuadrados: 4 492,1185 metros cuadrados   |  |  |



Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN           |                       |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
|--|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------|-------|----------|-----------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|-------|----------|
| <p><b>II.3 Actividades colindantes al proyecto:</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>NORTE Viviendas</b>                      <b>SUR Viviendas</b><br/> <b>ESTE Viviendas</b>                      <b>OESTE Viviendas</b> </p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.): Existe en mayor parte viviendas, y en el proyecto de zona 5 en un tramo de 10 m colinda con el río Bolas.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Dirección (norte, sur, este, oeste)</th> <th>Distancia al proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Norte</td> <td>2 metros</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Sur</td> <td>2 metros</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Sur</td> <td>2 metros</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Oeste</td> <td>2 metros</td> </tr> </tbody> </table> |                                     | Descripción           | Dirección (norte, sur, este, oeste) | Distancia al proyecto | Viviendas | Norte | 2 metros | Viviendas | Sur | 2 metros | Viviendas | Sur | 2 metros | Viviendas | Oeste | 2 metros |
| Descripción  | Dirección (norte, sur, este, oeste) | Distancia al proyecto |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| Viviendas  | Norte                               | 2 metros              |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| Viviendas  | Sur                                 | 2 metros              |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| Viviendas  | Sur                                 | 2 metros              |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| Viviendas  | Oeste                               | 2 metros              |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| <p><b>II.4 Dirección del viento: El viento con más frecuencia viene del sur.</b></p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| <p><b>II.5 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b></p> <p> a) inundación ( <input checked="" type="checkbox"/> )                      b) explosión ( <input type="checkbox"/> )                      c) deslizamientos ( <input type="checkbox"/> )<br/> d) derrame de combustible ( <input type="checkbox"/> )                      e) fuga de combustible ( <input type="checkbox"/> )                      d) Incendio ( <input type="checkbox"/> )<br/> e) Otro ( <input type="checkbox"/> ) </p> <p>Detalle la información: El área donde se va a ubicar el proyecto es una zona de inundación, lo que este proyecto pretende es reducir las inundaciones en tiempo de lluvia.</p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| <p><b>II.6 Datos laborales</b></p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna ( <input checked="" type="checkbox"/> )    Nocturna ( <input type="checkbox"/> )    Mixta ( <input type="checkbox"/> )                      Horas Extras NO<br/> b) Número de empleados por jornada: 6 Personas    Total empleados: 6 Personas</p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |
| <p><b>II.7 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b></p>  |                                     |                       |                                     |                       |           |       |          |           |     |          |           |     |          |           |       |          |

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES   |                  |       |                           |                | PARA USO INTERNO DEL MARN |                                  |                         |
|---|------------------|-------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS... |                  |       |                           |                |                           |                                  |                         |
|   | Tipo             | Si/No | Cantidad/(mes día y hora) | Proveedor      | Uso                       | Especificaciones u observaciones | Forma de almacenamiento |
| <b>Agua</b>   | Servicio publico | Si    | 200 lts/día               | La institución | Aplicación de obra civil  | Uso para componentes             | Cisterna                |
|   | Pozo             | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Agua especial    | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Superficial      | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
| <b>Combustible</b>  | Otro             | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Gasolina         | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Diesel           | Si    | 8 gal/día                 | La institución | Maquinaria                | No                               | Tonel                   |
|   | Bunker           | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Glp              | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | Otro             | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
| <b>Lubricantes</b>  | Solubles         | No    | No                        | No             | No                        | No                               | No                      |
|   | No solubles      | Si    | 15 gal/mes                | La institución | Maquinaria                | No                               | No                      |
| <b>Refrigerantes</b>  | No               | No    | No                        | No             | No                        | No                               | no                      |
| <b>Otros</b>  |                  |       |                           |                |                           |                                  |                         |
|   |                  |       |                           |                |                           |                                  |                         |

**NOTA:** si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

### III. IMPACTO AL AIRE

#### GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire?

Polvo por el levantamiento de material y cuando se elabore la mezcla.

#### MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?

Se elaborará un trabajo con precaución al utilizar los materiales polvosos y se rociará agua al mismo en cuestión de 10 minutos para que este no provoque polvo nocivo.

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| <p><b>RUIDO Y VIBRACIONES</b></p> <p><b>III.3</b> Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?<br/>Si, al hacer los trabajos de limpieza del terreno, corte de pavimento y compactación del suelo.</p> <p><b>III.4</b> En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) :<br/>Equipo, vehículos y personal trabajando.</p> <p><b>III.5</b> ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?<br/>Los trabajos se harán en el día para que sea en horarios donde las personas están trabajando y los niños no estén en casa.</p>   |                           |
| <p><b>OLORES</b></p> <p><b>III.6</b> Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:<br/>No se generan olores, pero ya existe olor ambiental por el mal manejo de las aguas servidas.</p> <p><b>III.7</b> Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?<br/>El proyecto va a solucionar el problema de los malos olores.</p>   |                           |
| <p><b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b></p>   |                           |
| <p><b>AGUAS RESIDUALES</b></p>   |                           |
| <p><b>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</b></p> <p><b>IV.1</b> Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos,<br/>qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) <b>Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</b></li> <li>b) <b>Especiales</b> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</li> <li>c) <b>Mezcla</b> de las anteriores</li> <li>d) Otro;</li> </ul> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado:<br/>Se generara aproximadamente de 70 lts/ hab/ dia.</p> <p><b>IV.2</b> Indicar el número de servicios sanitarios: 2 servicios sanitarios.</p> |                           |

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| <p><b><u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u></b></p> <p><b>IV.3</b> Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) <b>sistema de tratamiento</b></p> <p>b) Capacidad</p> <p>c) Operación y mantenimiento</p> <p>d) Caudal a tratar</p> <p>e) Etc.</p>  |                           |
| <p><b><u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u></b></p> <p><b>IV. 4</b> Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior. El agua será evacuada a la red existente de alcantarillado municipal.</p>   |                           |
| <p><b><u>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</u></b></p> <p><b>IV.5</b> <u>Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</u> : La captación se hará en tubería de PVC para drenarla hacia el río Bolas y el zanjón Calderón.</p>   |                           |
| <p><b><u>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</u></b></p> <p><b><u>DESECHOS SÓLIDOS</u></b></p> <p><b><u>VOLUMEN DE DESECHOS</u></b></p> <p><b><u>V.1</u></b> <u>Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</u></p> <p>a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p> <p><b><u>V.2</u></b> <u>Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basura generada por desechos de alimentos</li> <li>• Basura por resto de material de construcción</li> </ul> <p><b><u>V.3.</u></b> <u>Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o mas de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</u><br/> <u>No se generará desechos de ese tipo.</u></p> <p><b><u>V.4</u></b> <u>Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos). Explicar el método y/o equipo utilizado</u><br/>         Se genera un plan de limpieza que tiene ya impuestos los trabajadores de dicha institución.</p> <p><b><u>V.5</u></b> <u>Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</u><br/>         Se utilizará un camión de 1.50 toneladas.</p> <p><b><u>V.6</u></b> <u>Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</u><br/>         Sí, tener toneles para depositar la basura generada.</p> <p><b><u>V.7</u></b> <u>Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</u><br/> <u>Basurero municipal.</u></p> |                           |

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| <b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</b>  |                           |
| <b>CONSUMO</b>   |                           |
| <p><b>VI.1</b> Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): 180 Kw/ Hr</p> <p><b>VI. 2</b> Forma de suministro de energía</p> <p style="margin-left: 20px;"><b>a) Sistema publico</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>b) Sistema privado</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>c) generación propia</b></p> <p><b>VI.3</b> Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?<br/> SI _____ NO _____ x _____</p> <p><b>VI.4</b> Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> <p><b>Uso adecuado en tiempo a las herramientas que consuman energía.</b></p> |                           |
| <b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>   |                           |
| <p><b>VII.1</b> En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosques</li> <li>- Animales</li> <li>- Otros _____</li> </ul> <p>Especificar información: No aplica.</p> <p><b>VII.2</b> La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?<br/> NO</p> <p><b>VII.3</b> Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? <b>SI</b><br/> ( ) <b>NO ( x ) Por qué?</b></p> <p>Porque el proyecto es en la vía pública, en la calle.</p>   |                           |
| <b>VIII. TRANSPORTE</b>  |                           |
| <p><b>VIII.1</b> En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>a)</b> Número de vehículos: 5 vehículos</li> <li><b>b)</b> Tipo de vehículo: Pick up, camión, motocicletas, bicicletas.</li> <li><b>c)</b> Sitio para estacionamiento y área que ocupa: 100 metros cuadrados.</li> <li><b>d)</b> Horario de circulación vehicular: de 8 de la mañana a 4 de la tarde.</li> <li><b>e)</b> Vías alternas: Utilizar parqueos de la vía pública.</li> </ul>  |                           |
| <b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>  |                           |
| <b>ASPECTOS CULTURALES</b>   |                           |
| <b>IX.1</b> En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? NO APLICA  |                           |

Continuación de la tabla LII.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| <p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <p><b>IX.2</b> Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada<br/>No se afectará ningún recurso natural ya que se hará un plan de reforestación para dicha zona.</p> |                           |
| <p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p><b>IX.3.</b> En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO ( x )</p> <p><b>IX.4</b> Qué tipo de molestias? NO APLICA</p> <p><b>IX.5</b> Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? No aplica</p>  |                           |
| <p><b>PAISAJE</b></p> <p><b>IX.6</b> Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué?<br/>No, porque es una construcción subterránea.</p>   |                           |
| <p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p>   |                           |
| <p><b>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</b></p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: No aplica.</p>   |                           |
| <p><b>X.3 riesgos ocupacionales:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:<br/>Ya que los trabajadores estarán expuestos al polvo generado por la excavación y movimiento de tierras.</p>   |                           |
| <p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p><b>X.4</b> Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( x ) NO ( )</p> <p><b>X.5</b> Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Botas punta de acero, casco, guantes, chaleco reflectivo, tapones de oídos, lentes contra polvo, mascarilla contra polvo.</p> <p><b>X.6</b> ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?<br/>Trabajar de una forma ordenada y con un cronograma bien elaborado para reducir las molestias a los trabajadores.</p>  |                           |

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

## CONCLUSIONES

1. El sistema de desfogue del alcantarillado combinado de la zona 5 de Quetzaltenango, es un proyecto de suma importancia, ya que beneficiará a toda la población de la ciudad (200 985 habitantes). El proyecto tendrá un costo de Q 4 771 644,57, el costo por metro lineal es de Q 5 390,70. A pesar de ser una gran inversión, la relación costo-beneficio es aún mayor, porque reducirá las pérdidas que se generan en tiempo de lluvias.
2. El sistema de alcantarillado separativo de la zona 10 de Quetzaltenango beneficiará a un total de 2 557 habitantes. El proyecto tendrá un costo de Q 2 525 785,52, desglosándose en Q 1 179 780,81 del alcantarillado sanitario y Q 1 346 004,71 del alcantarillado pluvial, por lo que el costo por metro lineal del alcantarillado sanitario es de Q 949,12 y del alcantarillado pluvial es de Q 2 604,59. Es una inversión necesaria para reducir las inundaciones del sector y mejorar el estado de la red de alcantarillado de la ciudad.
3. En el alcantarillado combinado de la zona 5 se tomó en cuenta un caudal de aporte de 586,74 l/s, razón por la cual el diámetro del colector es de 48", además se tuvo la limitante del sistema que aporta, así como al sistema al que se va a conectar.
4. Los riesgos ambientales que podrían ser provocados por la ejecución del proyecto son de magnitud baja de acuerdo a la evaluación del impacto ambiental inicial y corre bajo la responsabilidad de la municipalidad de la ciudad.





## RECOMENDACIONES

1. En sistemas de alcantarillado nuevos, buscar otros puntos de desfogue para no seguir sobrecargando la red existente de la ciudad.
2. Apegarse al Plan de Ordenamiento Territorial para disminuir el crecimiento desmedido y desorganizado de la ciudad, así se puede desfogar en otros puntos y evitar inundaciones.
3. Los materiales y salarios cambian constantemente, por lo que es necesario actualizar los costos de los elementos constructivos y los costos indirectos del proyecto según vayan cambiando.
4. Proveer el mantenimiento a todo el sistema de alcantarillado para que funcione eficientemente durante el periodo para el que fue diseñado y evitar cualquier accidente que pueda generar gastos innecesarios.
5. Debe considerarse que para la construcción del sistema de alcantarillado pluvial de zona 10, la calle debe estar pavimentada para el correcto funcionamiento del sistema. De lo contrario los tragantes se van a asolvar, dejando el sistema inservible.
6. Iniciar un plan para cambiar el sistema actual de la ciudad por alcantarillados separativos, para manejar bien las aguas servidas y optimizar el funcionamiento del sistema evitando inundaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AROCHA RAVELO, Simón. *Cloacas y drenajes*. 1a ed. Venezuela: Ediciones Vega, 1983. 254 p.
2. BATEMAN, Allen. *Hidrología Básica y Aplicada*. <<https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>> [Consulta: marzo de 2019].
3. INE. *Características de la Población y de los Locales de Habitación Censados*. <<https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/20/jZqeGe1H9WdUDngYXkWt3GIhUUQCukcg.pdf>> [Consulta: marzo de 2019].
4. INSIVUMEH. *Informe de intensidades de lluvia Guatemala.pdf*. (s. f.). <<http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/INFORME%20de%20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf>> [Consulta marzo de 2019].
5. JIMÉNEZ TERÁN, José Manuel. *Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica.pdf*. (s. f.). <<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>> [Consulta: marzo de 2019].

6. Municipalidad de Quetzaltenango. *ABC del Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Quetzaltenango.* <[https://issuu.com/maximilianoflores5/docs/abc\\_pot\\_xela](https://issuu.com/maximilianoflores5/docs/abc_pot_xela)> [Consulta: marzo de 2019. Consulta: marzo de 2019].
7. ORANTES SANDOVAL, Juan Gabriel. *Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial y Sanitario para la zona 6 de Ciudad Vieja, Sacatepéquez.* 154 p.
8. PINEDA GARCÍA, Astrid Gabriela. *Diseño de Alcantarillado Pluvial en la Cabecera Municipal y Propuesta de Mejoras al Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Aldea el Rosario, Municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.* Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2009. 135 p.
9. RAYMUNDO VELASCO, Pedro Enrique. *Diseño del Drenaje Sanitario y Pluvial y Edificio de Tres Niveles para las Oficinas Municipales para el Municipio de San Pedro Jocopilas, Departamento del Quiché.*
10. TE CHOW, Ven. *Hidrología Aplicada.* Colombia: Mcgraw-Hill Interamericana, S.A., 1994. 667 p.

## APÉNDICES

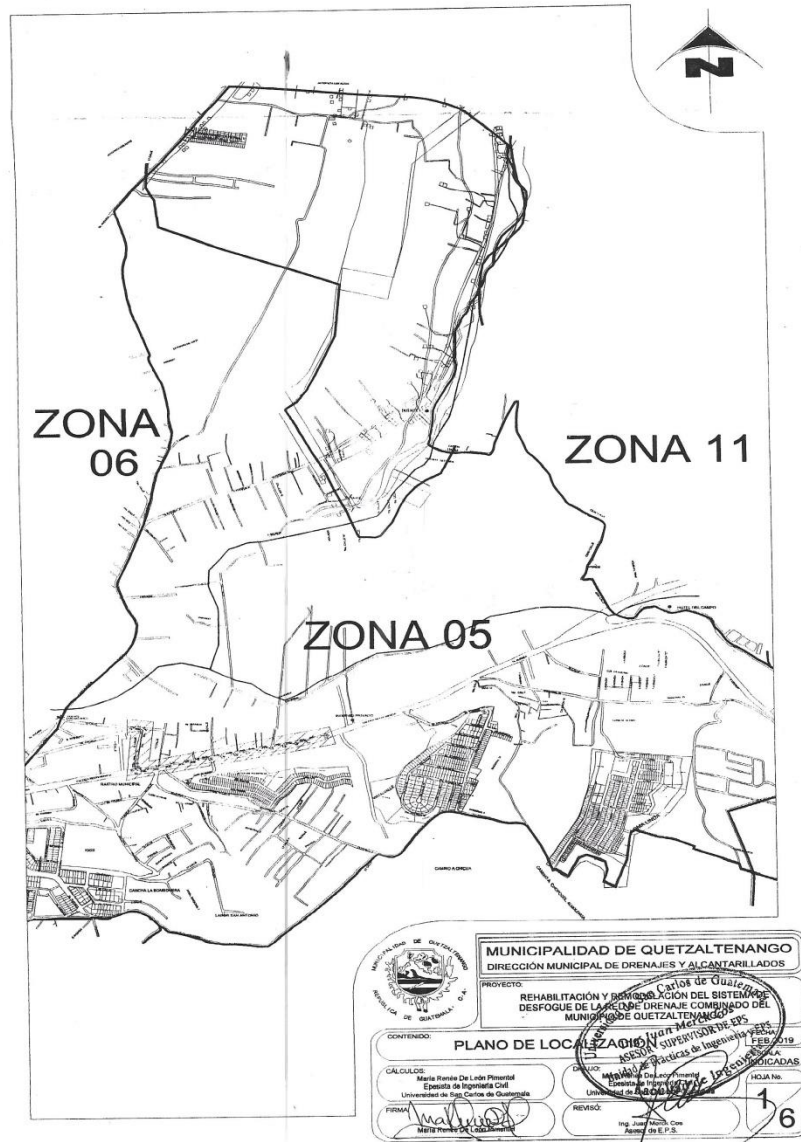
### Apéndice 1. Diseño Pluvial del proyecto de zona 5

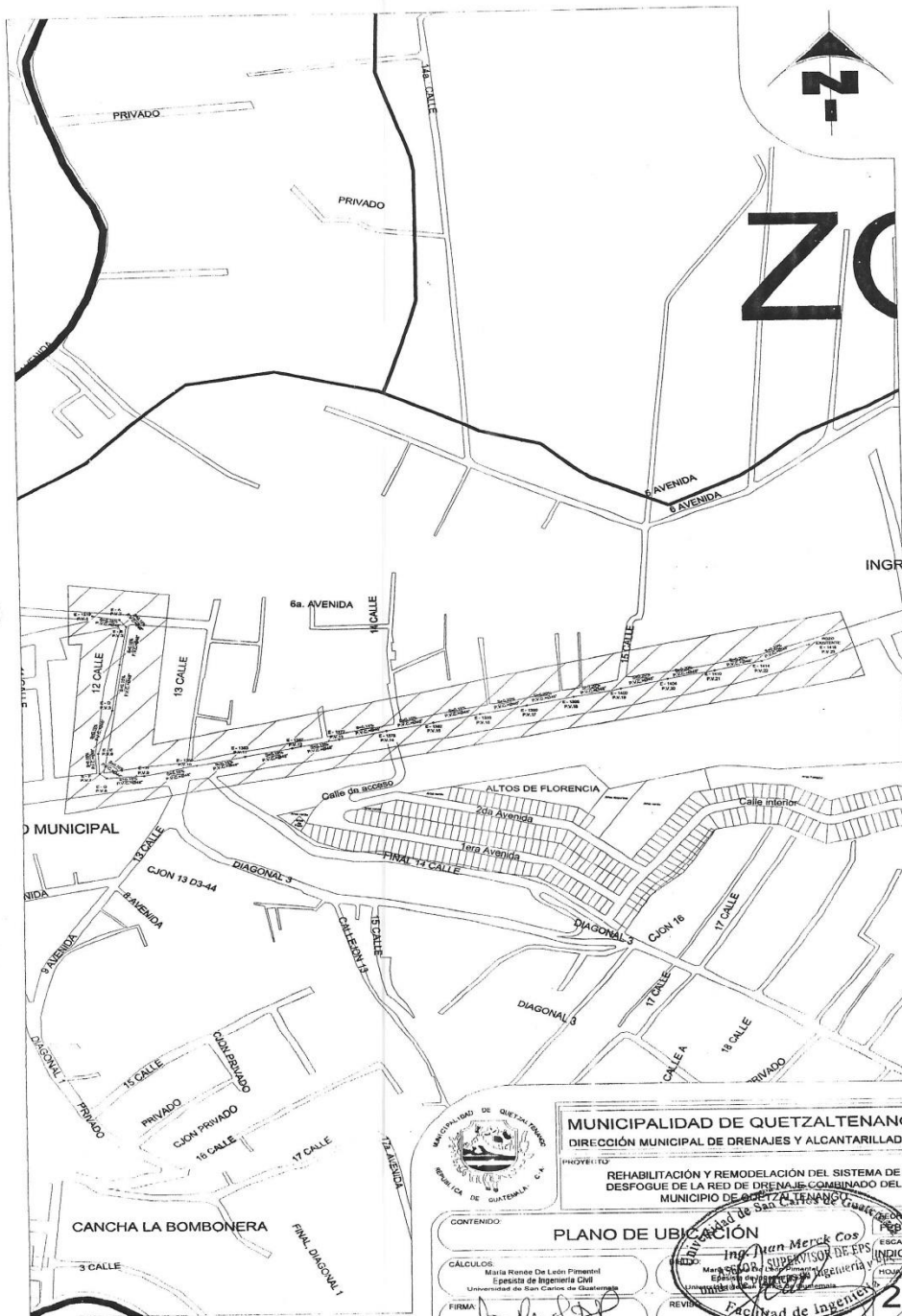
| De PV | A PV | DH (m) | Área (Ha) | Coef. (c) | $\Delta$ (a°c) | Tiempo de concentración | i        | Q (l/s) | Q Acumulado (l/s) |
|-------|------|--------|-----------|-----------|----------------|-------------------------|----------|---------|-------------------|
| 1     | 2    | 25.383 | 0.1254    | 0.45      | 0.06           | 12.0000                 | 125.8400 | 19.73   | 19.73             |
| 2     | 3    | 10.457 | 0.0517    | 0.45      | 0.02           | 12.0894                 | 125.4942 | 8.11    | 27.84             |
| 3     | 4    | 44.310 | 0.2189    | 0.45      | 0.10           | 12.4683                 | 124.0473 | 33.94   | 61.78             |
| 4     | 5    | 50.000 | 0.2470    | 0.45      | 0.11           | 12.8959                 | 122.4495 | 37.81   | 99.58             |
| 5     | 6    | 50.000 | 0.2470    | 0.45      | 0.11           | 13.3235                 | 120.8879 | 37.32   | 136.91            |
| 6     | 7    | 22.500 | 0.1112    | 0.45      | 0.05           | 13.5159                 | 120.1967 | 16.71   | 153.62            |
| 7     | 8    | 8.498  | 0.0420    | 0.45      | 0.02           | 13.5886                 | 119.9374 | 6.30    | 159.91            |
| 8     | 9    | 35.000 | 0.1729    | 0.45      | 0.08           | 13.8879                 | 118.8801 | 25.69   | 185.61            |
| 9     | 10   | 50.000 | 0.2470    | 0.45      | 0.11           | 14.3155                 | 117.3979 | 36.25   | 221.85            |
| 10    | 11   | 46.265 | 0.5347    | 0.30      | 0.16           | 14.7111                 | 116.0555 | 51.71   | 273.56            |
| 11    | 12   | 45.009 | 0.5202    | 0.30      | 0.16           | 15.0960                 | 114.7753 | 49.78   | 323.32            |
| 12    | 13   | 45.009 | 0.5202    | 0.30      | 0.16           | 15.4809                 | 113.5200 | 49.21   | 372.53            |
| 13    | 14   | 44.894 | 0.5189    | 0.30      | 0.16           | 15.8648                 | 112.2920 | 48.58   | 421.09            |
| 14    | 15   | 45.009 | 0.5202    | 0.30      | 0.16           | 16.2497                 | 111.0842 | 48.16   | 469.24            |
| 15    | 16   | 45.005 | 0.5202    | 0.30      | 0.16           | 16.6346                 | 109.8992 | 47.64   | 516.88            |
| 16    | 17   | 45.001 | 0.5201    | 0.30      | 0.16           | 17.0194                 | 108.7368 | 47.13   | 564.01            |
| 17    | 18   | 45.007 | 0.5202    | 0.30      | 0.16           | 17.3527                 | 107.7475 | 46.71   | 610.72            |
| 18    | 19   | 44.957 | 0.5196    | 0.30      | 0.16           | 17.6856                 | 106.7751 | 46.23   | 656.95            |
| 19    | 20   | 45.161 | 0.5220    | 0.30      | 0.16           | 18.0201                 | 105.8137 | 46.03   | 702.98            |
| 20    | 21   | 44.893 | 0.5189    | 0.30      | 0.16           | 18.3526                 | 104.8731 | 45.35   | 748.33            |
| 21    | 22   | 45.125 | 0.5216    | 0.30      | 0.16           | 18.6868                 | 103.9425 | 45.18   | 793.51            |
| 22    | 23   | 47.675 | 0.5510    | 0.30      | 0.17           | 19.0399                 | 102.9751 | 47.28   | 840.79            |

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 3. Planos del proyecto de zona 5





MUNICIPALIDAD DE QUETZALTENANGO  
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE DRENAJES Y ALCANTARILLADOS

PROYECTO:  
 REHABILITACIÓN Y REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA RED DE DRENAJES COMBINADO DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO

CONTENIDO:  
**PLANO DE UBICACIÓN**

CÁLCULO:  
 María Renée De León Pimentel  
 Especialista de Ingeniería Civil  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

FIRMA:  
 María Renée De León Pimentel

REVISÓ:  
 Ing. Juan Merck Cos  
 SUPERVISOR DE EPS  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

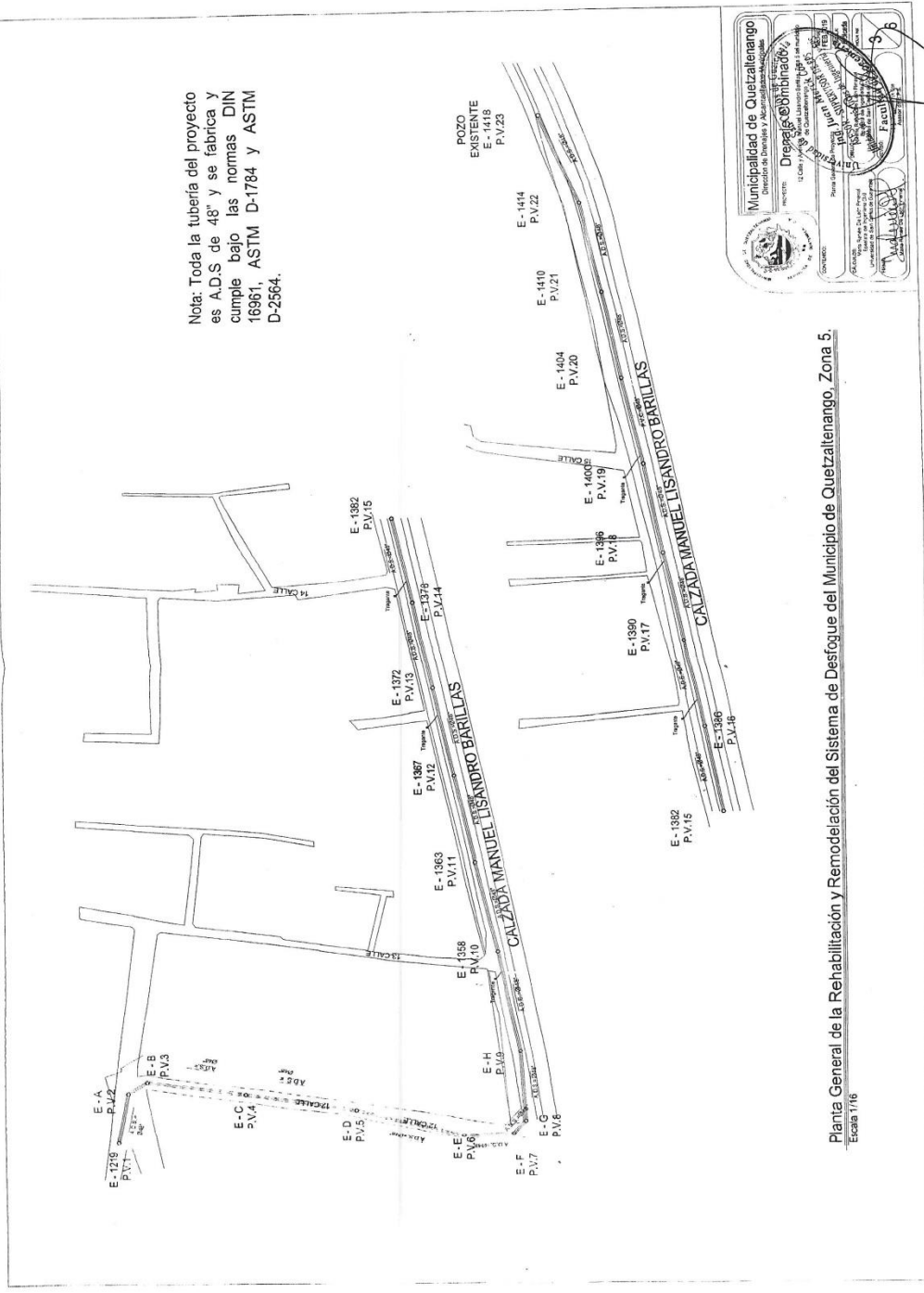
FECHA:  
 FEB 2019

ESCALA:  
 INDICADAS

Hojas:  
 26

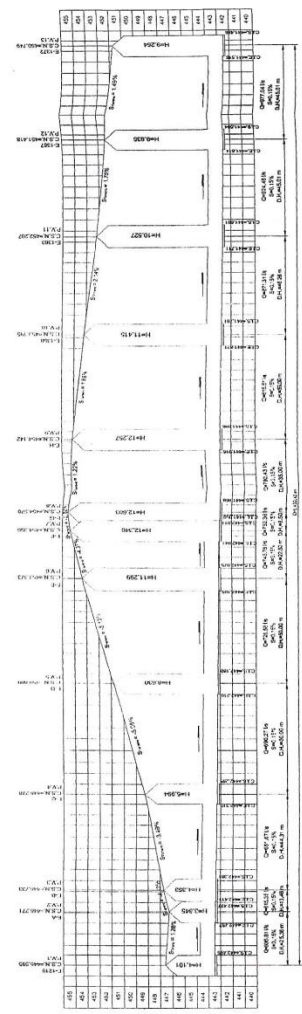


Nota: Toda la tubería del proyecto es A.D.S de 48" y se fabrica y cumple bajo las normas DIN 16961, ASTM D-1784 y ASTM D-2564.

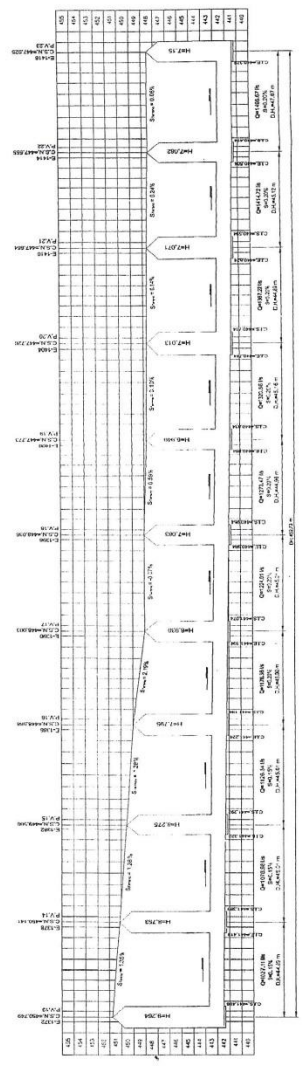


Municipalidad de Quetzaltenango  
 Dirección de Desarrollo y Mejoramiento Urbano  
 Dirección de Ingeniería y Obras Públicas  
 Proyecto: **Drenaje Ambiental**  
 Ubicación: **Calzada Manuel Lisandro Barrillas**  
 Escala: **1/16**  
 Autorizado por: **[Firma]**  
 Fecha: **[Fecha]**

Planta General de la Rehabilitación y Remodelación del Sistema de Desfogue del Municipio de Quetzaltenango, Zona 5.  
 Escala 1/16



Perfil Eje Central. Escala vertical 1:50



Perfil Eje Central. Escala vertical 1:50

Municipalidad de Quetzaltenango  
 Dirección de Drenajes y Abastecimientos Municipales  
 Drenaje Combinado  
 11.046 y 11.047.11.048.049.050.051.052.053.054.055.056.057.058.059.060.061.062.063.064.065.066.067.068.069.070.071.072.073.074.075.076.077.078.079.080.081.082.083.084.085.086.087.088.089.090.091.092.093.094.095.096.097.098.099.100.101.102.103.104.105.106.107.108.109.110.111.112.113.114.115.116.117.118.119.120.121.122.123.124.125.126.127.128.129.130.131.132.133.134.135.136.137.138.139.140.141.142.143.144.145.146.147.148.149.150.151.152.153.154.155.156.157.158.159.160.161.162.163.164.165.166.167.168.169.170.171.172.173.174.175.176.177.178.179.180.181.182.183.184.185.186.187.188.189.190.191.192.193.194.195.196.197.198.199.200.201.202.203.204.205.206.207.208.209.210.211.212.213.214.215.216.217.218.219.220.221.222.223.224.225.226.227.228.229.230.231.232.233.234.235.236.237.238.239.240.241.242.243.244.245.246.247.248.249.250.251.252.253.254.255.256.257.258.259.260.261.262.263.264.265.266.267.268.269.270.271.272.273.274.275.276.277.278.279.280.281.282.283.284.285.286.287.288.289.290.291.292.293.294.295.296.297.298.299.300.301.302.303.304.305.306.307.308.309.310.311.312.313.314.315.316.317.318.319.320.321.322.323.324.325.326.327.328.329.330.331.332.333.334.335.336.337.338.339.340.341.342.343.344.345.346.347.348.349.350.351.352.353.354.355.356.357.358.359.360.361.362.363.364.365.366.367.368.369.370.371.372.373.374.375.376.377.378.379.380.381.382.383.384.385.386.387.388.389.390.391.392.393.394.395.396.397.398.399.400.401.402.403.404.405.406.407.408.409.410.411.412.413.414.415.416.417.418.419.420.421.422.423.424.425.426.427.428.429.430.431.432.433.434.435.436.437.438.439.440.441.442.443.444.445.446.447.448.449.450.451.452.453.454.455.456.457.458.459.460.461.462.463.464.465.466.467.468.469.470.471.472.473.474.475.476.477.478.479.480.481.482.483.484.485.486.487.488.489.490.491.492.493.494.495.496.497.498.499.500.501.502.503.504.505.506.507.508.509.510.511.512.513.514.515.516.517.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528.529.530.531.532.533.534.535.536.537.538.539.540.541.542.543.544.545.546.547.548.549.550.551.552.553.554.555.556.557.558.559.560.561.562.563.564.565.566.567.568.569.570.571.572.573.574.575.576.577.578.579.580.581.582.583.584.585.586.587.588.589.590.591.592.593.594.595.596.597.598.599.600.601.602.603.604.605.606.607.608.609.610.611.612.613.614.615.616.617.618.619.620.621.622.623.624.625.626.627.628.629.630.631.632.633.634.635.636.637.638.639.640.641.642.643.644.645.646.647.648.649.650.651.652.653.654.655.656.657.658.659.660.661.662.663.664.665.666.667.668.669.670.671.672.673.674.675.676.677.678.679.680.681.682.683.684.685.686.687.688.689.690.691.692.693.694.695.696.697.698.699.700.701.702.703.704.705.706.707.708.709.710.711.712.713.714.715.716.717.718.719.720.721.722.723.724.725.726.727.728.729.730.731.732.733.734.735.736.737.738.739.740.741.742.743.744.745.746.747.748.749.750.751.752.753.754.755.756.757.758.759.760.761.762.763.764.765.766.767.768.769.770.771.772.773.774.775.776.777.778.779.780.781.782.783.784.785.786.787.788.789.790.791.792.793.794.795.796.797.798.799.800.801.802.803.804.805.806.807.808.809.810.811.812.813.814.815.816.817.818.819.820.821.822.823.824.825.826.827.828.829.830.831.832.833.834.835.836.837.838.839.840.841.842.843.844.845.846.847.848.849.850.851.852.853.854.855.856.857.858.859.860.861.862.863.864.865.866.867.868.869.870.871.872.873.874.875.876.877.878.879.880.881.882.883.884.885.886.887.888.889.890.891.892.893.894.895.896.897.898.899.900.901.902.903.904.905.906.907.908.909.910.911.912.913.914.915.916.917.918.919.920.921.922.923.924.925.926.927.928.929.930.931.932.933.934.935.936.937.938.939.940.941.942.943.944.945.946.947.948.949.950.951.952.953.954.955.956.957.958.959.960.961.962.963.964.965.966.967.968.969.970.971.972.973.974.975.976.977.978.979.980.981.982.983.984.985.986.987.988.989.990.991.992.993.994.995.996.997.998.999.1000.

Nota: Toda la tubería del proyecto es A.D.S de 48" y se fabrica y cumple bajo las normas DIN 16961, ASTM D-1784 y ASTM D-2564.

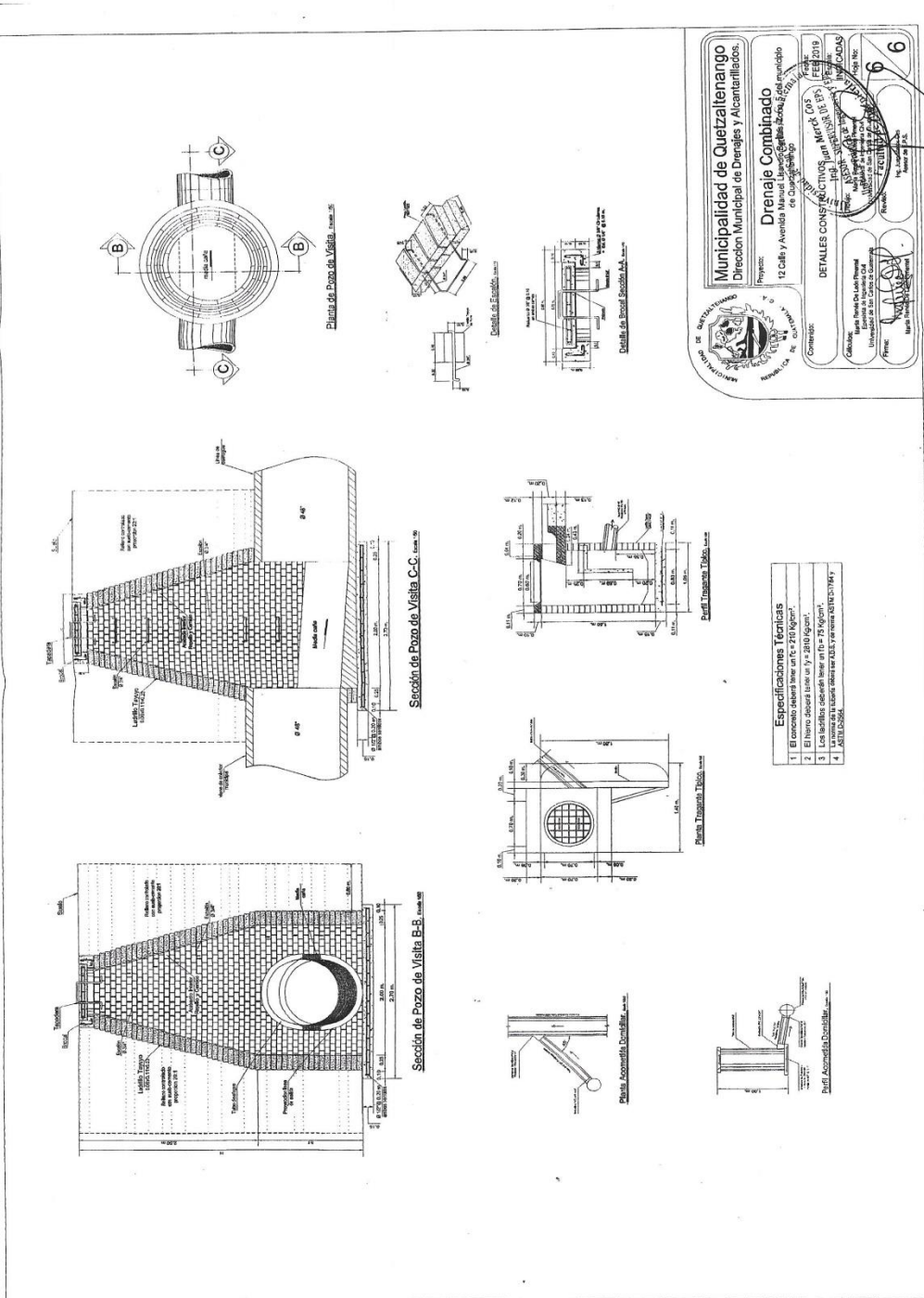


Municipalidad de Quetzaltenango  
 Dirección de Drenajes y Alcantarillados Municipales  
 Director: **Diana Patricia Contreras**  
 12 Calle, La Aurora, Quetzaltenango, Guatemala, C.A.  
 Teléfono: 77 2719  
 Fax: 77 2719

UNIVERSIDAD DE QUETZALTENANGO  
 Facultad de Ingeniería  
 Ingeniería Civil  
 Carrera de Ingeniería Civil  
 Universidad de Quetzaltenango, S.A.  
 Calle 12, La Aurora, Quetzaltenango, Guatemala, C.A.  
 Teléfono: 77 2719  
 Fax: 77 2719

5 6

Planta de Densidad Poblacional de la Rehabilitación y Remodelación del Sistema de Desfogue del Municipio de Quetzaltenango, Zona 5. Escala 1/16



**Municipalidad de Quetzaltenango**  
 Dirección Municipal de Drenajes y Alcantarillados

**Proyecto: Drenaje Combinado**  
 12 Cels. y Avenida Manuel Lizaro de la Zona 6 con municipio de Quetzaltenango

FEEL 2019  
 REVISADO  
 APROBADO  
 FIRMADO

Nº de Proyecto: 201905007  
 Nº de Plan: 14

6

Edificio: Ingenieros de la C.A. de la Municipalidad de Quetzaltenango  
 Calle: 11 de Septiembre  
 Ciudad: Quetzaltenango

Revisado: [Firma]  
 Aprobado: [Firma]  
 Firmado: [Firma]

**Especificaciones Técnicas**

|   |   |
|---|---|
| 1 | El concreto deberá tener un f'c = 2800 kg/cm <sup>2</sup> . |
| 2 | El hierro deberá tener un fy = 2800 kg/cm <sup>2</sup> .    |
| 3 | Los taberos deberán tener un f'c = 700 kg/cm <sup>2</sup> . |
| 4 | ASTM A 660 - 2010   |

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 4. Diseño Pluvial del proyecto de zona 10

| D  | Cotas Terreno |        | S (%)  | Área (Ha) | Coef. (C) | Inclinación | i     | (Q) q Acum. (l/s) | D (pulg) | s (in./tubería) | Área Tubería (m <sup>2</sup> ) | n     | Secc. Línea |                       | Relaciones |        | Verificación |     | Cotas Invert |         | Altura de fozo |       | Excavación m <sup>3</sup> |         |
|----|---------------|--------|--------|-----------|-----------|-------------|-------|-------------------|----------|-----------------|--------------------------------|-------|-------------|-----------------------|------------|--------|--------------|-----|--------------|---------|----------------|-------|---------------------------|---------|
|    | Inicio        | Final  |        |           |           |             |       |                   |          |                 |                                |       | V (m/s)     | Q (m <sup>3</sup> /s) | g/Q        | v/V    | V (m/s)      | d/D | Salida       | Llegada | Inicio         | Final | PV                        | Tubería |
| 1  | 52.852        | 53.111 | 04.225 | 1.01      | 0.455     | 0.5         | 2.23  | 152.3232          | 36       | 2.30            | 0.6589                         | 0.009 | 5.999       | 3.024                 | 0.2514     | 0.8315 | 0.341        | CK  | 83.132       | 88.965  | 3.750          | 3.418 | 47.124                    | 953.675 |
| 2  | 53.851        | 53.115 | 07.272 | 1.36      | 0.554     | 0.5         | 2.48  | 157.7587          | 36       | 2.10            | 0.6588                         | 0.009 | 5.999       | 3.059                 | 0.3029     | 0.8905 | 0.491        | CK  | 85.692       | 84.546  | 3.419          | 3.808 | 42.945                    | 381.631 |
| 3  | 54.316        | 57.658 | 04.254 | 1.12      | 0.2897    | 0.5         | 2.64  | 149.616           | 36       | 1.80            | 0.6588                         | 0.009 | 5.281       | 3.468                 | 0.3322     | 0.8977 | 0.7403       | CK  | 84.508       | 83.783  | 3.808          | 4.118 | 47.849                    | 256.353 |
| 4  | 57.658        | 55.579 | 05.324 | 2.29      | 0.2897    | 0.5         | 2.84  | 156.0735          | 36       | 1.60            | 0.6588                         | 0.009 | 5.132       | 3.371                 | 0.3338     | 0.8922 | 0.4259       | CK  | 83.748       | 82.734  | 4.118          | 4.869 | 51.748                    | 489.757 |
| 5  | 55.579        | 53.235 | 07.837 | 4.29      | 0.2897    | 0.5         | 2.84  | 155.0560          | 36       | 1.70            | 0.6588                         | 0.009 | 7.041       | 4.624                 | 0.1429     | 0.7097 | 0.9897       | CK  | 81.610       | 80.285  | 4.969          | 4.076 | 62.440                    | 955.359 |
| 6  | 53.235        | 79.713 | 51.868 | 6.82      | 0.0566    | 0.5         | 1.55  | 6.9625            | 36       | 3.20            | 0.6588                         | 0.009 | 7.041       | 4.624                 | 0.1422     | 0.7071 | 0.9895       | CK  | 79.160       | 77.507  | 4.180          | 3.384 | 51.526                    | 364.172 |
| 7  | 79.713        | 76.143 | 48.143 | 7.42      | 0.0566    | 0.5         | 1.55  | 6.1148            | 36       | 3.20            | 0.6588                         | 0.009 | 5.704       | 3.748                 | 0.28       | 0.8551 | 0.8542       | CK  | 75.383       | 73.893  | 4.180          | 3.384 | 59.942                    | 354.942 |
| 8  | 76.143        | 72.354 | 59.797 | 6.34      | 0.1341    | 0.5         | 2.57  | 6.2288            | 36       | 2.10            | 0.6588                         | 0.009 | 5.704       | 3.748                 | 0.28       | 0.8551 | 0.8542       | CK  | 73.383       | 73.893  | 4.180          | 3.384 | 59.942                    | 354.942 |
| 9  | 72.354        | 72.235 | 7.717  | 3.33      | 0.1341    | 0.5         | 2.57  | 6.4634            | 36       | 2.10            | 0.6588                         | 0.009 | 5.704       | 3.748                 | 0.28       | 0.8551 | 0.8542       | CK  | 69.598       | 69.798  | 3.384          | 4.191 | 42.645                    | 62.711  |
| 10 | 72.235        | 71.259 | 23.508 | 8.02      | 0.1335    | 0.5         | 1.237 | 8.465             | 36       | 2.10            | 0.6588                         | 0.009 | 5.704       | 3.748                 | 0.288      | 0.8559 | 0.8273       | CK  | 67.591       | 67.098  | 4.644          | 4.191 | 56.354                    | 172.434 |

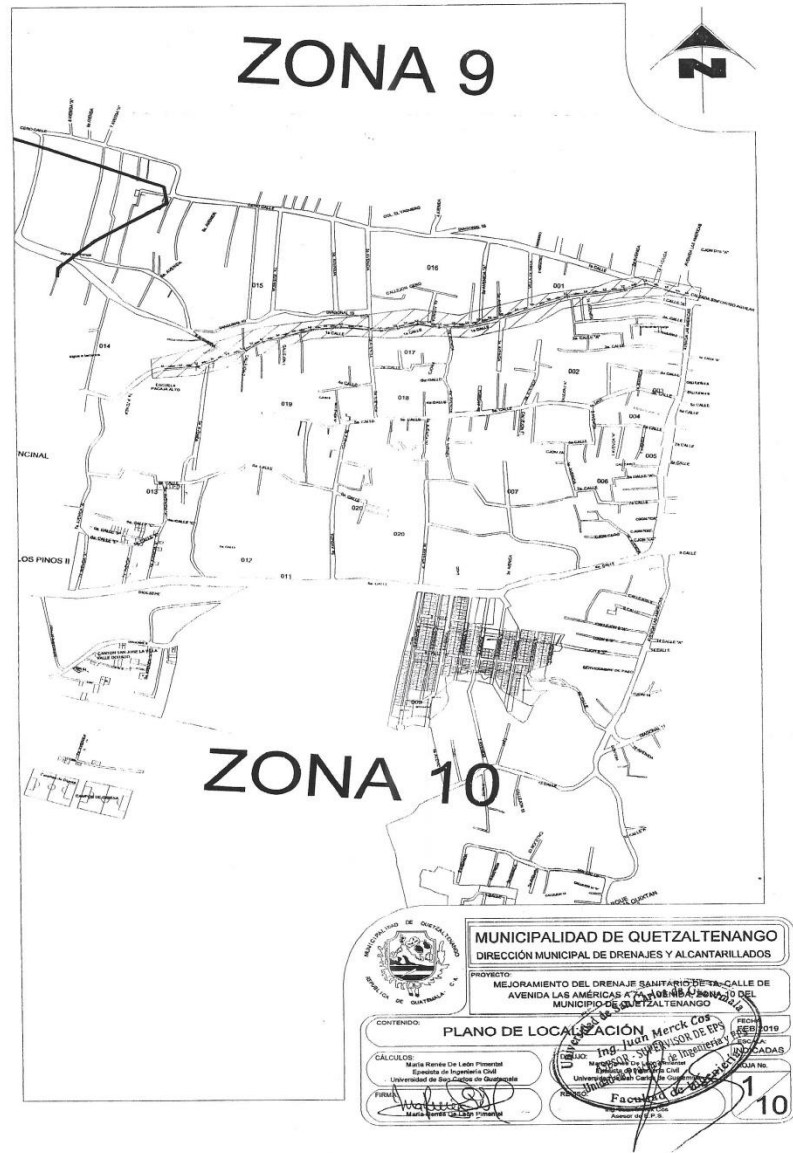
Fuente: elaboración propia

Apéndice 5. Diseño Hidráulico del proyecto de zona 10

| De A | Caudal de int. Actual | Caudal de int. Futuro | Caudal de int. Actual | Caudal de int. Futuro | Caudal de int. Actual | Caudal de int. Futuro | Caudal de int. Actual | Caudal de int. Futuro | Caudal de int. Actual | Caudal de int. Futuro | Relaciones Actuales | Relaciones Futuras | Verificación Actual | Verificación Futura | Coeficiente | Altura de Pezo | Excavación m³ |       |          |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|----------------|---------------|-------|----------|
| PV   | Y                     | Q                     | Y                     | Q                     | Y                     | Q                     | Y                     | Q                     | Y                     | Q                     | v/v                 | v/v                | V d/d               | V d/d               | Salida      | Llegada        | Inicio        | Final |          |
| 1    | 0.3333                | 0.1468                | 0.0333                | 0.1468                | 0.3333                | 0.1468                | 0.0333                | 0.1468                | 0.3333                | 0.1468                | 0.0333              | 0.1468             | 0.3333              | 0.1468              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 23.6070  |
| 2    | 0.1354                | 0.0418                | 0.1354                | 0.0418                | 0.1354                | 0.0418                | 0.1354                | 0.0418                | 0.1354                | 0.0418                | 0.1354              | 0.0418             | 0.1354              | 0.0418              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 51.6658  |
| 3    | 0.0729                | 0.0209                | 0.0729                | 0.0209                | 0.0729                | 0.0209                | 0.0729                | 0.0209                | 0.0729                | 0.0209                | 0.0729              | 0.0209             | 0.0729              | 0.0209              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 48.8857  |
| 4    | 0.0417                | 0.0104                | 0.0417                | 0.0104                | 0.0417                | 0.0104                | 0.0417                | 0.0104                | 0.0417                | 0.0104                | 0.0417              | 0.0104             | 0.0417              | 0.0104              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 25.8726  |
| 5    | 0.0209                | 0.0052                | 0.0209                | 0.0052                | 0.0209                | 0.0052                | 0.0209                | 0.0052                | 0.0209                | 0.0052                | 0.0209              | 0.0052             | 0.0209              | 0.0052              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 33.2233  |
| 6    | 0.0104                | 0.0026                | 0.0104                | 0.0026                | 0.0104                | 0.0026                | 0.0104                | 0.0026                | 0.0104                | 0.0026                | 0.0104              | 0.0026             | 0.0104              | 0.0026              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 56.1178  |
| 7    | 0.0052                | 0.0013                | 0.0052                | 0.0013                | 0.0052                | 0.0013                | 0.0052                | 0.0013                | 0.0052                | 0.0013                | 0.0052              | 0.0013             | 0.0052              | 0.0013              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 57.8004  |
| 8    | 0.0026                | 0.0006                | 0.0026                | 0.0006                | 0.0026                | 0.0006                | 0.0026                | 0.0006                | 0.0026                | 0.0006                | 0.0026              | 0.0006             | 0.0026              | 0.0006              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 115.5092 |
| 9    | 0.0013                | 0.0003                | 0.0013                | 0.0003                | 0.0013                | 0.0003                | 0.0013                | 0.0003                | 0.0013                | 0.0003                | 0.0013              | 0.0003             | 0.0013              | 0.0003              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 122.2155 |
| 10   | 0.0006                | 0.0001                | 0.0006                | 0.0001                | 0.0006                | 0.0001                | 0.0006                | 0.0001                | 0.0006                | 0.0001                | 0.0006              | 0.0001             | 0.0006              | 0.0001              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 126.4365 |
| 11   | 0.0003                | 0.0001                | 0.0003                | 0.0001                | 0.0003                | 0.0001                | 0.0003                | 0.0001                | 0.0003                | 0.0001                | 0.0003              | 0.0001             | 0.0003              | 0.0001              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 182.4623 |
| 12   | 0.0001                | 0.0000                | 0.0001                | 0.0000                | 0.0001                | 0.0000                | 0.0001                | 0.0000                | 0.0001                | 0.0000                | 0.0001              | 0.0000             | 0.0001              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 194.6646 |
| 13   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 73.8020  |
| 14   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 61.2093  |
| 15   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 67.9237  |
| 16   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 158.0001 |
| 17   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 88.5505  |
| 18   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 26.4798  |
| 19   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 67.4879  |
| 20   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 94.4469  |
| 21   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 66.7420  |
| 22   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 70.8410  |
| 23   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 35.0585  |
| 24   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 66.1048  |
| 25   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 67.2061  |
| 26   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 10.5488  |
| 27   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 83.9884  |
| 28   | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000                | 0.0000              | 0.0000             | 0.0000              | 0.0000              | OK          | OK             | 1.900         | 1.207 | 82.9515  |

Fuente: elaboración propia

Apéndice 6. Planos del proyecto de zona 10



# ZONA 9



# ZONA


**MUNICIPALIDAD DE QUETZALTENANGO**  
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE DRENAJES Y ALCANTARILLADOS

**PROYECTO:**  
 MEJORAMIENTO DEL DRENAJE SANITARIO DE 1ª CALLE DE AVENIDA LAS AMÉRICAS A 7ª AVENIDA ZONA 9 DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO

**CONTENIDO:**  
**PLANO DE UBICACIÓN**

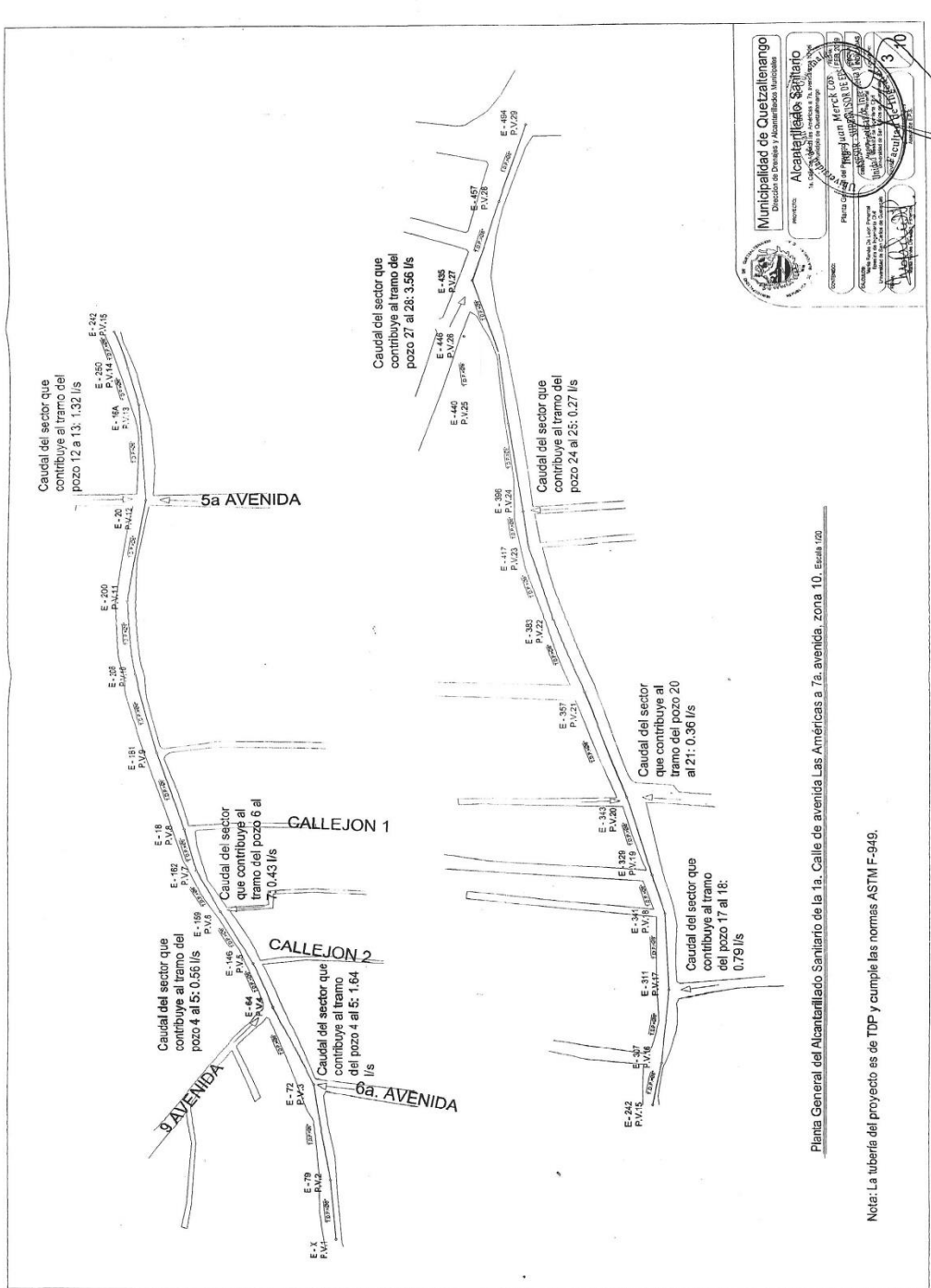
**CÁLCULO:** María Ferrás De León Pimentel  
 Especialista de Ingeniería Civil  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**FIRMA:** *[Signature]*  
 María Ferrás De León Pimentel

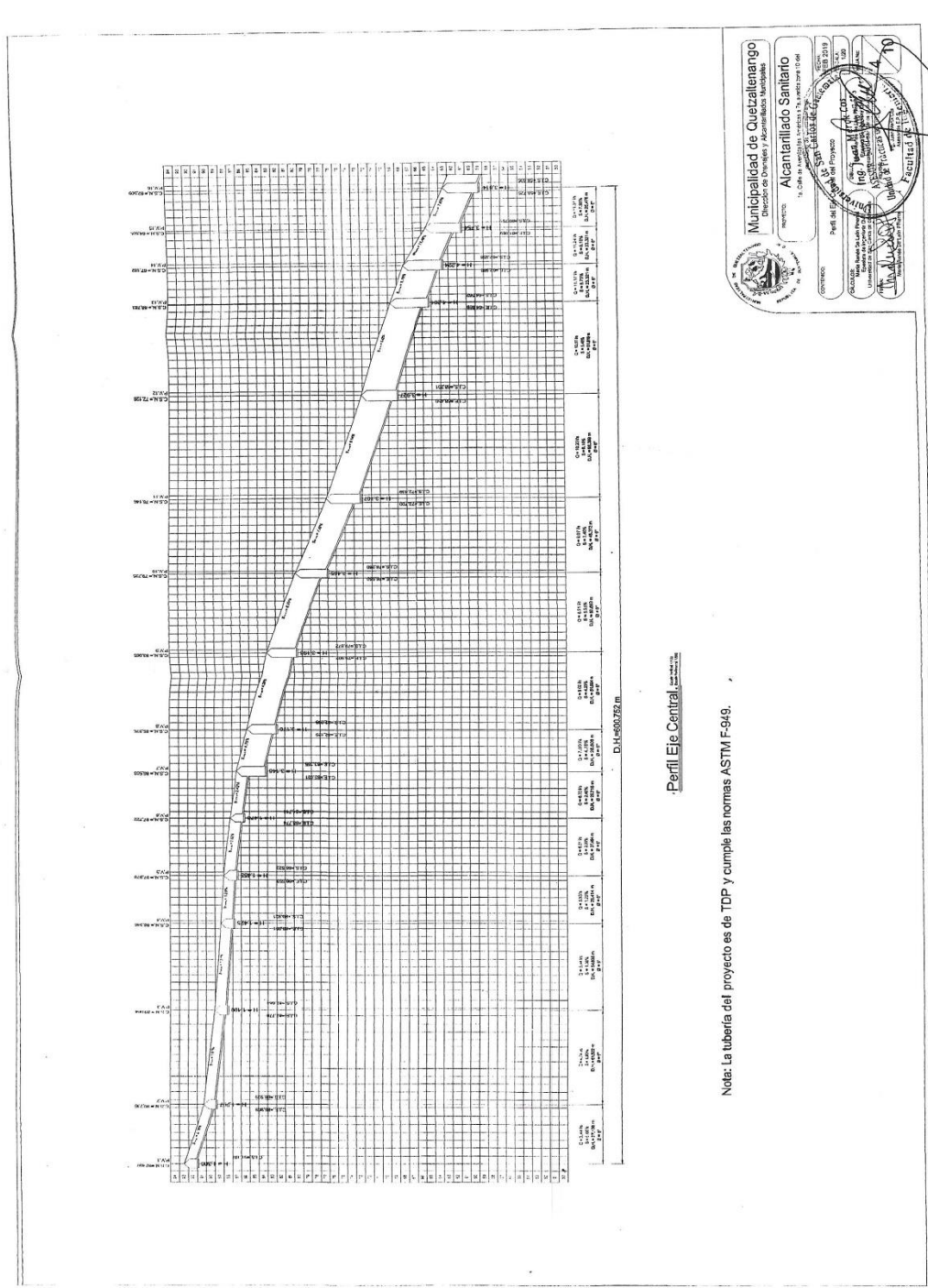
**REVISÓ:** Ing. Juan Merck Cos  
 SUPERVISOR DE OBRAS  
 Especialista de Ingeniería Civil  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**FECHA:** 15/05/2017  
**ESCALA:** 1:1000  
**INDICADAS:** 2/10





Nota: La tubería del proyecto es de TDP y cumple las normas ASTM F-949.



Perfil Eje Central

Nota: La tubería del proyecto es de TDP y cumple las normas ASTM F-949.

**Municipalidad de Quezaltenango**  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y OBRAS PÚBLICAS

**Alcantarillado Sanitario**  
 Proyecto: Tubería de 20" de Diámetro para el Proyecto de Sanitización de la Zona Rural

Perfil del Eje Central

**Ing. Juan M. C. COM**  
 Director de Obras Públicas y Mantenimiento

**Ing. Daniel G. MARTÍNEZ**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Juan A. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Víctor J. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Miguel A. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

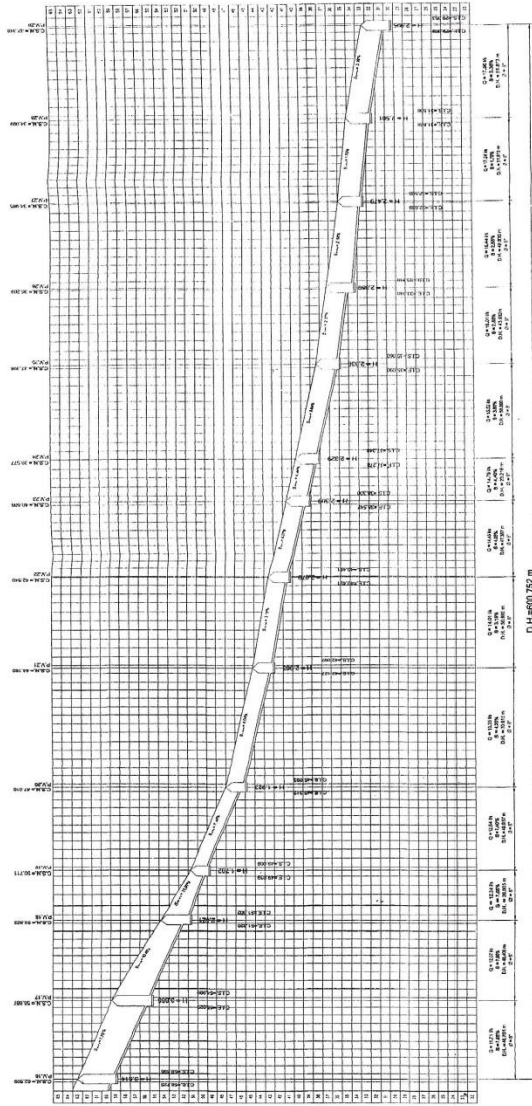
**Ing. Juan M. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Juan M. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Juan M. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Juan M. J.**  
 Ingeniero de Proyecto

**Ing. Juan M. J.**  
 Ingeniero de Proyecto



Continuación Perfil Eje Central

Municipalidad de Quetzaltenango  
 Directorio de Obras y Alumbrado Públicos  
 Alcaldía Municipal  
 Oficina de Ingeniería y Arquitectura

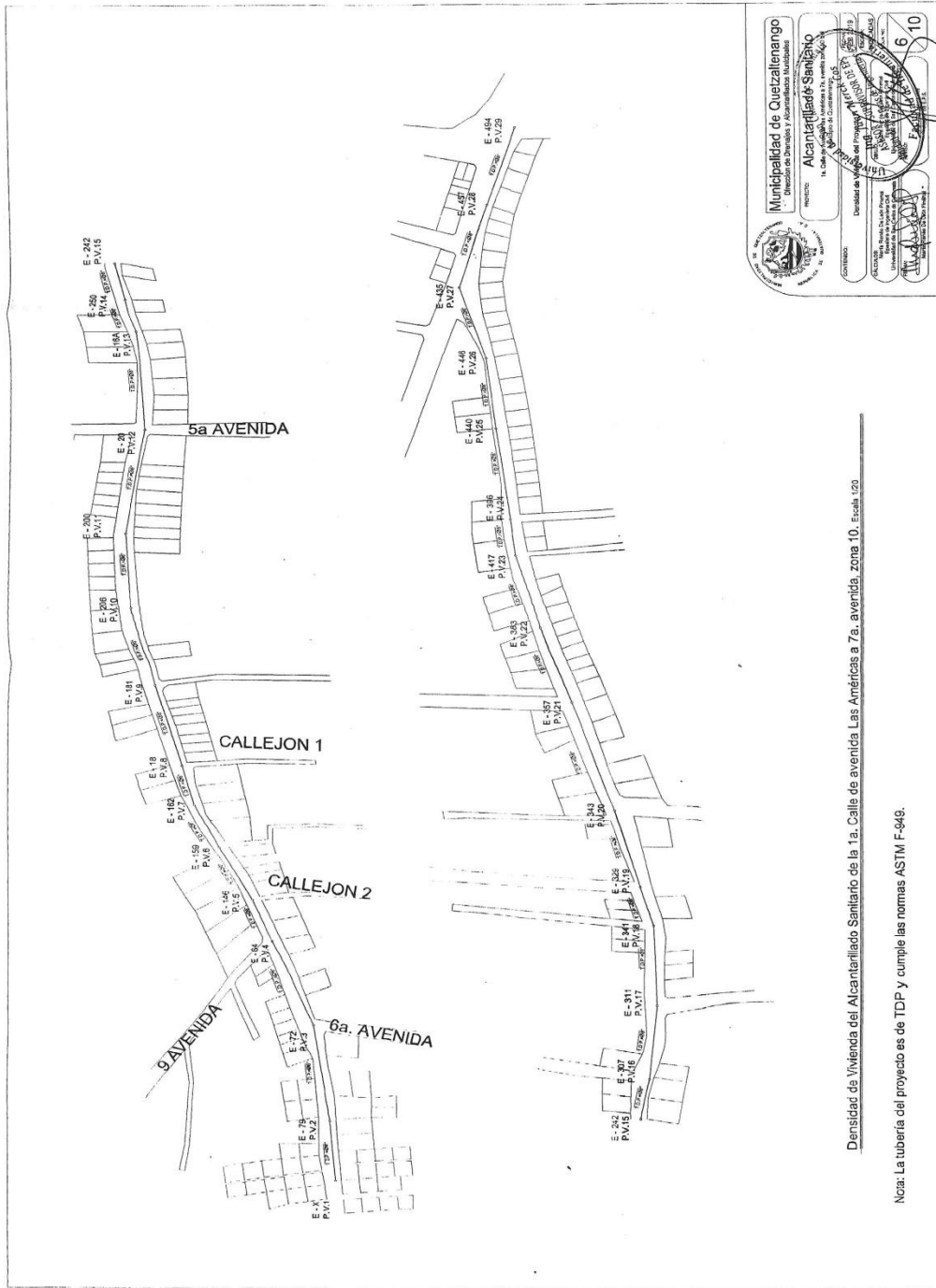
PROYECTO: Continuation del Perfil del Eje Central  
 UBICACION: Carretera de la Paz, Quetzaltenango

FECHA: 15/05/2018

Escalera: 1:100

Autores: [Firmas]

Nota: La tubería del proyecto es TDP y cumple las normas ASTM F-949.



Densidad de Vivienda del Alcantarillado Sanitario de la 1a. Calle de avenida Las Américas a 7a. avenida, zona 10. Escala 1:20

Nota: La tubería del proyecto es de TDP y cumple las normas ASTM F-949.

**Municipalidad de Quezaltenango**  
 Dirección de Drenaje y Acarreo de Residuos Sólidos

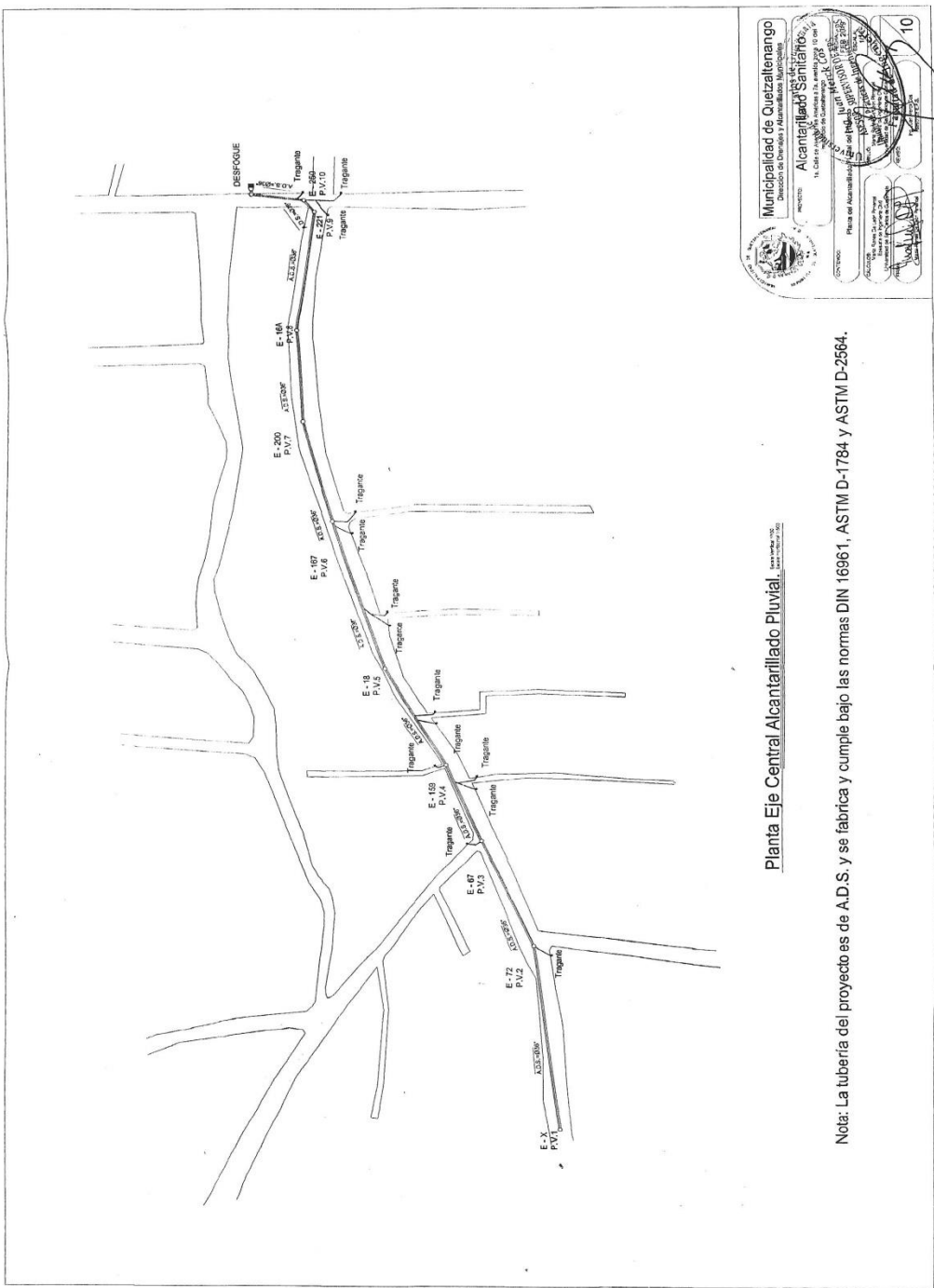
**Alcantarillado Sanitario**

PROYECTO: Acarreo de Residuos Sólidos  
 CONTENIDO: Densidad de Vivienda del Proyecto

FECHA: 15/05/2018

ESCALA: 1:20

HOJA: 6 DE 10



Planta Eje Central Alcantarillado Pluvial.

Nota: La tubería del proyecto es de A.D.S. y se fabrica y cumple bajo las normas DIN 16961, ASTM D-1784 y ASTM D-2564.

Municipalidad de Quetzaltenango  
 Dirección de Desarrollo y Administraciones Municipales

Alcantarillado Sanitario

PROYECTO: In. Construcción de la Red de Alcantarillado Sanitario y de Agua Potable en el Barrio de San Juan, Quetzaltenango.

PLANTA: Planta de Alcantarillado Pluvial

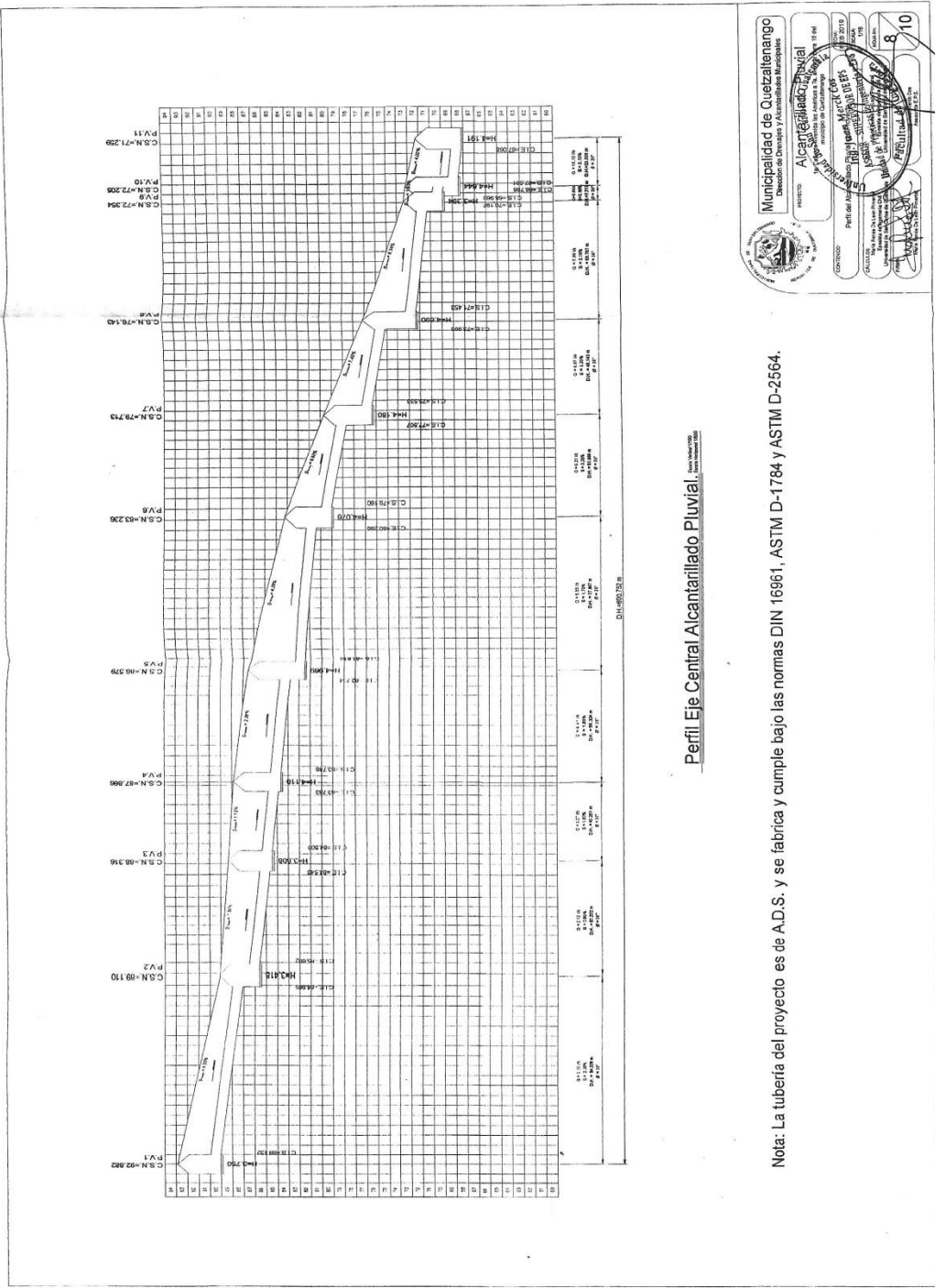
FECHA: 15/05/2014

ESCALA: 1:100

PROYECTISTA: [Firma]

VERIFICADO: [Firma]

10



**Perfil Eje Central Alcantarillado Pluvial**

Nota: La tubería del proyecto es de A.D.S. y se fabrica y cumple bajo las normas DIN 16961, ASTM D-1784 y ASTM D-2564.

Municipalidad de Quezaltenango  
 DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

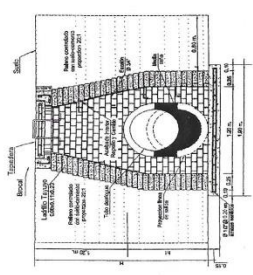
PROYECTO: Alcantarillado Pluvial  
 UBICADO EN: CARRERA No. 17 y 18  
 CARRANZA

CONTRATO: Perfil del Alcantarillado Pluvial  
 CARRANZA

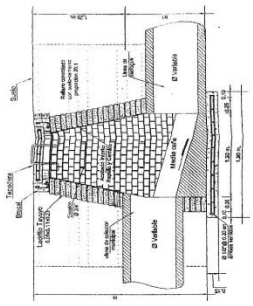
FECHA: 2019  
 ESCALA: 1:50

PROYECTADO: [Firma]  
 VERIFICADO: [Firma]

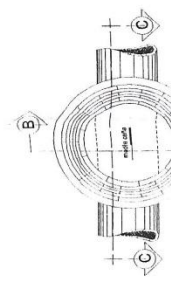
8/10



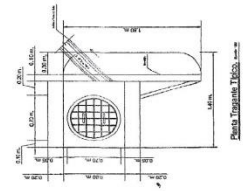
Sección de Pozo de Visita E-B, Drenaje Sanitario.  
Escala 1:10



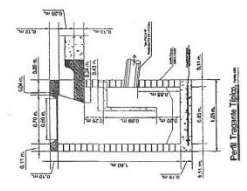
Sección de Pozo de Visita C-C, Drenaje Sanitario.  
Escala 1:10



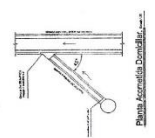
Planta de Pozo de Visita, Escala 1:5



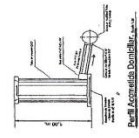
Placa Inyectora 10x10, Escala 1:10



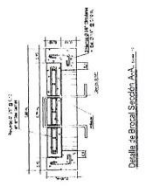
Placa Inyectora 10x10, Escala 1:10



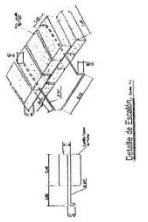
Planta Acrometalica Donatillo, Escala 1:10



Planta Acrometalica Donatillo, Escala 1:10



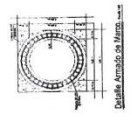
Detalle de Bases de Escudo A-A, Escala 1:10



Detalle de Escudo B-B, Escala 1:10



Detalle de Tapadera de Escudo, Escala 1:10



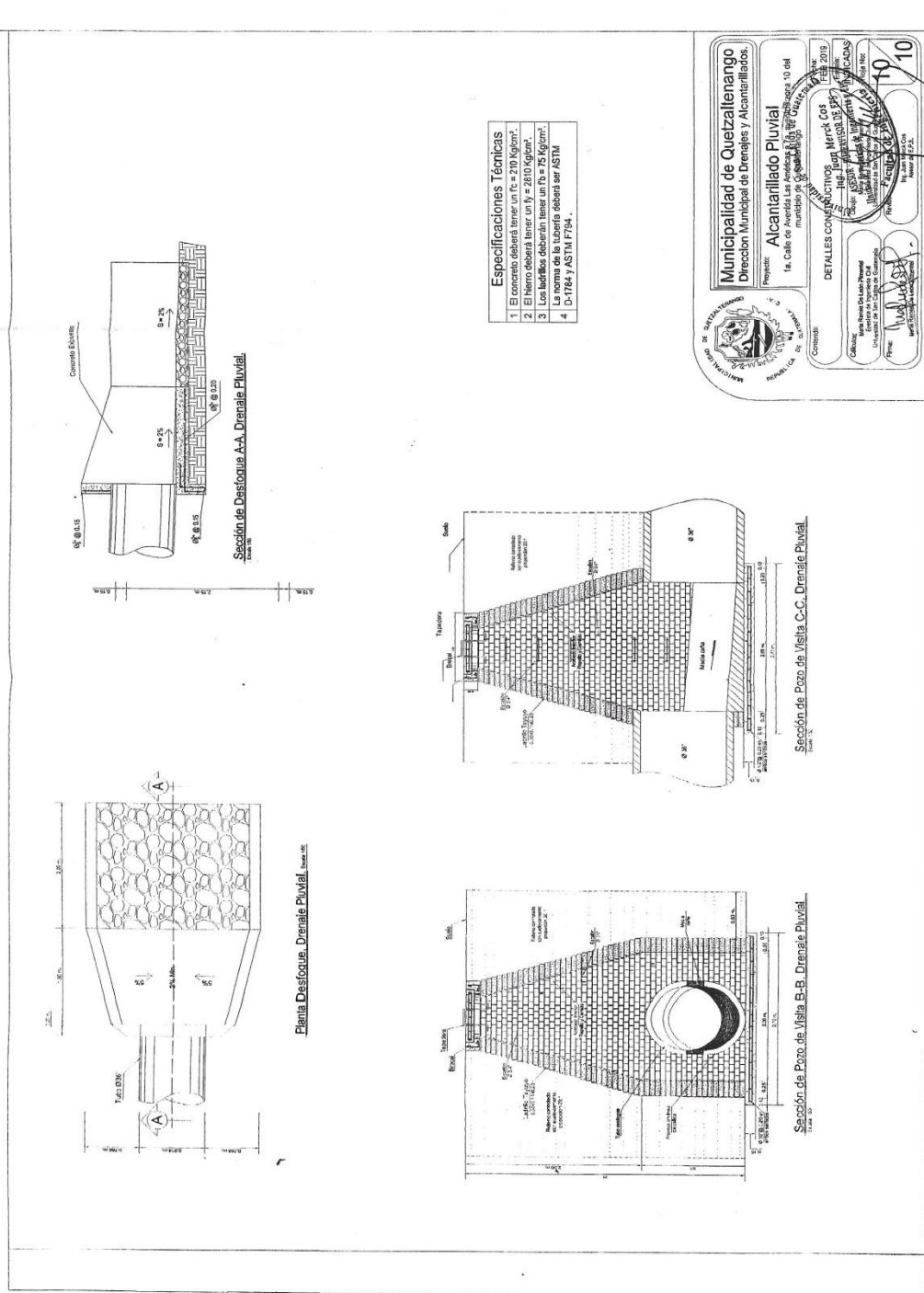
Detalle de Tapadera de Escudo, Escala 1:10

- Especificaciones Técnicas**
1. El concreto deberá tener un  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
  2. El hierro deberá tener un  $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$ .
  3. Los ladrillos deberán tener un  $f_o = 75 \text{ Kg/cm}^2$ .
  4. La norma de la tubería deberá ser.

**Municipalidad de Quetzaltenango**  
 Dirección Municipal de Drenajes y Alcantarillados  
 Proyecto: **Alcantarillado Separativo**  
 1a. Calle de Avenidas, Quetzaltenango, Guatemala

Comando: **CONSTRUYEMOS** (Logo)  
 Escala: **1:50**  
 Fecha: **15 de FEB. 2019**  
 Cliente: **COMUNIDAD EDUCATIVA LAS ORquíDEAS**  
 Escala: **1:50**  
 No. de: **9**  
 10

Elaborado: **Ing. Juan Carlos Rodríguez**  
 Revisado: **Ing. Juan Carlos Rodríguez**  
 Aprobado: **Ing. Juan Carlos Rodríguez**



- Especificaciones Técnicas**
- 1 El concreto deberá tener un  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - 2 El hierro deberá tener un  $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - 3 Los ladrillos deberán tener un  $f_b = 75 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - 4 D-1784 y ASTM F794.

**Municipalidad de Quetzaltenango**  
 Dirección Municipal de Drenajes y Alcantarillados

Proyecto: **Alcantarillado Pluvial**  
 1a. Calle de Avenida Las Américas, Barrio San Juan, Quetzaltenango, Guatemala, Guatemala, 2010

Comisi: **DETALLES CONCRETOS** M-44-03 FEB 2019

Calific: **Roberto Eduardo Arce**  
 Director de Drenajes y Alcantarillados

Elaboró: **Roberto Eduardo Arce**  
 Director de Drenajes y Alcantarillados

Revisó: **Roberto Eduardo Arce**  
 Director de Drenajes y Alcantarillados

10

Fuente: elaboración propia.