



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

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO, PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN DE LA
COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, ALDEA DON JUSTO, MUNICIPIO DE
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Manuel Eduardo Carías Freire

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO, PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN DE LA
COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, ALDEA DON JUSTO, MUNICIPIO DE
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL EDUARDO CARÍAS FREIRE

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR: Inga. Dilma Mejicanos Jol
EXAMINADOR: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO, PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN DE LA COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, ALDEA DON JUSTO, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de agosto de 2004.

Manuel Eduardo Carías Freire

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS Por darme vida, fe, bendiciones y acompañarme siempre.

MIS PADRES: **Francisco de Jesús Carías Franco**
Beatriz Eugenia Freire de Carías
Por sus consejos, comprensión y cariño, por servirme de ejemplo, por creer en mí y tenerme paciencia.

MIS HERMANOS **Herbert Francisco Carías Freire y Claudia Rebeca Carías Freire**
Por su cariño y comprensión.

MI FAMILIA que con su cariño me han demostrado su apoyo a través de los momentos compartidos, a los que están lejos y muy especialmente a los que ya no están y que ocupan un lugar especial en mi corazón.

MIS AMIGOS Juan Pablo Menéndez, Kevin Zea, Adán Arévalo, Pablo Fuentes, Soren Álvarez, Alexis Borman, compañeros del trabajo, al grupo de Carlos Bernal y a todas aquellas personas que no mencioné, pero que son parte integral de mi vida, por su amistad y consejos y apoyo en los momentos necesarios.

A USTED Y A TODOS LOS ASISTENTES AL ACTO POR SER IMPORTANTES PARA MÍ.

AGRADECIMIENTOS A:

Quiero agradecer en éste espacio, a todas las personas que formaron parte importante en la elaboración de éste trabajo de Graduación:

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su buen asesoramiento e instrucción.

Municipalidad de Santa Catarina Pinula, por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de graduación en su municipio.

Facultad de Ingeniería, por acogerme en sus aulas brindándome la oportunidad de estudiar y poner a mi alcance las herramientas del conocimiento.

Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios y haberme abierto sus puertas.

Mis padres, por su insistencia y desvelos cuando necesité su ayuda y haberme brindado esta oportunidad de estudio.

A Dios, por ser parte integral de mi vida y por haberme guiado en los momentos inciertos con su luz...

A mi hermana por su apoyo.

Y a todas las personas que de alguna manera me motivaron a terminar éste trabajo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | IX |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XIV |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| HIPÓTESIS..... | XXV |
| | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES | 1 |
| 1.1.1. Ubicación geográfica..... | 1 |
| 1.1.2. Límites y colindancias | 2 |
| 1.1.3. Clima..... | 2 |
| 1.1.4. Accesos a la colonia Valle del Ensueño..... | 2 |
| 1.1.5. Aspecto urbanístico:..... | 3 |
| 1.1.6. Aspecto demográfico | 3 |
| 1.1.7. Tasa de crecimiento..... | 3 |
| 1.1.8. Aspecto topográfico | 4 |
| 1.1.9. Actividad productiva | 4 |
| 1.1.10. Servicios públicos e infraestructura | 4 |
| 1.1.10.1. Energía eléctrica..... | 4 |
| 1.1.10.2. Teléfonos | 5 |
| 1.1.10.3. Templos religiosos | 5 |
| 1.1.10.4. Escuelas | 5 |
| 1.1.10.5. Transporte | 5 |
| 1.1.11. Situación socioeconómica | 5 |
| 1.1.12. Saneamiento ambiental y salud..... | 6 |

| | |
|--|-----------|
| 1.1.13. Salud..... | 6 |
| 1.1.14. Sistema de agua potable | 6 |
| 1.1.15. Sistema de drenaje sanitario..... | 6 |
| 1.1.16. Sistema de drenaje pluvial | 7 |
| 1.1.17. Disposición de basura..... | 7 |
| 1.1.18. Atención a enfermedades | 7 |
| 1.2.1. Datos de población | 10 |
| 1.2.2. Datos de vivienda | 9 |
| 1.2.3. Demandas de la comunidad | 10 |
| 2. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO... | 11 |
| 2.2.1. Planimetría | 11 |
| 2.2.2. Altimetría | 12 |
| 2.3.1. Normas de diseño de alcantarillado sanitario | 12 |
| 2.3.1.1. Velocidad máxima y mínima..... | 12 |
| 2.3.1.2. Conexiones domiciliarias..... | 13 |
| 2.3.1.3. Tubería | 13 |
| 2.3.1.4. Diámetro mínimo | 14 |
| 2.3.1.5. Preparación de la zanja..... | 14 |
| 2.3.1.6. Profundidad de tubería y ancho de zanja | 15 |
| 2.3.2. Propuestas de diseño | 16 |
| 2.3.2.1. Ventajas y desventajas del diseño con PVC | 16 |
| 2.3.2.2. Ventajas y desventajas del diseño con concreto | 17 |
| 2.3.3. Período de diseño..... | 17 |
| 2.3.4. Población futura..... | 18 |
| 2.3.5. Dotación | 18 |
| 2.3.6. Factor de retorno | 18 |
| 2.3.7. Caudal medio diario..... | 19 |
| 2.3.8. Velocidad de diseño | 19 |

| | |
|---|----|
| 2.3.9. Factor de rugosidad | 19 |
| 2.3.10. Área tributaria | 19 |
| 2.3.11. Caudal sanitario..... | 20 |
| 2.3.11.1. Caudal domiciliar | 20 |
| 2.3.11.2. Caudal de infiltración | 20 |
| 2.3.11.3. Caudal comercial | 21 |
| 2.3.11.4. Caudal industrial | 21 |
| 2.3.11.5. Caudal de conexiones ilícitas..... | 21 |
| 2.3.11.6. Factor de caudal medio | 22 |
| 2.3.11.7. Factor de Harmond o de flujo instantáneo | 23 |
| 2.3.12. Obras de arte..... | 23 |
| 2.3.12.1. Pozos de visita..... | 23 |
| 2.3.12.2. Tapas de pozos de visita | 24 |
| 2.3.13. Caudal de diseño..... | 24 |
| 2.3.14. Parámetros de diseño | 25 |
| 2.3.15. Ejemplo de cálculo | 25 |
| 2.4.1. Selección del punto de desfogue | 29 |
| 2.4.2. Diseño del desfogue | 30 |
| 2.4.3. Propuesta del tratamiento..... | 30 |
| 2.5.1. Comparación de presupuestos | 33 |
| 2.5.2. Tiempos estimados de ejecución..... | 33 |
| 2.5.3. Criterios de evaluación de proyectos | 34 |
| 2.5.4. Indicadores de evaluación de proyectos | 35 |
| 2.5.4.1. Valor actual neto..... | 35 |
| 2.5.4.2. Tasa interna de retorno..... | 36 |
| 2.5.4.3. Relación beneficio costo | 37 |
| 2.5.5. Análisis económico con elementos de PVC..... | 37 |
| 2.5.6. Análisis económico con elementos de concreto | 39 |
| 2.5.7. Por valor actual neto | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.8. Por TIR | 40 |
| 2.5.9. Por relación beneficio costo..... | 40 |
| 2.5.10. Decisión de inversión | 40 |
| 3. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO | 41 |
| 3.2.1. Tuberías | 42 |
| 3.2.2. Diámetros mínimos..... | 42 |
| 3.2.3. Velocidades mínimas y máximas..... | 42 |
| 3.2.4. Profundidad de las tuberías | 42 |
| 3.2.5. Pozos de visita..... | 42 |
| 3.2.6. Diseño de tragantes..... | 43 |
| 3.2.7. Área de influencia..... | 44 |
| 3.2.8. Período de diseño..... | 44 |
| 3.2.9. Velocidad de diseño | 44 |
| 3.2.10. Punto de desfogue | 44 |
| 3.3.1. Métodos de comparación | 45 |
| 3.3.2. Método del procedimiento empírico..... | 45 |
| 3.3.3. Método racional | 46 |
| 3.3.3.1. Caudal de diseño..... | 46 |
| 3.3.3.2. Área tributa | 47 |
| 3.3.3.3. Tiempo de concentración de la cuenca | 47 |
| 3.3.3.4. Intensidad de lluvia..... | 47 |
| 3.3.3.5. Coeficiente de escorrentía..... | 48 |
| 3.3.3.6. Diseño de secciones y pendientes | 48 |
| 3.3.3.7. Velocidad del flujo a sección llena..... | 49 |
| 3.3.4. Resumen de valores adoptados | 49 |
| 3.3.5. Ejemplo de cálculo de drenaje pluvial..... | 50 |
| 3.3.6. Cálculos para el diseño | 52 |
| 3.3.6.1. Colectores | 54 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.6.2. Pozos de visita..... | 54 |
| 3.3.6.3. Tragante de acera..... | 54 |
| 3.3.7. Presupuesto..... | 55 |
| 4. DISEÑO DE PAVIMENTO COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO..... | 57 |
| 4.2.1. Pavimentos flexibles | 57 |
| 4.2.1.1. Asfalto..... | 58 |
| 4.2.1.2. Emulsiones asfálticas | 59 |
| 4.2.2. Pavimentos rígidos..... | 59 |
| 4.3.1. Base..... | 61 |
| 4.3.1.1. Tipos de bases..... | 61 |
| 4.3.1.1.1. Bases de grava o piedra triturada..... | 61 |
| 4.3.1.1.2. Bases de grava y suelo | 61 |
| 4.3.1.2. Bases de arena arcilla | 63 |
| 4.3.1.3. Bases de suelo cemento..... | 63 |
| 4.3.2. Sub-base..... | 63 |
| 4.3.3. Rasante..... | 64 |
| 4.3.4. Sub-rasante | 65 |
| 4.3.5. Carpeta de rodadura..... | 65 |
| 4.4.1. Granulometría | 66 |
| 4.4.2. Límites de Atterberg..... | 66 |
| 4.4.2.1. Límite líquido Aashto t-89 | 66 |
| 4.4.2.2. Índice plástico | 66 |
| 4.4.2.3. Límite plástico Aashto T-90..... | 67 |
| 4.4.3. Ensayo de compactación o Proctor Aashto t-180 | 67 |
| 4.4.4. Ensayo de valor soporte C.B.R. Aashto t-193..... | 67 |
| 4.4.5. Resultado de los ensayos realizados..... | 73 |
| 4.5.1. Agregados minerales | 74 |
| 4.5.2. Material Bituminoso..... | 76 |

| | |
|---|------------|
| 4.5.3. Condiciones Climáticas | 76 |
| 4.6.1. Método del instituto de asfalto | 76 |
| 4.6.1.1. Análisis de tránsito | 77 |
| 4.6.2. Diseño geométrico de un pavimento flexible, propuesto por el Instituto de Asfalto de Estados Unidos | 77 |
| 4.6.2.1. Diseño estructural del pavimento | 78 |
| 4.6.3. Ejemplo de cálculo de pavimento | 78 |
| 5. IMPACTO AMBIENTAL, RIESGO, VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE PROYECTOS COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO..... | 85 |
| 5.2.1. Riesgo de los proyectos | 85 |
| 5.2.1.1. Riesgo de contaminación del agua en las redes de agua potable | 87 |
| 5.2.2. Amenazas naturales | 87 |
| 5.2.3. Desastre natural | 88 |
| 5.2.3.1. Daños producidos por terremotos | 88 |
| 5.2.4. Vulnerabilidad de los proyectos | 89 |
| 5.2.4.1. Calificación de la vulnerabilidad | 90 |
| 5.2.4.2. Vulnerabilidad administrativa | 90 |
| 5.2.4.3. Vulnerabilidad operativa | 91 |
| 5.2.4.4. Vulnerabilidad física | 91 |
| 5.3 Capacidad de respuesta del gobierno local | 92 |
| 5.4.1. Mitigación de los efectos de los desastres naturales | 93 |
| 5.4.2. Plan de mitigación | 93 |
| CONCLUSIONES..... | 95 |
| RECOMENDACIONES | 97 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 99 |
| APÉNDICE | 101 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|-----|
| 1: | Localización de la aldea Don Justo..... | 1 |
| 2: | Localización de la colonia Valle del Ensueño..... | 3 |
| 3: | Encuesta de población..... | 8 |
| 4: | Punto de desfogue..... | 29 |
| 5: | Cronograma de ejecución con colector de PVC..... | 33 |
| 6: | Cronograma de ejecución con colector de concreto..... | 33 |
| 7: | Cronograma de ejecución..... | 56 |
| 8: | Densidad relativa..... | 69 |
| 9: | Análisis granulométrico..... | 70 |
| 10: | Límites de Atterberg..... | 71 |
| 11: | Valor soporte California (C.B.R.)..... | 72 |
| 12: | Agregado conveniente..... | 75 |
| 13: | Agregado inconveniente..... | 75 |
| 14: | Clasificación de suelos por valor soporte..... | 79 |
| 15: | Valor de ITN..... | 80 |
| 16: | Número de tránsito de diseño..... | 83 |
| 17: | Cronograma de ejecución..... | 84 |
| 18: | Plano de ubicación de lotes..... | 102 |
| 19: | Plano de planta topográfica..... | 103 |
| 20: | Plano de planta de drenaje sanitario..... | 104 |
| 21: | Plano de planta y perfil de drenaje sanitario..... | 105 |
| 22: | Plano de planta de drenaje pluvial..... | 106 |
| 23: | Plano de ubicación de tragantes..... | 107 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 24: | Plano de detalles de pozos..... | 108 |
| 25: | Plano de planta topográfica de pavimentación..... | 109 |
| 26: | Plano de caminamiento de pavimentación..... | 110 |
| 27: | Plano de planta perfil y detalles de pavimentación..... | 111 |

TABLAS

| | | |
|--------|--|----|
| I: | Población actual de la colonia Valle del Ensueño..... | 10 |
| II: | Tipo de vivienda..... | 10 |
| III: | Profundidad mínima para tubería según tráfico vehicular..... | 15 |
| IV: | Ancho de zanja según profundidad y diámetro de tubería..... | 16 |
| V: | Parámetros de diseño..... | 25 |
| VI: | Presupuesto de materiales y mano de obra con PVC | 31 |
| VII: | Presupuesto de materiales y mano de obra con concreto..... | 32 |
| VIII: | Estimación de ingresos del proyecto con elementos de PVC..... | 38 |
| IX: | Estimación de gastos del proyecto para su período de diseño..... | 38 |
| X: | Análisis financiero de la opción con materiales de PVC..... | 39 |
| XI: | Análisis financiero de la opción con materiales de concreto..... | 39 |
| XII: | Resumen de valores adoptados..... | 49 |
| XIII: | Diámetro de colector principal..... | 54 |
| XIV: | Presupuesto..... | 55 |
| XV: | Graduaciones, bases de grava y suelo..... | 61 |
| XVI: | Materiales para relleno, porcentaje que pasa..... | 75 |
| XVII: | Tabla para cálculo de espesores de carpeta..... | 77 |
| XVIII: | Valores de tráfico..... | 81 |
| XIX: | Factor de ajuste de ITN..... | 82 |
| XX: | Presupuesto de pavimentación..... | 84 |
| XXI: | Efecto de los desastres naturales..... | 86 |
| XXII: | Calificación de destrozo..... | 87 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------|--|
| ⇒ | Dirección de flujo |
| ' | Minutos |
| “ | Segundos |
| A | Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla |
| A | Area |
| AASHTO | <i>American Association of State Highway and transportation Officials.</i> |
| Az. | Azimut |
| B/C | Relación Beneficio - Costo |
| C | Coeficiente de escorrentía de una superficie |
| CVA | Coeficiente de valor actual |
| d | Altura del tirante de agua en la alcantarilla |
| D | Diámetro de la tubería |
| d/D | Relación de diámetros |
| Dist. | Distancia |
| E | Egresos |
| Est. | Estación |
| FH. | Factor de Harmond |
| I | Intensidad de lluvia, también ingresos |
| I.P. | Índice de Plasticidad |
| INE | Instituto Nacional de Estadística |
| INFOM | Instituto de Fomento Municipal |
| INSIVUMEH | Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología |
| Km | Kilómetro |
| L | Litro |
| L.L. | Límite Líquido |

| | |
|------------------|--|
| L/hab/día | Litros por habitante por día |
| Lb/plg | Libras por pulgada |
| Max. | Máxima |
| Min. | Mínima |
| m/s. | Metros por segundo (velocidad) |
| mm/h. | Milímetros por hora |
| n. | Coeficiente de rugosidad |
| O | Operación y mantenimiento |
| P | Población |
| PCA | Asociación del Cemento Pórtland |
| P.O. | Punto Observado |
| P.V. | Pozo de visita |
| P.V.C. | Material fabricado a base de Cloruro de Polivinilo |
| q | Caudal de diseño |
| Q | Caudal a sección llena de la tubería |
| q/Q | Relación de caudales |
| R | Radio |
| R.h. | Radio hidráulico |
| S | Pendiente |
| S% | Pendiente en porcentaje |
| TPD | Tránsito Promedio Diario |
| TIR | Tasa interna de retorno |
| V | Velocidad del flujo a sección llena |
| VAN | Valor actual neto |
| v/V. | Relación de velocidades |

GLOSARIO

| | |
|------------------------|---|
| Agua domiciliar | Son las aguas utilizadas en domicilio; es decir, las que ya han pasado por un proceso de contaminación. |
| Arcilla | Tipo de suelo impermeable y plástico. |
| Aeróbico | Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre. |
| Aguas servidas | El agua que se desecha. Puede ser doméstica, comercial o industrial, también se le llama aguas negras. |
| Anaeróbico | Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre. |
| Azimut | El azimut verdadero de una visual a un objeto terrestre, es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. |
| Banco de marca | Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos. |
| Candela | Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje. |
| COGUANOR | Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Colector | Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias para el desalojo de aguas negras o pluviales. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Cota invert | Altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado. |
| Descarga | Lugar a donde se vierten las aguas negras del sistema. |
| Excretas | Residuos alimenticios, después de hecha la digestión. |
| Latitud | Distancia de un lugar al Ecuador determinada por el arco de meridiano que va de dicho lugar al Ecuador. |
| Permeabilidad | Propiedad que tienen los suelos de dejar pasar el agua a través de sus poros. |
| Planimetría | Parte de la topografía que enseña a medir las proyecciones horizontales de una superficie. |
| Porcentaje de escorrentía | Porcentaje del agua pluvial que va a la alcantarilla. |
| Residuales | para un propósito específico (reutilización agrícola, industrial, etc.). |
| Revenimiento | Hundimiento. |
| Tándem | Tipo de vehículo que transporta un contenedor. |
| Tirante | Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla. |
| Topografía | Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre y debajo de la misma. |

RESUMEN

En este proyecto se utilizará un sistema de alcantarillado sanitario, el cual se excluye los caudales de agua de lluvia y funciona por gravedad, sirviendo a los 187 lotes que tiene la colonia. El sistema conducirá las aguas servidas hacia la parte más baja de la colonia, la cual está en la parte central de la misma y se desfogará hacia el lugar donde se construirá una planta de tratamiento a lo largo de sus 1,425 m de línea central de drenaje.

El drenaje pluvial consistirá en la ampliación del sistema actual, que es insuficiente, introduciendo 870 m de drenaje nuevo, para poder darle servicio a toda la colonia, esto implica que deberá hacerse el diseño completo de la colonia, tomando los datos del drenaje existente, para asegurar un acople adecuado de los tramos nuevos y encontrar qué tramos se debe cambiar, básicamente consistirá en un sistema de cunetas, tragantes y colector principal.

En lo que respecta a la pavimentación, se tiene planeado abarcar todas las calles de la colonia, con una longitud total de 1873 m, lo que da un área de 13,106.51 m², diseñado en base a las propiedades del suelo encontrado, generando un pavimento de alta calidad, con la resistencia adecuada y al menor costo posible.

El sistema de drenaje sanitario se ha diseñado para soportar los caudales proyectados a una tasa de crecimiento del 3.1% a 20 años, aunque en algunos tramos podría ser mayor el tiempo, tomando en cuenta la vida útil de la tubería de PVC y que no se sobrepasen las condiciones hidráulicas de las tuberías.

OBJETIVOS

GENERAL

Contribuir al desarrollo de las comunidades del municipio de Santa Catarina Pinula, colaborando con la planificación de proyectos de infraestructura a favor de su población.

ESPECÍFICOS

1. Planificar y diseñar el sistema de drenajes sanitario y pluvial de la colonia Valle del Ensueño.
2. Planificar y diseñar el pavimento de la misma colonia.
3. Involucrar la vulnerabilidad y medidas de mitigación a la hora de evaluar económicamente el proyecto para obtener la mayor eficiencia posible, que lo haga rentable y así obtener una mejor relación beneficio-costos.

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Sanitaria tiene sus orígenes en tiempos muy remotos, en los que la historia tiene registros de que las antiguas civilizaciones árabes y egipcias se dieron cuenta de la importancia de depositar los desechos orgánicos lejos de los lugares de vivienda y enterrarlos para evitar que se convirtieran en focos de infección, las culturas nómadas solían realizar esta práctica depositando sus excretas en lugares lejanos en el camino, pero luego los pueblos se asentaron esta idea se generalizó y se pensó en un sistema que permitiera evacuar las excretas de la población, automáticamente, hacia un lugar seguro donde la tierra se encargara de degradarlas, dándoles el tratamiento respectivo. Conforme las poblaciones crecieron se dieron cuenta de que no bastaba con enterrarlas, sino que se necesitaba de un tratamiento especial, previo a devolverlas a la tierra, evitando su contaminación. Así es como surgieron los sistemas de alcantarillado sanitario.

Básicamente, el alcantarillado sanitario está conformado por todos los elementos que intervienen en la evacuación de las aguas servidas, conduciéndolas hacia su tratamiento en un sistema que generalmente funciona por gravedad, donde las tuberías que lo conforman trabajan a sección parcial, es decir que trabajan como canales abiertos, sin presión.

Cuando las pendientes de las calles son pronunciadas, el agua pluvial corre sobre ellas a grandes velocidades, provocando erosión y, consiguientemente, el deterioro de las mismas. Luego, al llegar a lugares planos el agua se estanca inundando la calle y debilitando el pavimento, lo que provoca su deterioro. Este tipo de problema es el que se pretende solucionar por medio del diseño de alcantarillado pluvial.

No es conveniente colocar un sistema de drenaje pluvial sin pavimento, ya que la tierra del suelo obstruiría rápidamente las tuberías, tampoco es conveniente pavimentar primero y luego romper para introducir el sistema de drenaje. Por estas razones, también es necesario el diseño del pavimento, asegure la buena circulación de las aguas hacia el sistema de drenaje pluvial y que, a su vez, proporcione una buena superficie para la circulación de los vehículos.

La colonia Valle del Ensueño, aldea Don Justo no cuenta con servicio de Drenajes Sanitarios ni Pluviales y cuenta con un pavimento de concreto en muy mal estado, además se ha observado que sus aguas pluviales corren a flor de tierra.

El diseño de la red de drenaje sanitario, pluvial y pavimentación de ésta colonia, será el tema del presente trabajo.

HIPÓTESIS

El sistema de drenaje sanitario permitirá a los vecinos tener una colonia más limpia y evitará los problemas que conlleva la mala evacuación de las aguas negras.

El sistema de drenaje pluvial ayudará a evitar los estancamientos de agua que se generan actualmente en la colonia y que son responsables del mal estado del pavimento existente.

Una pavimentación adecuada facilitará el acceso de los habitantes de esta colonia a sus viviendas y favorecerá la buena circulación vehicular dentro de la misma.

1. ANTECEDENTES GENERALES

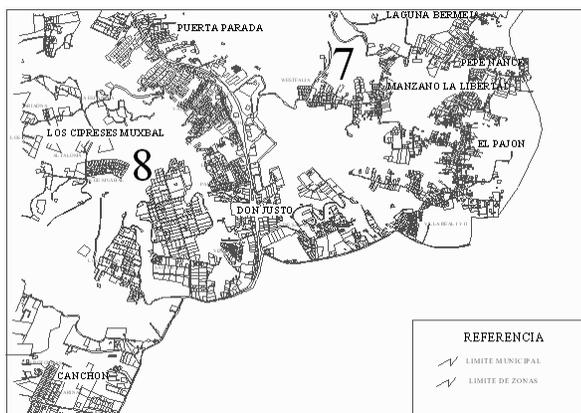
1.1. Monografía de la aldea don justo

1.1.1. Ubicación geográfica

Para llegar a la aldea Don Justo, del municipio de Santa Catarina Pinula, de la cabecera rumbo este por ruta 2 hay 6 km. A la aldea Puerta Parada. De ahí por la carretera asfaltada CA-1 al sur son 3 km. Don Justo, en el entronque con la ruta asfaltada nacional 18 a San José Pinula y la ruta departamental Guatemala 13 que conduce a Santa Rosa de Lima. La escuela de la aldea esta a 1,015 mts. SNM, su latitud norte 14 32'30", longitud oeste 90 27'15".

La colonia Valle Del Ensueño, se encuentra ubicada en la zona 8 del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala, para llegar a ella, se cruza en el Km. 14.5 carretera a El Salvador hacia la carretera antigua a El Salvador y la colonia se encuentra en el Km 15.5 de esta carretera, justo detrás del Condado Concepción que está frente al Hiperpaiz Puerta Parada.

Figura 1 Localización de la aldea Don Justo



Fuente: Gráfica archivo digital Municipalidad S.C.P.

1.1.2. Límites y colindancias

La Aldea Don Justo tiene los siguientes límites y colindancias:

- Al norte colinda con la aldea puerta parada cristo rey
- Al sur colinda con aldea Canchón
- Al este colinda con la aldea el Pajón
- Al oeste colinda con los cipreses Muxbal

1.1.3. Clima

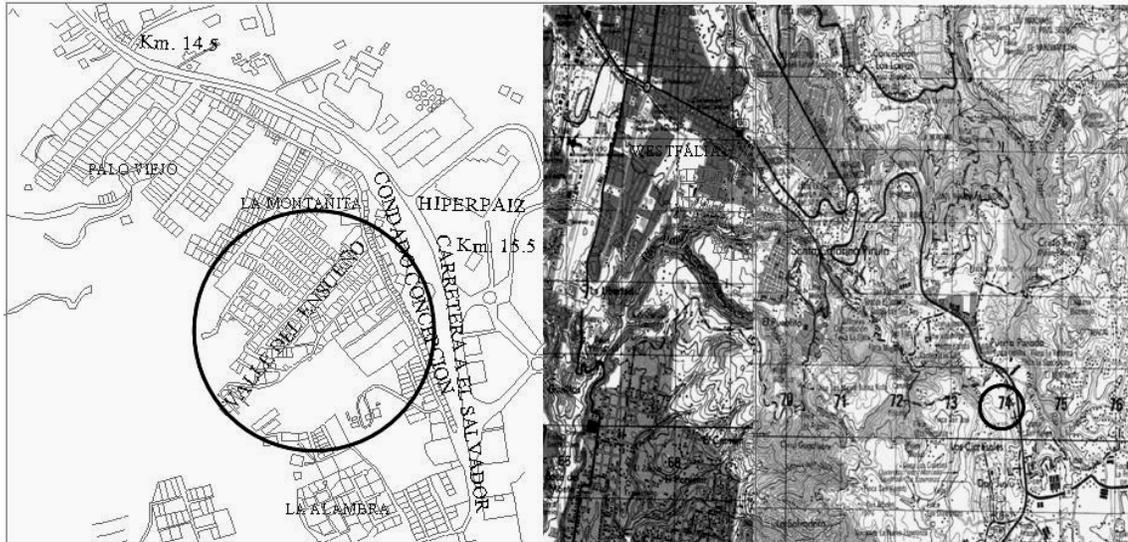
Depende de los Factores Astronómico, Geográfico y Meteorológico, con características particulares por la posición geográfica y topografía de la región.

Según los datos obtenidos en el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), El clima varía entre 12°C a 24°C en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y la madrugada y la máxima temperatura a las dos de la tarde. La precipitación media anual es aproximadamente de 1,210 mm. La dirección del viento generalmente es de Nor-Este a Sur-Oeste, con una velocidad de 18.5 Km/h y la evaporación promedia los 115 mm.

1.1.4. Accesos a la colonia Valle del Ensueño

A la colonia Valle del ensueño se puede acceder sobre la carretera a El Salvador, cruzando en diagonal a la altura del Km. 14.5, por la antigua Carretera a El Salvador, recorriendo un Km hasta llegar al Km15.5 en donde se encuentra la primer entrada a la colonia y 100 m adelante está la segunda.

Figura 2 Localización de la colonia valle del ensueño



Fuente: Gráficas de IGN y archivo digital Municipalidad S.C.P.

1.1.5. Aspecto urbanístico

La colonia Valle del ensueño se encuentra en un punto totalmente urbanizado.

1.1.6. Aspecto demográfico

La población total de la aldea Don Justo es de 3,450 habitantes.

El 49% de la población es de género masculino y el 52% de género femenino. La colonia tienen un total aproximado de 187 familias, con un número promedio de miembros por familia es de 5.5.

1.1.7. Tasa de crecimiento

Según los censos del Instituto Nacional de Estadística (año 1973 y 1994), la tasa de crecimiento para la aldea es de 3.1% anual.

1.1.8. Aspecto topográfico

Don Justo presenta una topografía bastante diversa, en su mayoría plana y con pendientes fuertes en sus orillas. La colonia Valle del Ensueño por su extensión, tiene una topografía accidentada, en la entrada y en el fondo es plana, pero tiene depresión en el centro, alcanzando pendientes de hasta 16% en sus calles y hasta del 50% en sus áreas verdes. Al este colinda con montañas y al sur con zanjones que bajan hasta el río Pinula. La diferencia de altura entre la entrada y la parte más baja de la colonia es de 33 m.

1.1.9. Actividad productiva

La actividad productiva de la aldea es bastante diversa, la mayoría trabaja como asalariados en las fábricas de textiles, alimentos y construcciones existentes en la carretera a El Salvador (CA-1), y en la ciudad capital. Algunos de sus habitantes se dedican a la siembra y a la producción pecuaria.

1.1.10. Servicios públicos e infraestructura

1.1.10.1. Energía eléctrica

La empresa eléctrica de Guatemala (E.E.G.S.A.) presta el servicio eléctrico para esta Aldea El 95% de las viviendas de la colonia Valle del Ensueño dispone del servicio de energía eléctrica domiciliar.

1.1.10.2. Teléfonos

Los habitantes de la colonia cuentan con servicio telefónico, tanto fijo como de tipo móvil. En la aldea Don Justo, la empresa que provee servicio de telecomunicaciones es predominantemente Telgua, con una cobertura del 75%.

1.1.10.3. Templos religiosos

Cuenta con iglesias católicas y evangélicas.

1.1.10.4. Escuelas

La aldea cuenta con un establecimiento de educación nacional y uno privado, donde se imparte enseñanza pre-primaria y primaria.

1.1.10.5. Transporte

El transporte urbano para esta Aldea está a cargo de la ruta No. 78 de la empresa EGA, la cual presta un servicio regular a cada veinte minutos. También se puede utilizar el servicio extraurbano de buses que van hacia San José Pinula y Fraijanes.

1.1.11. Situación socioeconómica

En la colonia Valle del Ensueño, la situación socioeconómica es de clase media alta predominantemente y clase media baja, ya que es una colonia semiresidencial, casi no se encontró pobreza.

1.1.12. Saneamiento ambiental y salud

El 63% de la población de la aldea Don Justo cuenta con servicio de alcantarillado; en la colonia Valle del Ensueño no existe, por lo que sus habitantes utilizan fosas sépticas y muchas están a punto de llenarse.

1.1.13. Salud

En la Aldea no se cuenta con centros de salud, pero dada su cercanía con la ciudad capital, sus habitantes acuden a los centros de salud y hospitales capitalinos. Se cuenta con clínicas médicas privadas y farmacias. En la cabecera municipal se cuenta con un centro de salud.

1.1.14. Sistema de agua potable

La aldea tiene un buen sistema de abastecimiento de agua potable, El 100% de la población de la colonia Valle del Ensueño cuenta con servicio de abastecimiento de agua, prestado por la municipalidad de Santa Catarina Pinula, pagando, en promedio, una mensualidad de Q 20.00, por una dotación de 30,000 litros al mes.

1.1.15. Sistema de drenaje sanitario

En Don justo puede decirse que hay drenaje en el 40% del territorio, La colonia Valle del Ensueño carece éste servicio, sus habitantes utilizan fosa séptica, razón por la cual es necesario construir el sistema de drenaje sanitario de la colonia.

1.1.16. Sistema de drenaje pluvial

En la colonia se encontraron grandes problemas en este sentido, más que todo en la parte baja de la misma, donde se concentran las aguas pluviales que bajan a gran velocidad, lo que provoca grandes tirantes y hace intransitables sus calles, perjudicando a las viviendas de esa zona, razón por la cual es de suma importancia construir el sistema de drenaje pluvial.

1.1.17. Disposición de basura

El servicio de recolección de basura de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, conduce la basura hacia el basurero de la Zona 3 de la ciudad capital.

1.1.18. Atención a enfermedades

En el municipio existen centros de salud, donde se atiende a pacientes con enfermedades comunes, se cuenta con ambulancia, pero en casos graves los habitantes de esta aldea acuden a los hospitales de la ciudad capital.

1.2. Encuesta sanitaria

Para la este trabajo, se utilizó La encuesta sanitaria siguiente:

Figura 3 Encuesta de población

Población: Colonia Valle del Ensueño, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Fecha: Julio del 2004.

Nombre del propietario de la casa: _____

Número de cédula: _____

Dirección de la casa: _____

1. NÚMERO DE HABITANTES EN SU VIVIENDA:

| Hombres (mayores de 18 años) | Número de cédula | Ocupación |
|------------------------------|------------------|-----------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

2. NÚMERO DE HABITANTES EN SU VIVIENDA:

| Mujeres (mayores de 18 años) | Número de cédula | Ocupación |
|------------------------------|------------------|-----------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

Niños : (0-5 años) _____ (6-14 años) _____ (14-17 años) _____

Niñas : (0-5 años) _____ (6-14 años) _____ (14-17 años) _____

2. INSTITUCIONES EXISTENTES (ESCUELAS, COLEGIOS, IGLESIAS ETC.)

2.1 tipo _____ 2.2 capacidad _____ personas

3. SERVICIO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:

Procedencia:

Manantial: pozo: Río: Chorro público: Agua potable:

4. SERVICIO ACTUAL DE DRENAJE:

4.1 Tiene servicio No tiene servicio

4.2 Forma:

letrina fosa séptica Evacuados a la calle

5. LE INTERESA EL SERVICIO DE XXXX Y COLABORARIA USTED CON LA CONSTRUCCIÓN DEL MISMO

SI NO

DE QUE FORMA:

Económica Mano de obra Materiales

6. DE ACUERDO AL TRABAJO ACTUAL DE LA MUNICIPALIDAD LE INTERESA QUE ESTE PROYECTO SE TRABAJE CONJUNTAMENTE MUNICIPALIDAD-VECINOS

SI NO

7.MEDIO DE TRANSPORTE:

Posee vehículo: SI NO

Cuántos: _____

Para acceder a su colonia qué medios de transporte colectivo existen:

NECESIDADES DE SU COLONIA:

Transporte: SI NO

Agua potable: SI NO

Drenaje sanitario: SI NO

Drenaje pluvial: SI NO

Planta de tratamiento: SI NO

Alumbrado público: SI NO

MEJORAS A SU COLONIA:

A continuación mencione qué mejoras cree usted que se le pueden hacer a su colonia:

1.2.1. Datos de vivienda

Un 90% de los habitantes de la aldea cuenta con vivienda propia, un 10% las casas en su mayoría están hechas con paredes de mampostería de bloques de pómez y de techo tienen lámina de zinc o losa de concreto. En La colonia Valle del Ensueño predominan las viviendas consideradas formales.

1.2.2. Datos de población

Tabla I Población actual de la colonia Valle del Ensueño

| HABITANTES | HOMBRES | MUJERES | TOTAL |
|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| Total de personas | 546 | 483 | 1,029 |
| De 0 a 5 años | 101 | 80 | 191 |
| de 6 a 14 años | 142 | 98 | 240 |
| De 14 a 17 años | 47 | 47 | 94 |
| De 18 en adelante | 247 | 256 | 503 |

Tabla II Tipo de vivienda

| TIPOS DE VIVIENDA | % |
|--------------------------|----------|
| Casas formales | 99 |
| Ranchos | 0 |
| Improvisadas | 0.5 |
| Otros | 0.5 |

1.2.3. Demandas de la comunidad

1.2.3.1. Demanda de infraestructura

Los vecinos de la colonia solicitaron un sistema de drenaje pluvial y el de la pavimentación de sus calles, ya que se encuentran en muy mal estado.

1.2.3.2. Demanda de servicio sanitario

El comité de vecinos ha solicitado la construcción de un sistema de drenaje sanitario para la colonia y de una planta de tratamiento.

2. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO.

2.1. Descripción del proyecto

En este proyecto se utilizará un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad, sirviendo a los 187 lotes que tiene la colonia. El sistema conducirá las aguas servidas, a lo largo de sus 1,425 m de línea central, hacia la parte mas baja de la colonia, la cual está en la parte central de la misma y se desfogará hacia el lugar donde se construirá una planta de tratamiento.

El diseño deberá cumplir con las normas vigentes para Guatemala.

2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se efectuó en 2 partes, la planimetría y la altimetría.

2.2.1. Planimetría

El levantamiento planimétrico sirve para localizar en planta la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y localizar todos aquellos puntos de importancia, además en planta puede verse la magnitud del proyecto. En el presente trabajo se utilizó el método de conservación de azimut con vuelta de campana para poligonal abierta, utilizando un teodolito con 0°00'20" de precisión, una plomada y cinta métrica de metal, estacas de madera, martillo.

2.2.2. Altimetría

Sirve para tener la representación del terreno en tercera dimensión, para obtener los perfiles del terreno a trabajar. Para el desarrollo del estudio fue necesario determinar las diferentes elevaciones y pendientes del terreno mediante un levantamiento topográfico del perfil del mismo. Por tratarse de un estudio de drenajes la precisión de los datos es muy importante, por lo que se realizó una nivelación simple, para lo cual se utilizó un nivelador, estadía de cuatro metros y cinta métrica de metal.

2.3. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

El diseño del drenaje sanitario debe hacerse de acuerdo a las normas establecidas y aceptadas por instituciones como el INFOM, EMPAGUA Y UNICEF.

2.3.1. Normas de diseño de alcantarillado sanitario

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario se tomaron como base las normas ASTM 3034 y las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas. (Normas utilizadas y actualizadas por el Instituto de Fomento Municipal -INFOM- actual ente Coordinador de las Políticas de Agua y Saneamiento a nivel Nacional).

2.3.1.1. Velocidad máxima y mínima

El diseño de este proyecto se hizo con tubería PVC, que permite una velocidad máxima a sección llena de 5.00 m/seg, en algunos casos puede llegar

a ser de 5.5 m/seg., siempre y cuando se coloque una protección contra impacto en los pozos. El diseño con elementos de PVC, nos permite una velocidad mínima de 0.45m/s para que exista auto limpieza; a sección parcialmente llena de 0.40 m/s mínima y 3.00 m/s máxima.

2.3.1.2. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar tiene por objeto comunicar a las viviendas con el colector principal, ésta se hace por medio de un tubo de concreto colocado en forma vertical, llamado "candela", que se conecta al colector principal por medio de un tubo PVC no menor de 6" y con pendiente mínima del 2%.

Cuando la profundidad del colector no sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta "Y" complementado con un codo a 45°, como se muestra en el plano de detalles estructurales.

Cuando la profundidad del colector sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta "T" complementado con un codo a 90°, como se muestra en el plano de detalles estructurales.

2.3.1.3. Tubería

La tubería a utilizarse en los drenajes es tubería de cloruro de polivinilo o comúnmente conocido por su abreviatura P.V.C., de 6.00 m (20') de longitud. La tubería deberá cumplir con la norma ASTM D 3034. Las características específicas de la tubería de P.V.C. son las siguientes:

- Garantiza una alta impermeabilidad en las juntas, que previene la infiltración del agua subterránea.
- Por su naturaleza tiene alta resistencia contra alcalinos y ácidos, lo que hace su uso adecuado cuando se drenan desagües de tipo industrial.
- Es de fácil manipuleo y trabajo, debido a su peso ligero.

2.3.1.4. Diámetro mínimo

Según la norma del Instituto Nacional de Fomento Municipal, el diámetro mínimo a utilizarse en los alcantarillados sanitarios con tubería PVC Norma 3034 es de 6", en sistemas con tubería de concreto es de 8" y en las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4" para tubería de PVC Norma 3034.

2.3.1.5. Preparación de la zanja

El lecho de la zanja deberá ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de toda la tubería. Se deben preparar aberturas al final de cada tramo para permitir un acople correcto.

En este caso se diseñó de material selecto, siendo como mínimo de 0.10 m de espesor compactada y libre de piedras grandes o puntiagudas, y se rellenará con material selecto hasta 0.10 m por encima de la tubería y por razones de ahorro de costos, se rellenará el resto de la zanja con material natural.

2.3.1.6. Profundidad de tubería y ancho de zanja

La carga máxima de tierra que soporta la tubería P.V.C. depende del prisma de tierra directamente encima de ella. La profundidad de la tubería estará definida por el diseño hidráulico del sistema, tomando como una profundidad mínima 1.20 m desde de la cota del terreno hasta la cota invert de la tubería. También hay que considerar en el momento de determinar la profundidad, la protección contra las cargas de tráfico, para evitar rupturas.

A continuación, profundidad mínima referida a la cota inferior de la tubería.

Tabla III Profundidad mínima para la tubería según tráfico vehicular.

| Diámetro de Tubería (pulgadas) | Profundidad para tráfico normal (metros) | Profundidad para tráfico pesado (metros) |
|---------------------------------------|---|---|
| 8 | 1.22 | 1.42 |
| 10 | 1.28 | 1.48 |
| 12 | 1.33 | 1.53 |
| 15 | 4.41 | 1.61 |
| 18 | 1.50 | 1.70 |

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería, éste es de 45 cm para tubería de 4" y 6" y no más de 15 a 23 cm de espacio libre a cada lado de la tubería de 8" o mayor. El ancho de zanja utilizado en este proyecto fue de 0.60 m.

Tabla IV Ancho de zanja según profundidad y diámetro de tubería.

| Diámetro Nominal plg | Hasta 1.30 M | De 2.36 a 1.85m | De 1.86 a 2.35m | De 2.36 a 2.85m | De 2.86 a 3.35m | De 3.36 a 3.85m |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.70 |
| 8 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.70 |
| 10 | --- | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| 12 | --- | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 15 | --- | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 18 | --- | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| Diámetro Nominal plg | De 3.86 a 4.35m | De 4.36 a 4.85m | De 4.86 a 5.35m | De 5.36 a 5.85m | De 5.86 a 6.35m | |
| 6 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | |
| 8 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | |
| 10 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | |
| 12 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | |
| 15 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 18 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | |

2.3.2. Propuestas de diseño

Es conveniente analizar las opciones de material a utilizar para la construcción del proyecto.

2.3.2.1. Ventajas y desventajas del diseño con PVC

El bajo coeficiente de fricción de la tubería de PVC Norma ASTM D-3034 permite operar con bajas pendientes y velocidades mínimas de 0.45 m/seg.

Otro aspecto importante es que la tubería se fabrica en longitudes de 6 metros, para su unión se utilizan las uniones de empaque que trae de fabrica.

La tubería de PVC tiene una vida útil de unos 60 años, pudiendo ser mayor de acuerdo a las velocidades que posea el colector.

2.3.2.2. Ventajas y desventajas del diseño con concreto

Se requiere tener pendientes más altas para que la velocidad no sea menor a 0.60 m/seg, para que el colector arrastre los sólidos que caigan al sistema, esto se debe al coeficiente de fricción del material utilizado.

La tubería de concreto se fabrica en longitudes de 1 metro, por lo que deben realizarse juntas a cada metro, lo cual requiere mano de obra calificada a efecto de que esta unión quede bien hecha, para no tener problemas de fugas que provoquen contaminación.

El diámetro de los tramos iniciales debe ser de 8”.

La tubería de cemento tiene una vida útil de unos 30 años, pudiendo ser mayor de acuerdo a las velocidades que posea el colector.

La tubería de concreto debe cumplir con la norma ASTM C-14 Clase I.

2.3.3. Período de diseño

Se diseñó el sistema para que tenga un funcionamiento adecuado durante un período de 20 años, a partir de la fecha de su construcción.

2.3.4. Población futura

Para el cálculo de la población se tomó en cuenta la encuesta sanitaria efectuada en la colonia, que tuvo como resultado una población de 1,029 habitantes, distribuidos en 187 lotes, lo que da una densidad de población de 5.5 hab./casa. Este dato fue utilizado para el cálculo de la red de distribución. Se calculó la población por el método geométrico, como se indica en la siguiente fórmula, utilizando la tasa de crecimiento de la aldea Don Justo, proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística.

$$P = P_o * (1 + r)^n$$

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Donde: Población actual (Pa) | 1029 habitantes |
| Tasa de crecimiento (r) | 3.1% |
| Período de diseño (n) | 20 años |

2.3.5. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (Lts./hab./día).

Dado que es una población urbana donde predomina el clima frío, se utilizará una dotación de 120L/Hab/día.

2.3.6. Factor de retorno

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua, que después de ser usada, vuelve al drenaje, en este caso se considera un 80% de factor de retorno.

2.3.7. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua consumida por la población durante un día, la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios en el período de un año. También puede calcularse como el resultado de multiplicar la dotación por el número de habitantes proyectados hasta el final del período de diseño.

$$QM = \frac{(Dotación * PoblaciónFutura)}{86400}$$

2.3.8. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño la determinan la pendiente del terreno, el diámetro y el tipo de tubería utilizado. La velocidad del flujo, por fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena. La norma ASTM 3034, establece una velocidad máxima y mínima, definidas anteriormente en la sección de normas de diseño.

2.3.9. Factor de rugosidad

La rugosidad del material con que está construido un canal es una medida adimensional y experimental, y expresa qué tan lisa es la superficie por donde se desplaza el flujo, varía de un material a otro y con el tiempo. Para este caso, el factor de rugosidad es igual a 0.009, ya que la tubería es de PVC.

2.3.10. Área tributaria

El área tributaria comprenderá la suma de cada tramo aguas arriba, conforme se lleve el diseño de cada uno de éstos.

2.3.11. Caudal sanitario

El cálculo del caudal de flujo de aguas negras se determinará como resultado de la suma de los diferentes caudales que intervienen en él, como se verá en las paginas siguientes.

2.3.11.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable.

$$Q_{dom} = QM * FactordeRetorno$$

Donde:

QM = Caudal medio diario

2.3.11.2. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno; en el caso del alcantarillado de PVC es despreciable.

$$Q_{inf} = \frac{(Dot * L * \# casas * 6m)}{86400} * \frac{1}{1000}$$

Dot. = Dotación (Lts./Habitante/día)

casas = Número de casas,

2.3.11.3. Caudal comercial

Se calcula de la siguiente manera

$$Q_{com} = \frac{\# \text{comercios} * \text{Dot}}{86400}$$

Para este proyecto no se tomó en cuenta, ya que no existen comercios.

2.3.11.4. Caudal industrial

En este proyecto no se calculó debido a que no existen industrias, pero se calcula de la siguiente manera

$$Q_{com} = \frac{\# \text{Industrial} * \text{Dot}}{86400}$$

2.3.11.5. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de la aldea puede hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar entre 0.5 a 2.5 %.

Como el caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias.

Se calculó por el método racional

$$Q_{conexionesilicidas} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m³ / seg.)

C = Coeficiente de escorrentía, el que depende de las condiciones del suelo y topografía del área a integrar.

I = Intensidad de lluvia. (mm/hora)

A = Área que es factible de conectar. (Has).

2.3.11.6. Factor de caudal medio

Este factor se determina por medio de la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema, los cuales fueron definidos anteriormente, dividido por el tiempo total en un día, se expresa en lts/hab/seg y viene definido por:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{conexionesilicidas}$$

El valor del factor de caudal medio se calculó de la siguiente manera:

$$f_{qm} = \frac{Q_{med}}{86400}$$

Donde:

Q med. = Caudal medio

f_{qm} = Factor de caudal medio.

2.3.11.7. Factor de Harmond o de flujo instantáneo

Es un factor de seguridad según número de habitantes a servir en cada tramo, que actúa principalmente en las horas en que más se utiliza el sistema de drenaje, debe calcularse para cada tramo de la red. Su fórmula es:

$$FH = \frac{(18 + P^{1/2})}{(4 + P^{1/2})}$$

Donde:

P = número de habitantes a servir expresado en miles de habitantes.

El valor de *Harmond* se encuentra entre 1.5 y 4.5, de acuerdo al tamaño de la población.

2.3.12. Obras de arte

Son las estructuras complementarias que se construyeron en las redes de saneamiento y que repercuten en su funcionamiento, para limpiar e inspeccionar las alcantarillas, o cambiar de dirección o pendiente y lograr que el flujo de aguas residuales caiga verticalmente de una a otra cota con una mínima perturbación.

2.3.12.1. Pozos de visita

Son artefactos colocados en puntos estratégicos de la red a distancias no mayores de 100 m, para su limpieza, generalmente son cilíndricos y se colocan en las siguientes posiciones:

- Cambios de dirección horizontal
- Cambios de pendientes

- Intersecciones de dos o más tuberías
- Extremos superiores de ramales iniciales
- La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y la que sale de un pozo de visita se contempló en un mínimo de 0.03 m.

2.3.12.2. Tapas de pozos de visita

La tapa será plana y se colocará en la rasante de la calle de forma que no interfiera con el tránsito. Los factores que deben ponderarse al elegir los marcos y tapas de los pozos de registro son: seguridad, de modo que las tapas no se suelten; facilidad de reparación y sustitución, de medidas Standard, resistencia suficiente para soportar el peso de vehículos pesados y protección del sistema contra basura o residuos que puedan entorpecer su funcionamiento.

2.3.13. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluya, primero se tendrán que integrar los valores que se describen en la fórmula siguiente:

$$Q_{dis} = \# \text{ Habitantes} * FH * F_{qm}$$

2.3.14. Parámetros de diseño

Tabla V Parámetros de diseño

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------------|----------------------|
| Tipo de sistema a usar | Por gravedad |
| Período de diseño | 20 años |
| Tipo de red de distribución | Ramales abiertos |
| Población actual | 1,029 habitantes |
| Población futura (2018) | 2,254 habitantes |
| Dotación | 120 Lts./hab./día |
| Factor de Retorno | 0.80 |
| Factor de caudal medio | 0.0035 |
| Caudal medio diario | 3.13 Lts./seg |
| Viviendas actuales | 187 |
| Densidad de población | 5.5 hab./casa |
| Tasa de crecimiento | 3.1% |
| Viviendas futuras | 410 |
| Coefficiente de Hazen Williams | 140 para tubería PVC |
| Factor de rugosidad n | 0.009 |

2.3.15. Ejemplo de cálculo

De pozo 2E a pozo 2F

Cota pozo 2E = 84.82

Cota pozo 2F = 80.95

Distancia horizontal = 29.84

$$Vol.ex. = \left(\left(\frac{1.84 + 1.25}{2} \right) * 29.84 \right) * 0.6 = 27.72$$

Número de casas = 2

Acumulado = 126

Habitantes a servir actual = 756

Habitantes a servir futuro

$$Hab.futuro = 756(1 + 0.031)^{20} = 1392.20$$

Factor de Hardmond

Factor de Hardmond futuro

$$FH. = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{756}{1000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{756}{1000}}\right)} = 3.875$$
$$FH. = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{1393}{1000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{1393}{1000}}\right)} = 3.7$$

Factor de caudal medio = 0.035 tomado del INFOM

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = 756 * 3.875 * 0.035 = 10.253$$

Caudal de diseño futuro

$$Q_{dis} = 1393 * 3.875 * 0.035 = 18.04$$

Diámetro propuesto 6 pulgadas

Pendiente de tubo propuesta 11%

Velocidad a sección

$$Vel.secciónllena = \frac{\left(0.03429 * 6^{2/3} * \sqrt{11\%}\right)}{\left(\frac{0.01}{10}\right)} = 3.76$$

Caudal sección llena

$$Q_{sec.llena} = \left(11 * \left(5.067 * 10^4\right)\right) * 6^2 * 1000 = 68.50$$

Relación q/Q actual =0.025

Relación q/Q futura = 0.114

Relación v/V actual =0.42

Relación v/V futura =0.659

Velocidad actual

$$Velocidad = (1.6 * 0.42) = 0.673$$

Velocidad futura

$$Velocidad = (1.6 * 0.659) = 1.055$$

Relación d/D actual =0.26

Relación d/D futuro =0.35

Profundidad de pozo inicio propuesta =1.84

Cota invert de inicio

$$CII = 84.82 - 1.84 = 82.98$$

Cota invert final

$$CIF = 80.95 - \left(\left(11\% * \frac{29.84}{100} \right) \right) = 79.69$$

Profundidad de pozo final

$$PPF = (80.95 - 79.69) = 1.25$$

Volumen de excavación

$$Vol.ex. = \left(\left(\frac{1.84 + 1.25}{2} \right) * 29.84 \right) * 0.6 = 27.72$$

Tabla V Hoja de cálculo del drenaje sanitario

| e.P.V. | Cotas Terreno | | D.H. (S % Te) | No. Casas | Habitantes a Servir | | F.H. | | Frm. (l/s/hab) | Diseño (lit/seg) | | Díam. (S % Tl) | Sec. Ll. (m/s) | Rel. q/0 | Rel. v/v | | Vel. (m/s) | Rel. d/D | Cota Invert. | | Inclinación del Pozo | | Volumen d m ³ | | | | | | | |
|--------|---------------|-------|---------------|-----------|---------------------|--------|--------|--------|----------------|------------------|--------|----------------|----------------|----------|----------|--------|------------|----------|--------------|-------|----------------------|------------|--------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | Inicio | Final | | | Actual | Futuro | Actual | Futuro | | Actual | Futuro | | | | Actual | Futuro | | | Inicio | Final | Inicio | Final | | | | | | | | |
| 2a | 102.2 | 100.4 | 33.96 | 5.274 | 7 | 42 | 92.027 | 4.229 | 4.25 | 0.0035 | 0.3664 | 1.36996 | 6 | 5 | 2.5317 | 46.182 | 0.0138 | 0.0297 | 0.348 | 0.444 | 0.88104731 | 1.124095 | 0.08 | 0.1175 | 101 | 99.262 | 1.2 | 1.107 | 23.503716 | |
| 2b | 100.4 | 93.6 | 47.62 | 14.21 | 8 | 15 | 90 | 197.2 | 4.256 | 4.15 | 0.0035 | 1.3406 | 2.96453 | 6 | 14 | 4.2364 | 77.277 | 0.0173 | 0.0371 | 0.375 | 0.473 | 1.58865748 | 2.003827 | 0.09 | 0.113 | 99.23 | 92.5652 | 1.137 | 1.0348 | 31.026335 |
| 2c | 93.6 | 86.82 | 51.9 | 13.06 | 6 | 25 | 150 | 328.67 | 4.191 | 4.06 | 0.0035 | 2.2003 | 2.46782 | 6 | 13 | 4.0823 | 74.466 | 0.0295 | 0.0627 | 0.444 | 0.548 | 1.81254848 | 2.237109 | 0.118 | 0.165 | 92.54 | 85.7878 | 1.0648 | 1.03519 | 32.698734 |
| 2d | 86.82 | 84.82 | 17.44 | 11.49 | 2 | 118 | 708 | 1551.3 | 3.892 | 3.67 | 0.0035 | 9.6437 | 19.9209 | 6 | 7 | 2.9956 | 54.643 | 0.1765 | 0.3646 | 0.747 | 0.913 | 2.23771415 | 2.734984 | 0.28 | 0.41 | 84.23 | 83.0072 | 2.59505 | 1.81285 | 23.062133 |
| 2e | 84.82 | 80.95 | 29.84 | 12.98 | 2 | 126 | 756 | 1656.5 | 3.875 | 3.65 | 0.0035 | 10.253 | 21.1499 | 6 | 11 | 3.7592 | 68.499 | 0.1497 | 0.3088 | 0.716 | 0.879 | 2.6887124 | 3.300808 | 0.26 | 0.38 | 82.98 | 79.6948 | 1.84285 | 1.25325 | 27.716287 |
| 2f | 80.95 | 71.41 | 64.53 | 14.78 | 2 | 128 | 768 | 1682.8 | 3.871 | 3.64 | 0.0035 | 10.405 | 21.4557 | 6 | 14.5 | 4.3114 | 78.645 | 0.1323 | 0.2728 | 0.692 | 0.843 | 2.9834934 | 3.634516 | 0.245 | 0.35 | 79.66 | 70.3085 | 1.28325 | 1.10152 | 46.163901 |
| 2g | 71.41 | 68.19 | 68.36 | 4.707 | 8 | 158 | 948 | 2077.2 | 3.815 | 3.57 | 0.0035 | 12.658 | 25.9758 | 6 | 4.75 | 2.4676 | 45.013 | 0.2812 | 0.5771 | 0.856 | 1.029 | 2.11229979 | 2.539201 | 0.36 | 0.54 | 70.24 | 66.9912 | 1.17171 | 1.20081 | 48.63564 |
| 2h | 68.19 | 67.03 | 45.7 | 2.543 | 8 | 166 | 996 | 2182.4 | 3.801 | 3.56 | 0.0035 | 13.251 | 27.1617 | 6 | 2.5 | 1.7902 | 32.656 | 0.4058 | 0.8318 | 0.943 | 1.116 | 1.6881796 | 1.997879 | 0.44 | 0.69 | 66.96 | 65.8187 | 1.23081 | 1.21131 | 33.481465 |
| 8a | 94.44 | 93.6 | 30.5 | 2.754 | 4 | 4 | 24 | 52.587 | 4.369 | 4.31 | 0.0035 | 0.367 | 0.79332 | 6 | 3 | 1.9611 | 35.772 | 0.0103 | 0.0222 | 0.32 | 0.408 | 0.62754604 | 0.800121 | 0.07 | 0.1025 | 93.24 | 92.325 | 1.2 | 1.275 | 22.64625 |
| 1c | 93.84 | 89.22 | 28.65 | 16.14 | 2 | 2 | 12 | 26.293 | 4.407 | 4.36 | 0.0035 | 0.1851 | 0.40157 | 6 | 16 | 4.5289 | 82.613 | 0.0022 | 0.0049 | 0.203 | 0.256 | 0.91937445 | 1.159404 | 0.035 | 0.05 | 92.56 | 87.9788 | 1.27716 | 1.23616 | 21.601985 |
| 4a | 88.27 | 85.77 | 55.39 | 4.513 | 9 | 54 | 118.32 | 4.308 | 4.22 | 0.0035 | 0.8142 | 1.74878 | 6 | 4.5 | 2.4018 | 43.812 | 0.0186 | 0.0399 | 0.381 | 0.484 | 0.91509507 | 1.162483 | 0.093 | 0.135 | 87.07 | 84.5775 | 1.2 | 1.19255 | 39.757003 | |
| 3a | 88.62 | 85.77 | 71.7 | 3.975 | 9 | 54 | 118.32 | 4.308 | 4.22 | 0.0035 | 0.8142 | 1.74878 | 6 | 4 | 2.2645 | 41.306 | 0.0197 | 0.0423 | 0.393 | 0.495 | 0.88993345 | 1.120909 | 0.098 | 0.14 | 87.42 | 84.552 | 1.2 | 1.218 | 52.01118 | |
| 3b | 85.77 | 82.84 | 21.52 | 13.62 | 4 | 22 | 132 | 289.23 | 4.209 | 4.09 | 0.0035 | 1.9444 | 4.13544 | 6 | 14 | 4.2364 | 77.277 | 0.0252 | 0.0535 | 0.42 | 0.528 | 1.77929637 | 2.23683 | 0.108 | 0.155 | 84.52 | 81.5092 | 1.248 | 1.308 | 16.648733 |
| 3c | 82.84 | 80.03 | 23.05 | 64.25 | 1 | 23 | 138 | 302.37 | 4.203 | 4.08 | 0.0035 | 2.0298 | 4.71474 | 6 | 65 | 9.1283 | 166.51 | 0.0122 | 0.0259 | 0.334 | 0.426 | 3.04886455 | 3.888672 | 0.075 | 0.11 | 81.48 | 66.4967 | 1.3608 | 1.5333 | 20.012702 |
| 3d | 68.03 | 67.03 | 25.26 | 3.959 | 1 | 24 | 144 | 315.52 | 4.197 | 4.07 | 0.0035 | 2.1152 | 4.49353 | 6 | 4 | 2.2645 | 41.306 | 0.0512 | 0.1088 | 0.522 | 0.651 | 1.18204901 | 1.474165 | 0.153 | 0.22 | 66.47 | 65.4563 | 1.5633 | 1.5737 | 23.772186 |
| 6a | 89.38 | 87.95 | 61.41 | 2.329 | 13 | 13 | 78 | 170.91 | 4.272 | 4.17 | 0.0035 | 1.1661 | 2.49568 | 6 | 2.5 | 1.7902 | 32.656 | 0.0357 | 0.0764 | 0.468 | 0.587 | 0.83782023 | 1.050856 | 0.128 | 0.185 | 88.18 | 86.6448 | 1.2 | 1.30525 | 46.154221 |
| 6b | 87.95 | 85.24 | 30.43 | 8.906 | 3 | 16 | 96 | 210.35 | 4.248 | 4.14 | 0.0035 | 1.4275 | 3.04792 | 6 | 8 | 3.2024 | 58.416 | 0.0244 | 0.0522 | 0.42 | 0.528 | 1.34502163 | 1.690884 | 0.108 | 0.155 | 86.61 | 84.1804 | 1.33525 | 1.05965 | 21.863042 |
| 6c | 85.24 | 76.46 | 57.96 | 15.15 | 4 | 20 | 120 | 262.93 | 4.221 | 4.1 | 0.0035 | 1.7728 | 3.77524 | 6 | 15.5 | 4.4576 | 81.312 | 0.0218 | 0.0464 | 0.401 | 0.507 | 1.78749633 | 2.260002 | 0.1 | 0.145 | 84.15 | 75.1666 | 1.08965 | 1.29345 | 41.437343 |
| 6d | 76.46 | 73.37 | 33.26 | 9.29 | 1 | 21 | 126 | 276.08 | 4.215 | 4.09 | 0.0035 | 1.8587 | 3.95561 | 6 | 9.5 | 3.4898 | 63.658 | 0.0292 | 0.0621 | 0.439 | 0.548 | 1.53200897 | 1.912394 | 0.115 | 0.165 | 75.14 | 71.9769 | 1.32345 | 1.39315 | 27.106235 |
| 6e | 73.37 | 71.41 | 40.95 | 5 | 1 | 22 | 132 | 289.23 | 4.209 | 4.09 | 0.0035 | 1.9444 | 4.13544 | 6 | 4.5 | 2.4018 | 43.812 | 0.0444 | 0.0944 | 0.501 | 0.624 | 1.203314 | 1.498738 | 0.143 | 0.205 | 72.24 | 70.3957 | 1.13152 | 1.17171 | 28.295181 |
| 5a | 88.13 | 89.22 | 15 | -7.27 | 3 | 4 | 24 | 52.587 | 4.369 | 4.31 | 0.0035 | 0.367 | 0.79332 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.0178 | 0.0384 | 0.375 | 0.479 | 0.42458657 | 0.542339 | 0.09 | 0.1325 | 86.93 | 86.775 | 1.2 | 2.44 | 16.38 |
| 5b | 89.22 | 86.62 | 81.17 | 3.203 | 14 | 20 | 120 | 262.93 | 4.221 | 4.1 | 0.0035 | 1.7728 | 3.77524 | 6 | 1.5 | 1.3867 | 25.295 | 0.0701 | 0.1492 | 0.568 | 0.716 | 0.78764215 | 0.992873 | 0.175 | 0.26 | 86.75 | 85.5275 | 2.47 | 1.08755 | 86.6299 |
| 1a | 96.56 | 99.2 | 35 | -7.54 | 10 | 10 | 60 | 131.47 | 4.298 | 4.21 | 0.0035 | 0.9026 | 1.93676 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.0437 | 0.0938 | 0.495 | 0.624 | 0.56045427 | 0.706512 | 0.14 | 0.205 | 95.66 | 95.31 | 0.9 | 3.89 | 50.295 |
| 1b | 99.2 | 93.85 | 44.7 | 11.98 | 7 | 17 | 102 | 223.49 | 4.241 | 4.13 | 0.0035 | 1.5141 | 3.20666 | 6 | 6 | 2.7734 | 50.59 | 0.0299 | 0.0639 | 0.444 | 0.56 | 1.23138421 | 1.553097 | 0.118 | 0.17 | 95.28 | 92.598 | 3.92 | 1.248 | 69.30288 |
| 1c | 93.85 | 87.98 | 78.05 | 7.517 | 16 | 33 | 198 | 433.84 | 4.15 | 4.01 | 0.0035 | 2.8757 | 6.08162 | 6 | 8 | 3.2024 | 58.416 | 0.0492 | 0.1041 | 0.517 | 0.644 | 1.65565758 | 2.062367 | 0.15 | 0.215 | 92.57 | 86.324 | 1.278 | 1.655 | 68.676195 |
| 1d | 87.98 | 86.62 | 28.86 | 4.726 | 2 | 41 | 246 | 538.02 | 4.114 | 3.96 | 0.0035 | 3.5421 | 7.46552 | 6 | 3.5 | 2.1182 | 38.639 | 0.0917 | 0.1932 | 0.624 | 0.761 | 1.32176302 | 1.61958 | 0.205 | 0.29 | 86.29 | 85.2839 | 1.685 | 1.3311 | 26.113394 |
| 1e | 86.62 | 86.89 | 34.05 | -0.8 | 4 | 65 | 390 | 854.54 | 4.027 | 3.84 | 0.0035 | 5.4973 | 11.4939 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.2662 | 0.5665 | 0.843 | 1.023 | 0.95447061 | 1.158272 | 0.35 | 0.53 | 85.5 | 85.157 | 1.17155 | 1.73105 | 29.098449 |
| 1f | 86.89 | 87.45 | 47.5 | -1.18 | 6 | 81 | 486 | 1064.9 | 3.981 | 3.78 | 0.0035 | 6.7709 | 14.0968 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.3278 | 0.6825 | 0.891 | 1.072 | 1.00881769 | 1.213751 | 0.39 | 0.6 | 85.13 | 84.652 | 1.76105 | 2.79605 | 64.938675 |
| 1g | 87.45 | 86.82 | 36.4 | 1.717 | 4 | 91 | 546 | 1196.4 | 3.954 | 3.75 | 0.0035 | 7.5566 | 15.6956 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.3659 | 0.76 | 0.913 | 1.098 | 1.0332677 | 1.243189 | 0.41 | 0.65 | 84.62 | 84.258 | 2.82605 | 2.56505 | 58.870812 |
| 3a | 88.62 | 86.89 | 54.44 | 3.181 | 10 | 10 | 60 | 131.47 | 4.298 | 4.21 | 0.0035 | 0.9026 | 1.93676 | 6 | 3 | 1.9611 | 35.772 | 0.0252 | 0.0541 | 0.42 | 0.533 | 0.82365447 | 1.045256 | 0.108 | 0.1575 | 87.42 | 85.7868 | 1.2 | 1.1012 | 37.583198 |
| 4a | 88.27 | 87.45 | 73.22 | 1.124 | 8 | 6 | 36 | 78.88 | 4.341 | 4.27 | 0.0035 | 0.547 | 1.17897 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.0285 | 0.0571 | 0.426 | 0.538 | 0.48233034 | 0.60914 | 0.11 | 0.16 | 87.07 | 86.3388 | 1.2 | 1.092 | 50.723887 |
| 9a | 88.03 | 87.45 | 22.19 | 2.623 | 4 | 6 | 36 | 78.88 | 4.341 | 4.27 | 0.0035 | 0.547 | 1.17897 | 6 | 1 | 1.1322 | 20.653 | 0.0285 | 0.0571 | 0.426 | 0.538 | 0.48233034 | 0.60914 | 0.11 | 0.16 | 86.83 | 86.6081 | 1.2 | 1.685 | 19.205445 |
| 4a | 88.27 | 84.82 | 57.55 | 5.997 | 4 | 6 | 36 | 78.88 | 4.341 | 4.27 | 0.0035 | 0.547 | 1.17897 | 6 | 6 | 2.7734 | 50.59 | 0.0108 | 0.0233 | 0.327 | 0.414 | 0.90689783 | 1.148183 | 0.073 | 0.105 | 87.07 | 83.618 | 1.2 | 1.84285 | 52.534805 |

2.4. Desfogue

Se tiene contemplado desfogar las aguas servidas de este sistema hacia un terreno aledaño a la colonia, donde concurren las aguas de la colonia Santa Bárbara, localizado a 100 m de la estación 2I, la cual se encuentra a la salida de la parte baja de la colonia. En el punto de descarga del sistema de alcantarillado sanitario, se contempla la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, esta planta proveerá tratamiento primario y secundario al caudal recolectado de aguas servidas de ambas colonias.

2.4.1. Selección del punto de desfogue

El punto de desfogue seleccionado es un terreno privado, donde se unen las aguas de Valle del Ensueño con las de Santa Bárbara, un sistema de tuberías de 36" de concreto que ya está instalado y que cae hacia un terreno donde ya se tiene autorización para construir una planta de tratamiento. Este punto, como ya se indicó se encuentra a 100 m de la estación 2I.

Figura 4 Punto de desfogue



Fuente: Fotografía tomada en el lugar.

2.4.2. Diseño del desfogue

El desfogue del sistema será un acoplamiento simple a un colector existente de concreto con diámetro de 36", el cual posteriormente se une con el sistema de drenaje sanitario de la colonia Santa Bárbara, por lo cual no requiere diseño.

2.4.3. Propuesta del tratamiento

Debido a que la descarga se hará al río Pinula, se ha previsto la construcción de una planta de tratamiento con el objetivo de no promover alteraciones en las condiciones de salud de la población.

En el punto de descarga del sistema de alcantarillado sanitario, se contempla la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, esta planta proveerá tratamiento primario y secundario al caudal recolectado de aguas servidas, tanto de la colonia Valle del Ensueño, como de la colonia Santa Bárbara.

A grandes rasgos, el sistema de tratamiento, contempla una planta de tratamiento de tipo aeróbica, diseñada por ingenieros sanitarios.

Esta opción consiste en el diseño de un sistema de tratamiento utilizando un sistema de pretratamiento consistente en un canal de rejillas y desarenador, un tratamiento primario dado por un sedimentador primario, un tratamiento secundario por sedimentación, proporcionado por una planta aeróbica tipo paquete.

2.5. Análisis económico

Tabla VI Presupuesto de materiales y mano de obra con PVC

Según el listado de precios manejado por esta municipalidad.

| Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO | | | | | |
|---|---|----------|----------------|--------------|--------------------|
| Ubicación: COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, SANTA CATARINA PINULA | | | | | |
| PRESUPUESTO DE MATERIALES EN QUETZALES | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN DRENAJE SANITARIO | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MATERIALES | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | Material Selecto | 1428 | m ² | Q55.00 | Q78,540.00 |
| 2 | Tubo PVC Ø4" Norma 3034 | 105 | Tubo | Q190.00 | Q19,950.00 |
| 3 | Tubo PVC Ø6" Norma 3034 | 258 | Tubo | Q380.00 | Q98,040.00 |
| 4 | Silleta yee de 6" X 4" | 187 | Unidad | Q143.00 | Q26,741.00 |
| 5 | Tubo de concreto de 12" | 187 | Tubo | Q45.00 | Q8,415.00 |
| 6 | Cemento Solvente para PVC | 28 | Pintas | Q40.00 | Q1,120.00 |
| 7 | tablas de madera de 6" X 1" X 10" de madera | 50 | Unidad | Q40.00 | Q2,000.00 |
| TOTAL | | | | | Q234,806.00 |
| CONSTRUCCION DE 32 POZOS | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MATERIALES | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | ARENA DE RIO | 48.00 | m ² | Q80.00 | Q3,840.00 |
| 2 | ARENA AMARILLA | 12.00 | m ² | Q90.00 | Q1,080.00 |
| 3 | PIEDRA BOLA | 3.00 | m ² | Q100.00 | Q300.00 |
| 4 | PIEDRIN | 24.00 | m ² | Q145.00 | Q3,480.00 |
| 5 | LADRILLO TAYUYO | 27.000 | millar | Q850.00 | Q22,950.00 |
| 6 | CEMENTO | 635.00 | sacos | Q36.00 | Q22,860.00 |
| 7 | CAL HIDRATADA | 20.00 | qq. | Q40.00 | Q800.00 |
| 8 | HIERRO No. 2 | 65.00 | Varillas | Q12.00 | Q780.00 |
| 9 | HIERRO No. 3 | 180.00 | Varillas | Q28.00 | Q5,040.00 |
| 10 | HIERRO No. 6 | 43.00 | Varillas | Q90.00 | Q3,870.00 |
| 11 | ALAMBRE DE AMARRE | 45.00 | lb. | Q3.50 | Q157.50 |
| TOTAL DE MATERIALES PARA LOS 32 POZOS | | | | | Q65,157.50 |
| COSTO TOTAL DE MATERIAL | | | | | Q299,963.50 |
| PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA EN QUETZALES | | | | | |
| CONSTRUCCION DRENAJE SANITARIO | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MANO DE OBRA | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | nivelación y topografía | 15.00 | dias | Q500.00 | Q7,500.00 |
| 2 | Excavación | 1,522.80 | m ² | Q50.00 | Q76,140.00 |
| 3 | Relleno y Compactado con material selecto | 1,426.81 | m ² | Q40.00 | Q57,072.41 |
| 4 | Instalación Tubería 4" | 577.50 | m | Q3.00 | Q1,732.50 |
| 5 | Instalación Tubería 6" | 1,410.00 | m | Q3.00 | Q4,230.00 |
| 6 | Limpieza y retiro de material sobrante | 189.20 | m ² | Q15.00 | Q2,838.00 |
| TOTAL | | | | | Q149,212.91 |
| CONSTRUCCION DE 32 POZOS | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MANO DE OBRA | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | EXCAVACION | 193.90 | m ² | Q40.00 | Q7,755.91 |
| 2 | RELLENO COMPACTADO | 45.21 | m ² | Q35.00 | Q1,582.33 |
| 3 | RETIRO DE SOBRANTE | 238.10 | m ² | Q10.00 | Q2,381.02 |
| 4 | LEVANTADO | 349.62 | m ² | Q30.00 | Q10,488.56 |
| 5 | FUNDICION DE FONDO | 20.09 | m ² | Q50.00 | Q1,004.65 |
| 6 | BROCAL + TAPADERA | 47.22 | unidad | Q90.00 | Q4,249.67 |
| TOTAL RENGLON | | | | | Q27,462.14 |
| COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA | | | | | Q176,675.05 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q476,638.55 |

Manuel Eduardo Carías Freire

Calculista de Obras

Tabla VII Presupuesto de materiales y mano de obra con concreto

| Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO | | | | | |
|--|---|----------|----------------|--------------|--------------------|
| Ubicación: COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, SANTA CATARINA PINULA | | | | | |
| PRESUPUESTO DE MATERIALES EN QUETZALES | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN DRENAJE SANITARIO | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MATERIALES | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | Material Selecto | 1584 | m ² | Q55.00 | Q87,120.00 |
| 2 | Tubo Concreto Ø4" | 575 | Tubo | Q20.00 | Q11,500.00 |
| 3 | Tubo Concreto Ø8" | 1410 | Tubo | Q33.00 | Q46,530.00 |
| 4 | Silleta yee de 8" X 4" | 187 | Unidad | Q220.00 | Q41,140.00 |
| 5 | Tubo de concreto de 12" | 187 | Tubo | Q45.00 | Q8,415.00 |
| 6 | Cemento Solvente para PVC | 28 | Pintas | Q40.00 | Q1,120.00 |
| 7 | tablas de madera de 6" X 1" X 10' de madera | 50 | Unidad | Q40.00 | Q2,000.00 |
| TOTAL | | | | | Q197,825.00 |
| CONSTRUCCION DE 32 POZOS | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MATERIALES | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | ARENA DE RIO | 48.00 | m ² | Q80.00 | Q3,840.00 |
| 2 | ARENA AMARILLA | 12.00 | m ² | Q90.00 | Q1,080.00 |
| 3 | PIEDRA BOLA | 3.00 | m ² | Q100.00 | Q300.00 |
| 4 | PIEDRIN | 24.00 | m ² | Q145.00 | Q3,480.00 |
| 5 | LADRILLO TAYUYO | 27.000 | millar | Q850.00 | Q22,950.00 |
| 6 | CEMENTO | 635.00 | sacos | Q36.00 | Q22,860.00 |
| 7 | CAL HIDRATADA | 20.00 | qq. | Q40.00 | Q800.00 |
| 8 | HIERRO No. 2 | 65.00 | Varillas | Q12.00 | Q780.00 |
| 9 | HIERRO No. 3 | 180.00 | Varillas | Q28.00 | Q5,040.00 |
| 10 | HIERRO No. 6 | 43.00 | Varillas | Q90.00 | Q3,870.00 |
| 11 | ALAMBRE DE AMARRE | 45.00 | lb. | Q3.50 | Q157.50 |
| TOTAL DE MATERIALES PARA LOS 32 POZOS | | | | | Q65,157.50 |
| COSTO TOTAL DE MATERIAL | | | | | Q262,982.50 |
| PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA EN QUETZALES | | | | | |
| CONSTRUCCION DRENAJE SANITARIO | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MANO DE OBRA | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | nivelacion y topografia | 15.00 | dias | Q500.00 | Q7,500.00 |
| 2 | Excavación | 1,675.00 | m ² | Q50.00 | Q83,750.00 |
| 3 | Relleno y Compactado con material selecto | 1,580.00 | m ² | Q40.00 | Q63,200.00 |
| 4 | Instalación Tubería 4" | 3,162.50 | m | Q12.00 | Q37,950.00 |
| 5 | Instalación Tubería 8" | 1,410.00 | m | Q20.00 | Q28,200.00 |
| 6 | Limpieza y retiro de material sobrante | 186.12 | m ² | Q15.00 | Q2,791.80 |
| TOTAL | | | | | Q223,391.80 |
| CONSTRUCCION DE 32 POZOS | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | MANO DE OBRA | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | EXCAVACION | 193.90 | m ² | Q40.00 | Q7,755.91 |
| 2 | RELLENO COMPACTADO | 45.21 | m ² | Q35.00 | Q1,582.33 |
| 3 | RETIRO DE SOBRANTE | 238.10 | m ² | Q10.00 | Q2,381.02 |
| 4 | LEVANTADO | 349.62 | m ² | Q30.00 | Q10,488.58 |
| 5 | FUNDICION DE FONDO | 20.09 | m ² | Q50.00 | Q1,004.65 |
| 6 | BROCAL + TAPADERA | 47.22 | unidad | Q90.00 | Q4,249.67 |
| TOTAL RENGLON | | | | | Q27,462.14 |
| COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA | | | | | Q250,853.94 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q513,836.44 |
| _____ Manuel Eduardo Carías Freire Calculista de Obras | | | | | |

2.5.1. Comparación de presupuestos

Comparando los presupuestos, puede observarse que la opción con materiales de concreto presenta un menor costo de material, pero un mayor costo en mano de obra, esto se debe a que su instalación es mas complicada y delicada, además de requerir de pendientes mas pronunciadas por tener mayor rugosidad, lo que incide en mayor volumen de excavación y pozos mas profundos. La opción con menor costo inicial es la de materiales de PVC.

2.5.2. Tiempos estimados de ejecución

Figura 5 Cronograma de ejecución con colector de PVC

| Nº | RENGLON | MESES | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---------------------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---|---------|-------|
| 1 | CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE | | | 7 MESES | | | | | | |
| 2 | EXCAVACIÓN | 1716,70 | m³ | 3 MESES | | | | | | |
| 3 | NIVELACION Y TOPOGRAFIA | 15 | DIAS | 15 DIAS | | | | | | |
| 4 | INSTALACION COLECTOR Ø 8" | 1410 | m | | 3 MESES | | | | | |
| 5 | CONSTRUCCIÓN DE POZOS | 32 | UNIDAD | | | 4 MESES | | | | |
| 6 | REYENO Y COMPACTACION | 1.472,02 | m³ | | | | 4 MESES | | | |
| 7 | CONEXIONES DOMICILIARES | 187 | UNIDAD | | | | | | 3 MESES | |
| 8 | DESFOGUE | 1 | UNIDAD | | | | | | 2 MESES | |
| 9 | LIMPIEZA | 169,20 | m³ | | | | | | | 1 MES |

Figura 6 Cronograma de ejecución con colector de concreto

| Nº | RENGLON | MESES | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---------------------------|----------|--------|---------|---------|---------|---|---|---------|---|---------|---|-------|
| 1 | CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE | | | 7 MESES | | | | | | | | | |
| 2 | EXCAVACIÓN | 1868,90 | m³ | 3 MESES | | | | | | | | | |
| 3 | NIVELACION Y TOPOGRAFIA | 15 | DIAS | 15 DIAS | | | | | | | | | |
| 4 | INSTALACION COLECTOR Ø 8" | 1410 | m | | 6 MESES | | | | | | | | |
| 5 | CONSTRUCCIÓN DE POZOS | 32 | UNIDAD | | | 4 MESES | | | | | | | |
| 6 | REYENO Y COMPACTACION | 1.625,21 | m³ | | | | | | 4 MESES | | | | |
| 7 | CONEXIONES DOMICILIARES | 187 | UNIDAD | | | | | | 4 MESES | | | | |
| 8 | DESFOGUE | 1 | UNIDAD | | | | | | | | 2 MESES | | |
| 9 | LIMPIEZA | 186,12 | m³ | | | | | | | | | | 1 MES |

El tiempo de instalación del sistema de drenaje con colector de PVC es mucho menor que el de elementos de concreto, debido a la longitud de sus tuberías y a su facilidad de instalación.

2.5.3. Criterios de evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos sirve para elegir o seleccionar oportunidades de inversión, consiste en comparar los beneficios generados asociados a la decisión de inversión y su correspondiente desembolso de gastos.

- Tomar una decisión de aceptación o rechazo, cuando se trata de un proyecto específico.
- Elegir una alternativa óptima de inversión, cuando los proyectos son mutuamente excluyentes.
- Postergar la ejecución del proyecto, cuando existe racionamiento de capitales para su implementación.

El proceso inicia con la verificación de presupuestos de costos y los cuadros auxiliares de gastos e ingresos, por su respectiva tasa de descuento en el horizonte de planeamiento, finaliza con la determinación de las alternativas de inversión en base a tres indicadores: El Valor Actual Neto (VAN), la tasa Interna de Retorno (TIR) y el factor Costo Beneficio (B/C), cuyos valores permiten recomendar como proyecto aceptado, postergado o rechazado.

2.5.3.1. Proyectos aceptados

Los proyectos de inversión pública o privada son aceptados para el financiamiento de crédito cuando los indicadores de evaluación arrojan los siguientes resultados:

$$VAN > 0, TIR > 1, B/C > 1,$$

2.5.3.2. Proyectos postergados

Se posterga el proyecto cuando los indicadores arrojan los resultados:

$$VAN = 0, TIR = 1, B/C = 1,$$

En este caso los beneficios y costos están en equilibrio, se recomienda corregir variables como mercado, tecnología, financiamiento e inversión.

2.5.3.3. Proyectos rechazados

Se rechaza el proyecto cuando:

$$VAN < 0, TIR < 1, B/C < 1,$$

En este caso los beneficios son inferiores a sus costos y la tasa interna de retorno es inferior a la tasa bancaria, rechazando definitivamente el proyecto.

2.5.4. Indicadores de evaluación de proyectos

2.5.4.1. Valor actual neto

O valor presente neto, es la sumatoria de los flujos netos de caja anuales actualizados menos la inversión inicial. indica el valor del dinero actual que va a recibir el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un período determinado.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n F_i / (1+t)^i$$

Donde:

Io= Inversión Inicial

Fi= Flujo neto actual

T= tasa de actualización

n= Años de duración del proyecto.

2.5.4.2. Tasa interna de retorno

Es la tasa de rentabilidad financiera y representa aquella tasa porcentual que reduce a cero el valor actual neto del proyecto, mostrando al inversionista la tasa de interés máxima a la que debe contraer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros.

$$TIR = \frac{i_1 + (i_2 - i_1) * VAN_1}{(VAN_1 + VAN_2)}$$

Donde:

i_1 = Tasa de actualización del último VAN positivo

i_2 = Tasa de actualización del último VAN positivo

La TIR es el mejor de los 3 indicadores, se escoge la alternativa que presente la mayor TIR.

2.5.4.3. Relación beneficio costo

Muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Esta relación entrega un índice de relación y no un valor concreto, además no permite decidir entre proyectos alternativos.

$$B/C = \frac{[YB_1/(1+i)^1 + YB_2/(1+i)^2 + \dots + YB_n/(1+i)^n]}{[I_0 + C_1/(1+i)^1 + C_2/(1+i)^2 + \dots + C_n/(1+i)^n]}$$

Donde:

YB_1 = Ingreso bruto en el período 1 y así sucesivamente.

I_0 = Inversión inicial

c_1 = Costo total en el período uno y así sucesivamente.

2.5.5. Análisis económico con elementos de PVC

Para este análisis se efectuó un estudio de los ingresos y egresos del proyecto durante su período de diseño, utilizando los siguientes parámetros:

187 viviendas iniciales

Tasa de crecimiento del 3.1%

N= 20 años

Mantenimiento mayor a cada 10 años para PVC

La municipalidad cobra Q 1,000.00 por conexión y en la primer tabla sugerimos una tarifa de Q 25.00 mensual para el usuario.

Valor presupuesto es Q 476,638.55

Gastos por conexión = Q 290.00 X 187 lotes = Q 530,868.55

Gastos de Op. y manto. = materiales + (12 X sueldo operario + equipo)

Ingresos – Egresos = total de gasto anual – total de ingreso anual

Tabla VIII Estimación de ingresos del proyecto con elementos de PVC

| INGRESOS ESTIMADOS DEL SERVICIO | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| COSTO TARIFA | | Q | 25,00 | MENSUAL | |
| COSTO CONEXION | | Q | 1.000,00 | CONEXION | |
| AÑO | VIVIENDAS CONECTADAS POR AÑO | VIVIENDAS CONECTADAS | INGRESOS ANUALES POR CONEXION | INGRESOS ANUALES POR TARIFA | TOTAL DE INGRESOS POR AÑO |
| 2005 | 187 | 187 | Q 187.000,00 | Q 56.100,00 | Q 243.100,00 |
| 2006 | 6 | 193 | Q 6.000,00 | Q 57.900,00 | Q 63.900,00 |
| 2007 | 6 | 199 | Q 6.000,00 | Q 59.700,00 | Q 65.700,00 |
| 2008 | 6 | 205 | Q 6.000,00 | Q 61.500,00 | Q 67.500,00 |
| 2009 | 6 | 211 | Q 6.000,00 | Q 63.300,00 | Q 69.300,00 |
| 2010 | 7 | 218 | Q 7.000,00 | Q 65.400,00 | Q 72.400,00 |
| 2011 | 7 | 225 | Q 7.000,00 | Q 67.500,00 | Q 74.500,00 |
| 2012 | 7 | 232 | Q 7.000,00 | Q 69.600,00 | Q 76.600,00 |
| 2013 | 7 | 239 | Q 7.000,00 | Q 71.700,00 | Q 78.700,00 |
| 2014 | 7 | 246 | Q 7.000,00 | Q 73.800,00 | Q 80.800,00 |
| 2015 | 8 | 254 | Q 8.000,00 | Q 76.200,00 | Q 84.200,00 |
| 2016 | 8 | 262 | Q 8.000,00 | Q 78.600,00 | Q 86.600,00 |
| 2017 | 8 | 270 | Q 8.000,00 | Q 81.000,00 | Q 89.000,00 |
| 2018 | 8 | 278 | Q 8.000,00 | Q 83.400,00 | Q 91.400,00 |
| 2019 | 9 | 287 | Q 9.000,00 | Q 86.100,00 | Q 95.100,00 |
| 2020 | 9 | 296 | Q 9.000,00 | Q 88.800,00 | Q 97.800,00 |
| 2021 | 9 | 305 | Q 9.000,00 | Q 91.500,00 | Q 100.500,00 |
| 2022 | 9 | 314 | Q 9.000,00 | Q 94.200,00 | Q 103.200,00 |
| 2023 | 10 | 324 | Q 10.000,00 | Q 97.200,00 | Q 107.200,00 |
| 2024 | 10 | 334 | Q 10.000,00 | Q 100.200,00 | Q 110.200,00 |
| 2025 | 10 | 344 | Q 10.000,00 | Q 103.200,00 | Q 113.200,00 |

Tabla IX Estimación de gastos del proyecto para su período de diseño

| GASTOS ESTIMADOS DEL SERVICIO | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| INVERSION INICIAL | | | 476638,55 | | |
| OPERADOR | | Q | 1.200,00 | MENSUAL | |
| EQUIPO OPER. | | Q | 200,00 | MENSUAL | |
| ADMINISTRACION | | Q | 400,00 | MENSUAL | |
| MATERIALES | | Q | 4.000,00 | AÑO | |
| GASTOSxCONEX. | | Q | 290,00 | CONEXION | |
| MANTENIMIENTO MAYOR | | Q | 15.000,00 | CADA 10 AÑOS | |
| AÑO | GASTOS POR CONEXION ANUAL | GASTOS OP Y M ANUAL | GASTOS ADMON. ANUAL | TOTAL DE GASTOS ANUAL | INGRESOS-EGRESOS |
| 2005 | Q 530.868,55 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 556.468,55 | Q (313.368,55) |
| 2006 | Q 1.740,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.340,00 | Q 36.560,00 |
| 2007 | Q 1.740,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.340,00 | Q 38.360,00 |
| 2008 | Q 1.740,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.340,00 | Q 40.160,00 |
| 2009 | Q 1.740,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.340,00 | Q 41.960,00 |
| 2010 | Q 2.030,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.630,00 | Q 44.770,00 |
| 2011 | Q 2.030,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.630,00 | Q 46.870,00 |
| 2012 | Q 2.030,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.630,00 | Q 48.970,00 |
| 2013 | Q 2.030,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.630,00 | Q 51.070,00 |
| 2014 | Q 2.030,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.630,00 | Q 53.170,00 |
| 2015 | Q 2.320,00 | Q 35.800,00 | Q 4.800,00 | Q 42.920,00 | Q 41.280,00 |
| 2016 | Q 2.320,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.920,00 | Q 58.680,00 |
| 2017 | Q 2.320,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.920,00 | Q 61.080,00 |
| 2018 | Q 2.320,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 27.920,00 | Q 63.480,00 |
| 2019 | Q 2.610,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 28.210,00 | Q 66.890,00 |
| 2020 | Q 2.610,00 | Q 20.800,00 | Q 4.800,00 | Q 28.210,00 | Q 69.590,00 |
| 2021 | Q 2.610,00 | Q 20.800,00 | Q 9.600,00 | Q 33.010,00 | Q 67.490,00 |
| 2022 | Q 2.610,00 | Q 20.800,00 | Q 9.600,00 | Q 33.010,00 | Q 70.190,00 |
| 2023 | Q 2.900,00 | Q 20.800,00 | Q 9.600,00 | Q 33.300,00 | Q 73.900,00 |
| 2024 | Q 2.900,00 | Q 20.800,00 | Q 9.600,00 | Q 33.300,00 | Q 76.900,00 |
| 2025 | Q 2.900,00 | Q 35.800,00 | Q 9.600,00 | Q 48.300,00 | Q 64.900,00 |
| | | | | | Q 802.901,45 |

Tabla X Análisis financiero de la opción con materiales de PVC

| ANALISIS FINANCIERO DE LA OPCION PVC | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------|----------|----------|-----------|--|
| TASA DE INTERES PARA TIR | 10% | 108.853,50 (+) | | TIR = | 13,10% | | | | |
| TASA DE INTERES: PARA VAN Y B/C | 9% | 144.281,40 (-) | | Valor Ac. Neto = | 49492,17 ok | | | | |
| | 12% | | | Rel. Ben./Cost. = | 1,06 ok | | | | |
| TIR | | | | | | | | | |
| AÑO | CVA | I-E x CVA | I x CVA | E x CVA | CVA 10% | CVA 9% | VAN 10% | VAN 9% | |
| 0 | 1 | -313368,55 | 243100 | 556468,55 | 1 | 1 | -313369 | -313368,6 | |
| 1 | 0,892857143 | 32642,86 | 57053,57 | 24410,71 | 0,909091 | 0,917431 | 33236,4 | 33541,3 | |
| 2 | 0,797193878 | 30580,36 | 52375,64 | 21795,28 | 0,826446 | 0,84168 | 31702,5 | 32286,8 | |
| 3 | 0,711780248 | 28585,09 | 48045,17 | 19460,07 | 0,751315 | 0,772183 | 30172,8 | 31010,9 | |
| 4 | 0,635518078 | 26666,34 | 44041,4 | 17375,06 | 0,683013 | 0,708425 | 28659,2 | 29725,5 | |
| 5 | 0,567426856 | 25403,7 | 41081,7 | 15678 | 0,620921 | 0,649931 | 27798,6 | 29097,4 | |
| 6 | 0,506631121 | 23745,8 | 37744,02 | 13998,22 | 0,564474 | 0,596267 | 26456,9 | 27947 | |
| 7 | 0,452349215 | 22151,54 | 34649,95 | 12498,41 | 0,513158 | 0,547034 | 25129,4 | 26788,3 | |
| 8 | 0,403883228 | 20626,32 | 31785,61 | 11159,29 | 0,466507 | 0,501866 | 23824,5 | 25630,3 | |
| 9 | 0,360610025 | 19173,64 | 29137,29 | 9963,65 | 0,424098 | 0,460428 | 22549,3 | 24480,9 | |
| 10 | 0,321973237 | 13291,06 | 27110,15 | 13819,09 | 0,385543 | 0,422411 | 15915,2 | 17437,1 | |
| 11 | 0,287476104 | 16869,1 | 24895,43 | 8026,33 | 0,350494 | 0,387533 | 20567 | 22740,4 | |
| 12 | 0,256675093 | 15677,71 | 22844,08 | 7166,37 | 0,318631 | 0,355535 | 19462 | 21716,1 | |
| 13 | 0,22917419 | 14547,98 | 20946,52 | 6398,54 | 0,289664 | 0,326179 | 18367,9 | 20705,8 | |
| 14 | 0,204619813 | 13687,02 | 19459,34 | 5772,32 | 0,263331 | 0,299246 | 17614,2 | 20016,6 | |
| 15 | 0,182696261 | 12713,83 | 17867,69 | 5153,86 | 0,239392 | 0,274538 | 16659,3 | 19105,1 | |
| 16 | 0,163121662 | 11009,08 | 16393,73 | 5384,65 | 0,217629 | 0,25187 | 14687,8 | 16998,7 | |
| 17 | 0,145644341 | 10222,78 | 15030,5 | 4807,72 | 0,197845 | 0,231073 | 13866,7 | 16219 | |
| 18 | 0,13003959 | 9609,93 | 13940,24 | 4330,32 | 0,179859 | 0,211994 | 13291,6 | 15666,3 | |
| 19 | 0,116106777 | 8928,61 | 12794,97 | 3866,36 | 0,163508 | 0,19449 | 12573,8 | 14956,3 | |
| 20 | 0,103666765 | 6727,97 | 11735,08 | 5007,1 | 0,148644 | 0,178431 | 9647 | 11580,2 | |
| | | | 822032,08 | 772539,9 | | | | | |
| | Val. Act. Neto | 49492,17 | Rel. Ben./Cost. | 1,06 | | | 108853,5 | 144281,4 | |
| | | ok | | ok | | | | | |

2.5.6. Análisis económico con elementos de concreto

Se aplicaron los mismos parámetros, con mantenimiento mayor cada 5 años:

Tabla XI Análisis financiero de la opción con materiales de concreto

| ANALISIS FINANCIERO DE LA OPCION CONCRETO | | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|----------|---------|-----------|--|
| TASA DE INTERES PARA TIR | 10% | 51.172,60 (+) | | TIR = | 11,50% | | | | |
| TASA DE INTERES: PARA VAN Y B/C | 9% | 85.655,30 (-) | | Valor Ac. Neto = | -6470,95 proyecto no aprobado | | | | |
| | 12% | | | Rel. Ben./Cost. = | 0,99 proyecto no aprobado | | | | |
| TIR | | | | | | | | | |
| AÑO | CVA | I-E x CVA | I x CVA | E x CVA | CVA 10% | CVA 9% | VAN 10% | VAN 9% | |
| 0 | 1 | -354306,44 | 243100 | 597406,44 | 1 | 1 | -354306 | -354306,4 | |
| 1 | 0,892857143 | 32535,71 | 57053,57 | 24517,86 | 0,909091 | 0,917431 | 33127,3 | 33431,2 | |
| 2 | 0,797193878 | 30484,69 | 52375,64 | 21890,94 | 0,826446 | 0,84168 | 31603,3 | 32185,8 | |
| 3 | 0,711780248 | 28499,68 | 48045,17 | 19645,49 | 0,751315 | 0,772183 | 30082,6 | 30918,2 | |
| 4 | 0,635518078 | 26590,08 | 44041,4 | 17451,33 | 0,683013 | 0,708425 | 28577,3 | 29640,5 | |
| 5 | 0,567426856 | 13975,72 | 41081,7 | 27105,98 | 0,620921 | 0,649931 | 15293,3 | 16007,8 | |
| 6 | 0,506631121 | 23674,87 | 37744,02 | 14069,15 | 0,564474 | 0,596267 | 26377,9 | 27863,6 | |
| 7 | 0,452349215 | 22088,21 | 34649,95 | 12561,74 | 0,513158 | 0,547034 | 25057,5 | 26711,7 | |
| 8 | 0,403883228 | 20569,77 | 31785,61 | 11215,84 | 0,466507 | 0,501866 | 23759,2 | 25560 | |
| 9 | 0,360610025 | 19123,15 | 29137,29 | 10014,14 | 0,424098 | 0,460428 | 22489,9 | 24416,5 | |
| 10 | 0,321973237 | 11629,67 | 27110,15 | 15480,47 | 0,385543 | 0,422411 | 13925,8 | 15257,5 | |
| 11 | 0,287476104 | 16823,1 | 24895,43 | 8072,33 | 0,350494 | 0,387533 | 20510,9 | 22678,4 | |
| 12 | 0,256675093 | 15636,65 | 22844,08 | 7207,44 | 0,318631 | 0,355535 | 19411 | 21659,2 | |
| 13 | 0,22917419 | 14511,31 | 20946,52 | 6435,21 | 0,289664 | 0,326179 | 18341,5 | 20653,6 | |
| 14 | 0,204619813 | 13650,19 | 19459,34 | 5809,16 | 0,263331 | 0,299246 | 17566,8 | 19662,7 | |
| 15 | 0,182696261 | 9027,02 | 17867,69 | 8840,67 | 0,239392 | 0,274538 | 11828,4 | 13564,9 | |
| 16 | 0,163121662 | 11762,7 | 16393,73 | 4631,02 | 0,217629 | 0,25187 | 15693,2 | 18162,3 | |
| 17 | 0,145644341 | 10895,65 | 15030,5 | 4134,84 | 0,197845 | 0,231073 | 14800,8 | 17286,6 | |
| 18 | 0,13003959 | 10208,11 | 13940,24 | 3732,14 | 0,179859 | 0,211994 | 14118,9 | 16641,5 | |
| 19 | 0,116106777 | 9462,7 | 12794,97 | 3332,26 | 0,163508 | 0,19449 | 13325,9 | 15850,9 | |
| 20 | 0,103666765 | 6686,51 | 11735,08 | 5048,57 | 0,148644 | 0,178431 | 9587,5 | 11508,8 | |
| | | | 822032,08 | 828503,02 | | | | | |
| | Val. Act. Neto | -6470,95 | Rel. Ben./Cost. | 0,99 | | | 51172,6 | 85655,3 | |
| | | proyecto no aprobado | | proyecto no aprobado | | | | | |

Si se incrementara a Q 30.00 la tarifa mensual, se logra hacer positivo el VAN y la relación B/C para esta opción, pero esto lo hace menos atractivo.

2.5.7. Por valor actual neto

La opción de PVC presenta un Valor actual positivo, mientras que en la opción con materiales de concreto dio negativo, entonces se escoge PVC.

2.5.8. Por TIR

Se prefiere la opción de PVC, con mayor TIR que la de concreto.

2.5.9. Por relación beneficio costo

Se escoge la opción PVC, ya que presentó una relación beneficio costo positiva mientras que la opción de concreto dio negativa.

2.5.10. Decisión de inversión

Tomando en consideración el análisis anterior, se optó por la utilización de materiales de PVC para la elaboración de éste proyecto, el cual tiene un costo inicial menor, una mayor tasa interna de retorno, un mayor valor presente, mejor relación beneficio-costos y se ejecuta en menos tiempo, además de tener una vida útil mayor y requerir de menos mantenimiento.

En cuanto al costo de conexión domiciliar, la municipalidad deberá de establecer un plan de pagos posterior a realizar un análisis social individual de cada vivienda, ya que dependiendo de este estudio se podría establecer pagos parciales del costo de conexión hasta por un año.

3. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO.

Cuando las pendientes de las calles son pronunciadas, el agua pluvial corre sobre ellas a grandes velocidades, provocando erosión y, consiguientemente, el deterioro de las mismas. Luego, al llegar a lugares planos el agua se estanca, inundando la calle y debilitando el pavimento, lo que provoca su deterioro. Este tipo de problemas es el que se pretenden solucionar por medio del diseño de alcantarillado pluvial.

3.1. Tipo de sistema a utilizar

Para la colonia Valle Del Ensueño, se ha proyectado un sistema de alcantarillado pluvial del cual están excluidos los caudales de aguas residuales o servidas provenientes de las viviendas, por medio de un sistema de colector principal, con tragantes y pozos de visita. El agua correrá superficialmente por tramos cortos sobre una cuneta tipo L, que la conducirá hacia los tragantes, donde se introducirá al sistema, evitando así, erosión y socavamiento del suelo.

Se prefiere para este proyecto, utilizar un colector principal de PVC norma ASTM-3034 y en las partes donde los diámetros sean superiores a las 18", se usará tubería Novaloc, que es una tubería de pared estructurada, que se fabrica en diámetros de 18, 21, 24, 27, 30, 36 y 48 pulgadas.

3.2. Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial

Cualquiera que sea la clase de materiales y forma de construcción, las tuberías deben cumplir con especificaciones de fabricación y colocación, esto también se aplica al conjunto de elementos que la integran, tales como:

cabezales, muros, rellenos, etc. La corriente de agua debe entrar y salir por las tuberías en línea recta, pues cualquier cambio brusco de dirección en uno u otro extremo, provocará retardo en su circulación, esto se puede evitar cambiando la dirección del cauce, aunque no es 100% recomendable.

3.2.1. Tuberías

Las tuberías evacuan las aguas provenientes de las cunetas o de cuencas definidas, las cuales pueden ser permanentes, como riachuelos o variables como las aguas de lluvia.

3.2.2. Diámetros mínimos

El diámetro mínimo utilizado para drenaje pluvial es de 12”.

3.2.3. Velocidades Mínimas y Máximas

Se siguen los mismos criterios especificados en el drenaje sanitario.

3.2.4. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería, respecto a la superficie del terreno es de 1.10 metros. En este proyecto fue de 1.20 m.

3.2.5. Pozos de visita

Se siguen los mismos criterios especificados en el drenaje sanitario.

3.2.6. Diseño de Tragantes

Los tragantes son aberturas colocadas en las cunetas, para absorber las aguas de tormenta y conducir las al colector principal de aguas pluviales. Se diseñan para asumir todo el caudal de escorrentía que pase por su punto de ubicación, y evitar la entrada de sólidos que puedan obstruir los conductos, de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) En la parte baja, al final de cada cuadra, a 5.00 metros de la esquina.
- b) En puntos donde se tenga un tirante de agua superior a 0.10 metros.
- c) La distancia entre sumideros varía de acuerdo al tipo de calle y la intensidad de las lluvias de la zona.
- d) Se recomienda que el tirante de escorrentía no sea mayor a 0.03 m en promedio, o 0.1m. en la boca.
- e) Los tragantes se diseñaron con paredes de ladrillo, unido con mortero de cemento y arena en proporción 1:3 reforzado a cada 0.50 m y revestido interiormente con enlucido del mismo mortero de un espesor de 0.02m. La base y tapadera de concreto armado en ambos sentidos, en con una proporción de 1:2:4 y espesor de 0.20 y 0.10m respectivamente, como recomienda el colegio de ingenieros.
- f) La boquilla o pañuelo del tragante tiene por objeto captar toda el agua posible y conducirla hacia la entrada del tragante, estas se diseñaron de 1.50m de largo por 0.50 de ancho, con pendiente de 14% hacia la entrada del tragante, comenzando 0.50 m aguas arriba de la toma del tragante para asegurar captar toda el agua posible.
- g) Los mismos miden 1m de ancho X0.80m de largo X 1.55m de altura.

3.2.7. Área de influencia

El área de influencia, es toda el área que abarca la cuenca, desde la divisoria de aguas más lejana, cuya pendiente permita que el agua escurra hasta nuestro punto en estudio. Para la colonia Valle del Ensueño, se tiene que está rodeada de barrancos y lomas, entre las cuales hay mucho terreno libre, por lo que no afectan a la escorrentía de la colonia.

3.2.8. Período de diseño

El período de diseño para éste tipo de proyecto es también de 20 años.

3.2.9. Velocidad de diseño

Se utilizó el mismo criterio definido para drenaje sanitario.

3.2.10. Punto de desfogue

El proyecto tiene su punto de desfogue en la parte mas baja de la colonia, al centro de la misma, de donde saldrá la tubería hacia su desfogue, 50 m. más adelante, en donde deberá bajar por un zanjón de 5 m. de altura, utilizando un dissipador de energía gradado, para quitarle velocidad al agua, para luego pasar por una plancha de concreto que la transmitirá suavemente al terreno natural, por donde buscará su salida hacia el río.

3.3. Métodos para calcular el drenaje pluvial

Existen varios métodos generales para determinar el tamaño necesario de una estructura de drenaje pluvial:

a) Observar si existe ya una estructura en el lugar u otro cercano, si existiera, hágase un estudio de su eficiencia años atrás.

b) Basándose en registros de precipitaciones pluviales anteriores de la cuenca y de una frecuencia determinada, luego usando formas empíricas o racionales para determinar el gasto máximo del escurrimiento y la rapidez con la cual llega al lugar elegido para la estructura.

3.3.1. Método de comparación

Es el más práctico para determinar el diámetro de una alcantarilla, se investiga la estructura vieja existente (aguas arriba y aguas abajo). En proyectos existentes se analizarán probables canalizaciones, revestir cunetas, esviaje y vegetación de la cuenca.

3.3.2. Método del procedimiento empírico

Debido a la simplicidad del cálculo se usa la fórmula de Talbot, la cual fue basada en observaciones en el medio oeste de los Estados Unidos; no toma en cuenta la intensidad de la lluvia ni la velocidad del escurrimiento.

$$A = 0.183C^4\sqrt{M^3}$$

A = Sección en m², M = Área drenada en hectáreas y C = Coeficiente

3.3.3. Método racional

En este método se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima (diseño), debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Para la utilización de este método se hace necesario el empleo de suficientes datos de precipitación, es el mejor de los métodos, ya que da resultados de más confianza.

3.3.3.1. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal pluvial se usará el Método Racional; cuya fórmula general es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

- Q = Caudal en M³ /seg.
- C = Relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída
- I = Intensidad de lluvia en mm /hora
- A = Área en Hectáreas.

3.3.3.2. Área tributa

Área Total que contribuye a que la precipitación escurra superficialmente sobre el suelo desde la divisoria de aguas hasta el punto en estudio, es decir que contribuye a formar la esorrentía, se toma en hectáreas.

3.3.3.3. Tiempo de concentración de la cuenca

El tiempo de concentración es el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en escurrir desde el punto mas lejano de la cuenca hasta el punto en estudio. En tramos iniciales, el tiempo de concentración será de 12 minutos.

Cuando varios ramales lleguen a un punto se tomará el tiempo de concentración mayor.

En los siguientes tramos, el tiempo de concentración se estima por la fórmula siguiente:

$$T_c = T_1 + \frac{L}{60 * V_1}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado.

T_1 = Tiempo de concentración hasta el tramo anterior.

L = Longitud del tramo anterior.

V_1 = Velocidad a sección llena en el tramo anterior.

3.3.3.4. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es el espesor de la capa de agua llovida durante cierta cantidad de tiempo suponiendo que toda el agua permanece en su sitio.

En este trabajo, la intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a las curvas de intensidad de lluvia del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), basado en la estación pluviométrica más cercana al proyecto, la estación del INSIVUMEH zona 13.

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 5 años es:

$$I = \frac{1.324}{4 + T_c} \text{ mms/h}$$

3.3.3.5. Coeficiente de escorrentía

Mucha del agua de lluvia que cae sobre el suelo se evapora, o infiltra, el coeficiente de escorrentía mide el porcentaje del volumen precipitado que circula sobre la superficie analizada. Es diferente para cada tipo de suelo, a mayor impermeabilidad, mayor será este coeficiente, el cual se calcula así:

$$C = \frac{\sum (c * a)}{\sum a}$$

Donde:

C = Coeficiente de Escorrentía en un área parcial.

A = Coeficiente de Escorrentía promedio del área drenada.

3.3.3.6. Diseño de secciones y pendientes

La pendiente del terreno está dada por la diferencia de alturas del terreno dividida entre la distancia del tramo y todo eso multiplicado por 100, así:

$$S\% = \frac{\text{Cota final} - \text{Cota inicial}}{\text{Longitud del tramo}} * 100$$

3.3.3.7. Velocidad del flujo a sección llena

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la relación de Manning así:

$$V = \frac{0.003429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

En la cual:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulg.)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

n = 0.010 para tubos de 24 pulgadas y menores según AMANCO

n = 0.009 para tubos mayores de 24 pulgadas según AMANCO NOVALOC

3.3.4. Resumen de valores adoptados

Tabla XII Resumen de valores adoptados

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------------|----------------------|
| Tipo de sistema a usar | Por gravedad |
| Período de diseño | 20 años |
| Tipo de red de distribución | Ramales abiertos |
| Población actual | 1,029 habitantes |
| Viviendas actuales | 187 |
| Coefficiente de Escorrentía c | 0.63 |
| Coefficiente de Hazen Williams | 140 para tubería PVC |

3.3.5. Ejemplo de cálculo de drenaje pluvial

Tramo 2E-2F

Área tributaria = 0.07 Ha.

Área tributaria acumulada = 3.10 Ha.

Tiempo de concentración anterior = 13.19 min.

Longitud del tramo anterior = 17.44 m.

Velocidad del tramo anterior = 4.88 m/seg.

$$T_c = 13.19 \text{ min.} + \frac{17.44 \text{ m.}}{60 * 4.88 \text{ m / seg}}$$

$$T_c = 13.25 \text{ min.}$$

Intensidad de la Lluvia:

$$I = 7997 / (T + 30)^{1.161}$$

$$I = 7997 / (13.25 + 30)^{1.161} = 100.81 \text{ mm/hrs.}$$

Caudal de diseño:

$$Q = CIA/360$$

$$Q = (0.63 * 100.81 \text{ mm/hrs} * 3.10 \text{ Ha.}) / 360$$

$$Q = 547.71 \text{ L/seg.}$$

Velocidad a sección llena:

Diámetro de diseño = 21 pulgadas

Pendiente de diseño = 3.50%

Coeficiente de rugosidad = 0.010

$$V_{LL} = \frac{0.003429}{0.010} * (21)^{2/3} * (3.5)^{1/2}$$

$$V_{LL} = 4.88 \text{ mts. / seg.}$$

Caudal a sección llena:

$$Q_{LL} = A * V_{LL}$$

$$Q_{LL} = \pi / 4 * (21 * 0.00254)^2 * m^2 * 4.88 m / seg$$

$$Q_{LL} = 1.09013 m^3 / seg$$

$$Q_{LL} = 1091.13 L/seg.$$

Relaciones:

$$q/Q = Q_d / Q_{LL} = 547.71 / 1091.13 = 0.50$$

$$v/V = V_p / C = 1.00$$

$$V_p = V_{LL} * 1.00$$

$$V_p = 4.88 m/seg * 1.00$$

$$V_p = 4.88 m/seg$$

$$0.60 m/seg < V < 5m/seg.$$

Cálculo del caudal que ingresa al tragante:

Para el mismo tramo, si tomamos el área local como área tributaria:

$$\text{Área tributaria} \quad A = 0.07 \text{ Ha.}$$

Entonces, aplicando el método racional se puede encontrar el caudal que ingresa al tragante y que deberá circular por el tubo de 8".

$$Q = CIA/360$$

$$Q = (0.63 * 100.81 \text{ mm/hrs} * 0.07 \text{ Ha.}) / 360$$

$$Q = 0.012 m^3/seg. = 12L/seg.$$

El cual es perfectamente transportado por el tubo de 8" hacia el colector.

3.3.6. Cálculos para el diseño

Tabla XIII Cálculos para el diseño

| P.V.I. | P. V.F. | Cotas Terreno | | D.H. | S% Terreno | area tributaria m ² | area tributaria Ha. | area trib. acumulada | Tiempo C. | | Intensidad I | c | Q. Dis. L/Seg |
|--------|---------|---------------|--------|-------|---------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|-------|-----------------|------|------------------|
| | | Inicio | Final | | | | | | T1 | T2 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 0b | 2b | 100.18 | 100.37 | 47.82 | -0.39 | 2247.54 | 0.22 | 0.45 | 12.00 | 12.49 | 102.91 | 0.63 | 81.04 |
| 2b | 2c | 100.37 | 93.60 | 47.62 | 14.21 | 2238.14 | 0.22 | 1.30 | 12.49 | 12.94 | 101.67 | 0.63 | 232.13 |
| 2c | 2d | 93.60 | 86.82 | 51.90 | 13.06 | 2439.30 | 0.24 | 1.69 | 12.94 | 13.10 | 101.23 | 0.63 | 299.73 |
| 2d | 2e | 86.82 | 84.82 | 17.44 | 11.49 | 819.68 | 0.08 | 4.47 | 13.10 | 13.27 | 100.77 | 0.63 | 788.37 |
| 2e | 2f | 84.82 | 80.95 | 29.85 | 12.98 | 1402.95 | 0.14 | 4.88 | 13.27 | 13.33 | 100.61 | 0.63 | 859.53 |
| 2f | 2f' | 80.95 | 76.22 | 32.00 | 14.78 | 1504.00 | 0.15 | 5.03 | 13.33 | 13.43 | 100.33 | 0.63 | 883.60 |
| 2f' | 2g | 76.22 | 71.41 | 32.53 | 14.78 | 1528.91 | 0.15 | 5.19 | 13.43 | 13.54 | 100.04 | 0.63 | 907.79 |
| 2g | 2h | 71.41 | 68.19 | 68.35 | 4.71 | 3759.25 | 0.38 | 7.21 | 13.60 | 13.71 | 99.59 | 0.63 | 1257.39 |
| 2h | 2i | 68.19 | 67.03 | 45.70 | 2.54 | 3061.90 | 0.31 | 7.52 | 13.71 | 13.94 | 98.99 | 0.63 | 1302.77 |
| 2i | 2j | 67.03 | 66.80 | 10.00 | 2.30 | 470.00 | 0.05 | 7.58 | 13.94 | 14.10 | 98.58 | 0.63 | 1307.67 |
| 2j | desfog | 67.03 | 65.65 | 60.00 | 2.30 | 2820.00 | 0.28 | 7.58 | 14.10 | 14.13 | 98.49 | 0.63 | 1306.49 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 6b | 10b | 87.95 | 86.36 | 19.05 | 8.37 | 895.35 | 0.09 | 0.67 | 12.00 | 12.44 | 103.06 | 0.63 | 120.34 |
| 10b | 6c | 86.36 | 85.24 | 13.31 | 8.37 | 625.57 | 0.06 | 1.03 | 12.44 | 12.49 | 102.92 | 0.63 | 186.15 |
| 6c | 6d | 85.24 | 76.46 | 56.99 | 15.41 | 2678.53 | 0.27 | 1.30 | 12.49 | 12.68 | 102.38 | 0.63 | 233.16 |
| 6d | 6e | 76.46 | 73.37 | 31.09 | 9.94 | 1461.00 | 0.15 | 1.45 | 12.68 | 12.79 | 102.08 | 0.63 | 258.57 |
| 6e | 2g | 73.37 | 71.41 | 43.78 | 4.48 | 2057.75 | 0.21 | 1.65 | 12.79 | 12.98 | 101.55 | 0.63 | 293.80 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 3b | 3c | 85.77 | 82.84 | 22.77 | 13.61 | 1070.19 | 0.11 | 0.37 | 12.00 | 12.08 | 104.09 | 0.63 | 67.96 |
| 3c | 3c' | 82.84 | 77.79 | 20.00 | 24.40 | 940.00 | 0.09 | 0.37 | 12.08 | 12.14 | 103.90 | 0.63 | 67.27 |
| 3c' | 3c'' | 77.79 | 72.91 | 20.00 | 24.40 | 940.00 | 0.09 | 0.37 | 12.14 | 12.21 | 103.71 | 0.63 | 67.15 |
| 3c'' | 3d | 72.91 | 68.03 | 23.72 | 20.57 | 1114.84 | 0.11 | 0.37 | 12.21 | 12.29 | 103.48 | 0.63 | 67.00 |
| 3d | 2i | 68.03 | 67.03 | 24.65 | 4.06 | 1158.55 | 0.12 | 0.49 | 12.29 | 12.42 | 103.11 | 0.63 | 87.67 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1b | 1c | 99.20 | 93.85 | 44.69 | 11.98 | 2100.24 | 0.21 | 0.45 | 12.00 | 12.16 | 103.86 | 0.63 | 80.89 |
| 1c | 1d | 93.85 | 87.98 | 75.35 | 7.79 | 3541.45 | 0.35 | 0.80 | 12.16 | 12.44 | 103.07 | 0.63 | 144.15 |
| 1d | 1e | 87.98 | 86.62 | 29.90 | 4.56 | 1405.30 | 0.14 | 1.06 | 12.44 | 12.61 | 102.58 | 0.63 | 190.13 |

Continúa

| P.V.I. | P.V.F. | S% tubo | Diámetro | | Vel. | | Caudal | | Relaciones | | Cotas Invert | | Profundidad Poz | |
|--------|--------|------------|----------|------|---------|---------|---------|-------|------------|-------|--------------|-------|-----------------|-------|
| | | | plg. | | Parcial | Llena | Parcial | Lleno | q/Q | v/V | Inicial | Final | Inicial | Final |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 0b | 2b | 1.00 | 10.00 | 1.81 | 1.59 | 81.04 | 80.65 | 1.00 | 1.14 | 98.33 | 97.85 | 1.85 | 3.50 | |
| 2b | 2c | 9.50 | 10.00 | 5.57 | 4.91 | 232.13 | 248.57 | 0.93 | 1.14 | 96.87 | 92.35 | 3.50 | 3.50 | |
| 2c | 2d | 8.00 | 12.00 | 5.65 | 5.08 | 299.73 | 370.93 | 0.81 | 1.11 | 90.10 | 85.95 | 3.50 | 3.75 | |
| 2d | 2e | 3.50 | 21.00 | 5.29 | 4.88 | 788.37 | 1091.13 | 0.72 | 1.08 | 83.07 | 82.46 | 3.75 | 3.85 | |
| 2e | 2f | 3.50 | 21.00 | 5.39 | 4.88 | 859.53 | 1091.13 | 0.79 | 1.10 | 80.97 | 79.93 | 3.85 | 4.50 | |
| 2f | 2f | 3.50 | 21.00 | 5.43 | 4.88 | 883.60 | 1091.13 | 0.81 | 1.11 | 76.45 | 75.33 | 4.50 | 4.50 | |
| 2f | 2g | 3.50 | 21.00 | 5.45 | 4.88 | 907.79 | 1091.13 | 0.83 | 1.12 | 71.72 | 70.58 | 4.50 | 2.50 | |
| 2g | 2h | 3.00 | 24.00 | 5.56 | 4.94 | 1257.39 | 1442.28 | 0.87 | 1.13 | 68.91 | 66.86 | 2.50 | 2.00 | |
| 2h | 2i | 2.50 | 27.00 | 5.31 | 4.88 | 1302.77 | 1802.46 | 0.72 | 1.09 | 66.36 | 65.25 | 1.83 | 1.78 | |
| 2i | 2j | 2.50 | 27.00 | 5.31 | 4.88 | 1307.67 | 1802.46 | 0.73 | 1.09 | 65.22 | 64.97 | 1.81 | 1.83 | |
| 2j | desfog | 2.50 | 27.00 | 5.31 | 4.88 | 1306.49 | 1802.46 | 0.72 | 1.09 | 65.20 | 63.70 | 1.83 | 1.95 | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 6b | 10b | 8.00 | 8.00 | 4.42 | 3.88 | 120.34 | 125.81 | 0.96 | 1.14 | 86.05 | 84.53 | 1.90 | 1.90 | |
| 10b | 6c | 8.00 | 10.00 | 5.01 | 4.50 | 186.15 | 228.11 | 0.82 | 1.11 | 84.46 | 83.39 | 1.90 | 4.25 | |
| 6c | 6d | 9.50 | 10.00 | 5.57 | 4.91 | 233.16 | 248.57 | 0.94 | 1.14 | 80.99 | 75.58 | 4.25 | 1.50 | |
| 6d | 6e | 9.00 | 10.00 | 5.07 | 4.77 | 258.57 | 241.94 | 1.07 | 1.06 | 74.96 | 72.16 | 1.50 | 1.21 | |
| 6e | 2g | 4.50 | 12.00 | 4.31 | 3.81 | 293.80 | 278.19 | 1.06 | 1.13 | 72.13 | 70.16 | 1.21 | 2.50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 3b | 3c | 13.00 | 8.00 | 4.72 | 4.95 | 67.96 | 160.37 | 0.42 | 0.96 | 84.54 | 81.58 | 1.23 | 3.50 | |
| 3c | 3c' | 13.00 | 8.00 | 4.72 | 4.95 | 67.27 | 160.37 | 0.42 | 0.96 | 79.17 | 76.57 | 3.50 | 3.50 | |
| 3c' | 3c" | 13.00 | 8.00 | 4.72 | 4.95 | 67.15 | 160.37 | 0.42 | 0.96 | 74.29 | 71.69 | 3.50 | 3.10 | |
| 3c" | 3d | 13.00 | 8.00 | 4.72 | 4.95 | 67.00 | 160.37 | 0.42 | 0.96 | 69.81 | 66.73 | 3.10 | 1.33 | |
| 3d | 2i | 4.06 | 10.00 | 3.26 | 3.21 | 87.67 | 162.44 | 0.54 | 1.02 | 66.70 | 65.70 | 1.33 | 1.40 | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 1b | 1c | 12.00 | 8.00 | 4.79 | 4.75 | 80.89 | 154.08 | 0.52 | 1.01 | 98.00 | 92.64 | 1.20 | 1.21 | |
| 1c | 1d | 8.00 | 10.00 | 4.76 | 4.50 | 144.15 | 228.11 | 0.63 | 1.06 | 92.61 | 86.58 | 1.24 | 2.59 | |
| 1d | 1e | 2.50 | 12.00 | 3.22 | 2.84 | 190.13 | 207.35 | 0.92 | 1.13 | 85.39 | 84.62 | 2.59 | 2.00 | |

3.3.5.1. Colectores

Tabla XIV Diámetro de colector principal

| | LÍNEA CENTRAL | LONG. | UNIDAD |
|-----|-----------------|-------|--------|
| 1.1 | COLECTOR DE 12" | 570 | m |
| 1.2 | COLECTOR DE 21" | 80 | m |
| 1.3 | COLECTOR DE 24" | 101 | m |
| 1.4 | COLECTOR DE 27" | 116 | m |

3.3.5.2. Pozos de visita

Se construirán 23 pozos de visita típicos, de acuerdo con la localización indicada en los planos de red general, cumpliendo las especificaciones de construcción del Instituto de Fomento Municipal - INFOM - (Institución rectora de agua y saneamiento de Guatemala).

3.3.5.3. Tragante de acera

Para lograr captar el agua proveniente de los laterales de las calles se ha dejado prevista la construcción de tragantes de acera. Estas unidades se construirán de acuerdo con lo especificado en los planos respectivos, y su ubicación deberá realizarse en los puntos señalados en el plano de ubicación de tragantes de acera.

3.3.6. Presupuesto

Tabla XV Presupuesto

| Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE PLUVIAL Ubicación: COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO, SANTA CATARINA PINULA | | | | | |
|--|---|--------------|----------|------------|--------------------|
| PRESUPUESTO DE MATERIALES EN QUETZALES | | | | | |
| LÍNEA CENTRAL | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDA D | UNIDAD | MATERIALES | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | Material Selecto | 360 | m² | Q45.00 | Q16,200.00 |
| 2 | Tubo PVC Ø8" Norma 3034 | 25 | Tubo | Q540.00 | Q13,500.00 |
| 3 | Tubo PVC Ø12" Norma 3034 | 105 | Tubo | Q1,360.00 | Q142,800.00 |
| 4 | Tubo PVC Ø21" Novaloc | 15 | Tubo | Q2,010.00 | Q30,150.00 |
| 5 | Tubo PVC Ø24" Novaloc | 19 | Tubo | Q2,825.00 | Q53,675.00 |
| 6 | Tubo PVC Ø27" Novaloc | 22 | Tubo | Q2,570.00 | Q56,540.00 |
| 7 | copla novaloc de 12" | 16 | Unidad | Q118.00 | Q1,888.00 |
| 8 | copla novaloc de 21" | 4 | Unidad | Q156.00 | Q624.00 |
| 9 | copla novaloc de 24" | 2 | Unidad | Q210.00 | Q420.00 |
| 10 | copla novaloc de 27" | 3 | Unidad | Q460.00 | Q1,380.00 |
| 11 | Cemento Solvente para PVC | 25 | Galon | Q40.00 | Q1,000.00 |
| 12 | Alambre de Amarre | 50 | Lbs | Q4.10 | Q205.00 |
| 13 | tablas de madera de 6" X 1" X 10' de madera | 40 | Unidad | Q40.00 | Q1,600.00 |
| TOTAL MATERIAL LINEA CENTRAL | | | | | Q319,982.00 |
| Nº. | TRAGANTE DE ACERA | 20.00 | U | | |
| 1 | ARENA DE RIÓ | 37.20 | m² | Q80.00 | Q2,976.00 |
| 2 | PIEDRIN | 9.00 | m² | Q145.00 | Q1,305.00 |
| 3 | LADRILLO TAYUYO | 8.920 | millar | Q850.00 | Q7,582.00 |
| 4 | CEMENTO | 130.00 | saco | Q40.00 | Q5,200.00 |
| 5 | ALAMBRE DE AMARRE C-16 | 60.00 | lb | Q3.50 | Q210.00 |
| 6 | HIERRO No 2 | 48.00 | lb | Q12.00 | Q576.00 |
| 7 | HIERRO No 3 | 197.20 | var. | Q28.00 | Q5,521.60 |
| 8 | TUBO PVC Ø 8" | 20.00 | tubo | Q540.00 | Q10,800.00 |
| TOTAL MATERIAL TRAGANTES | | | | | Q34,170.60 |
| Nº. | POZOS DE VISITA TÍPICOS | 25 | U | | |
| 1 | ARENA DE RIÓ | 37.67442 | m² | Q80.00 | Q3,013.95 |
| 2 | ARENA AMARILLA | 8.633721 | m² | Q90.00 | Q777.03 |
| 3 | PIEDRA BOLA | 2.354651 | m² | Q100.00 | Q235.47 |
| 4 | PIEDRIN | 19.62209 | m² | Q145.00 | Q2,845.20 |
| 5 | LADRILLO TAYUYO | 20.40698 | millar | Q850.00 | Q17,345.93 |
| 6 | CEMENTO | 494.4767 | sacos | Q36.00 | Q17,801.16 |
| 7 | CAL HIDRATADA | 15.69767 | qq. | Q40.00 | Q627.91 |
| 8 | HIERRO No. 2 | 51.01744 | var. | Q12.00 | Q612.21 |
| 9 | HIERRO No.3 | 142.064 | var. | Q28.00 | Q3,977.79 |
| 10 | HIERRO No. 6 | 33.75 | var. | Q90.00 | Q3,037.50 |
| 11 | ALAMBRE DE AMARRE | 33.75 | lb. | Q3.50 | Q118.13 |
| TOTAL MATERIAL POZOS DE VISITA | | | | | Q50,392.28 |
| Nº. | DESFOGUE | 1.00 | U | | |
| 1 | MATERIALES LOCALES | | | | |
| 2 | ARENA DE RIÓ | 9.75 | m² | Q80.00 | Q780.00 |
| 3 | ARENA AMARILLA | 1.50 | m² | Q90.00 | Q135.00 |
| 4 | PIEDRA BOLA | 15.75 | m² | Q100.00 | Q1,575.00 |
| 5 | CAL HIDRATADA | 3.75 | qq | Q40.00 | Q150.00 |
| 6 | CEMENTO | 108.00 | saco | Q40.00 | Q4,320.00 |
| TOTAL MATERIAL DESFOGUE | | | | | Q6,960.00 |
| COSTO TOTAL DE MATERIALES | | | | | Q411,504.88 |

Continúa

| PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA EN QUETZALES | | | | | |
|---|---|--------------|----------|--------------|--------------------|
| LÍNEA CENTRAL | | | | | |
| Nº. | DESCRIPCIÓN | CANTIDA D | UNIDAD | MANO DE OBRA | |
| | | | | COSTO U | COSTO TOTAL |
| 1 | Excavación | 2,645.00 | m³ | Q67.00 | Q177,215.00 |
| 2 | Relleno y Compactado con Suelo Extraído | 560.00 | m³ | Q50.00 | Q28,000.00 |
| 3 | Relleno y Compactado con material selecto | 1,660.00 | m³ | Q40.00 | Q66,400.00 |
| 4 | Instalación Tubería 8" | 125.00 | m | Q4.00 | Q500.00 |
| 5 | Instalación Tubería 12" | 272.00 | m | Q6.00 | Q1,632.00 |
| 6 | Instalación Tubería 21" | 80.00 | m | Q11.00 | Q880.00 |
| 7 | Instalación Tubería 24" | 101.00 | m | Q15.00 | Q1,515.00 |
| 8 | Instalación Tubería 27" | 116.00 | m | Q18.00 | Q2,088.00 |
| 9 | Limpieza y retiro de material sobrante | 200.00 | m³ | Q10.00 | Q2,000.00 |
| TOTAL LINEA CENTRAL | | | | | Q280,230.00 |
| POZOS DE VISITA TÍPICOS | | | | | |
| Nº. | | 25.00 | U | | |
| 1 | EXCAVACION | 151.48 | m³ | Q40.00 | Q6,059.30 |
| 2 | RELLENO COMPACTADO | 35.32 | m³ | Q35.00 | Q1,236.19 |
| 3 | RETIRO DE SOBRANTE | 186.02 | m³ | Q10.00 | Q1,860.17 |
| 4 | LEVANTADO | 273.14 | m² | Q30.00 | Q8,194.19 |
| 5 | FUNDICION DE FONDO | 15.70 | m³ | Q50.00 | Q784.88 |
| 6 | BROCAL + TAPADERA | 36.89 | U | Q90.00 | Q3,320.06 |
| 7 | TOTAL POZOS DE VISITA | | | | Q21,454.80 |
| TRAGANTE DE ACERA | | | | | |
| Nº. | | 20.00 | U | | |
| 1 | EXCAVACION | 49 | m³ | Q40.00 | Q1,960.00 |
| 2 | RETIRO DE SOBRANTE | 54 | m³ | Q10.00 | Q540.00 |
| 3 | FUNDICION | 8.4 | m³ | Q50.00 | Q420.00 |
| 4 | LEVANTADO | 136.4 | m² | Q30.00 | Q4,092.00 |
| 5 | ARMADURIA | 192.8 | m² | Q20.00 | Q3,856.00 |
| 6 | REPELLO | 1.6 | m² | Q15.00 | Q24.00 |
| 7 | SABIETA UNION LADRILLOS | 14 | m³ | Q25.00 | Q350.00 |
| 7 | TOTAL TRAGANTES DE ACERA | | | | Q11,242.00 |
| DESFOGUE | | | | | |
| Nº. | | 1.00 | U | | |
| 1 | FUNDICION | 19.5 | m³ | Q50.00 | Q975.00 |
| | TOTAL DESFOGUE | | | | Q975.00 |
| COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA | | | | | Q313,901.80 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q725,406.68 |

Manuel Eduardo Carías Freire
Calculista de Obras

Figura 7 Cronograma de ejecución

| Nº. | RENGLON MESES | CANTIDAD | UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------|----------|--------|-------------------------|---|---------|---|---|---|---|---|---|----|---------|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | ALCANTARILLADO PLUVIAL | | | 11 MESES | | | | | | | | | | | |
| 2 | COLECTOR Ø 12" | 572 | m | 3 MESES | | | | | | | | | | | |
| 3 | COLECTOR Ø 21" | 80 | m | | | 4 MESES | | | | | | | | | |
| 4 | COLECTOR Ø 24" | 101 | m | | | 3 MESES | | | | | | | | | |
| 5 | COLECTOR Ø 27" | 116 | m | | | 4 MESES | | | | | | | | | |
| 6 | EXCAVACION | 193 | m³ | 7 MESES | | | | | | | | | | | |
| 7 | RETIRO DE SOBRANTE | 216 | m³ | 11 MESES | | | | | | | | | | | |
| 8 | DESFOGUE | 1 | U | | | | | | | | | | | 2 MESES | |

4. DISEÑO DE PAVIMENTO COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO.

4.1. Definición de pavimento

El pavimento básicamente se define como la estructura que descansa sobre el terreno natural, que tiene por objeto distribuir uniformemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, para que el suelo subyacente pueda soportarlas sin sufrir falla o deformación excesiva. Es una superficie lisa que facilita el desplazamiento vehicular por el terreno, debe ser impermeable, áspera, y debe evitar que el suelo subyacente pierda sus propiedades de diseño, tales como la humedad óptima y evitar su erosión.

4.2. Tipos de pavimento

Existen tres grandes clases de pavimentos, los cuales se diferencian según el tipo de carpeta de rodadura que tengan: flexibles, rígidos y semi rígidos. Cada uno de estos tipos distribuye la carga sobre la subrasante de manera diferente.

4.2.1. Pavimentos flexibles

los pavimentos de asfalto y alquitrán son pavimentos flexibles, Son construidos de varias capas de suelo y una carpeta de rodadura asfáltica que transmite la carga recibida a través del espesor de las diferentes capas que lo componen, de manera que los esfuerzos recibidos por la subrasante sean los mínimos permitidos por su capacidad soporte. En estos pavimentos, la carpeta

produce una mínima distribución de cargas, distribuyéndose éstas por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento.

4.2.1.1. Asfalto

También llamado Concreto Asfáltico, el asfalto es un producto de la destilación del petróleo crudo, casualmente el petróleo extraído en Guatemala tiene propiedades adecuadas para la elaboración de asfaltos, no para gasolina. La destilación del petróleo puede ser por vapor o por aire, siendo la destilación por vapor la que proporciona asfaltos de mejor calidad.

El asfalto tiene dos componentes: Asfaltenos y Maltenos, los primeros están constituidos por materiales duros y quebradizos y los segundos por sustancias solubles totalmente en N-pentanos.

Se dice que los asfaltos no fraguan ni curan, sino rompen.

Los asfaltos fáciles de emulsificar deben tener las siguientes características:

| | |
|---------------------|------------|
| Índice de acidez | = + 5.0 |
| Contenido de azufre | = bajo |
| PH | = - 7.0 |
| Asfaltenos | = 19 a 26% |
| Resinas | = 30 a 42% |
| Aceite | = 44 a 59% |

4.2.1.2. Emulsiones asfálticas

Desde el punto de vista físico químico, se define como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, llamadas “fase dispersa o discontinua” y “ fase dispersante o continua”. Se componen de tres elementos: asfalto, agua y un agente emulsionante y se clasifican en catiónicas y aniónicas. Su punto de alcance máximo de trabajo se denomina rotura. Su manejo es sencillo, pero debe tenerse cuidado con el rompimiento prematuro, el cual puede producirse por exceso de calor, frío o presión.

Existen dos tipos de emulsiones según la concentración de cada una de estas fases, la emulsión directa es aquella en la que la fase hidrocarbonada está dispersa en la parte acuosa; la inversa es aquella en la que la parte acuosa está dispersa en la parte hidrocarbonada. Es preferible el uso de las emulsiones directas por su baja viscosidad a temperatura ambiente y se emplea en la construcción de caminos.

Las emulsiones están compuestas químicamente así: H₂O+ asfalto rebajado + emulsionante.

Y se clasifican así:

ERR-C = rápida

ERM-C = media

ERL-C = lenta

4.2.2. Pavimentos rígidos

Los pavimentos de losas de concreto son pavimentos rígidos, las losas pueden ser o no reforzadas, siendo su función la de absorber la carga recibida y

repartirla en una gran área de la rasante. Las losas se construyen directamente sobre la subrasante o sobre una base o sub base. Los pavimentos de concreto ofrecen una gran capacidad para distribuir adecuadamente los esfuerzos a la sub rasante y a la terrecería, siendo además de alta durabilidad y bajo costo de mantenimiento, por lo cual resultan económicos a plazo largo.

El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande, en este tipo de pavimento la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

Los pavimentos de concreto varían en espesor, desde los relativamente delgados de 5 ó 6 pulgadas. (13 ó 15 cm.) para tráfico de carga ligera, para estacionamientos y algunas calles residenciales; hasta losas más gruesas para calles y carreteras principales, losas para pavimentos interestatales diseñadas para llevar tráfico vehicular de carga pesada, de gran intensidad y velocidad; finalmente , losas para pavimentos de aeropuertos de hasta 24 pulgadas (61 cm.), con cargas tan grandes de hasta 750.000 libras (340 toneladas).

El factor principal que afecta el grosor de un pavimento rígido es el nivel de carga que va a soportar, la cantidad de vehículos, y el módulo de reacción del suelo.

4.3. Partes de un pavimento

Su espesor lo determina el valor soporte del suelo subyacente, el nivel de carga a soportar (tipo de vehículos y número), el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas de las capas del pavimento.

Los pavimentos rígidos constan de dos capas: base y carpeta de rodadura, mientras que los flexibles de carpeta de rodadura, base y sub-base.

4.3.1. Base

Capa que se coloca debajo de la carpeta de rodadura, con el fin de transmitir y distribuir las cargas originadas por el tránsito a las capas adyacentes. Se constituye sobre la sub-base. Hay gran diversidad de bases que varían de acuerdo al tipo de pavimento y al criterio del diseñador.

4.3.1.1. Tipos de bases

Existen varios tipos de base:

4.3.1.1.1. Bases de Grava o Piedra Triturada

Son bases de materiales provenientes de la explotación de minas, de roca o de pedreras naturales. Deben tener las siguientes características:

4.3.1.1.2. Bases de grava y suelo

Los materiales utilizados en este tipo de bases pueden encontrarse en estado natural o provenir de la mezcla de gravas con suelos, debiendo poseer las características que se indican en la tabla XXII:

Los finos juntamente con el agregado mineral deberán tener un límite líquido menor de 25, un índice plástico menor de 9 y el porcentaje que pase el tamiz N° 200 deberá ser igual o menor al que pasa el tamiz N° 40.

Tabla XVI Graduaciones, bases de grava y suelo

| TÉCNICAS Nº | PORCIENTO EN PESO DEL MATERIAL QUE PESA EN TAMICES DE MALLA CUADRADA. | | | |
|----------------|--|----------|----------|----------|
| | TIPO "A" | TIPO "B" | TIPO "C" | TIPO "D" |
| 2º | | | 100 | |
| 1 ½º | | | 70 – 100 | |
| 1º | 100 | 100 | 55 – 85 | |
| ¾º | | 70 - 100 | 50 – 80 | 100 |
| ⅜º | | 50 – 80 | 40 – 70 | |
| Nº 4 | | 35 - 65 | 30 – 60 | 70 - 100 |
| Nº 10 | 65 – 100 | 25 - 50 | 20 – 50 | 35 - 80 |
| Nº 20 | 55 – 90 | | | |
| Nº 40 | 35 – 70 | 15 – 30 | 10 – 30 | 25 – 50 |
| Nº 200 | 8 – 25 | 5 – 15 | 5 - 15 | 8 -- 25 |

En la tabla anterior, se considera que los materiales hasta el tamiz Nº 4 son agregados gruesos, y los que pasan el tamiz Nº 4 son agregados finos, los que pasan el tamiz Nº 200 forman el relleno mineral. Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste (abrasión) no menor del 50%, a 500 revoluciones, según el método de Los Ángeles; por otra parte un mínimo del 50% de las piedras deberán tener más del 20% de piedras delgadas o alargadas (se considera que tienen esta característica cuando su longitud es 5 veces mayor que el espesor promedio). Se admite un 60% de partículas que tengan dos o más caras producidas por fracturas o el 90% en peso con una cara fracturada como mínimo. La pérdida de peso no deberá ser mayor del 12% al someterla a cinco ciclos de la prueba de solidez con sulfato de sodio.

4.3.1.2. Bases de arena arcilla

Estas bases son mezclas que debidamente proporcionadas tienen considerable resistencia a la desintegración cuando han sido compactadas con la humedad óptima a su máxima densidad. En estas condiciones llegan a tener alto valor soporte arriba del 80% de C.B.R. y tienen las siguientes características:

- a) Las arenas deben ser duras, angulosas y Preferiblemente silíceas,
- b) Las arcillas deben ser de calidad uniforme y estar libres de terrones, materias vegetales y sustancias deletéreas.

4.3.1.3. Bases de suelo-cemento

Las mezclas de determinados suelos con cemento portland, forman las bases de suelo-cemento, las cuales son altamente resistentes a la desintegración, llegando a tener un valor soporte o C.B.R. arriba del 80%. Para mantener dicho valor soporte tienen que ser imprimadas antes que pierdan su humedad y no deben usarse como superficie de rodaduras, porque no son capaces de resistir la acción directa del tránsito, aunque su textura parezca poder hacerlo.

4.3.2. Sub-base

Es la capa de material que se coloca entre la sub-rasante y la capa de base. Ésta puede construirse con una gran variedad de suelos, ya sea en su estado natural o mejorado por un tratamiento adecuado. La sub-base debe cumplir con las siguientes características:

- a. Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b. Servir de material de transición entre el suelo de sub-rasante y la base.
- c. Drenar el agua proveniente de la base.
- d. Ser susceptible de compactación, es decir, que la compresión o la vibración conduzcan fácilmente a una disposición estable de las partículas correspondientes a una cantidad de vacíos reducida y a una gran densidad seca.
- e. Ser poco sensibles al agua, para lo cual, es preciso que la proporción de finos arcillosos, sea pequeña. Son ideales los suelos cuyo índice de plasticidad sea nulo o menor a cinco.
- f. Conservar una buena consistencia en las condiciones higroscópicas más desfavorables.
- g. El material no deberá tener un hinchamiento mayor del 1%.
- h. El agregado grueso en el tamiz N° 10, deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 100 revoluciones, determinado por el método de los Ángeles.
- i. El material debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado. Esta materia puede ser: arena, grava, granzón residuos de cantera, etc. Debe tener las características de un suelo A-I o A-II de acuerdo con la clasificación de la A.A.S.H.O. Su valor soporte de California o C.B.R. no podrá ser menor de 20, a 95% de compactación, para una penetración 0.1 pulgada.

4.3.3. Rasante

Es la representación sobre un plano vertical del desarrollo del eje del pavimento. Este plano es paralelo al de la sub-rasante y la diferencia entre los mismos está determinada por el espesor del pavimento. La rasante varía de acuerdo a las características del suelo de soporte.

4.3.4. Sub-rasante

La sub-rasante es la capa superficial del suelo que soporta la estructura del pavimento y es la que determina el espesor del pavimento a emplear.

Los materiales que conforman la sub-rasante deben cumplir con los requisitos de la A.S.T.M *American Society for Testing Materials* A.S.T.M y la A.A.S.H.T.O. *Association of State Highways Officials* A.A.S.H.T.O.

Los siguientes requisitos deben cumplirse en una profundidad de al menos cincuenta centímetros para calles y carreteras. Los suelos que no cumplan, deberán ser sustituidos por un material adecuado, o bien, ser estabilizados.

| PROPIEDAD | REQUISITO |
|---------------------------------|---------------|
| Tamaño máximo de partícula..... | 7.5 cms. |
| Límite líquido..... | Mayor del 50% |
| C.B.R..... | 5% Mínimo |
| Expansión..... | 5% Máximo |
| Compactación..... | 95% Mínimo |

4.3.5. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y su objetivo es proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y heladas, además resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito. Está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible o por una losa de concreto si es pavimento rígido.

4.4. Ensayos de laboratorio de suelos para pavimentos

Los ensayos aplicados al suelo para diseño de pavimentación son:

4.4.1. Granulometría

Consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Los resultados de este análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

4.4.2. Límites de Atterberg

4.4.2.1. Límite líquido Aashto t-89

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia el estado líquido al estado plástico. Actualmente se utiliza el método de Casa grande. La muestra de suelo debe pasar la malla N° 40, si es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

4.4.2.2. Índice plástico

Se llama así a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg: $IP = LL - LP$

$IP = 0$ entonces, suelo no plástico;

$IP = 7$, entonces, el suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq IP \leq 17 \implies$ Suelo medianamente plástico.

4.4.2.3. Límite plástico Aashto T-90

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, de su peso secado al horno que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

4.4.3. Ensayo de compactación o Proctor Aashto t-180

La densidad obtenida en un suelo por medio de compactación, depende del contenido de humedad. Cuando se tiene el mayor peso unitario seco, (densidad) se le llama "Contenido Optimo de Humedad", que generalmente, es menor que el límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Antes de realizar el ensayo, se deben deshacer los terrones presentes en la muestra, sin sacar el agregado grueso, secarla y pasarla por el tamiz N° 4.

4.4.4. Ensayo de valor soporte C.B.R. Aashto t-193

Determina el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo ensayado, en relación con el esfuerzo

requerido para hacerlo penetrar hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los valores de C.B.R. que se utilizan son

Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras

Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

Figura 9 Análisis granulométrico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 220 S.S. O.T. No. 18,006

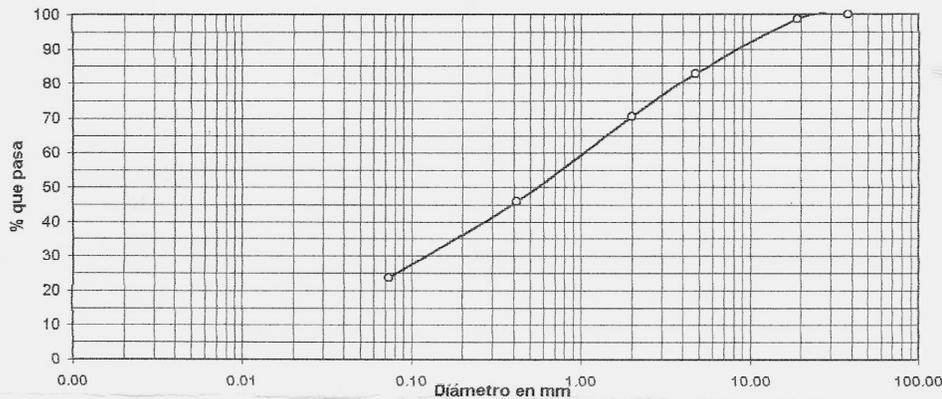
Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Carías Freire (94-16884)
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27
 Proyecto: Ejercicio Profesional Supervisado
 Procedencia: Santa Catarina Pinula
 Fecha: 11 de Octubre de 2004
 Muestra No. 1

| Análisis con Tamices: | | |
|-----------------------|---------------|------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | % que pasa |
| 1 1/2" | 38.10 | 100.00 |
| 3/4" | 19.05 | 98.57 |
| 4 | 4.76 | 82.82 |
| 10 | 2.00 | 70.35 |
| 40 | 0.42 | 45.81 |
| 200 | 0.074 | 23.72 |

% de Grava: 17.2
 % de Arena: 59.1
 % de Finos: 23.7

| Análisis por Sedimentación: | |
|-----------------------------|------------|
| Diámet. mm. | % que pasa |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Gs:



Descripción del suelo: Arena limosa color beige con algunas partículas de grava.
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1-b
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.
 Ing. Francisco Javier Quiñones de La Cruz
 DIRECTOR CII/USAC.



Inga. Flor de María González Cordero
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



Figura 10 Límites de Atterberg



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 221 S.S. O.T. No. 18006

Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Carías Freire (94-16884)
 Proyecto: Ejercicio Profesional Supervisado
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa Catarina Pinula

FECHA: 11 de Octubre de 2004

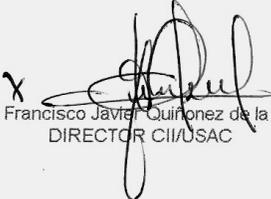
RESULTADOS:

| ENSAYO No. | MUESTRA No. | L.L. (%) | I.P. (%) | C.S.U. * | DESCRIPCION DEL SUELO |
|------------|-------------|----------------------|----------|----------|---------------------------|
| 1 | 1 | MATERIAL NO PLASTICO | | | Arena limosa color beige. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

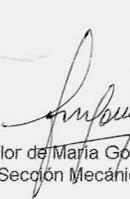
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. 

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC





Inga. Flor de María González Culajay
Jefe Sección Mecánica de SUELOS



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 11 Valor soporte California (C.B.R.)



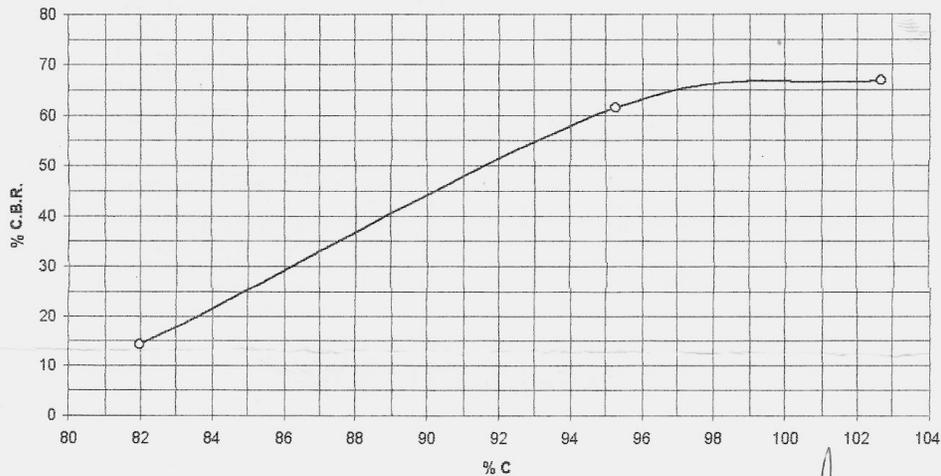
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 219 S.S. O.T. No.: 18006
 Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Carías Freire (94-16884)
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Ejercicio Profesional Supervisado
 Ubicación: Santa Catarina Pinula
 Descripción del suelo: Arena limosa color beige con algunas partículas de grava.
 Muestra No.: 1
 Fecha: 11 de Octubre de 2004

| PROBETA No. | GOLPES No. | A LA COMPACTACION | | C (%) | EXPANSION (%) | C.B.R. (%) |
|----------------|---------------|-------------------|------------------------------|----------|------------------|---------------|
| | | H (%) | γ_d kg/m ³ | | | |
| 1 | 10 | 17.0 | 1285.9 | 81.99 | 0.0 | 14.3 |
| 2 | 30 | 17.0 | 1494.6 | 95.30 | 0.0 | 61.6 |
| 3 | 65 | 17.0 | 1610.8 | 102.70 | 0.0 | 67.0 |

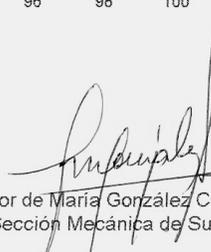
GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Vo. Bo.:

Atentamente,

 Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CI/USAC



 Ing. Flor de María González Culaja
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993

4.4.5. Resultado de los ensayos realizados

Los resultados obtenidos en los ensayos, se describen a continuación:

| | |
|------------------------|---|
| Descripción: | Arena limosa color beige con algunas Partículas de grava. |
| Límite líquido: | Material no plástico |
| Límite plástico: | Material no plástico |
| Índice plástico: | Material no plástico |
| Humedad óptima: | 16% |
| Densidad seca max.: | 97.9 Lb/pie ³ |
| C.B.R.: | 67% |
| % de grava: | 17.2 |
| % de arena: | 59.1 |
| % de finos: | 23.7 |
| Clasificación S.C.U.: | SM |
| Clasificación P.R.A. : | A-1-b |

La colonia Valle del Ensueño ya se encuentra habitada en un 80%, en este caso se prefiere que el período de construcción del pavimento dure lo menos posible, dada la rapidez de instalación de los pavimentos flexibles y que son una opción mas económica, en el diseño de este proyecto se optó por pavimento de asfalto en vez de concreto, por lo que no será necesario explicar las normas de diseño de pavimento rígido.

4.5. Normas de diseño para pavimento flexible

4.5.1. Agregados minerales

Además de las normas ya definidas en este trabajo, se debe cumplir que:

- Al recubrir el agregado mineral totalmente con material asfáltico, la pérdida de ligante no deberá ser mayor de 35%.
- En cuanto a los vacíos, se deben respetar las relaciones siguientes:
 - a) Los vacíos serán aproximadamente del 50% después de esparcir los agregados sobre el asfalto por la falta de acomodo de las partículas;
 - b) Los vacíos serán de un 30% después de compactar el agregado;
 - c) Después de la acción del tránsito las partículas se acomodan a su posición más densa, reduciendo los vacíos a un 20% más o menos.
 - d) La relación 80/20 es buena para un tránsito semipesado; cuando el tránsito es pesado, la relación inicial deberá alcanzar un 60% para evitar la exudación de la superficie durante el servicio.

4.5.1.1. Tamaño

El agregado mineral deberá ser tan uniforme como económico. El tamaño más grande del agregado no debe ser mayor del doble del agregado más pequeño, con una tolerancia mínima de finos. Es muy importante pues, si la diferencia entre gruesos y finos es muy grande, la película de asfalto recubrirá totalmente las partículas pequeñas y parcialmente las grandes, lo cual no permitirá un buen ligamento y se perderá material con el tránsito.

Figura 12 Agregado conveniente

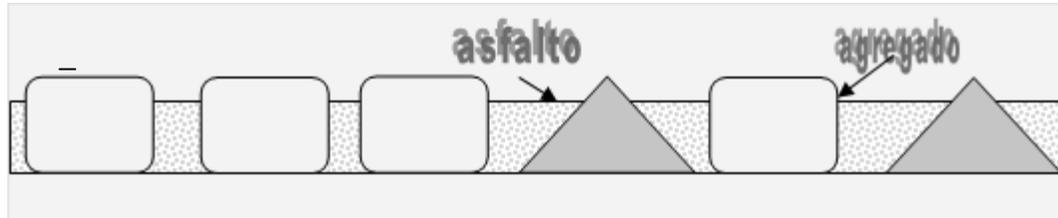
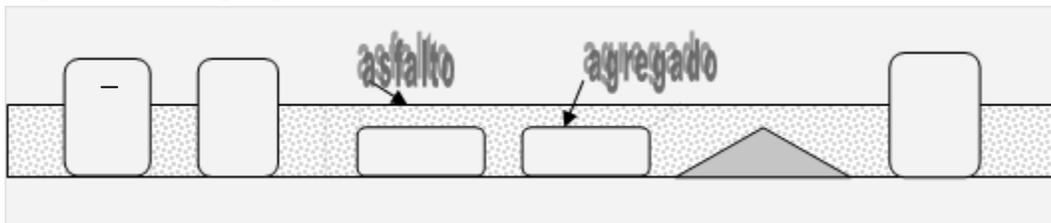


Figura 13 Agregado inconveniente



4.5.1.2. Forma

Las formas triangulares o rectangulares darán los mejores resultados, no así las alargadas o planas, porque quedan cubiertas por los asfaltos.

4.5.1.3. Relleno

Se empleará polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Pórtland u otros minerales no plásticos; deberá llenar la siguiente granulometría:

Tabla XVII Materiales para relleno, porcentaje que pasa

| MALLA CUADRADA | PORCENTAJE QUE PASA |
|----------------|---------------------|
| Nº 30 | 100 |
| Nº 80 | 95-100 |
| Nº 200 | 65-100 |

4.5.2. Material Bituminoso

Se recomienda usar cemento asfáltico con los siguientes grados de penetración: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150, 200-300. La cantidad de material bituminoso será determinada por el laboratorio.

Los cementos asfálticos deberán ser homogéneos, no formar espuma cuando se calienten a 176.7°C y deben estar totalmente exentos de agua, para evitar explosiones en los tanques al alcanzar las temperaturas indicadas.

4.5.3. Condiciones Climáticas

Se debe cuidar la temperatura durante el transporte de la mezcla; es aconsejable no tender concretos asfálticos cuando el tiempo esté lluvioso.

4.6. Diseño del pavimento colonia valle del ensueño

Existen varios métodos para diseñar pavimentos, para el diseño del pavimento de este proyecto, se utilizó el método de asfalto a profundidad completa, del Instituto de Asfalto.

4.6.1. Método del instituto de asfalto

El sistema se basa en un tránsito probable durante un período de 20 años, referido a una carga por eje sencillo, de 18,000 libras, que es la carga por eje legal en la mayoría de los Estados de la Unión Americana y considerada además, el valor soporte del terreno de fundación, la calidad de los materiales de base, sub-base y capa de rodamiento que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

4.6.1.1. Análisis de tránsito

Para un período de diseño de 20 años, al número promedio diario de carga por eje sencillo de 18,000 libras, se le llama “valor de tránsito para el diseño” o “índice de tránsito de proyecto” (en inglés: *Design Traffic Numbers D.T.N.*) y es determinado en función del “tránsito diario inicial” (*I.T.N.*), que es el promedio, en ambas direcciones, estimado en el primer año de servicio.

4.6.2. Diseño geométrico de un pavimento flexible, propuesto por el Instituto de Asfalto de Estados Unidos

El pavimento puede estar compuesto íntegramente de mezclas asfálticas, llamado “asfalto a profundidad completa” (*Full-Depth Asphalt*), o de capas de materiales con diferentes características, así, la sub-base podría estar formada por un suelo granular seleccionado, la base por piedra triturada y la capa de rodadura por mezclas asfálticas de alta calidad. El Instituto de Asfalto de Estados Unidos, recomienda los siguientes espesores mínimos:

Tabla XVIII Tabla para calcular espesores de carpeta de rodadura

| Nº del tránsito del diseño | Espesor mínimo en cm |
|----------------------------|----------------------|
| Menor de 10 | 4 |
| De 10 a 100 | 5 |
| De 100 a 1,000 | 6 |
| Mayor de 1,000 | 7 |

4.6.2.1. Diseño estructural del pavimento

El pavimento diseñado es de tipo flexible. Diseñado por el método de asfalto a profundidad completa del Instituto de Asfalto de los Estados Unidos, que es el que más confianza merece, ya que nació con base a investigaciones en tramos de prueba de cargas móviles sobre el terreno, Tomando en cuenta que el libro azul de caminos recomienda un espesor mínimo para carpetas de base y sub base de 10 cm, pero la experiencia nos indica que cuando son capas menores de 15 cm se vuelven muy difíciles de trabajar con maquinaria, entonces se usará como mínimo para este diseño los 15 cm de espesor para éstas carpetas.

4.6.3. Ejemplo de cálculo de pavimento

Pavimento tipo A-1 (para tráfico liviano)

Período de diseño: 20 años

C.B.R. = 67% subrasante (del laboratorio de suelos)

Clasificación según ASTM: G.W.

Clasificación según AASHO: A-1-a

Según figura 14: $K = 640 \text{ Lbs/pl}^3$

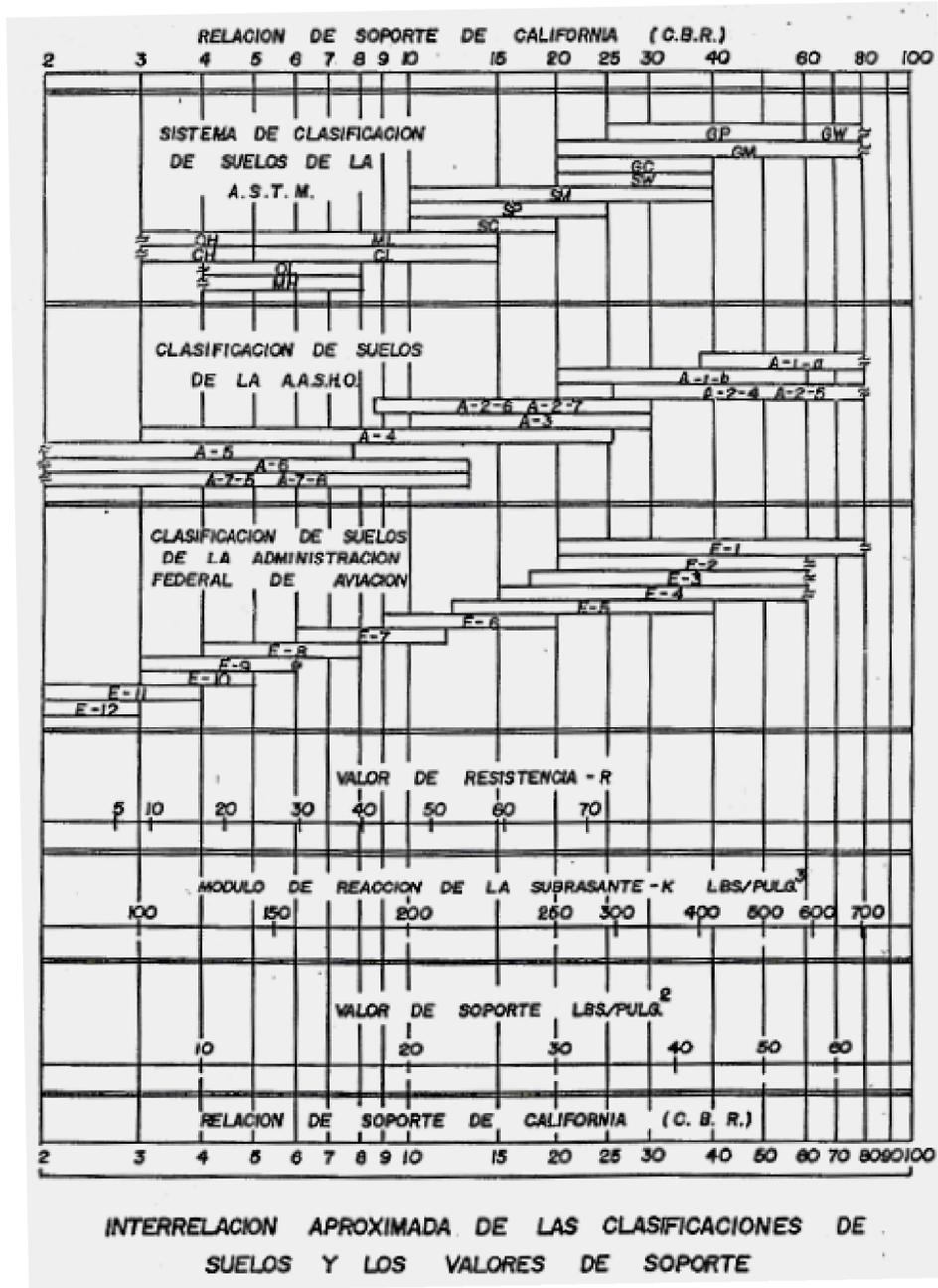
Según tabla 1-a: $K_s = 660 \text{ Lbs/pl}^2$ (módulo de reacción deseado)

Tránsito pesado diario: 10 Vehículos

En un sentido: 5 Vehículos

Carga Máxima por eje: 20,000 Lb

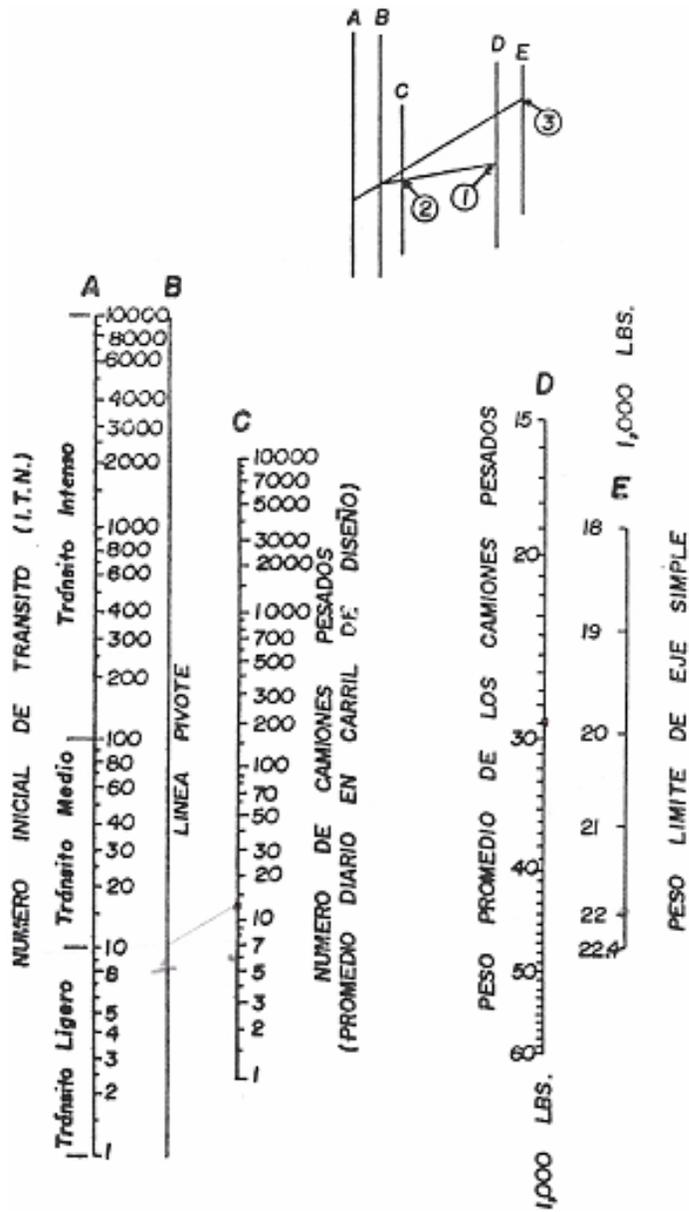
Figura 14 Clasificación de suelos por valor soporte



Eje Tándem: 36,000 Lb

Calculando con la siguiente figura:

Figura 15 Valor de ITN



Encontrando el ITN:

Tabla XIX Valores de tráfico

| CARGA POR EJE | DESCRIPCIÓN | TRÁFICO | ADDT | POR DÍA | CARGA MÁXIMA POR EJE (KIPS) | |
|---------------|---|------------------|------------|----------|-----------------------------|------------|
| Categoría | | ÁREA DE TRÁNSITO | Porcentaje | POR DÍA | Eje sencillo | Eje tándem |
| 1 | Calles residenciales | 200 a 800 | 1-3 | Arriba | 22 | 36 |
| | carreteras rurales y secundarias (bajo a medio) | | | De 2.5 | | |
| | | | | | | |
| 2 | Calles colectoras | 700 a 5,000 | 5-18 | De 40 a | 26 | 44 |
| | calles rurales y secundarias | | | 1,000 | | |
| | (altas) carreteras primarias | | | | | |
| | y calles arteriales (bajo) | | | | | |
| 3 | Calles arteriales y carreteras primarias (medio) | 3,000 - 12,000 | 8-30 | De 500 a | 30 | 52 |
| | Súper carreteras | 2 carriles | | 5,000 | | |
| | | 3,000 - 50,000 | | | | |
| | Interestatales urbanas | 4 carriles | | | | |
| | Y rurales (bajo y medio) | o mas | | | | |
| 4 | Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras | 3,000 - 20,000 | 8-30 | De 1,500 | 34 | 60 |
| | (altas), interestatales urbana | 2 carriles | | A 8,000 | | |
| | y rural (medio a alto) | | | | | |
| | | | | | | |

Peso neto promedio de camiones pesados: 28,000 Lb, busco en la línea D

No. De camiones diarios en la línea C = 5

Uniéndolo D y C con línea recta hasta interceptar la línea B

En la línea E busco la carga máxima por eje simple = 20,000 Lb

Uniéndolo E con B encuentro el valor de ITN en A

$$ITN = 6$$

Factor de ajuste ITN para 20 años con crecimiento anual de 2% es 1.20

Tabla XX Factor de ajuste de ITN

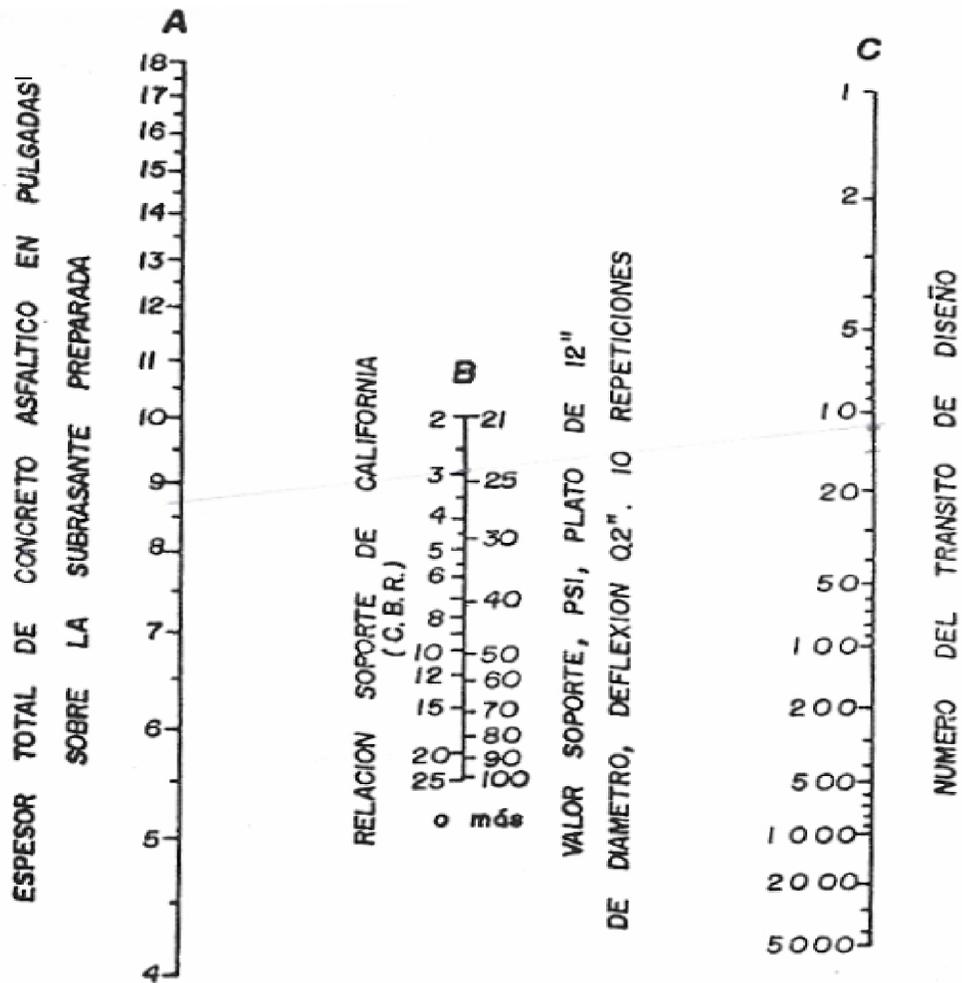
| PORCENTAJE ANUAL | FACTOR DE | FACTOR DE |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| DE CRECIMIENTO | PROYECCIÓN 20 AÑOS | PROYECCIÓN 40 AÑOS |
| DEL TRÁFICO | | |
| 1 | 1.1 | 4.2 |
| 1 1/2 | 1.2 | 1.3 |
| 2 | 1.2 | 1.5 |
| 2 1/2 | 1.3 | 1.6 |
| 3 | 1.3 | 1.8 |
| 3 1/2 | 1.4 | 2 |
| 4 | 1.5 | 2.2 |
| 4 1/2 | 1.6 | 2.4 |
| 5 | 1.6 | 2.7 |
| 5 1/2 | 1.7 | 2.9 |
| 6 | 1.8 | 3.2 |

Número de tránsito de diseño = $ITN * 1.20 = 7.20$ casi 8

En figura 16 con CBR del 67% encuentro A

A = 4.5" de asfalto a profundidad completa

Figura 16 Número de tránsito de diseño



NOTA: EL NUMERO DEL TRANSITO DE DISEÑO SE OBTIENE COMO SE DETALLO ANTERIORMENTE

Utilizando las relaciones siguientes como lo indica el método:

Base-carpeta: 2:1 Sub-base-carpeta: 2.7:1 Sub-base-base: 1.35:1

El espesor mínimo para la carpeta de rodadura es de 1.5", entonces:

Carpeta= 4 cm, Base = 15 cm.

Entonces el diseño cumple sin necesidad de sub base.

4.7. Cronograma de ejecución

Figura 17 Cronograma de ejecución

| No. | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|---|----------|--------|---------|---------|---------|-------|---------|---|
| 1 | CORTE DE TERRENO NATURAL PARA DETERMINAR LA RASANTE (20 cm) | 2.621,30 | m3 | 2 MESES | | | | | |
| 2 | REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE | 1.873,00 | m | | 2 MESES | | | | |
| 3 | APLICACIÓN DE BASE TRITURADA DE 15 cm DE ESPESOR COMPACTADA | 1.965,98 | m3 | | | 2 MESES | | | |
| 4 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN | 3.931,95 | Gls | | | | 1 MES | | |
| 5 | RIEGO DE LIGA | 1.965,98 | Gls | | | | 1 MES | | |
| 6 | APLICACIÓN DE CARPETA DE RODADURA CON MEZCLA ASFÁLTICA | 1.310,65 | Ton | | | | | 2 MESES | |
| 7 | CUNETETA | 1.873,00 | m | | | | | 3 MESES | |
| 8 | BORDILLO | 1.873,00 | m | | | | | 3 MESES | |

4.8. Presupuesto

Tabla XXI Presupuesto de pavimentación

| Proyecto: PAVIMENTACIÓN CON ASFALTO Ubicación: COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO | | | | | | |
|---|--|----------|--------|-----------------|----------------------|--|
| PRESUPUESTO EN QUETZALES | | | | | | |
| No. | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL | |
| 1 | CORTE DE TERRENO NATURAL PARA DETERMINAR LA RASANTE (20 cm) | 2.621,30 | m3 | Q35,00 | Q91.745,57 | |
| 2 | REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE | 1.873,00 | m | Q53,00 | Q99.269,00 | |
| 3 | APLICACIÓN DE BASE TRITURADA DE 15 cm DE ESPESOR COMPACTADA | 1.965,98 | m3 | Q260,00 | Q511.153,89 | |
| 4 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN | 3.931,95 | Gls | Q24,70 | Q97.119,24 | |
| 5 | RIEGO DE LIGA | 1.965,98 | Gls | Q21,60 | Q42.465,09 | |
| 6 | APLICACIÓN DE LA CARPETA DE RODADURA CON MEZCLA ASFÁLTICA, DE UN ESPESOR DE 4 CMS. COMPACTADOS | 1.310,65 | Ton | Q575,00 | Q753.624,33 | |
| 7 | CUNETETA | 1.873,00 | m | Q87,00 | Q162.951,00 | |
| 8 | BORDILLO | 1.873,00 | m | Q83,00 | Q155.459,00 | |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q1.913.787,12 | |

Manuel Eduardo Carías Freire
Calculista de obras

5. IMPACTO AMBIENTAL, RIESGO, VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE PROYECTOS COLONIA VALLE DEL ENSUEÑO.

5.1. Estudio de impacto ambiental

En éste caso la pavimentación no representa un daño para el medio ambiente ya que el pavimento actual está en mal estado, por lo que será removido y sustituido, beneficiando a sus vecinos y al ecosistema de la región.

5.2. Riesgo y vulnerabilidad de proyectos

5.2.1. Riesgo de los proyectos

La evaluación del peligro de esta zona o región es esencial para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes en riesgo, tomando en cuenta que la geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y que existen otros factores que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes.

La mayoría de impactos en la infraestructura del sistema de alcantarillado y de los pavimentos en lugares susceptibles de inundaciones se deben a los excedentes de lluvias que se extienden por largos períodos del invierno.

Los más importantes son los siguientes:

- Hinchamiento del pavimento

- Deslizamiento de las capas
- Derrumbes
- Taponamiento de colectores por residuos sólidos
- Daño en los elementos del sistema por recarga de acuíferos
- Arrastre de tubería y cámaras debido al empuje de aguas subterráneas
- Rebosamiento y arrastre de letrinas y de pozos sépticos
- Desbordamiento de lagunas de estabilización

Otros efectos de los desastres naturales se aprecian en la tabla XXIX, que a continuación se presenta:

Tabla XXII Efecto de los desastres naturales

| Servicio | Efectos esperados | Terremotos | Huracán | Inundación | Tsunami |
|--|---|------------|---------|------------|---------|
| Abastecimiento de agua y eliminación de aguas servidas | Daños a las estructuras de ingeniería civil | 1 | 1 | 1 | 3 |
| | Ruptura de cañerías maestras | 1 | 2 | 2 | 3 |
| | Interrupciones del suministro de electricidad | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | Contaminación (química o biológica) | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | Desorganización del transporte | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | Escasez de personal | 1 | 2 | 2 | 3 |
| | Sobrecarga de las redes (debido a los movimientos de población) | 2 | 1 | 1 | 3 |
| | Escasez de equipos, repuestos y suministros | 1 | 1 | 1 | 2 |

1 Posibilidad grave 2 Posibilidad menos grave

3 Posibilidad mínima

Tabla XXIII Calificación de destrozo

| DESASTRE | CALIFICACIÓN DE DESTROZO | |
|--------------|--------------------------|-----------|
| | Alcantarillado | Pavimento |
| incendio | 0/10 | 0/10 |
| terremoto | 8/10 | 7/10 |
| deslave | 2/10 | 2/10 |
| derrumbe | 2/10 | 3/10 |
| hundimiento | 4/10 | 4/10 |
| grieta | 4/10 | 4/10 |
| inundación | 2/10 | 0/10 |
| tempestad | 1/10 | 0/10 |
| lluvia | 0/10 | 0/10 |
| TOTAL | 23/100 | 20/100 |

5.2.1.1. Riesgo de contaminación del agua en las redes de agua potable

Existe riesgo de contaminación en el agua potable cuando se rompen simultáneamente las tuberías de las redes de agua potable y las de alcantarillado sanitario, porque es posible que algo de las aguas servidas se mezcle o penetre a la red de agua potable. Ello se debe a que usualmente las tuberías de agua potable y alcantarillado sanitario se construyen en forma paralela, por las mismas calles y a pocos metros entre sus ejes.

Es de gran importancia para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas existentes y por construir para poder idear planes de emergencia según la vulnerabilidad.

5.2.2. Amenazas naturales

En esta región las principales amenazas son de tipo geológico (sismos), y meteorológico, (tormentas severas, inundaciones), e incendios forestales.

Las amenazas pueden estar interrelacionadas lo que magnifica sus efectos, por ejemplo, los vientos huracanados provocan lluvias intensas, las cuales pueden ocasionar inundaciones; asimismo los sismos provocan deslizamientos e inundaciones progresivas que podrían dañar los sistemas.

5.2.3. Desastre natural

Un desastre natural sucede cuando la ocurrencia de un fenómeno natural afecta a un sistema vulnerable.

Según su magnitud, los terremotos pueden producir fallas en las rocas y en el subsuelo, hundimientos de la superficie del terreno, derrumbes, deslizamientos de tierras y avalanchas de lodo; pueden asimismo reblandecer los suelos saturados (debido a la vibración); producen destrucción y otros daños directos en cualquier parte de los sistemas de abastecimiento de agua o drenaje, ubicados dentro del área afectada.

5.2.3.1. Daños producidos por terremotos

Entre los principales efectos producidos por los terremotos se puede mencionar:

- Destrucción parcial o total de estructuras recolectoras, tratamiento, etc.
- Ruptura de las tuberías, además de daños en las uniones, con la consiguiente filtración de aguas negras al suelo
- Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso

El sismo actúa con fuerzas de inercia sobre las construcciones que se levantan sobre el nivel del suelo; en cambio las estructuras enterradas (tuberías) se mueven con el suelo y experimentan deformaciones que pueden provocar daños en sus componentes o en sus uniones rígidas; esto implica que se pueden esperar menores daños en las tuberías relativamente más flexibles como el PVC, y mayores en las tuberías rígidas, como las de concreto.

5.2.4. Vulnerabilidad de los proyectos

Se entiende por vulnerabilidad, la susceptibilidad a la pérdida de un elemento o conjunto de elementos como resultado de la ocurrencia de un desastre. Indica el grado en que un sistema está expuesto o protegido de las amenazas naturales. Esto depende del estado de los asentamientos humanos y su infraestructura, la manera en que la administración pública y las políticas manejan la gestión del riesgo, y el nivel de información y educación de que dispone una sociedad sobre los riesgos existentes y cómo debe enfrentarlos.

De una manera general, a la identificación y cuantificación de estas debilidades se le denomina Análisis de Vulnerabilidad, y es el proceso mediante el cual se determina el comportamiento esperado del sistema y sus componentes, para resistir en forma adecuada los efectos debidos a un desastre. Se identifican también las fortalezas del sistema y de su organización, por ejemplo, el personal con experiencia en operación, mantenimiento, diseño y construcción, para atender emergencias.

5.2.4.1. Calificación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad de un componente o sistema, se expresa como la probabilidad de alcanzar un determinado estado E_j , dada su ocurrencia A_i , así:

$$P(E_j/A_i)$$

Los estados E_j son previamente definidos a conveniencia y descritos explícitamente. Generalmente se adoptan los siguientes estados de daño:

E_1 = no daños

E_2 = daños leves; equipo operativo

E_3 = daños reparables; equipo no operativo

E_4 = daños graves o ruina; equipo fuera de servicio

Donde:

P = Probabilidad

E_j = Sistema

A_i = Amenaza

Debe realizarse un estudio de análisis de vulnerabilidad en aquellas instalaciones y obras de infraestructura cuyo mal funcionamiento o ruina (debido a los efectos de los desastres considerados) pueda generar situaciones de emergencia o demandas que excedan la capacidad de atención.

5.2.4.2. Vulnerabilidad administrativa

Con el fin de tratar de manera integral los problemas que afectan a los aspectos administrativos y operativos de los sistemas.

5.2.4.3. Vulnerabilidad operativa

Los principales factores de vulnerabilidad operativa tienen relación con la cantidad, calidad y continuidad, las rutinas de operación, mantenimiento y la capacitación del operador para el cumplimiento de sus funciones.

5.2.4.4. Vulnerabilidad física

El factor de vulnerabilidad física, tiene relación con las condiciones desfavorables actuales de los componentes y del sistema en su conjunto y de su ubicación respecto a las amenazas naturales.

Existe el riesgo de contaminación del agua, por lo que aumenta la tasa e incidencia de enfermedades como la diarrea, el cólera, las infecciones respiratorias, las enfermedades infecto-contagiosas, entre otras.

La vulnerabilidad física ante sismos es evidente, porque los componentes están expuestos directamente al medio, por lo que según sea la intensidad del sismo, podrán sufrir daños graves o destrucción total.

Por sismo: prácticamente todos los componentes de los sistemas pueden sufrir las consecuencias directas del impacto de un sismo.

Los pavimentos sufren agrietamientos y fallas estructurales que los inutilizan; las cajas, pozos de visita, sistemas de tuberías, planta de tratamiento; también son susceptibles las uniones de los elementos del sistema.

Por huracanes: existe el riesgo de rotura de tuberías debido a correntadas, rotura y daños de las tapas en los tanques o pozos de visita, y falla de estructuras por asentamientos del terreno por inundaciones.

5.3. Capacidad de respuesta del gobierno local

En el ámbito de gobierno municipal, en caso de bienes y servicios para reparar, rehabilitar, reconstruir y remplazar elementos de infraestructura por la ocurrencia de un fenómeno natural, se recurre a maquinaria y empleados de instituciones públicas o empresas privadas locales.

El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con personal técnico capacitado, maquinaria y materiales para llevar adelante las tareas de reparación, rehabilitación, reconstrucción y reemplazo de componentes esenciales de la red de alcantarillado; y requiere, en cambio, ayuda financiera externa cuando las tareas son de gran magnitud.

Es importante la concienciación y preparación para emergencias a nivel local, así como la práctica de simulacros de desastres para saber cómo actuar.

5.4. Medidas de mitigación de los proyectos

La reducción de desastres es la suma de todas las acciones que pueden aplicarse para reducir la vulnerabilidad de un sistema a las amenazas naturales.

Estas soluciones incluyen el correcto ordenamiento territorial, desarrollar mapas de riesgo, identificar las zonas vulnerables para asegurar que la gente se asiente donde es seguro y adoptar códigos de construcción apropiados y técnicas de ingeniería que respondan a las evaluaciones locales de riesgo e implantar sistemas de monitoreo en áreas de riesgo.

5.4.1. Mitigación de los efectos de los desastres naturales

Los sistemas de alcantarillado de las áreas urbanas y rurales son especialmente vulnerables a los peligros naturales. Estos sistemas son extensos y pueden hallarse en mal estado. Cuando el agua potable se contamina como resultado de un desastre o colapso en el sistema de alcantarillado, el riesgo de que la población contraiga enfermedades aumenta y la higiene se deteriora rápidamente. A menudo, resulta difícil valorar las consecuencias indirectas para la salud y el costo de la reparación del sistema es, en general, muy elevado.

5.4.2. Plan de mitigación

En la fase de construcción se deberá tener presente el no dejar abiertas las zanjas por más de tres días, y de retirar el material sobrante en un lapso de no más de un día, posterior a la construcción del recubrimiento de calles.

En la fase de operación del sistema se recomienda que, previo al ingreso de la época de lluvias en la colonia Valle del Ensueño, se proceda a efectuar una limpieza de calles, retirando de ellas basura y tierra que pudiera ser arrastrada hacia el sistema de colectores, asimismo se propone un fuerte programa educativo a fin de concienciar a la población de mantener limpias sus calles y no depositar basura en los sistemas de alcantarillado (tragantes).

CONCLUSIONES

1. Este proyecto contribuirá al desarrollo de las comunidades del municipio de Santa Catarina Pinula, colaborando especialmente a cubrir las necesidades de infraestructura de la colonia Valle del Ensueño.
2. En lo que respecta al drenaje sanitario y pluvial, se evaluó económicamente su construcción con elementos de concreto y PVC, se optó por la construcción de con elementos de PVC, que demostró tener un VAN de Q 49,492.17, con una TIR de 13.10% y relación B/C de 1.06, lo que lo hizo rentable, como puede apreciarse en la página 39, por lo que conviene económicamente a la municipalidad y satisface funcionalmente las necesidades de la colonia, con un costo de mantenimiento menor y una mayor durabilidad, que puede llegar a alcanzar los 60 años con el mantenimiento adecuado. Además, se propuso una tarifa de cobro que haga rentable el proyecto para poder recuperar la inversión e invertir en el desarrollo de otras comunidades.
3. El pavimento diseñado responde a las características del suelo encontrado y a las necesidades de tránsito de la colonia. Se escogió un pavimento flexible, básicamente por su rápida instalación y porque dándole el mantenimiento preventivo adecuado, puede llegar a superar los 20 años, siempre que en el tendido se tenga una temperatura ideal y constante.

4. El diseño del pavimento demostró ser suficiente con carpeta de rodadura de 4 cm y capa de base triturada de 15 cm sin necesidad de capa de sub base, esto se debe a que el suelo de sub-rasante es una arena limosa con grava, el cual tiene un CBR del 67%, el cual será reacondicionado para mejorar sus propiedades, esta característica permitió obtener un ahorro considerable al no incluir carpeta de sub-base.
5. La vulnerabilidad administrativa y operativa de los sistemas, se reduce con el mantenimiento y operación adecuados, lo que afecta la relación beneficio-costos del proyecto, por lo que fueron contempladas en el análisis económico. Sin embargo la vulnerabilidad física por sismo o huracanes es latente, debido a que los sistemas están expuestos directamente al medio, por lo que podrían sufrir daños leves o graves.
6. Como medida de mitigación, debe darse un mantenimiento adecuado para los sistemas de drenaje, lo que comprende su limpieza periódica, para evitar taponamientos, y la revisión de sus componentes para efectuar las reparaciones necesarias conforme vayan surgiendo, así como un buen monitoreo y reparación de fugas a tiempo para evitar posibles contaminaciones o complicaciones por humedecimiento del suelo, así como una evaluación y reparación periódica del pavimento para asegurar su buen funcionamiento.

RECOMENDACIONES

1. Que se ejecuten proyectos que satisfagan las necesidades de los vecinos, priorizándolos de acuerdo a su importancia y la cantidad de personas a beneficiar.
2. Cumplir con las normas para la ejecución y supervisión de los proyectos y dar un mantenimiento adecuado para garantizar su vida útil.
3. Informar a la población de la colonia sobre las medidas de mitigación, para promover un uso adecuado de los sistemas que asegure su buen funcionamiento.
4. Cuidar de la limpieza de los sistemas, contribuyendo con no arrojar desechos sólidos a los sistemas de drenaje.
5. Ayudar a mantener un control local de los sistemas, reportando cualquier problema cuando éste se presente.
6. Concienciar a las personas de la importancia del pago de sus tarifas, para el financiamiento del proyecto y poder ayudar a otras comunidades.
7. Que la municipalidad tome en cuenta este estudio económico para el establecimiento de sus tarifas de cobro por servicio de drenaje.
8. Cada diseño debe buscar la alternativa que cubra las necesidades, y cumpla el diseño de la manera más económica posible.

BIBLIOGRAFÍA

1. *American Association of State Highway and Transportation officials. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures Washington D.C. 1986.*
2. Cal y Maynor, Rafael I.C.I.T. Ingeniería de Tránsito. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A, 4ta. Edición. Editorial Limusa, 1990. 150pp.
3. Carrera Rípiele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1989. 135 pp.
4. Collins H. John y C.A. Hart Ingeniería de carreteras. Traducción del inglés por Juan de Arespacochaga, Felipe Aguilar, S.A. de ediciones. Madrid S.F. 220pp.
9. Díaz Flores, Juan Carlos. Diseño de pavimento y drenaje pluvial de un sector de las zonas 1 y 9 y drenaje sanitario del cantón Chonqui zona 5, Quetzaltenango. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1998. 65 pp.
5. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala, Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 1975. 361pp.

6. López López, Juan Carlos. Manual del curso de Pavimentos. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1998. 94 pp.
7. Hernández Monzón, Jorge Mynor. Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1997. 150pp.
8. Martínez Morales, Raúl Antonio. Diseño de la red de alcantarillado sanitario y abastecimiento de agua potable para la Aldea San Juan Ixcán, municipio de Playa Grande, Ixcán, departamento de El Quiché. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1999. 63pp.

APÉNDICE

Figura 18 Plano de ubicación de lotes

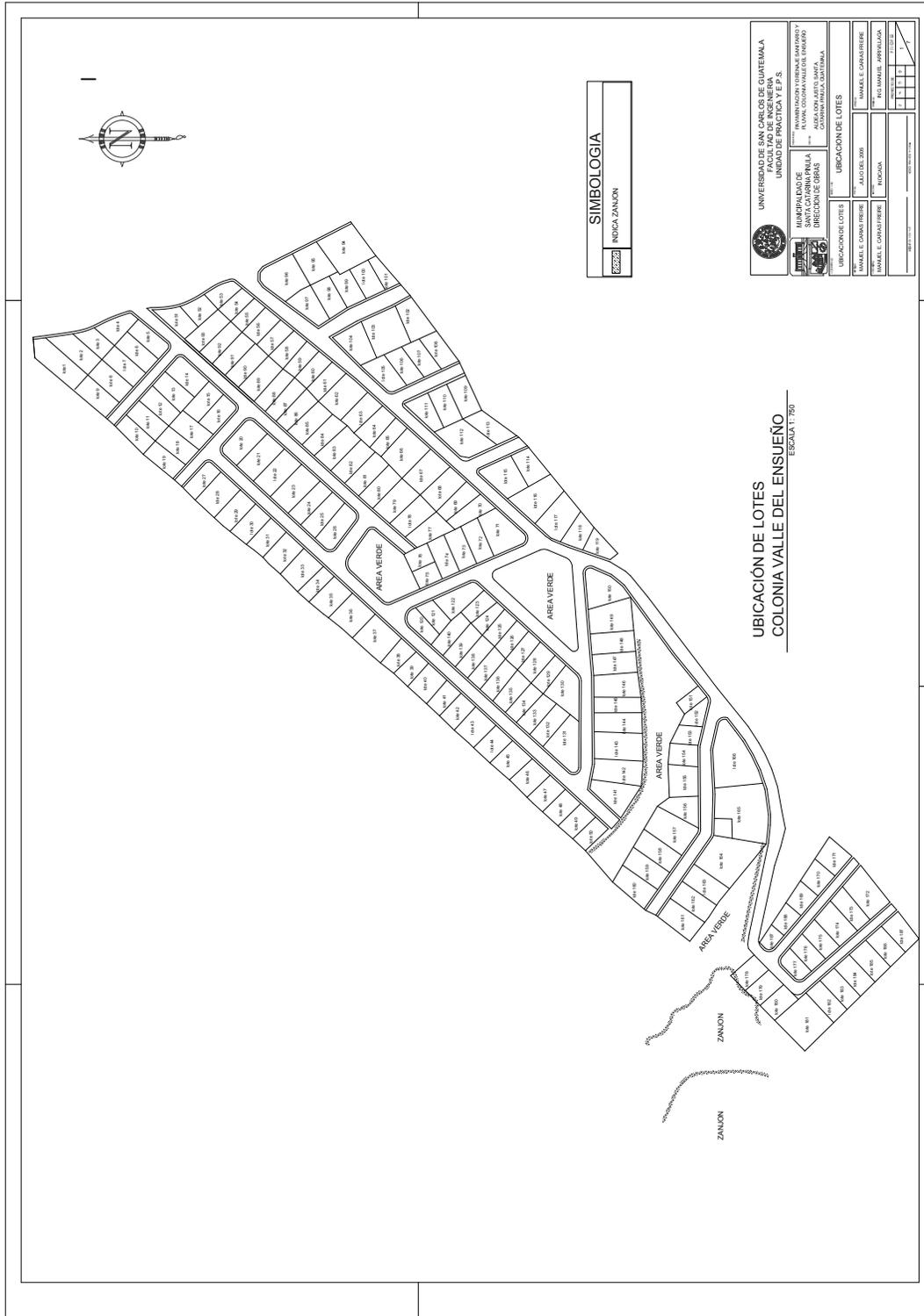


Figura 19 Plano de planta topográfica

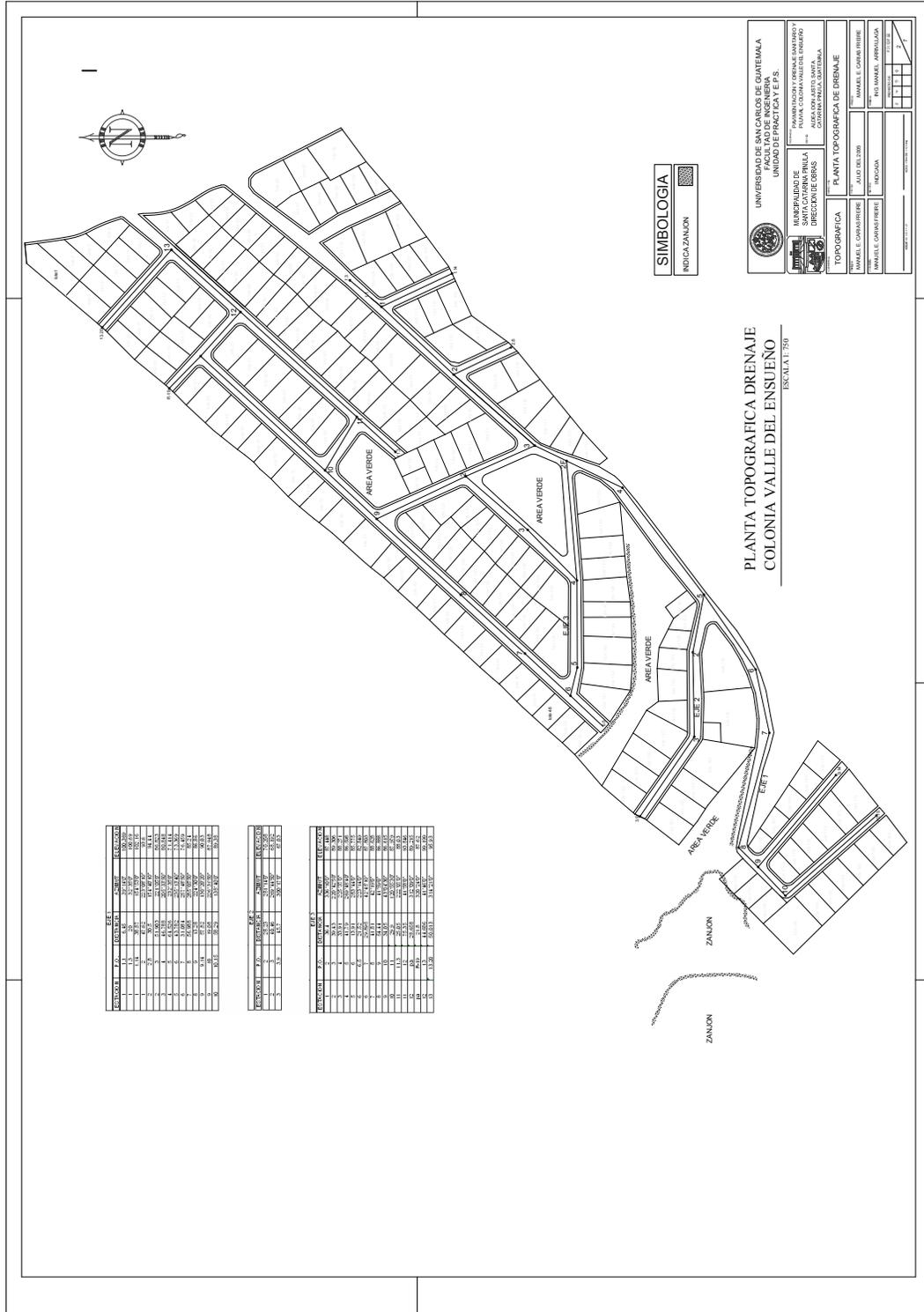


Figura 20 Plano de planta de drenaje sanitario

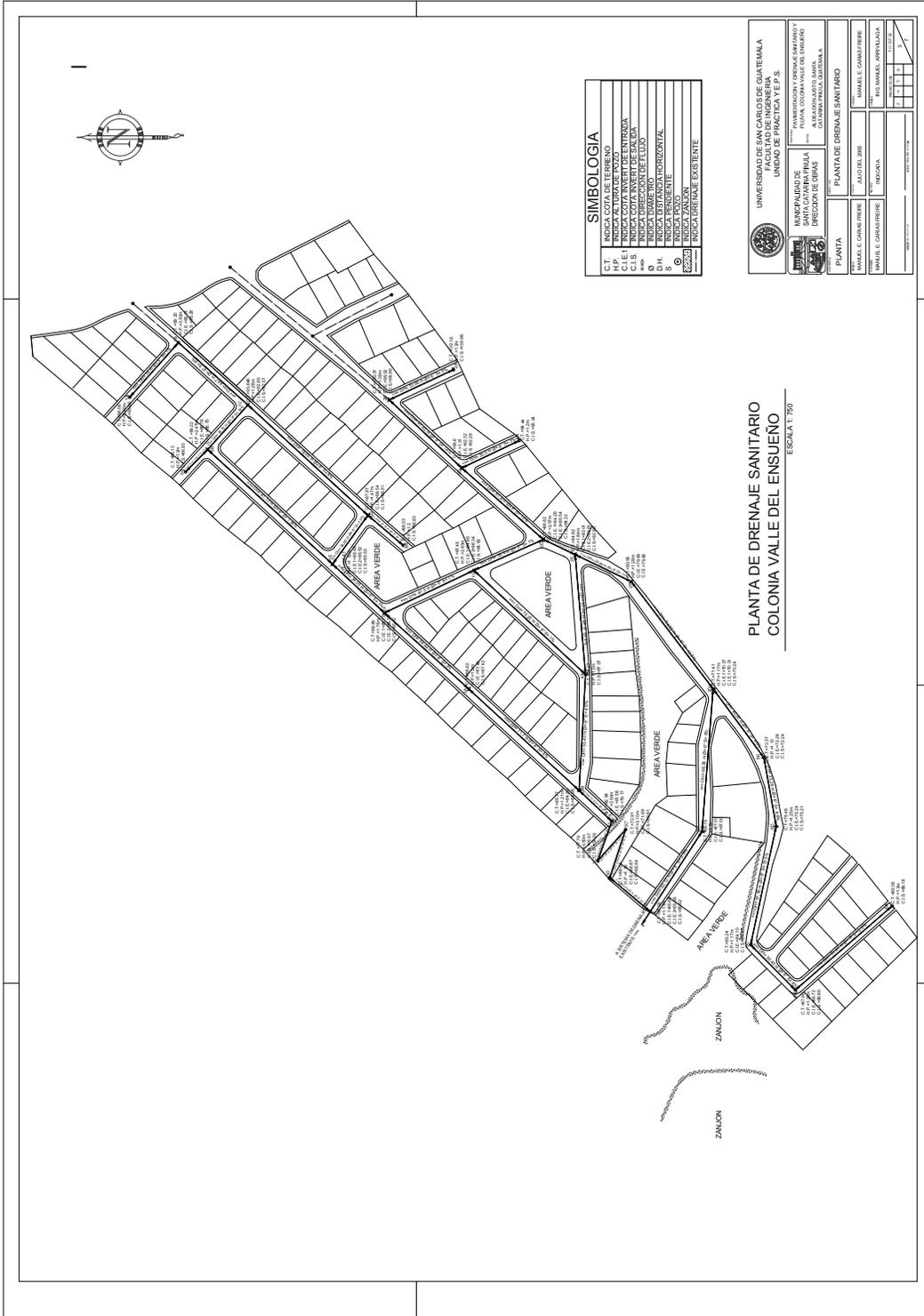


Figura 21 Plano de planta y perfil de drenaje sanitario

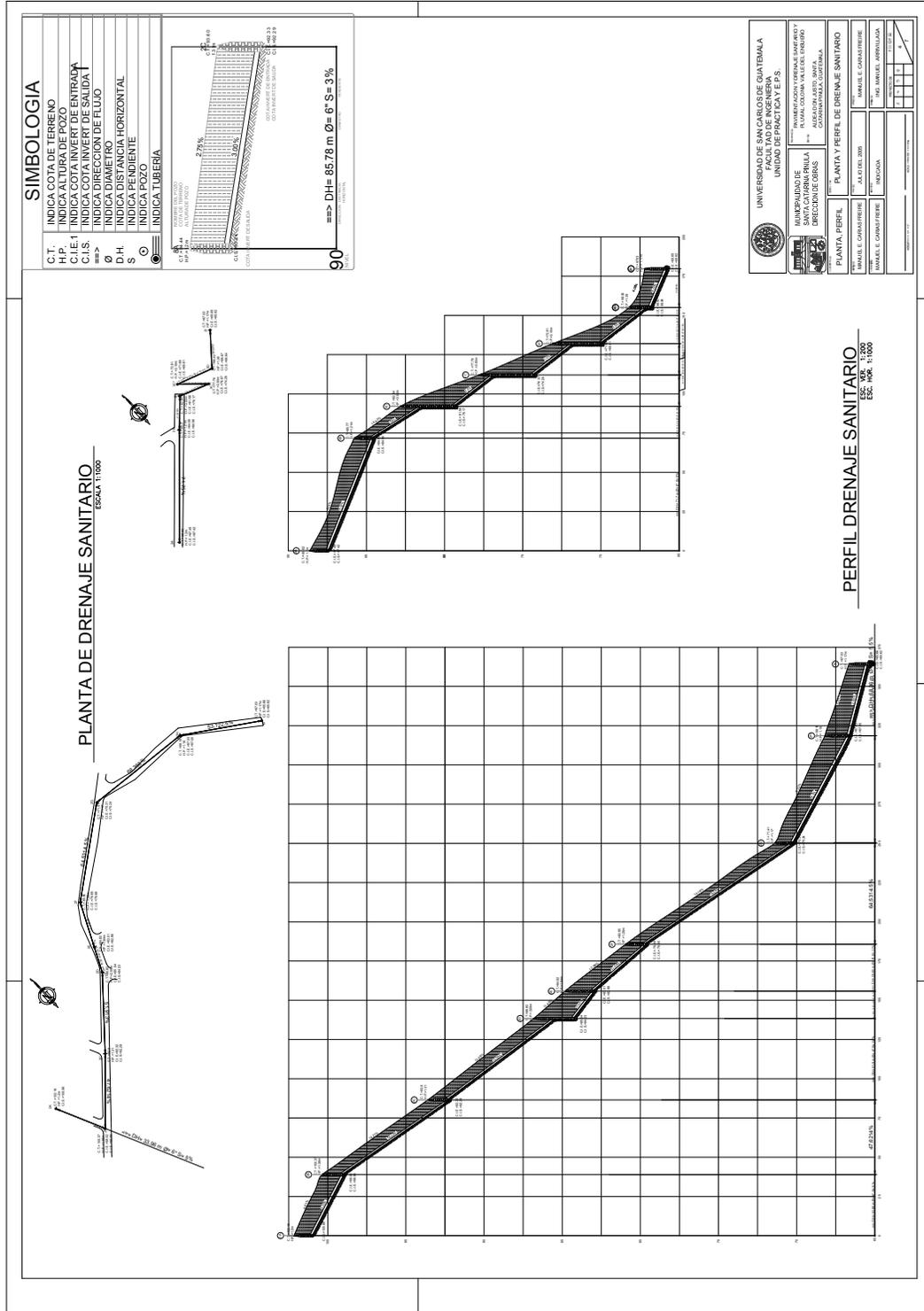


Figura 22 Plano de planta de drenaje pluvial

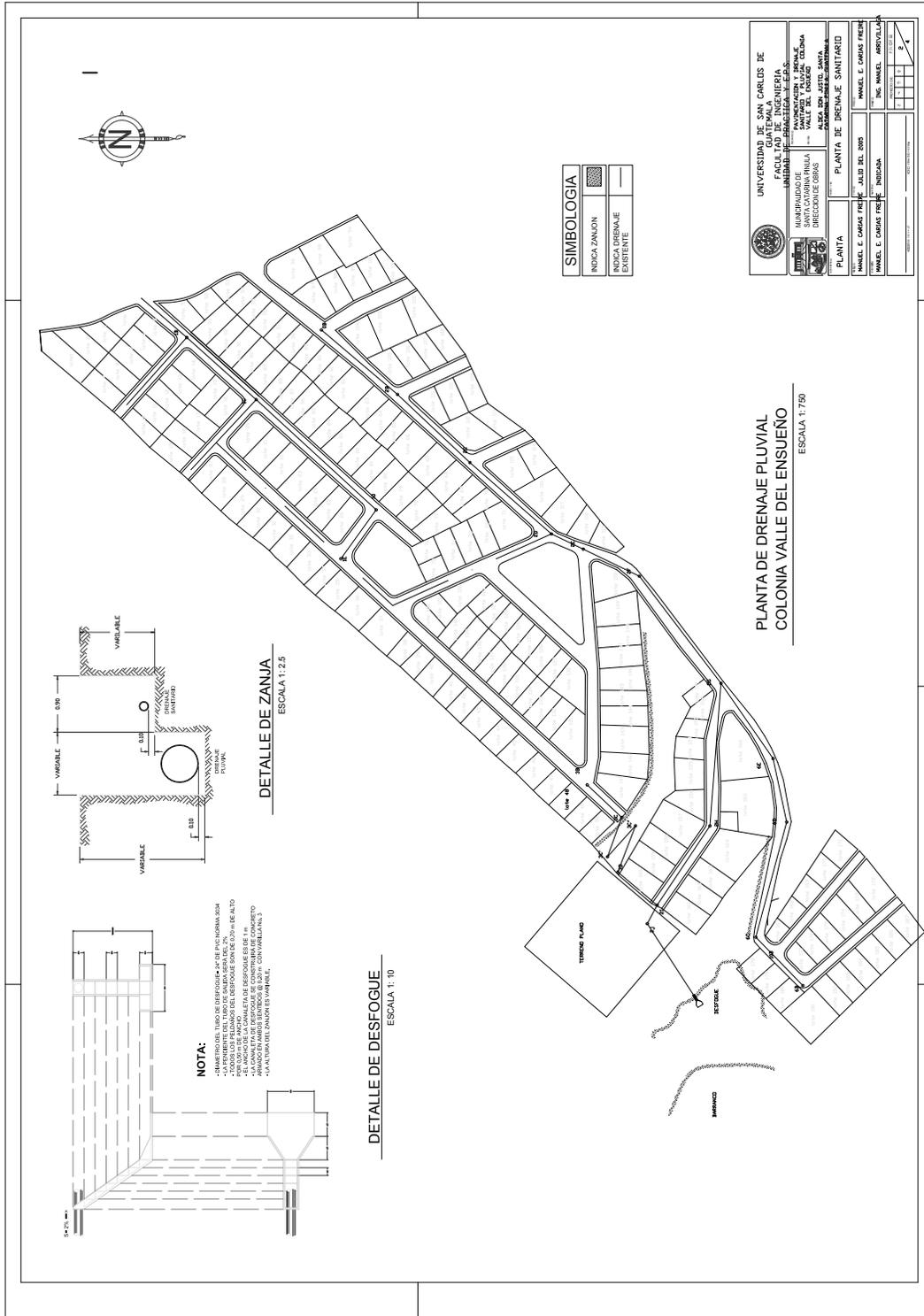


Figura 23 Plano de ubicación de tragantes

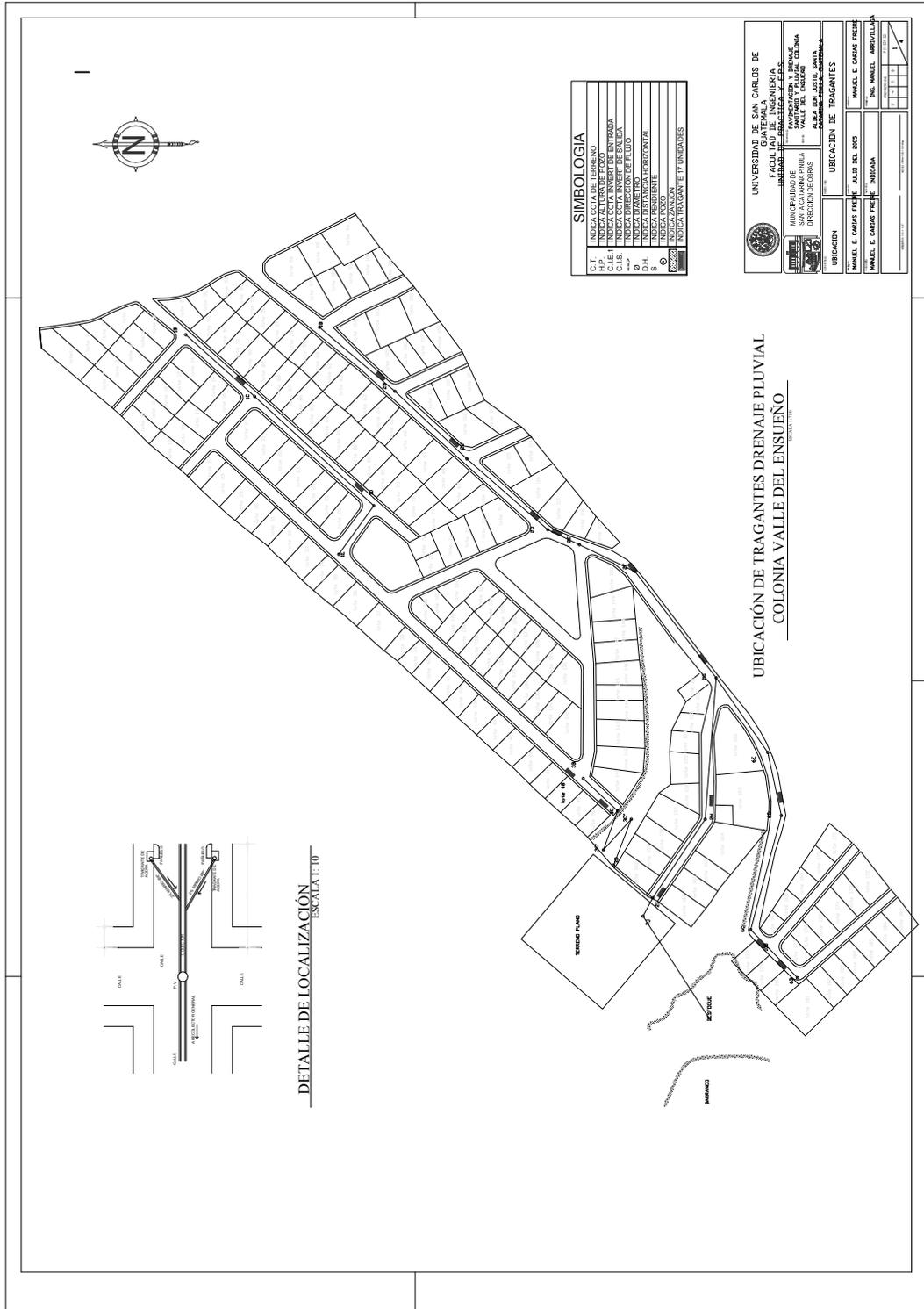


Figura 25 Plano de planta topográfica de pavimentación

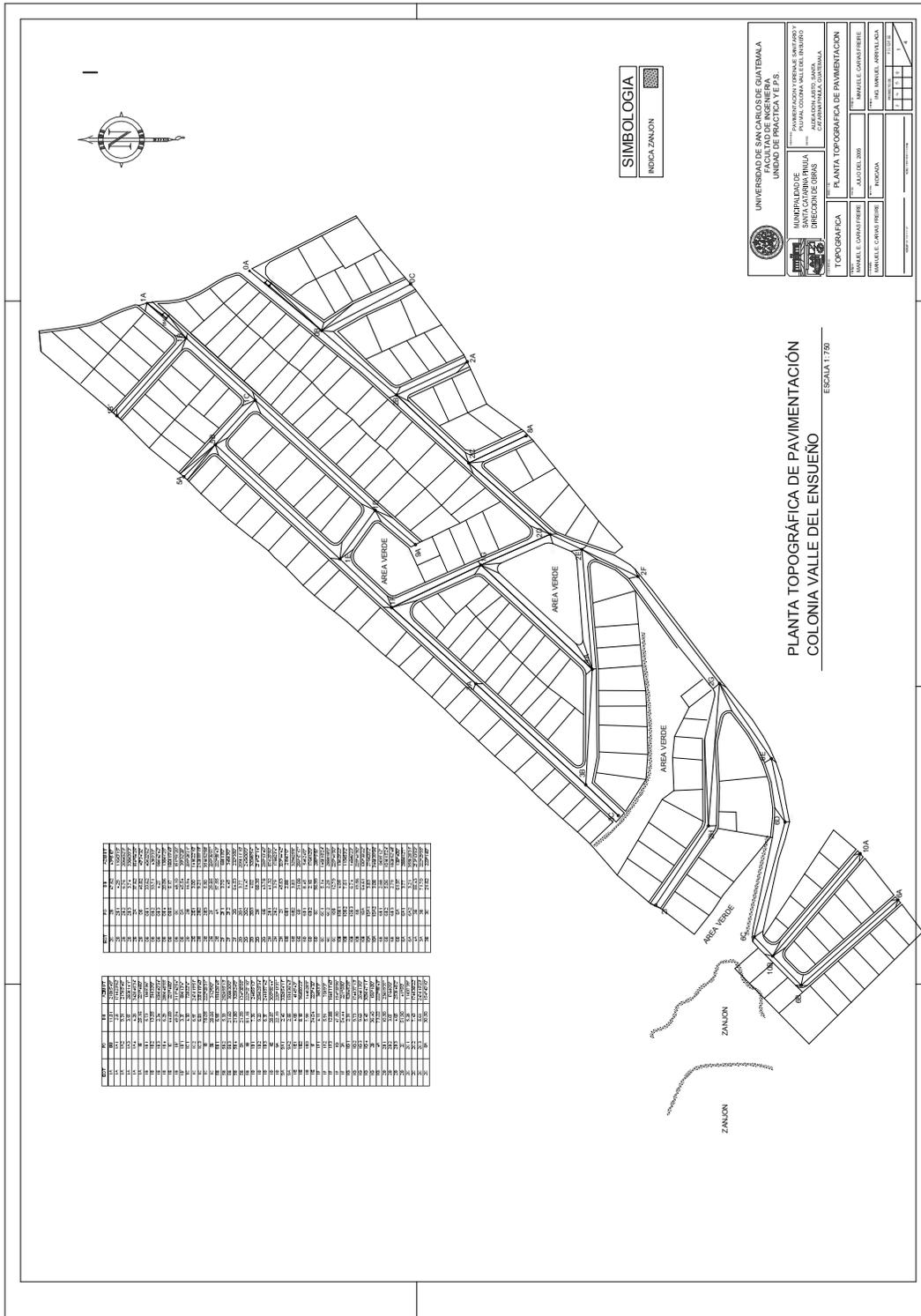


Figura 26 Plano de caminamiento de pavimentación

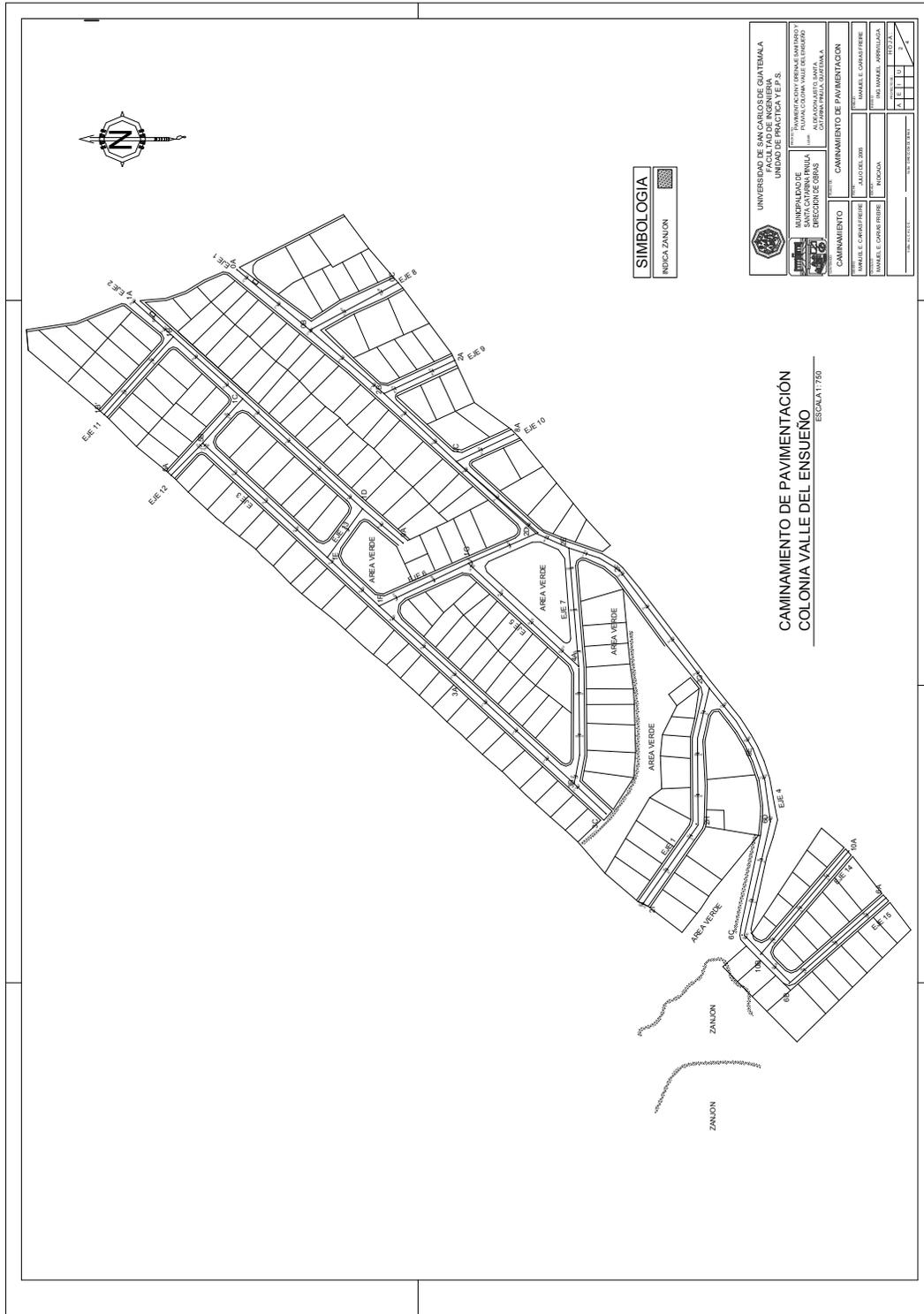


Figura 27 Plano de planta perfil y detalles de pavimentación

