



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA  
ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE  
BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS  
NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

**Rodolfo José Estrada González**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA  
ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE  
BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS  
NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez      |
| VOCAL V    | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |   |
|-------------|---|
| DECANO      | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco        |
| EXAMINADOR  | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco        |
| EXAMINADOR  | Ing. Oscar Argueta Hernández              |
| EXAMINADORA | Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra |
| SECRETARIA  | Inga. Lesbia Magalí Herrera López         |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 10 de octubre de 2014.

**Rodolfo José Estrada González**



Guatemala, 28 de abril de 2017  
REF.EPS.DOC.195.07.17

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

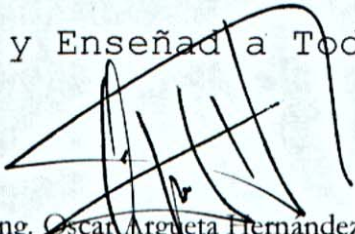
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rodolfo José Estrada González, Registro Académico 201020671 y CUI 2131 17525 0101**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

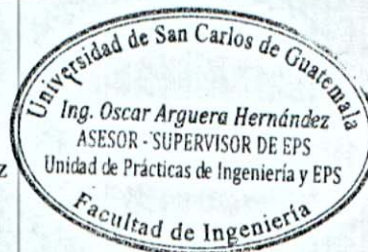
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
oAH/ra



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 15 de mayo de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación "DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rodolfo José Estrada González con registro académico 201020671 y CUI 2131 17525 0101, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Avila  
 Coordinador del Área de Topografía y Transportes



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO**  
**DE**  
**TRANSPORTES**  
**USAC**





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 13 de julio de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rodolfo José Estrada González, con Registro Académico No. 201020671, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
 Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

/mrrm.





Guatemala, 18 de julio de 2017  
Ref.EPS.D.204.08.17

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

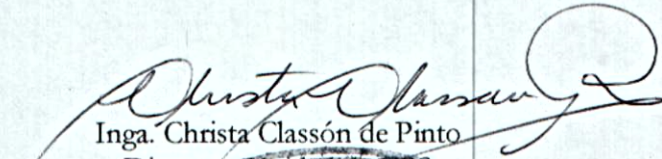
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

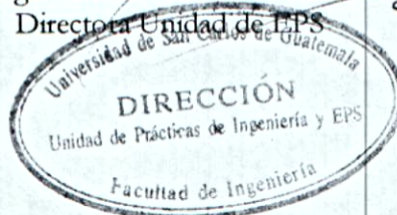
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rodolfo José Estrada González, Registro Académico 201020671 y CUI 2131 17525 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classón de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra





**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Rodolfo José Estrada González titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto  
/mrrm.



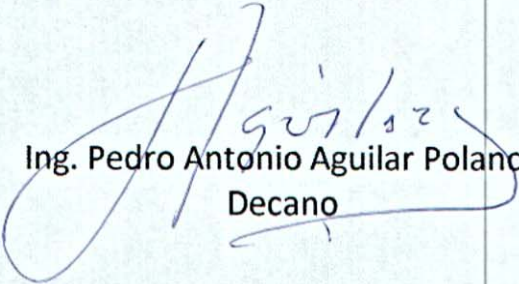
*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



DTG. 392.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA, ZONA 4, Y PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BÁRCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES, ZONA 3, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Rodolfo José Estrada González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, septiembre de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Mis padres</b>        | Rodolfo Estrada y Sandra González, por educarme con amor y libertad.   |
| <b>Mis hermanos</b>      | Emilio Estrada y María José Estrada, por lo vivido y por lo que vendrá.  |
| <b>Mis abuelos</b>       | Virgilio Estrada, Rita Rodríguez, Salvador Bautista y Concepción Velásquez (+), por ser fuente de inspiración y consejo. |
| <b>Mis primos</b>        | Por siempre motivarme cuando lo necesito.  |
| <b>Mis tíos</b>          | Por siempre tener palabras disponibles para mi.  |
| <b>Yusselbeth Montes</b> | Por brindarme su amor, apoyo y comprensión y por todo lo compartido.   |
| <b>Mis amigos</b>        | Por ser incondicionales a pesar del tiempo.  |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|  |  |
|--|--|
| <b>Dios</b>  | Por ubicarme en esta realidad.   |
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería</b> | Por el aprendizaje y la formación recibida.                                |
| <b>Mis padres</b>  | Por predicar con el ejemplo y por todas las oportunidades que me han dado. |
| <b>Mis hermanos</b>  | Por su ayuda en este proceso.  |
| <b>Ing. Oscar Argueta</b>  | Por su apoyo y asesoría incondicional.                                     |
| <b>Ing. Carlos Quim</b>  | Por transmitirme sus conocimientos sin egoísmo.                            |
| <b>Arq. Byron Illescas</b>   | Por la oportunidad y la comprensión.                                       |
| <b>Compañeros universitarios</b>                                       | Por su apoyo y el aprendizaje compartido.                                  |

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                       | IX   |
| LISTA DE SÍMBOLOS.....                             | XIII |
| GLOSARIO.....                                      | XV   |
| RESUMEN.....                                       | XVII |
| OBJETIVOS .....                                    | XIX  |
| INTRODUCCIÓN.....                                  | XXI  |
| <br>   |      |
| 1.    CAPÍTULO I.....                              | 1    |
| 1.1.    Monografía y generalidades .....           | 1    |
| 1.1.1.    Aspectos históricos .....                | 1    |
| 1.1.2.    Aspectos físicos .....                   | 1    |
| 1.1.2.1.    Localización y colindancias .....      | 1    |
| 1.1.2.2.    Extensión territorial .....            | 3    |
| 1.1.2.3.    Levantamiento topográfico y mapas..... | 3    |
| 1.1.2.4.    Clima.....                             | 3    |
| 1.1.3.    Servicios básicos .....                  | 6    |
| 1.1.3.1.    Vías de acceso.....                    | 6    |
| 1.1.3.2.    Infraestructura .....                  | 7    |
| 1.1.3.3.    Servicio de agua .....                 | 7    |
| 1.1.3.4.    Servicios sanitarios .....             | 8    |
| 1.1.4.    Población .....                          | 8    |
| 1.1.4.1.    Población actual.....                  | 9    |
| 1.1.5.    Educación.....                           | 9    |
| 1.1.5.1.    Analfabetismo .....                    | 9    |
| 1.1.6.    Vivienda .....                           | 9    |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.1.7.   | Salud .....   | 10 |
| 1.1.7.1. | Mortalidad en niños y niñas menores<br>de cinco años .....  | 10 |
| 1.1.7.2. | Mortalidad materna .....  | 10 |
| 1.1.7.3. | Incidencia de enfermedades<br>gastrointestinales .....  | 10 |
| 1.1.8.   | Actividades económicas de la población .....  | 11 |
| 2.       | CAPÍTULO II.....  | 13 |
| 2.1.     | Diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial para la<br>colonia Eterna Primavera, zona 4, Villa Nueva..... | 13 |
| 2.1.1.   | Descripción del proyecto .....  | 13 |
| 2.1.2.   | Levantamiento topográfico .....   | 13 |
| 2.1.2.1. | Planimetría .....   | 14 |
| 2.1.2.2. | Altimetría .....  | 14 |
| 2.1.3.   | Período de diseño .....   | 15 |
| 2.1.4.   | Parámetros hidráulicos.....   | 15 |
| 2.1.4.1. | Velocidad de diseño recomendada.....  | 15 |
| 2.1.4.2. | Relaciones hidráulicas: $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$ ...   | 18 |
| 2.1.4.3. | Secciones y pendientes .....  | 20 |
| 2.1.4.4. | Diámetros mínimos .....   | 21 |
| 2.1.4.5. | Selección de tubería .....  | 21 |
| 2.1.4.6. | Profundidades mínimas de la tubería...  | 21 |
| 2.1.5.   | Pozos de visita .....   | 22 |
| 2.1.5.1. | Diámetro interno de los pozos .....   | 23 |
| 2.1.5.2. | Disipadores de energía en pozos de<br>visita .....  | 24 |
| 2.1.5.3. | Cotas invert .....  | 24 |
| 2.1.6.   | Obras de protección .....   | 27 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.2.       | Diseño del sistema de drenaje sanitario ..... | 28 |
| 2.2.1.     | Localización de la descarga .....             | 28 |
| 2.2.2.     | Parámetros de diseño del sistema .....        | 28 |
| 2.2.2.1.   | Población futura .....                        | 29 |
| 2.2.2.2.   | Factor de retorno.....                        | 30 |
| 2.2.2.3.   | Determinación del caudal sanitario.....       | 30 |
| 2.2.2.3.1. | Caudal doméstico.....                         | 30 |
| 2.2.2.3.2. | Caudal comercial e industrial.....            | 31 |
| 2.2.2.3.3. | Caudal de infiltración.....                   | 33 |
| 2.2.2.3.4. | Caudal de conexiones ilícitas .....           | 33 |
| 2.2.2.3.5. | Cálculo del caudal sanitario .....            | 35 |
| 2.2.2.4.   | Determinación del caudal de diseño.....       | 35 |
| 2.2.2.4.1. | Factor de caudal medio .....                  | 36 |
| 2.2.2.4.2. | Factor de Harmon .....                        | 37 |
| 2.2.2.4.3. | Cálculo del caudal de diseño .....            | 38 |
| 2.2.2.5.   | Conexiones domiciliarias .....                | 39 |
| 2.2.2.6.   | Procedimiento de diseño hidráulico.....       | 39 |
| 2.2.2.6.1. | Diseño de la red de alcantarillado.....       | 40 |
| 2.2.2.6.2. | Tablas de diseño de alcantarillado.....       | 42 |
| 2.2.3.     | Presupuesto.....                              | 51 |
| 2.2.4.     | Análisis socioeconómico .....                 | 55 |
| 2.2.4.1.   | Valor presente neto .....                     | 55 |

|      |          |   |     |
|------|----------|---|-----|
|      | 2.2.4.2. | Tasa interna de retorno.....  | 56  |
|      | 2.2.4.3. | Evaluación de impacto ambiental .....   | 57  |
| 2.3. |          | Diseño del sistema de drenaje pluvial .....   | 60  |
|      | 2.3.1.   | Localización de la descarga .....   | 60  |
|      | 2.3.2.   | Análisis hidrológico de la cuenca.....  | 60  |
|      | 2.3.3.   | Método racional.....  | 62  |
|      |          | 2.3.3.1. Período de retorno.....  | 62  |
|      |          | 2.3.3.2. Tiempo de concentración.....   | 62  |
|      |          | 2.3.3.3. Coeficiente de escorrentía .....   | 64  |
|      |          | 2.3.3.4. Intensidad de la precipitación.....  | 67  |
|      |          | 2.3.3.5. Cálculo del caudal de diseño .....   | 68  |
|      | 2.3.4.   | Obras complementarias.....  | 69  |
|      | 2.3.5.   | Desarrollo para el cálculo de alcantarillado.....   | 71  |
|      | 2.3.6.   | Presupuesto .....   | 108 |
|      | 2.3.7.   | Análisis socioeconómico.....  | 112 |
|      |          | 2.3.7.1. Valor presente neto .....  | 112 |
|      |          | 2.3.7.2. Tasa interna de retorno.....   | 113 |
|      | 2.3.8.   | Evaluación de impacto ambiental .....   | 113 |
| 3.   |          | CAPÍTULO III.....   | 117 |
|      | 3.1.     | Diseño de pavimentación del acceso a cementerio Las Nubes y colonias 20 de Octubre y Los Olivos, zona 3, Villa Nueva..... | 117 |
|      |          | 3.1.1. Preliminar de campo.....   | 118 |
|      |          |   |     |
|      |          | 3.1.1.1. Levantamiento topográfico de preliminar.....   | 118 |
|      |          |   |     |
|      |          | 3.1.1.1.1. Planimetría .....  | 118 |
|      |          | 3.1.1.1.2. Altimetría .....   | 119 |



|        |            |   |     |
|--------|------------|---|-----|
|        | 3.1.1.1.3. | Secciones transversales.....                        | 119 |
| 3.1.2. |            | Diseño geométrico .....                             | 119 |
|        | 3.1.2.1.   | Alineamiento horizontal .....                       | 120 |
|        |            | 3.1.2.1.1. Diseño de localización.                  | 120 |
|        |            | 3.1.2.1.2. Elementos de curva horizontal .....      | 121 |
|        |            | 3.1.2.1.3. Curvas de transición....                 | 125 |
|        |            | 3.1.2.1.4. Peralte.....                             | 126 |
|        |            | 3.1.2.1.5. Sobreebanco.....                         | 127 |
|        | 3.1.2.2.   | Alineamiento vertical .....                         | 130 |
|        |            | 3.1.2.2.1. Subrasante y pendientes .....            | 130 |
|        |            | 3.1.2.2.2. Curvas verticales y correcciones.....    | 131 |
| 3.1.3. |            | Movimiento de tierras.....                          | 139 |
|        | 3.1.3.1.   | Cálculo de áreas de secciones transversales.....    | 139 |
|        | 3.1.3.2.   | Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras ..... | 142 |
|        | 3.1.3.3.   | Curva de balance .....                              | 146 |
| 3.1.4. |            | Mecánica de suelos .....                            | 147 |
|        | 3.1.4.1.   | Ensayos de laboratorio.....                         | 148 |
| 3.1.5. |            | Diseño de pavimento .....                           | 153 |
|        | 3.1.5.1.   | Tipos de pavimentos .....                           | 154 |
|        | 3.1.5.2.   | Análisis de cargas .....                            | 156 |
|        | 3.1.5.3.   | Subrasante.....                                     | 158 |
|        | 3.1.5.4.   | Base.....   | 159 |
|        | 3.1.5.5.   | Diseño de capa de rodadura .....                    | 159 |

|                       |            |   |     |
|-----------------------|------------|---|-----|
|                       | 3.1.5.5.1. | Método de la <i>Portland Cement Association</i> ....  | 160 |
|                       | 3.1.5.5.2. | Diseño del pavimento rígido de la carretera de acceso de Bárcenas hacia colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3..... | 162 |
|                       | 3.1.5.5.3. | Diseño de juntas .....  | 168 |
|                       | 3.1.5.5.4. | Diseño de mezcla .....  | 171 |
| 3.1.6.                |            | Drenajes .....  | 176 |
|                       | 3.1.6.1.   | Estudio hidrológico, método racional, para la determinación de caudales de diseño .....   | 177 |
|                       | 3.1.6.2.   | Diseño de cunetas y canales de desfogues.....   | 177 |
|                       | 3.1.6.3.   | Diseño de drenajes transversales .....  | 187 |
|                       | 3.1.6.4.   | Contra cunetas .....  | 191 |
| 3.1.7.                |            | Presupuesto .....   | 191 |
|                       | 3.1.7.1.   | Integración de precios unitarios .....  | 191 |
|                       | 3.1.7.2.   | Resumen presupuesto.....  | 192 |
| 3.1.8.                |            | Cronograma de ejecución física y financiera .....   | 192 |
| 3.1.9.                |            | Evaluación de impacto ambiental .....   | 194 |
| CONCLUSIONES .....    |            |   | 205 |
| RECOMENDACIONES ..... |            |   | 207 |
| BIBLIOGRAFÍA .....    |            |   | 209 |

|                |     |
|----------------|-----|
| APÉNDICES..... | 213 |
| ANEXO.....     | 219 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 1.  | Localización de colonia Eterna Primavera, zona 4 .....  | 2   |
| 2.  | Localización de la carretera de acceso de Bárcenas hacia Colonias<br>20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, zona 3..... | 2   |
| 3.  | Planta del tramo entre PV-20 y PV-21.....   | 17  |
| 4.  | Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares.....  | 19  |
| 5.  | Planta del tramo entre PV-25,4 y PV-25,5.....   | 26  |
| 6.  | Planta del tramo entre PV-1 y PV-2.....   | 38  |
| 7.  | Valor presente neto .....   | 56  |
| 8.  | Planta del tramo de PV-21 a PV-21,A .....   | 64  |
| 9.  | Planta del tramo entre PV-25,2 al PV-25,3.....  | 72  |
| 10. | Esquema de las variables utilizadas en el cálculo del caudal del<br>tragante tipo R .....   | 75  |
| 11. | Planta del tramo entre PV-N,2 y PV-N,1 .....  | 76  |
| 12. | Sección transversal en el tramo entre PV-N,2 y PV-N,1 .....   | 76  |
| 13. | Determinación del caudal interceptado con respecto al caudal<br>total de la cuneta en tragantes de ventana.....                     | 82  |
| 14. | Esquema del conducto entre el tragante y el PV-N,1 .....  | 87  |
| 15. | Detalle del ingreso a tragante tipo R .....   | 90  |
| 16. | Planta del tragante tipo R del tramo más crítico .....  | 91  |
| 17. | Sección A-A' del tragante tipo R del tramo más crítico.....   | 91  |
| 18. | Sección B-B' del tragante tipo R del tramo más crítico.....   | 92  |
| 19. | Valor presente neto.....  | 113 |
| 20. | Elementos de una curva horizontal simple .....  | 121 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 21. | Elementos de una curva vertical .....  | 131 |
| 22. | Secciones consecutivas de relleno .....  | 142 |
| 23. | Secciones consecutivas de corte .....  | 143 |
| 24. | Secciones de volumen.....  | 143 |
| 25. | Curva de balance de ruta de acceso a Colonia Los Olivos .....  | 147 |
| 26. | Curva de balance de ruta de acceso a colonia 20 de Octubre .....   | 147 |
| 27. | Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte .....                                       | 166 |
| 28. | Área tributaria entre las estaciones 0+000 y 1+260 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos .....                 | 182 |
| 29. | Área tributaria entre las estaciones 1+260 y 1+436 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos .....                 | 183 |
| 30. | Área tributaria entre las estaciones 1+436 y 2+709,04 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos .....              | 183 |
| 31. | Área tributaria entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre .....              | 184 |
| 32. | Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+260 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos .....      | 184 |
| 33. | Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 1+260 y 1+436 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos .....      | 185 |
| 34. | Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 1+436 y 2+709,04 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos .....   | 185 |
| 35. | Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre..... | 186 |
| 36. | Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre..... | 186 |
| 37. | Delimitación de la cuenca que drena al drenaje transversal .....   | 189 |

## TABLAS

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| I.     | Diámetros internos de pozo según diámetro de tubería de salida .....                                       | 23  |
| II.    | Clasificación de pozos de visita del drenaje sanitario .....   | 23  |
| III.   | Clasificación de pozos de visita del drenaje pluvial .....   | 23  |
| IV.    | Profundidad mínima de cota invert .....  | 25  |
| V.     | Dotación de agua potable según establecimiento .....   | 32  |
| VI.    | Diseño hidráulico del drenaje sanitario principal .....  | 43  |
| VII.   | Diseño hidráulico del drenaje sanitario secundario .....   | 49  |
| VIII.  | Ejemplo de integración de precio unitario del sistema de drenaje sanitario .....                           | 52  |
| IX.    | Resumen general del presupuesto del sistema de drenaje sanitario ....                                      | 53  |
| X.     | Cronograma de ejecución física y financiera de drenaje sanitario .....                                     | 54  |
| XI.    | Información para cálculo del valor presente neto .....   | 55  |
| XII.   | Tiempos de entrada para tramos iniciales .....   | 63  |
| XIII.  | Integración de áreas y coeficiente de escorrentía .....  | 65  |
| XIV.   | Coefficientes de escorrentía de acuerdo al tipo de superficie y período de diseño .....                    | 66  |
| XV.    | Datos para el cálculo de la intensidad lluvia. Estación Insivumeh .....                                    | 68  |
| XVI.   | Integración de áreas .....   | 73  |
| XVII.  | Integración de áreas y coeficiente de escorrentía del tramo .....  | 77  |
| XVIII. | Dimensiones mínimas de longitud y ancho de tragantes en función del diámetro de la tubería de salida ..... | 87  |
| XIX.   | Valores de Kw para distintas configuraciones de entrada .....  | 89  |
| XX.    | Diseño hidráulico del drenaje pluvial .....  | 92  |
| XXI.   | Diseño hidráulico de los tragantes .....   | 98  |
| XXII.  | Ejemplo de integración de precio unitario del alcantarillado pluvial ....                                  | 109 |
| XXIII. | Presupuesto del alcantarillado pluvial .....   | 110 |
| XXIV.  | Cronograma de ejecución física y financiera del drenaje pluvial .....                                      | 111 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| XXV.     | Información para valor presente neto .....   | 112 |
| XXVI.    | Curvas horizontales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia Los olivos .....     | 129 |
| XXVII.   | Curvas horizontales del tramo de acceso a cementerio Las Nubes y colonia 20 de Octubre.....    | 129 |
| XXVIII.  | Valor de constante K para curvas verticales .....  | 135 |
| XXIX.    | Curvas verticales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia Los Olivos.....        | 138 |
| XXX.     | Curvas verticales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia 20 de Octubre.....     | 138 |
| XXXI.    | Relaciones de corte y relleno de taludes .....   | 141 |
| XXXII.   | Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad .....                                 | 150 |
| XXXIII.  | Porcentajes mínimos de CBR según el uso del suelo .....  | 152 |
| XXXIV.   | Categorías de carga por eje .....  | 165 |
| XXXV.    | Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K.....                                  | 167 |
| XXXVI.   | Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA) .....                                 | 167 |
| XXXVII.  | TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas con agregados de trabe ..... | 168 |
| XXXVIII. | Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto ...                              | 174 |
| XXXIX.   | Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias ....                            | 175 |
| XL.      | Relación asentamiento-agua-tamaño de agregado grueso.....                                      | 175 |
| XLI.     | Relación tamaño máximo de agregado grueso-% de arena del peso del agregado total .....         | 176 |
| XLII.    | Ejemplo de integración de precios unitarios de la carretera .....                              | 192 |
| XLIII.   | Presupuesto de la carretera de acceso.....   | 193 |
| XLIV.    | Cronograma de ejecución física y financiera de la carretera.....                               | 193 |
| XLV.     | Evaluación de Impacto Ambiental Inicial (EAI) .....  | 195 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>                | <b>Significado</b>   |
|-------------------------------|--|
| <b>ASTM</b>                   | <i>American society for testing materials</i>                              |
| <b>AASHTO</b>                 | <i>American association of state highways and transportation officials</i> |
| <b>cal/cm<sup>2</sup>/min</b> | Calorías/centímetro cuadrado/minutos                                       |
| <b>CA-9</b>                   | Carretera centroamericana no. 9  |
| <b>cm</b>                     | Centímetros  |
| <b>fqm</b>                    | Factor de caudal medio   |
| <b>°C</b>                     | Grados Celsius   |
| <b>kg/m<sup>3</sup></b>       | Kilogramos por metro cúbico  |
| <b>KIPS</b>                   | Kilo libras  |
| <b>Km</b>                     | Kilómetros   |
| <b>Km<sup>2</sup></b>         | Kilómetros cuadrados   |
| <b>Km/h</b>                   | Kilómetros por hora  |
| <b>Psi</b>                    | Libras sobre pulgada cuadrada  |
| <b>l o lts</b>                | Litros   |
| <b>lt/m<sup>3</sup></b>       | Litros por metro cúbico  |
| <b>l/s</b>                    | Litros por segundo   |
| <b>Lts/hab/día</b>            | Litros/habitante/día   |
| <b>m</b>                      | Metros   |
| <b>m<sup>2</sup></b>          | Metros cuadrados   |
| <b>m<sup>3</sup>/s</b>        | Metros cúbicos por segundo   |
| <b>ml</b>                     | Metros lineales  |
| <b>m/s</b>                    | Metros por segundo   |

|              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| <b>msnm</b>  | Metros sobre el nivel del mar |
| <b>mm</b>    | Milímetros                    |
| <b>mm/Hg</b> | Milímetros de mercurio        |
| <b>mm/h</b>  | Milímetros por hora           |
| <b>min</b>   | Minutos                       |
| <b>ft</b>    | Pies                          |
| <b>%</b>     | Porcentaje                    |
| <b>PV</b>    | pozo de visita                |

## GLOSARIO

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Agua residual</b>      | Tipo de agua está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.           |
| <b>AutoCAD</b>            | <i>Software</i> en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2D y 3D.                      |
| <b>Caudal</b>             | Cantidad de fluido que circula a través de una sección o ducto por unidad de tiempo.  |
| <b>Cota</b>               | Altura o nivel de un punto sobre un plano horizontal de referencia.   |
| <b>Cuenca</b>             | Territorio cuyas aguas corren hacia un punto, definido por el parteaguas.   |
| <b>Drenaje pluvial</b>    | Sistema de tuberías interconectadas que permite el desalojo de aguas pluviales.   |
| <b>Drenaje sanitario</b>  | Sistema de tuberías interconectadas que permite el desalojo de aguas residuales.  |
| <b>Evapotranspiración</b> | Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. |

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Geología</b>     | Ciencia que estudia la composición y estructura interna de la tierra.  |
| <b>Infiltración</b> | Introducción de un líquido entre los poros de un sólido.   |
| <b>Meseta</b>       | Planicie extensa situada a una determinada altitud sobre el nivel del mar.   |
| <b>Pavimento</b>    | Capa lisa, dura y resistente de asfalto, concreto, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano. |
| <b>Saturación</b>   | Llenar u ocupar una cosa hasta el límite de su capacidad.  |
| <b>Talud</b>        | Inclinación de un terreno o un muro.   |
| <b>Tirante</b>      | Profundidad de flujo (agua).   |

## **RESUMEN**

En el siguiente informe, que constituye el trabajo de graduación, se exponen los aspectos más destacados considerados durante el desarrollo del proyecto del diseño de la red de drenaje sanitario y pluvial de la colonia Eterna Primavera, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala y de la pavimentación de la ruta de acceso de Bárcenas hacia el cementerio Las Nubes y las colonias Los Olivos y 20 de Octubre, del mismo municipio.

Los temas centrales se enfocan en la realización de un sistema de drenaje sanitario que incorpora a la línea central a los vecinos de la colonia antes mencionada, un sistema de drenaje pluvial que capte las aguas precipitadas en esta localidad y la pavimentación de la carretera de acceso que mejore la circulación hacia las comunidades ya mencionadas.

Para completar lo anterior, se realizó un estudio previo que incluye: monografía del lugar en cuestión, es decir, una descripción de la situación actual del área de trabajo; análisis técnico profesional que incluye topografía, diseño hidráulico de los drenajes y de la pavimentación, presupuesto, cronograma de ejecución física y financiera; y una solución concreta con conclusiones, recomendaciones y planos correspondientes.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera, zona 4, y de la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y el cementerio Las Nubes, zona 3, municipio de Villa Nueva, Guatemala.

### **Específicos**

1. Realizar la monografía del municipio que describa las condiciones de vida actuales de las comunidades y sus principales necesidades.
2. Plantear el diseño adecuado de las obras de infraestructura basado en normativas nacionales e internacionales.
3. Elaborar los presupuestos de los proyectos que permitan conocer la inversión necesaria para llevar a cabo cada uno.





## INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del ejercicio profesional supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería, ha colaborado en el desarrollo de diferentes comunidades del país por medio de obras de infraestructura que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.

El presente trabajo es producto del EPS realizado en la Municipalidad de Villa Nueva, departamento de Guatemala. El documento consiste en el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera y de la pavimentación de la ruta de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes.

En el primer capítulo se presenta la monografía del municipio: historia, localización y condiciones meteorológicas y socio-económicas del lugar.

En el segundo se abordan los pasos necesarios en el diseño de los drenajes sanitario y pluvial. Se especifican los métodos para obtener las velocidades y caudales de diseño, los diámetros y pendientes de la tubería, las dimensiones de los pozos de visita y los tragantes propuestos.

En el tercer capítulo se desarrolla el diseño de la ruta de acceso: geometría, estructura de la carpeta de rodadura y drenajes transversales y longitudinales de la carretera.



# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1. Monografía y generalidades**

### **1.1.1. Aspectos históricos**

La Villa Nueva de Petapa fue fundada en el periodo hispánico, el 17 de abril de 1763 por mestizos que huyeron de la inundación provocada por el río Tulujá en el pueblo viejo de Petapa. Por medio de un decreto de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala, se inscribe al municipio de Villa Nueva en el distrito de Amatitlán el 8 de noviembre de 1839. Amatitlán es elevado a la categoría de departamento el 8 de mayo de 1866 manteniendo a Villa Nueva en su circunscripción. El 29 de abril de 1935, el Organismo Legislativo a través del decreto 2,081 suprime el departamento de Amatitlán y Villa Nueva pasa a formar parte del departamento de Guatemala.

### **1.1.2. Aspectos físicos**

A continuación, se presenta una breve descripción de las características físicas del lugar.

#### **1.1.2.1. Localización y colindancias**

Es uno de los diecisiete municipios del departamento de Guatemala. Está localizado a diecisiete kilómetros de la ciudad de Guatemala, en dirección suroccidente, yendo por la ruta CA-9 sur conocida también como carretera al Pacífico. Colinda al norte con los municipios de Mixco y Guatemala, capital de

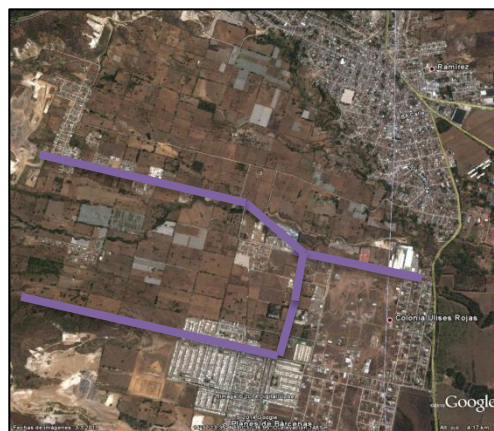
la república homónima; al este con el municipio de San Miguel Petapa; al sur con el municipio de Amatitlán; al oeste con los municipios de Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y San Lucas Sacatepéquez. Sus coordenadas cartesianas lo ubican a una latitud de 14° 31' 37" norte y una longitud de 90° 35' 15" oeste (ver figuras 1 y 2).

Figura 1. **Localización de colonia Eterna Primavera, zona 4**



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Localización de la carretera de acceso de Bárcenas hacia colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3**



Fuente: elaboración propia.

### **1.1.2.2. Extensión territorial**

La extensión territorial es de 114 kilómetros cuadrados, el 64 % está en la cuenca del lago de Amatitlán.

### **1.1.2.3. Levantamiento topográfico y mapas**

La elevación del parque central es de 1 330,24 msnm, según marca el monumento de elevación del Instituto Geográfico Nacional. El municipio se caracteriza por tener una topografía ondulada y montañosa, debido a que el casco urbano se ubica en una meseta entre montañas y el resto del municipio lo conforman depresiones y cimas de colinas. Esta característica provoca que haya grandes cañones o barrancos. El lugar se encuentra entre las cotas 1 300 y 1 450 msnm. Las pendientes van desde los 5° hasta los 16°.

El municipio está asentado sobre una base de material piroclástico producto de antiguas erupciones de los volcanes cercanos.

### **1.1.2.4. Clima**

El clima es el producto de los factores astronómicos, geográficos y meteorológicos, adquiriendo características particulares según la posición geográfica y la topografía del lugar. Para expresar el clima en datos cuantitativos se usan la información registrada en las estaciones más cercanas al sitio en cuestión. En el caso de Villa Nueva se emplea la data de la estación del INSIVUMEH ubicada en la ciudad de Guatemala, a 9,8 km del parque central villanovano. Dicha estación meteorológica tiene una elevación de 1 502 msnm, una latitud de 14 583 y una longitud de -90 517. A continuación, se

presenta un resumen de las distintas características climáticas de la estación, correspondiente al año 2015.

- Temperatura

El clima del municipio de Villa Nueva se considera templado, con temperaturas máxima y mínima medias de 26,1 °C y 15,4 °C, respectivamente. Así como una temperatura promedio de 20,7 °C.

La temporada calurosa se presenta en los meses de marzo a mayo y la temporada fría de noviembre a enero.

- Precipitación y humedad

La precipitación pluvial del municipio, que sería el espesor de lámina de agua que se concentraría en una superficie plana e impermeable de 1 m<sup>2</sup>, es alrededor de 1 050 mm. Tiene 130 días de lluvia en promedio y una humedad relativa de aire promedio de 80 %.

- Evaporación

De acuerdo a la información que brinda el tanque al aire libre de la estación en cuestión, son 4,2 mm de lluvia los que se evaporan. Esto indica que gran parte de la precipitación pluvial se infiltra en el suelo, lo cual es coherente con el hecho de que el municipio de Villa Nueva el valle de la Ermita y la región metropolitana en general está asentados sobre una capa de material kárstico que al ser bastante poroso es, también, bastante permeable.

- Brillo solar y radiación

La duración del brillo solar o heliofanía, medida en horas, representa la cantidad de tiempo total que la luz solar impacta sobre una localidad entre el amanecer y el atardecer. La estación meteorológica registra 202,5 horas de brillo solar por mes y una radiación solar de 3,34 cal/cm<sup>2</sup>/min.

- Vientos

El estar localizada en una meseta la casi totalidad del municipio de Villa Nueva, hace que sea un lugar de vientos fuertes. La dirección preponderante de los vientos es noreste-sureste, con velocidades promedio de 10,2 km/h, situación que provoca que en las partes altas del municipio haya erosión eólica.

- Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica en Villa Nueva es cercana a 640,0 mmHg (760,00 mmHg al nivel del mar).

- Nubosidad

Esta se mide por octas u octavos de la bóveda celeste e indica la fracción de cielo que está cubierta por nubes. En el caso de Villa Nueva, esta es igual a 6 octas u octavos, valor que marca un elevado porcentaje de cielos nubosos al año.

### **1.1.3. Servicios básicos**

Los servicios básicos de un centro poblado son las obras de infraestructura necesarias para la vida saludable. En los siguientes párrafos se describen las características principales de las vías de acceso, la infraestructura, los servicios de agua y los servicios sanitarios del municipio.

#### **1.1.3.1. Vías de acceso**

Debido a su ubicación, Villa Nueva cuenta con vías de comunicación que permiten acceder a los municipios vecinos. Se puede llegar a Santa Lucía Milpas Altas desde la carretera que comunica Villa Nueva con dicha localidad vía Bárcenas; a Mixco, a través de la ruta que comunica la carretera CA-9 con San Cristóbal; a la ciudad de Guatemala, por medio de la Colonia Paraíso del Frutal y la carretera CA-9; a San Miguel Petapa, a través de Calle Real o carretera 2N que comunica estos dos lugares; a Amatitlán, por la ruta Mayan Golf (actualmente cerrada) y por la carretera CA-9.

También cuenta con la vía alterna del sur (VAS) que conecta el km 22 de la CA-9 (jurisdicción de Villa Nueva) con el km 24 de la ruta entre Villa Canales y San Miguel Petapa. Esta ruta funciona como circunvalación de los municipios de San Miguel Petapa y Villa Nueva.

La distancia de Villa Nueva hacia los puertos marítimos y aéreos es de: 97 km hacia el Puerto Quetzal (Océano Pacífico), 315 km hacia el Puerto Santo Tomás de Castilla (Océano Atlántico) y 15 km hacia el Aeropuerto Internacional La Aurora.



### **1.1.3.2. Infraestructura**

El municipio está organizado en 1 villa (zona central), 5 aldeas y 11 caseríos. Existen más de 300 colonias, asentamientos y desmembramientos, distribuidos en las 13 zonas que componen el municipio. Algunas de estas colonias son residenciales y cuentan con todos los servicios básicos. Sin embargo, también existen otras colonias o asentamientos muy saturados que carecen de servicios de saneamiento y de agua potable. Uno de estos es el más grande de Centro América (El Zarzal).

Por su cercanía con la capital y por estar en medio de esta y el Puerto Quetzal, ubicado en el Pacífico, cuenta con rutas muy importantes en forma de autopistas.

También, cuenta con uno de los primeros cinco parques nacionales de Guatemala: Parque Nacional Naciones Unidas. Este último, está comunicado con el municipio de Amatitlán y el lago homónimo por medio de un teleférico.

### **1.1.3.3. Servicio de agua**

Al estar ubicado a escasos 17 km de la ciudad de Guatemala y dentro del área metropolitana (la mayor concentración de riqueza y la región con mejores indicadores de desarrollo humano del país), cuenta con un porcentaje de hogares con acceso a agua potable superior al de la mayoría de los municipios de Guatemala. Este valor es de 82,5 %.

Este servicio es brindado por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) en las áreas cercanas a la ciudad de Guatemala. Otra parte del municipio es

cubierta por empresas privadas contratadas por la municipalidad de Villa Nueva.

#### **1.1.3.4. Servicios sanitarios**

Así como en el caso del servicio de agua, la ubicación geográfica del municipio le permite tener indicadores de servicios sanitarios mejores que en el resto del país. El porcentaje de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados es de 82 %. Sin embargo, las diferencias entre las distintas zonas del municipio son notorias. En colonias cercanas al parque central incluso, la totalidad de los hogares carece de servicios de drenaje sanitario y/o pluvial. Tal es el caso de la colonia Eterna Primavera.

#### **1.1.4. Población**

De acuerdo con el censo poblacional del 2002, la población del municipio era de 355 901 personas. Sin embargo, es sabido que Villa Nueva es municipio dormitorio, lo cual tiene como consecuencia que muchos de sus vecinos no se encuentren en los registros correspondientes. Muchos de los pobladores no permanecen en el municipio en horas hábiles. Por lo tanto, como sucede con otros municipios del área metropolitana, existe subregistro.

En el censo poblacional de 1994, en ese entonces había 192 069 habitantes. Lo que indica que la tasa de crecimiento poblacional entre 1994 y 2002 fue de 8,015 %.

#### **1.1.4.1. Población actual**

De acuerdo a la cantidad de habitantes del último censo realizado (2002), la tasa de crecimiento poblacional calculada con el anterior dato y la población de 1994 y considerando que la población seguirá creciendo exponencialmente; la población estimada para el año 2016 es de 394 821.

#### **1.1.5. Educación**

Al existir una gran oferta de centros educativos (públicos y privados) y al ser un municipio de ingresos medios con una menor incidencia de pobreza que gran parte del territorio guatemalteco (0,73 % debajo de la línea de pobreza extrema y 13,01 % de la de pobreza total), Villa Nueva tiene índices de educación relativamente buenos.

##### **1.1.5.1. Analfabetismo**

La tasa de alfabetización de las personas entre las edades de 15 y 24 años es de 95,5 %.

#### **1.1.6. Vivienda**

Los distintos desastres naturales acaecidos en los últimos años y la escasez de espacio para vivienda en la ciudad de Guatemala, ha provocado una migración masiva hacia Villa Nueva. Esta situación produce una alta presión demográfica. Debido a esto, han aparecido asentamientos que carecen de servicios básicos y cuyas viviendas están construidas con materiales y técnicas constructivas deficientes. A pesar de eso, en la localidad predomina la

vivienda formal construida con el sistema mixto, con paredes de bloques de concreto revestidos y techos de lámina o losa de concreto.

### **1.1.7. Salud**

A continuación, se presentan algunas estadísticas relacionadas con la salud del municipio.

#### **1.1.7.1. Mortalidad en niños y niñas menores de cinco años**

La tasa de mortalidad de niños menores a cinco años es de 1,8 por cada mil.

#### **1.1.7.2. Mortalidad materna**

La tasa de mortalidad materna es de 4 (número de casos). Esta baja cantidad se debe en gran parte a que el 95,5 % de los partos son atendidos por un profesional de la salud.

#### **1.1.7.3. Incidencia de enfermedades gastrointestinales**

No existen datos referentes a la incidencia de enfermedades gastrointestinales.

### **1.1.8. Actividades económicas de la población**

En el pasado, el municipio de Villa Nueva se caracterizaba por su vocación agrícola. En los últimos años, la llegada de distintas industrias ha provocado la migración hacia este sector económico y al de servicios. Actualmente, solamente el 4,1 % de la población económicamente activa labora el sector agrícola; el 38,8 % de esta; en el sector industrial; el 56,1 % se desempeña dentro del sector de servicios; y el 1 %, no especifica en cuál trabaja.

Relativo a las ramas de las actividades económicas, las dos dominantes son la industria manufacturera textil y alimenticia y el comercio por mayor y menor con una participación del 29,5 % y 27,0 %, respectivamente.

La población económicamente activa (PEA) está conformada en 37,5 % por mujeres y 62,5 % por hombres. La relación empleo-población es del 51,8 %. Y la proporción de la población que labora por cuenta propia o en una empresa familiar es de 0,251.



## **2. CAPÍTULO II**

### **2.1. Diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial para la colonia Eterna Primavera, zona 4, Villa Nueva**

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

El diseño de drenajes consiste en una red de alcantarillado sanitario de 6 049,81 ml, 102 pozos de visita, y 830 conexiones domiciliarias; y una red de alcantarillado pluvial de 5 434,15 ml, 107 pozos de visita y 178 sumideros. El proyecto abarca 0,257 km<sup>2</sup>, desde la primera hasta la quinta calle en la dirección norte-sur y desde la cuarta hasta la décima avenida, en la dirección oeste-este de la colonia Eterna Primavera.

Adicionalmente, se consideraron distintas obras complementarias que contribuirán a la funcionalidad y durabilidad del proyecto.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

Se realiza el reconocimiento de la superficie, se incluyen las características naturales y las hechas por el ser humano. Se desarrolla con el uso de instrumentos que delimitan y definen las formas del terreno.

En este proyecto, se empleó la estación total marca Topcon modelo GTS 263W, instrumento con el cual se midieron las distancias y elevaciones del terreno, valiéndose de prismas que reflejan el infrarrojo del dispositivo.

También, se registraron las lecturas azimutales y cenitales. Toda la información mencionada anteriormente, se almacenó de manera automática.

#### **2.1.2.1. Planimetría**

A través de esta, se determinó la longitud precisa de cada uno de los elementos marcados en el área a trabajar. Por medio de esta, se consiguió representar a escala, de forma horizontal, las líneas, curvas y otros elementos, sin considerar la elevación.

El levantamiento de este proyecto consistió en una poligonal abierta. El método usado fue el de conservación de azimut, con vuelta de campana. Se registró el azimut de la primera estación para que, a partir de su orientación, se midiera el azimut de la segunda estación y así, sucesivamente, hasta terminar el tramo.

#### **2.1.2.2. Altimetría**

Por medio de esta, se les otorgó elevación a los puntos guardados en la planimetría.

Con la estación total empleada, se utilizó el método de nivelación geométrica o directa compuesta; se identificó la diferencia de niveles existente entre puntos de cada estación y aquellos intermedios respecto a un punto referencial, por medio de visuales horizontales hacia los prismas que estaban en posición vertical sobre los puntos radiados.



### **2.1.3. Período de diseño**

Es el tiempo durante el cual se estima que el sistema funcionará satisfactoriamente. Se mide en años y para establecer se deben considerar varios aspectos: la vida útil de las estructuras y/o dispositivos según su obsolescencia y desgaste, la posibilidad de una ampliación del proyecto, la tendencia del crecimiento de la población, con énfasis, en el posible desarrollo de sus necesidades comerciales o industriales y, por último, el comportamiento de las obras durante los primeros años.

Para los proyectos de redes de alcantarillado sanitario o pluvial, el INFOM recomienda utilizar un período de diseño de 20 a 40 años. Con base en los criterios descritos en el párrafo anterior, se estableció un periodo de diseño de 22 años, considerando los costos de la obra, la baja probabilidad de una ampliación y la calidad de los materiales y métodos constructivos. Se tomó en cuenta que se necesitan dos años para la planificación y ejecución de la obra.

### **2.1.4. Parámetros hidráulicos**

Los diseños de los drenajes sanitario y pluvial dependen de un conjunto de factores hidráulicos que determinan el desempeño, el comportamiento y las características de sendas redes de alcantarillado.

#### **2.1.4.1. Velocidad de diseño recomendada**

Para el diseño de drenajes, se deben considerar valores máximo y mínimo de velocidad. La primera restricción evitará que haya erosiones dentro de la tubería. La segunda, impedirá la decantación de sólidos y el azolvamiento dentro del conducto.

Para las tuberías de PVC, los distintos manuales indican que los valores de velocidad deben estar dentro del conjunto cerrado: [0,60 m/s, 3,00 m/s]. Sin embargo, las mejoras tecnológicas de los últimos años han provocado que ahora se admitan valores hasta los 5,00 m/s que se tomó como el máximo aceptado. Un hecho que sostiene lo anterior es que los principales proveedores (Amanco y Durman) de este material han dicho que esta es la velocidad máxima sugerida que garantiza que la integridad física del producto no se vea afectada.

Para calcular la velocidad de un tramo de diseño, antes se debe encontrar la velocidad a sección llena. Para este efecto, se utilizó la siguiente expresión:

$$V = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

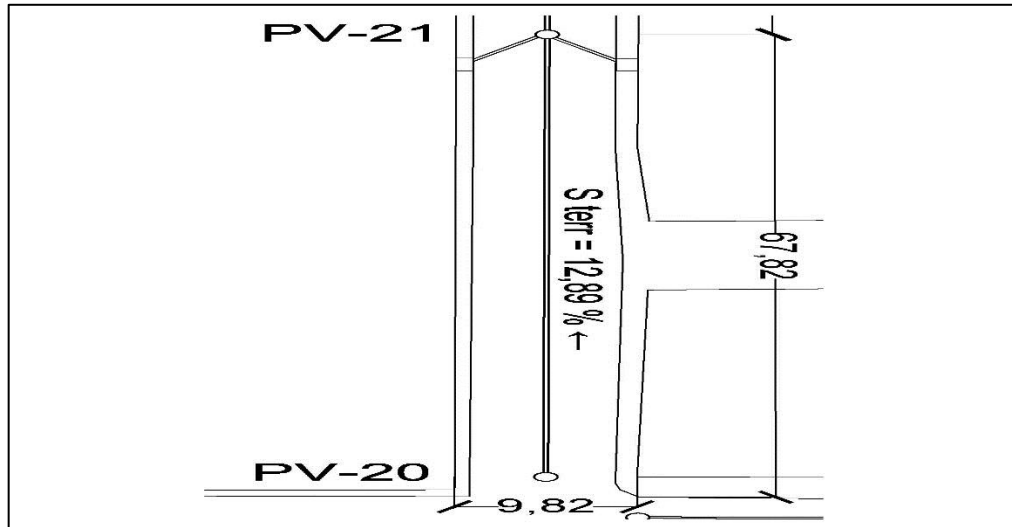
Donde:

- D = diámetro de tubería (pulgadas)
- S = pendiente de tubería (porcentaje)
- n = coeficiente de rugosidad (PVC = 0,009)

Como ejemplo, se tomará el tramo PV-20 al PV-21 del drenaje pluvial mostrado en la figura 3, en el cual se utiliza un tubo PVC de 10" de diámetro y una pendiente de 13,19 %, por lo tanto, tiene una velocidad a sección llena de:

$$V = \frac{0,003429 \times 10^{2/3} \times 13,19^{1/2}}{0,009} = 6,42 \text{ m/s}$$

Figura 3. **Planta del tramo entre PV-20 y PV-21**



Fuente: elaboración propia.

Después, auxiliándose de las relaciones hidráulicas que se discutirán en la siguiente sección, se calculó la velocidad de diseño con el factor  $v/V$ , 0,795281, lo cual da un resultado de:

$$V_{\text{diseño}} = \frac{v}{V} \times V_{\text{sección llena}} = 0,795281 \times 6,42 = 5,11 \text{ m/s}$$

Este valor es superior al máximo de velocidad aceptado, 5,00 m/s, por tanto, será necesaria la instalación de un sistema de disipación de energía consistente en una bifurcación previo al ingreso al pozo de visita (ver sección 2.1.5.2).

### 2.1.4.2. Relaciones hidráulicas: q/Q, d/D, v/V

Las relaciones hidráulicas se calculan mediante la comparación numérica de los valores obtenidos de los cálculos para una sección parcialmente llena y una a su máxima capacidad. Para calcular el caudal a sección llena se utilizó la expresión algebraica de Manning presentada a continuación:

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

Donde:

- Q = caudal (en metros cúbicos por segundo)
- A = área de la sección (en metros cuadrados)
- R = radio hidráulico (en metros lineales)
- S = pendiente de tubería (en metros sobre metro)
- n = coeficiente de rugosidad (PVC = 0,009)

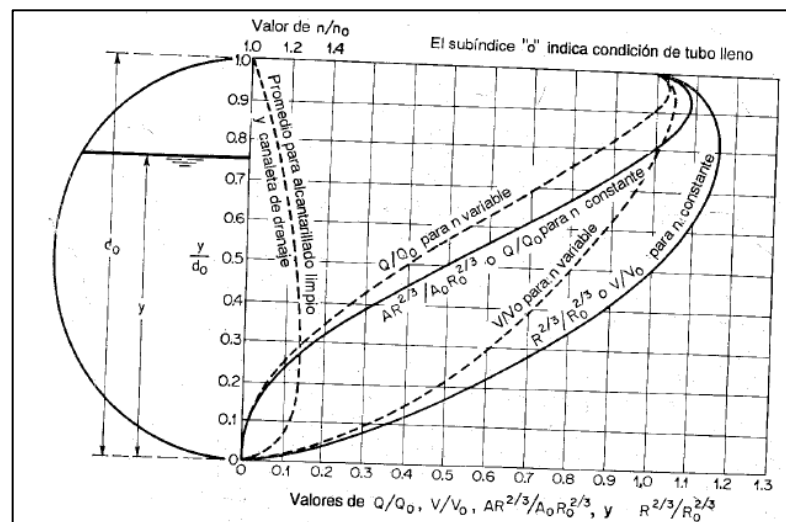
Como ejemplo de caudal a sección llena, se toman los datos del tramo PV-20 al PV-21 del drenaje pluvial, el cual tiene una tubería de PVC de 10" de diámetro y una pendiente de 13,19 % por lo que tiene un caudal a sección llena de:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{(\pi \times \frac{D^2}{4}) \times (\frac{D}{4})^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$
$$Q = \frac{(\pi \times \frac{(10 \times 0,0254)^2}{4}) \times (\frac{10 \times 0,0254}{4})^{2/3} \times 0,1319^{1/2}}{0,009} = 0,325 \text{ m}^3/\text{s}$$

La relación de caudales ( $q/Q$ ) se encontró comparando el caudal de diseño y el caudal a sección llena, velando que el caudal de diseño sea menor que el de máxima capacidad de la tubería. Subsiguientemente, para computar el valor de relación de tirantes ( $d/D$ ), el resultado de  $q/Q$  fue buscado en el eje horizontal de la curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares, (figura 4) y desde esta posición se trazó una línea vertical hasta que esta se intersectó con la curva de relaciones de caudales.

El valor de relación de  $d/D$ , se identificó en dicha intersección, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad de flujo (tirante) se obtuvo al multiplicar el valor por el diámetro de la tubería del tramo que debe estar dentro de los límites establecidos por las distintas normas de diseño de alcantarillados.

Figura 4. **Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares**



Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. p. 133.

Para determinar la razón entre la velocidad parcial y velocidad a sección llena ( $v/V$ ), se ubicó un punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales, previamente establecida, y se trazó una horizontal hasta la intersección con la gráfica de velocidades. En este nuevo punto se trazó una vertical hacia abajo y se tomó la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplicó por la velocidad a sección llena, para conseguir la velocidad a sección parcial o velocidad de diseño, la cual debe estar dentro de los límites establecidos en el apartado anterior. De forma similar, se calcularon las otras características de la sección.

#### **2.1.4.3. Secciones y pendientes**

En este proyecto se aceptaron relaciones de tirantes entre 0,100 y 0,750 para el alcantarillado sanitario y 0,100 y 0,900, para el pluvial. La cota inferior de aceptación evita que se produzca azolvamiento en la tubería y la superior, que la tubería trabaje a presión y se produzcan daños.

La pendiente de los tramos es variable y la establecida en cada uno, debe garantizar que se respeten los límites establecidos del tirante, la velocidad y el caudal. La pendiente mínima utilizada en el diseño del drenaje sanitario fue de 0,06 %, mientras la máxima fue de 14,83 %. En el caso del drenaje pluvial, estas fueron de 0,08 % y 16,01 %, respectivamente. En algunos segmentos de tubería, la pendiente no garantizó los límites establecidos para el tirante y la velocidad, debido a que la topografía escarpada del lugar no permitía utilizar pendientes menores. Sin embargo, siempre se pretendió que en cada tramo, el tirante estuviera lo más cercano a los parámetros definidos. Además, con esto se evitó establecer pozos con profundidades muy grandes que implicaría que su construcción fuera insegura y costosa.

#### **2.1.4.4. Diámetros mínimos**

De acuerdo a las distintas normativas, el diámetro mínimo para una tubería de alcantarillado sanitario es de 6" para PVC y de 8" para tubería de concreto. En el caso del alcantarillado pluvial, el diámetro mínimo para PVC es de 8" y de 10" para tubería de concreto.

Para el drenaje sanitario diseñado, se empleó tubería de 6" en los tramos iniciales, mientras que para el diseño del drenaje pluvial se utilizó un diámetro mínimo de 10".

#### **2.1.4.5. Selección de tubería**

La tubería elegida para el diseño de estas obras civiles fue la de policloruro de vinilo, abreviado PVC. Se optó por este material puesto que es de fácil instalación, porque es ligero y flexible por su resistencia química ya que es inerte y por razones mecánicas e hidráulicas pues presenta menor rugosidad, mayor resistencia a la abrasión y es hermética.

#### **2.1.4.6. Profundidades mínimas de la tubería**

La profundidad está en función de los esfuerzos a los que será sometida la tubería que dependen del tipo de suelo en donde se construya la obra, cargas de relleno y vehicular, cama de asiento, ubicación y trazo del terreno.

Se ha comprobado que una profundidad segura para aquellas tuberías utilizadas en sectores en donde el tráfico vehicular es pesado y constante es 1,22 m, medida desde el nivel del terreno hasta la parte superior de la tubería. Mientras que para los tramos iniciales o para proyectos residenciales, la

profundidad mínima aceptada es de 1,00 m. Sin embargo, con los últimos avances tecnológicos en la producción de tuberías PVC se han desarrollado con pared estructurada que tienen perfiles plásticos que mejoran considerablemente su capacidad de carga y permiten colocarlas a una profundidad mínima de 0,50 m.

### **2.1.5. Pozos de visita**

Son elementos que forman parte del alcantarillado cuya función es servir como elementos de inspección y limpieza.

En concordancia con las diferentes normativas de diseño de alcantarillados, se colocaron pozos de visita en los siguientes casos:

- En tramos iniciales
- En cambios de diámetro de tubería
- En cambios de pendiente
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En separaciones no mayores a 100 m

En este proyecto en particular, las dimensiones de los pozos coinciden con los parámetros establecidos por la Municipalidad de Villa Nueva. Para cada uno de los alcantarillados, los pozos se clasificaron de acuerdo a su diámetro. Todos son de forma circular. Los pozos con profundidad mayor a 4,00 m y/o diámetro interno superior a 2,00 m fueron reforzados.



### 2.1.5.1. Diámetro interno de los pozos

Los diámetros de los pozos de visita se definieron en función del diámetro de tubería de salida.

Tabla I. **Diámetros internos de pozo según diámetro de tubería de salida**

| Diámetro máximo de tubería (plg) | Diámetro interno de pozo (m) |
|----------------------------------|------------------------------|
| 8                                | 1,25                         |
| 21                               | 1,50                         |
| 30                               | 1,75                         |
| 42                               | 2,00                         |
| 54                               | 2,25                         |

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Clasificación de pozos de visita del drenaje sanitario**

| Tipo de pozo de visita | Altura promedio (m) | Diámetro interno (m) |
|------------------------|---------------------|----------------------|
| 1                      | 1,489               | 1,25                 |
| 2                      | 2,159               | 1,50                 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Clasificación de pozos de visita del drenaje pluvial**

| Tipo de pozo de visita | Altura promedio (m) | Diámetro interno (m) |
|------------------------|---------------------|----------------------|
| 1                      | 1,758               | 1,50                 |
| 2                      | 2,664               | 1,75                 |
| 3                      | 2,922               | 2,00                 |

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.5.2. Disipadores de energía en pozos de visita**

Los disipadores de energía fueron utilizados en zonas de alta pendiente longitudinal. Su función es generar una pérdida importante de la energía del flujo con el fin de reducir la erosión que pueda causar al impactar con la estructura.

Los criterios que se utilizaron para su instalación es que el desnivel entre la tubería de entrada al pozo y el fondo del pozo sea igual o mayor a 0,70 m o la velocidad del flujo considerable.

El disipador empleado consiste en una bifurcación de la tubería de entrada por medio de una yee y un codo a 45° de PVC, que conducen un tubo del mismo diámetro de la tubería de entrada hacia el fondo del pozo. Este tipo de disipador se aplicará en el alcantarillado sanitario y en el pluvial. En el apéndice aparece un plano de detalles en donde se especifican las características del disipador.

### **2.1.5.3. Cotas invert**

Es la distancia existente entre el nivel del terreno natural y el nivel inferior de la tubería; debe tener al menos la magnitud del recibimiento mínimo necesario para la tubería. Las cotas invert se calcularon con base en la pendiente del terreno y la distancia entre los pozos.

Tabla IV. **Profundidad mínima de cota invert**

| Diámetro (plg) | Profundidad mínima cota invert en función del diámetro y el tipo de tráfico (cm) |        |
|----------------|--|--------|
|                | Normal   | Pesado |
| 6              | 122  | 142    |
| 8              | 122  | 142    |
| 10             | 128  | 148    |
| 12             | 133  | 151    |
| 15             | 137  | 152    |
| 16             | 141  | 153    |
| 18             | 150  | 170    |
| 21             | 158  | 178    |
| 24             | 166  | 186    |
| 30             | 184  | 204    |
| 36             | 199  | 219    |
| 42             | 214  | 234    |
| 54             | 242  | 262    |

Fuente: elaboración propia.

La cota invert de la tubería de salida debe estar al menos 3 cm por debajo de la tubería de entrada. Esta separación de 3 cm se utilizará cuando ambas tuberías sean del mismo diámetro. Cuando la tubería de salida es de un diámetro diferente al de la de entrada, la distancia entre las cotas invert será igual a la diferencia entre los diámetros de estas. Cuando entran varios tramos al mismo pozo de visita, la altura entre las cotas invert depende de si las tuberías de entrada son o no del mismo diámetro. De esta manera y también la tubería de entrada tiene el mismo diámetro, entonces la cota invert de salida será 3 cm menor que la cota invert de entrada más baja.

Cuando las tuberías de entrada son del mismo diámetro, pero la tubería de salida no, la cota invert de salida será igual a la diferencia entre la cota invert de entrada más baja y la diferencia entre el diámetro de salida y el diámetro de entrada. Si las tuberías de entrada son de distintos diámetros, la cota invert será la de menor altura después de utilizar los criterios antes mencionados entre la tubería de salida y la de entrada.

$$CI_{\text{salidaPV1}} = C_{\text{terreno}} - H_{\text{PV1}}$$

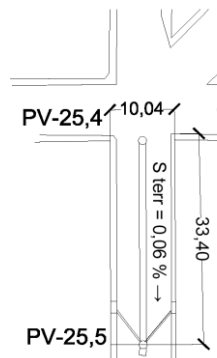
$$CI_{\text{entradaPV2}} = CI_{\text{salidaPV1}} - \text{DHD} \times \frac{S\%}{100}$$

$$CI_{\text{salidaPV2}} = CI_{\text{entradaPV2}} - 0,03 \text{ m}$$

Donde:

- $CI_{\text{salidaPV1}}$  = cota invert de salida del pozo de visita 1 (en metros)
- $C_{\text{terreno}}$  = cota de terreno (en metros)
- $H_{\text{PV1}}$  = altura pozo de visita 1 (en metros)
- $CI_{\text{entradaPV2}}$  = cota invert de entrada del pozo de visita 2 (en metros)
- DHD = distancia horizontal entre interiores de pared de los pozos de visita (en metros)
- S% = pendiente de tubería (en porcentaje)
- $CI_{\text{salidaPV2}}$  = cota invert de salida del pozo de visita 2 (en metros)

Figura 5. **Planta del tramo entre PV-25,4 y PV-25,5**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2015.

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo del tramo del PV-25,4 al PV-25,5 (–ver figura 5-) del alcantarillado pluvial, en donde se tienen los siguientes datos:

- Cota de terreno PV-25,4 = 81,13 m
- Altura de PV-25,4 = 2,34 m
- Distancia horizontal entre interiores de pared = 30,37 m
- Pendiente de tubería = 0,25 %

$$CI_{\text{salida}}^{\text{PV} - 25,4} = 81,13 \text{ m} - 2,34 \text{ m} = 78,79 \text{ m}$$

$$CI_{\text{entrada}}^{\text{PV} - 25,5} = 78,79 \text{ m} - 30,37 \text{ m} \times \frac{0,25 \%}{100} = 78,71 \text{ m}$$

$$CI_{\text{salida}}^{\text{PV} - 25,5} = 78,71 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 78,68 \text{ m}$$

#### **2.1.6. Obras de protección**

Son estructuras auxiliares que integran el sistema de alcantarillado, presentadas en los planos finales. Estas tienen distintas formas y tamaño, en concordancia con la finalidad de las mismas.

En el sistema de alcantarillado sanitario se instalarán las siguientes:

- Conexiones domiciliarias (incluye candela, tubería y silleta)
- Escaleras en pozos de visita
- Tapaderas en pozos de visita y conexiones domiciliarias

- En el sistema de alcantarillado pluvial se incluirán las siguientes:
  - Tragantes (incluye estructura del tragante, tubería y silleta)
  - Escaleras en pozos de visita
  - Tapaderas en pozos de visita y conexiones domiciliarias.

## **2.2. Diseño del sistema de drenaje sanitario**

### **2.2.1. Localización de la descarga**

Para la descarga de aguas residuales, se proyectaron tres líneas de conducción que finalizarán en un terreno baldío al norte del campo de fútbol de la Colonia Eterna Primavera, en donde se construirá una planta de tratamiento. Estas tres líneas de conducción están divididas en un drenaje sanitario principal y uno secundario. El primero contiene dos de las líneas de conducción antes mencionadas. El segundo, solamente una. La planta de tratamiento está contemplada en una fase de proyectos complementarios para varios diseños de drenajes sanitarios del municipio que se ocupan de su manejo y tratamiento.

### **2.2.2. Parámetros de diseño del sistema**

En los siguientes párrafos se enlistan las medidas y factores utilizados en el diseño del alcantarillado sanitario que fueron estimados con base en la información obtenida en el campo, así como a evaluaciones socioeconómicas y técnicas del lugar.

### 2.2.2.1. Población futura

Se realizó una proyección de población futura con el uso de los datos del censo de población de 2002, del Instituto Nacional de Estadística (INE) y proyección poblacional publicada por esta institución para el año 2012. Esto se realiza con el objetivo de estimar la población que habrá en el lugar del proyecto al término del periodo de diseño y garantizar de esta manera, que la obra cumpla con las exigencias futuras.

El crecimiento poblacional depende de los eventos migratorios, las muertes y los nacimientos. La proyección es estimada por distintos métodos, siendo uno de los más recurrentes (y el que más se adapta al tipo de crecimiento de Guatemala) el método geométrico, su fórmula es:

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

Donde:

- Pf = población futura (en número de habitantes)
- Po = población actual (en número de habitantes)
- r = tasa de crecimiento poblacional (en decimales)
- n = período de diseño (en años)

La tasa anual de crecimiento poblacional calculada para el municipio de Villa Nueva fue de 4 %, la población actual del sector en donde se construirá el drenaje sanitario principal es de 4 866 habitantes y se tiene un período de diseño de 20 años, más 2 años de planificación y ejecución, por lo que se tiene:

$$Pf = 4\,866 \times (1 + 0,04)^{22} = 11\,533 \text{ habitantes}$$

Con el mismo procedimiento, se encontró que la población futura del drenaje sanitario secundario será de 3 783 habitantes.

#### **2.2.2.2. Factor de retorno**

La cantidad de aguas residuales que generan los pobladores es menor a la de agua potable que estos consumen. El porcentaje de agua potable consumida que ingresa al alcantarillado sanitario está comprendido entre el 70 % y el 90 %. En este proyecto, se utilizó un factor de retorno intermedio del 80 %, debido a que existen pérdidas de agua a través de las actividades diarias de los habitantes del sector.

#### **2.2.2.3. Determinación del caudal sanitario**

El caudal sanitario está conformado, principalmente, por las aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Adicionalmente, se deben considerar aquellas producidas por infiltración y por conexiones ilícitas.

##### **2.2.2.3.1. Caudal doméstico**

Se refiere al agua evacuada por las viviendas usada por los habitantes para el desarrollo de su rutina diaria. Para calcularlo se requiere el número de habitantes proyectado, el factor de retorno y la dotación de agua potable, que depende de los hábitos y costumbres sociales de los pobladores del sector. También, importa la frecuencia y el caudal de agua potable con los que cuentan el lugar. En este caso, se consideró una dotación de 150 lts/hab/día, debido a que la distribución de agua potable es constante en la colonia Eterna Primavera y sus actividades rutinarias son promedio.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} \times \text{Pf} \times \text{FR}}{86\,400}$$



Donde:

- Qdom = caudal domiciliar (en litros por segundo)
- Dot = dotación (en litros/habitante/día)
- Pf = población futura (en número de habitantes)
- FR = factor de retorno (en decimales)

En el drenaje sanitario principal, se tiene una población futura de 11 533 habitantes y utilizando la dotación establecida de 150 lts/hab/día y el factor de retorno de 0,800, se tiene:

$$Q_{dom} = \frac{150 \times 11\,533 \times 0,800}{86\,400} = 16,02 \text{ l/s}$$

Con el mismo procedimiento se encontró que el caudal domiciliar en el drenaje sanitario secundario es igual a 5,25 l/s.

#### **2.2.2.3.2. Caudal comercial e industrial**

Se calcula de acuerdo al tipo y tamaño del comercio o industria que está en la localidad, ya que esto determina la dotación comercial o industrial. Generalmente, este varía entre 600 y 3 000 l/comercio/día y entre 1 000 y 18 000 l/industria/día. En el sector de estudio, se encuentran una escuela y una iglesia. Ambos forman parte del alcantarillado sanitario principal. Las dotaciones para estos establecimientos son las siguientes:

Tabla V. **Dotación de agua potable según establecimiento**

| Establecimiento | Dotación             |
|-----------------|----------------------|
| Escuela         | 40<br>lts/alumno/día |
| Iglesia         | 2<br>lts/lugar/día   |

Fuente: elaboración propia.

Con estas dotaciones, según el tamaño y el tipo de establecimiento, se calcula el caudal.

$$Q_{com}/Q_{ind} = \frac{\text{Núm Industrias}/\text{Núm Comerciales} \times \text{Dot}}{86\,400}$$

Donde:

- $Q_{com}/Q_{ind}$  = caudal comercial y/o industrial (en litros por segundo).
- Núm industrias/Núm comerciales = número de establecimientos industriales o comerciales (en la unidad correspondiente a cada establecimiento)
- Dot = dotación (en litros/unidad correspondiente a cada establecimiento/día).

En el drenaje sanitario principal, se encuentra una escuela con capacidad para atender a 1 200 alumnos por día y una dotación de 40 lts/alumno/día, así como una iglesia con 2 330 lugares y una dotación de 2 lts/lugar/día; por tanto, el caudal comercial es de:

$$Q_{com}/Q_{ind} = \frac{1\,200 \times 40 + 2\,330 \times 2}{86\,400} = 0,61 \text{ l/s}$$

En el drenaje sanitario principal, no se encuentra ningún establecimiento comercial o industrial por lo que el caudal comercial y/o industrial es igual a 0,00 l/s.

#### **2.2.2.3.3. Caudal de infiltración**

Este caudal es aquel flujo que se infiltra a través de las tuberías, sus juntas, conexiones a pozos de visita y demás estructuras. La infiltración de aguas superficiales en los elementos mencionados es inevitable y el valor de este caudal depende de los materiales de construcción empleados y de la ubicación respecto al nivel freático del alcantarillado sanitario.

Según las distintas regulaciones, cuando se trata de una tubería de drenaje PVC no es necesario calcular el caudal de infiltración y se puede asumir que este igual a cero litros por segundo. Tal consideración se utilizó en el presente diseño.

#### **2.2.2.3.4. Caudal de conexiones ilícitas**

Es el caudal correspondiente a aguas pluviales provenientes de conexiones erradas en bajantes de techos y patios que se instalan al alcantarillado sanitario. Existen varios métodos para calcular el valor de este flujo.

Una forma para hacer este cálculo es el método racional, empleando la sucesiva fórmula:

$$Q_{ci} = \frac{CIA}{3,60}$$

Donde:

- $Q_{ci}$  = caudal de conexiones ilícitas (en litros por segundo)
- $C$  = coeficiente de escorrentía
- $I$  = intensidad de lluvia (en milímetros por hora)
- $A$  = área factible para tener conexiones ilícitas (en kilómetros cuadrados)

Sin embargo, se razonó que los caudales calculados por este método eran mucho mayores a los caudales domiciliarios. A raíz de esto y de que también se construirá un sistema de alcantarillado pluvial que implica reducir cuantiosamente las conexiones ilícitas, se utilizó la relación sugerida por los reglamentos de diseño de drenajes y alcantarillas de Unepar-Infom.

$$Q_{ci} = 0,10 \times Q_{dom}$$

Donde:

- $Q_{ci}$  = caudal de conexiones ilícitas (en litros por segundo)
- $Q_{dom}$  = caudal domiciliario (en litros por segundo)

Por medio de esta fórmula, se determinó el caudal del drenaje sanitario principal. Este tiene un caudal domiciliario de 16,02 l/s.

$$Q_{ci} = 0,10 \times 16,02 = 1,60 \text{ l/s}$$

De la misma manera, se determinó que el caudal de conexiones ilícitas del drenaje sanitario secundario es igual a 0,53 l/s.

#### **2.2.2.3.5. Cálculo del caudal sanitario**

El caudal sanitario es simplemente la suma de los caudales anteriores.

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com/ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

Donde:

- $Q_{san}$  = caudal sanitario (en litros por segundo)
- $Q_{dom}$  = caudal domiciliar (en litros por segundo)
- $Q_{com/ind}$  = caudal comercial y/o industrial (en litros por segundo)
- $Q_{inf}$  = caudal de infiltración (en litros por segundo)
- $Q_{ci}$  = caudal de conexiones ilícitas (en litros por segundo)

En el caso del drenaje sanitario principal se tiene:

$$Q_{san} = 16,02 + 0,61 + 0 + 1,60 = 18,23 \text{ l/s}$$

Con el uso de la misma fórmula, se determinó que el caudal sanitario del drenaje sanitario secundario es igual a 38,96 l/s.

#### **2.2.2.4. Determinación del caudal de diseño**

Es el caudal total con el que se diseñará el alcantarillado sanitario. Determina las velocidades, tirantes, diámetros y pendientes de tubería y otros elementos del sistema.

#### 2.2.2.4.1. Factor de caudal medio

Está explicado por el caudal sanitario y el número de habitantes. Es constante para todo el sistema. Este parámetro regula el suministro de caudal en la tubería. Es el caudal promedio que aporta cada poblador. Se calculó a través de la siguiente expresión:

$$f_{qm} = \frac{Q_{san}}{P_f}$$

Donde:

- $f_{qm}$  = factor de caudal medio (en litros por segundo por habitante)
- $Q_{san}$  = caudal sanitario (en litros por segundo)
- $P_f$  = población futura (en número de habitantes)

Una acotación importante es que el factor de caudal medio tiene valores mínimo y máximo. En el caso de que el cálculo tenga como resultado un dato fuera de este rango, se deberá emplear el máximo o mínimo, según sea el caso. La restricción de este parámetro es:

$$0,003 \leq f_{qm} \leq 0,005$$

A continuación, se presenta el resultado para el drenaje sanitario principal:

$$f_{qm} = \frac{18,23}{11\ 533} = 0,002 \leq 0,003$$

Entonces:

$$f_{qm} = 0,003$$

De manera similar, se determinó que el factor de caudal medio correspondiente al drenaje sanitario secundario es de 0,005.

#### **2.2.2.4.2. Factor de Harmon**

Es también conocido como el factor de flujo instantáneo. Es un factor de seguridad en función del número de habitantes a servir en cada tramo y que actúa en horas pico del sistema. Su fórmula es la siguiente:

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

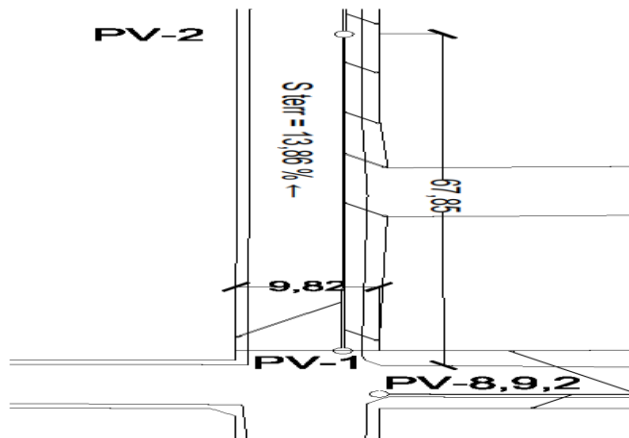
Donde:

- FH = factor de Harmon.
- P = población del tramo actual o futura, según sea el caso (en miles de habitantes).

Por ejemplo, en el tramo PV-1 al PV-2 del drenaje sanitario principal (figura 6,) se tiene una población actual de 24 habitantes. Por tanto, el factor de Harmon actual es:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{24/1000}}{4 + \sqrt{24/1000}} = 4,369$$

Figura 6. **Planta del tramo entre PV-1 y PV-2**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2015.

#### 2.2.2.4.3. **Cálculo del caudal de diseño**

Para obtener el caudal que transportará la red de alcantarillado sanitario en determinado tramo, se empleó la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = \text{Núm. hab} \times f_{qm} \times FH$$

Donde:

- $Q_{dis}$  = caudal de diseño (en litros por segundo)
- Núm. hab = número de habitantes del tramo
- $f_{qm}$  = factor de caudal medio (en litros por segundo por habitante)
- FH = factor de Harmon



Por ejemplo, en el tramo PV-1 al PV-2 del drenaje sanitario principal, que tiene 24 habitantes actuales, con factor de Harmon de 4,369 y haciendo uso del factor de caudal medio del sistema de 0,003, se tiene:

$$Q_{dis} = 24 \times 0,003 \times 4,369 = 0,31 \text{ l/s}$$

#### **2.2.2.5. Conexiones domiciliarias**

Su función es captar las aguas servidas de las viviendas y descargarlas a la línea de conducción. Están conformadas por dos elementos principales:

- Candela: es un elemento circular, generalmente un tubo de concreto de 12" de diámetro interior y profundidad mínima de 1 metros. La profundidad empleada en este proyecto es de 1,50 m.
- Acometida: es la tubería que conecta la candela con el colector principal, posee un diámetro mínimo de 4", una pendiente mínima del 2 % y máxima de 6 %, a 45° debajo de la horizontal. En este proyecto se utilizarán tuberías PVC de 4".

#### **2.2.2.6. Procedimiento de diseño hidráulico**

Para este, se utilizaron los criterios de las normas de diseño y con los parámetros generales del sistema de alcantarillado sanitario y los específicos de cada tramo, se definen la pendiente y el diámetro de la tubería, los diámetros y profundidades de los pozos de visita, entre otras características del sistema.

### 2.2.2.6.1. Diseño de la red de alcantarillado

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo con base en los datos del tramo que va desde PV-1 al PV-2 (figura 6) del drenaje sanitario principal.

- Datos

- Cota PV-1: 99,80 m
- Cota PV-2: 91,33 m
- Distancia horizontal: 64,87 m
- Núm. de casas acumuladas: 4
- Factor de caudal medio del sistema de alcantarillado: 0,003
- Integrantes por casa: 6 habitantes

- Habitantes

Núm. Hab<sub>actual</sub> = 4 casas × 6 integrantes por casa = 24 habitantes

$$\text{Núm. Hab}_{\text{futuro}} = 24 \times (1 + 0,04)^{22} = 57 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmon

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{24/1000}}{4 + \sqrt{24/1000}} = 4,369$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{57/1000}}{4 + \sqrt{57/1000}} = 4,303$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{dis}_{\text{actual}}} = \text{Núm. hab} \times f_{\text{qm}} \times \text{FH} = 24 \times 0,003 \times 4,369 = 0,31 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{dis}_{\text{actual}}} = \text{Núm. hab} \times f_{\text{qm}} \times \text{FH} = 57 \times 0,003 \times 4,303 = 0,74 \text{ l/s}$$

- Chequeo de parámetros hidráulicos

Una vez calculados los caudales sanitarios, se procede a verificar que los parámetros de caudal, velocidad y tirante cumplan los requerimientos del sistema. Para el tramo en cuestión, del PV-1 al PV-2 del drenaje sanitario principal, se propuso una tubería de 6", con una pendiente longitudinal de 13,32%. Por tanto, los valores a sección llena son:

$$V_{\text{sección llena}} = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{0,003429 \times 6^{2/3} \times 13,32^{1/2}}{0,009} = 4,59 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{sección llena}} = A \times V_{\text{sección llena}} = \frac{\pi}{4} \times (6 \times 0,0254)^2 \times 4,59 \times 1\,000 = 83,75 \text{ l/s}$$

Entonces:

$$q/Q_{\text{actual}} = 0,31/83,75 = 0,003756$$

$$q/Q_{\text{futuro}} = 0,74/83,75 = 0,008785$$

Con el uso de las tablas de relaciones actuales y el resultado anterior:

$$v/V_{\text{actual}} = 0,238346$$

$$v/V_{\text{futuro}} = 0,308702$$

$$v_{\text{diseño actual}} = v/V_{\text{actual}} \times V_{\text{sección llena}} = 0,238346 \times 4,59 = 1,09 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{diseño futura}} = v/V_{\text{futuro}} \times V_{\text{sección llena}} = 0,308702 \times 4,59 = 1,42 \text{ m/s}$$

$$d/D_{\text{actual}} = 0,044568 \leq 0,75$$

$$d/D_{\text{futuro}} = 0,066392 \leq 0,75$$

Como se pudo corroborar, los caudales sanitarios actual y futuro son menores que el caudal a sección llena. Asimismo, las velocidades de diseño están dentro de los límites establecidos de 0,60 m/s y 5,00 m/s. A pesar de que la relación de tirante hidráulico está por debajo del límite máximo de 0,75; estos son menores que el mínimo aceptado de 0,10. Sin embargo, se dejaron el diámetro y pendiente propuestos para la tubería en el tramo debido a que se trata de un tramo inicial y a que aumentar la pendiente implicaría aumentar el tamaño del pozo al que esta tubería llega y eso supone un aumento de su costo y de dificultad de construcción.

#### **2.2.2.6.2. Tablas de diseño de alcantarillado**

En las tablas VI y VII, se presentan los resúmenes de los diseños hidráulicos del drenaje sanitario principal y secundario, respectivamente. Se comprobó que los valores de velocidad, caudal, diámetro y tirante se encuentran entre los rangos establecidos.

Tabla VI. **Diseño hidráulico del drenaje sanitario principal**

| De         | A          | Cota terreno (m) |       | D.H. (m) | S terreno (%) | Viviendas |            | Población |        | F.H.   |        | F.q.m. | Q. diseño (L/s) |        | Φ tubería (pulg) |
|------------|------------|------------------|-------|----------|---------------|-----------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|------------------|
|            |            | Inicio           | Final |          |               | Locales   | Acumuladas | Actual    | Futura | Actual | Futuro |        | Actual          | Futuro |                  |
| PV-1       | PV-2       | 99,80            | 91,33 | 64,87    | 13,06%        | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0,003  | 0,31            | 0,74   | 6                |
| PV-2       | PV-3       | 91,33            | 82,84 | 64,79    | 13,10%        | 5         | 9          | 54        | 128    | 4 308  | 4 213  | 0,003  | 0,70            | 1,62   | 6                |
| PV-3       | PV-4       | 82,84            | 82,09 | 75,01    | 1,00%         | 13        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0,003  | 1,67            | 3,82   | 6                |
| PV-4       | PV-5       | 82,09            | 81,77 | 74,99    | 0,43%         | 14        | 36         | 216       | 512    | 4 136  | 3 969  | 0,003  | 2,68            | 6,10   | 6                |
| PV-5       | PV-6       | 81,77            | 81,51 | 59,98    | 0,43%         | 11        | 47         | 282       | 669    | 4 090  | 3 906  | 0,003  | 3,46            | 7,84   | 6                |
| PV-6.2     | PV-6.1     | 81,67            | 82,22 | 85,38    | -0,64%        | 16        | 16         | 96        | 228    | 4 248  | 4 127  | 0,003  | 15,19           | 36,00  | 8                |
| PV-6.1     | PV-6       | 82,22            | 81,51 | 85,37    | 0,83%         | 15        | 31         | 186       | 441    | 4 159  | 4 002  | 0,003  | 16,29           | 38,47  | 10               |
| PV-6       | PV-7       | 81,51            | 78,78 | 50,17    | 5,44%         | 138       | 216        | 1 296     | 3 072  | 3 725  | 3 434  | 0,003  | 14,48           | 31,64  | 10               |
| PV-7.2     | PV-7.1     | 76,81            | 78,11 | 85,72    | -1,52%        | 17        | 17         | 102       | 242    | 4 241  | 4 117  | 0,003  | 1,30            | 2,99   | 6                |
| PV-7.1     | PV-7       | 78,11            | 78,78 | 85,72    | -0,78%        | 14        | 31         | 186       | 441    | 4 159  | 4 002  | 0,003  | 2,32            | 5,29   | 6                |
| PV-7.8     | PV-7.7     | 80,90            | 80,14 | 50,08    | 1,52%         | 8         | 8          | 48        | 114    | 4 318  | 4 228  | 0,003  | 0,62            | 1,45   | 6                |
| PV-7.7     | PV-7.6     | 80,14            | 79,41 | 50,08    | 1,46%         | 10        | 18         | 108       | 256    | 4 234  | 4 107  | 0,003  | 1,37            | 3,15   | 6                |
| PV-7.6     | PV-7.5     | 79,41            | 79,12 | 50,08    | 0,58%         | 10        | 28         | 168       | 399    | 4 175  | 4 023  | 0,003  | 2,10            | 4,82   | 6                |
| PV-7.5     | PV-7       | 79,12            | 78,78 | 50,08    | 0,68%         | 8         | 36         | 216       | 512    | 4 136  | 3 969  | 0,003  | 2,68            | 6,10   | 6                |
| PV-7       | PV-8       | 78,78            | 77,10 | 50,02    | 3,36%         | 4         | 287        | 1 722     | 4 082  | 3 635  | 3 325  | 0,003  | 18,78           | 40,72  | 12               |
| PV-8.2     | PV-8.1     | 73,57            | 75,81 | 95,12    | -2,35%        | 14        | 14         | 84        | 200    | 4 264  | 4 148  | 0,003  | 1,07            | 2,49   | 6                |
| PV-8.1     | PV-8       | 75,81            | 77,10 | 95,13    | -1,36%        | 19        | 33         | 198       | 470    | 4 150  | 3 988  | 0,003  | 2,46            | 5,62   | 6                |
| PV-8.9.2   | PV-8.9.1   | 100,01           | 97,65 | 47,69    | 4,95%         | 2         | 2          | 12        | 29     | 4 407  | 4 357  | 0,003  | 0,16            | 0,38   | 6                |
| PV-8.9.1   | PV-8.9     | 97,65            | 95,28 | 49,74    | 4,76%         | 4         | 6          | 36        | 86     | 4 341  | 4 261  | 0,003  | 0,47            | 1,10   | 6                |
| PV-8.9.4   | PV-8.9.3   | 98,78            | 97,22 | 42,31    | 3,69%         | 6         | 6          | 36        | 86     | 4 341  | 4 261  | 0,003  | 0,47            | 1,10   | 6                |
| PV-8.9.3   | PV-8.9     | 97,22            | 95,28 | 50,39    | 3,85%         | 4         | 10         | 60        | 143    | 4 298  | 4 198  | 0,003  | 0,77            | 1,80   | 6                |
| PV-8.9     | PV-8.8     | 95,28            | 87,88 | 69,65    | 10,62%        | 10        | 26         | 156       | 370    | 4 185  | 4 038  | 0,003  | 1,96            | 4,48   | 6                |
| PV-8.8     | PV-8.7     | 87,88            | 80,12 | 69,66    | 11,14%        | 12        | 38         | 228       | 541    | 4 127  | 3 956  | 0,003  | 2,82            | 6,42   | 6                |
| PV-8.7.2   | PV-8.7.1   | 82,83            | 81,23 | 46,99    | 3,40%         | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0,003  | 0,31            | 0,74   | 6                |
| PV-8.7.1.2 | PV-8.7.1.1 | 97,56            | 89,77 | 64,84    | 12,01%        | 10        | 10         | 60        | 143    | 4 298  | 4 198  | 0,003  | 0,77            | 1,80   | 6                |

Continuación de la tabla VI.

| De         | A          | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas actuales |          |          | Relaciones hidráulicas futuras |          |          | Cotas invert (m) |          |       | Altura de pozo (m) |        |       |
|------------|------------|-------|---------------|---------|---------------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|--------------------|--------|-------|
|            |            |       | V (m/s)       | Q (l/s) | q/Q                             | v/V      | V diseño | d/D                            | q/Q      | v/V      | V diseño         | d/D      | CIS   | CIE                | Inicio | Final |
| PV-1       | PV-2       | 0.009 | 4.59          | 83.75   | 0.003756                        | 0.238346 | 1.09     | 0.044568                       | 0.008785 | 0.308702 | 1.42             | 0.066392 | 98.38 | 89.91              | 1.42   | 1.42  |
| PV-2       | PV-3       | 0.009 | 4.59          | 83.72   | 0.008336                        | 0.303815 | 1.39     | 0.064770                       | 0.019322 | 0.391890 | 1.80             | 0.096381 | 89.88 | 81.42              | 1.45   | 1.42  |
| PV-3       | PV-4       | 0.009 | 1.24          | 22.60   | 0.073738                        | 0.584718 | 0.72     | 0.183772                       | 0.169114 | 0.744402 | 0.92             | 0.278224 | 81.39 | 80.67              | 1.45   | 1.42  |
| PV-4       | PV-5       | 0.009 | 0.79          | 14.33   | 0.186998                        | 0.766037 | 0.60     | 0.292945                       | 0.425380 | 0.955633 | 0.75             | 0.455397 | 80.64 | 80.35              | 1.45   | 1.42  |
| PV-5       | PV-6       | 0.009 | 0.79          | 14.33   | 0.241428                        | 0.823203 | 0.65     | 0.334572                       | 0.546984 | 1.022396 | 0.80             | 0.527504 | 80.32 | 80.09              | 1.45   | 1.42  |
| PV-6.2     | PV-6.1     | 0.009 | 1.28          | 41.64   | 0.364844                        | 0.921576 | 1.18     | 0.417857                       | 0.864537 | 1.125431 | 1.45             | 0.717721 | 80.25 | 79.65              | 1.42   | 2.57  |
| PV-6.1     | PV-6       | 0.009 | 0.92          | 46.56   | 0.349877                        | 0.911254 | 0.84     | 0.408315                       | 0.826302 | 1.117320 | 1.03             | 0.693042 | 79.60 | 79.37              | 2.62   | 2.14  |
| PV-6       | PV-7       | 0.009 | 3.56          | 180.56  | 0.080203                        | 0.599374 | 2.14     | 0.191519                       | 0.175261 | 0.752030 | 2.68             | 0.283354 | 79.34 | 77.36              | 2.17   | 1.42  |
| PV-7.2     | PV-7.1     | 0.009 | 1.05          | 19.06   | 0.068082                        | 0.571103 | 0.60     | 0.176726                       | 0.156787 | 0.728442 | 0.76             | 0.267694 | 75.39 | 74.81              | 1.42   | 3.30  |
| PV-7.1     | PV-7       | 0.009 | 0.82          | 15.05   | 0.154232                        | 0.725015 | 0.60     | 0.265468                       | 0.351815 | 0.912674 | 0.75             | 0.409558 | 74.78 | 74.42              | 3.33   | 4.36  |
| PV-7.8     | PV-7.7     | 0.009 | 1.57          | 28.57   | 0.021765                        | 0.406214 | 0.64     | 0.101999                       | 0.050606 | 0.523015 | 0.82             | 0.152954 | 79.48 | 78.72              | 1.42   | 1.42  |
| PV-7.7     | PV-7.6     | 0.009 | 1.50          | 27.44   | 0.049992                        | 0.521123 | 0.78     | 0.152053                       | 0.114938 | 0.665931 | 1.00             | 0.228922 | 78.69 | 77.99              | 1.45   | 1.42  |
| PV-7.6     | PV-7.5     | 0.009 | 0.92          | 16.71   | 0.125940                        | 0.683840 | 0.63     | 0.239647                       | 0.288216 | 0.864588 | 0.79             | 0.367553 | 77.96 | 77.70              | 1.45   | 1.42  |
| PV-7.5     | PV-7       | 0.009 | 1.00          | 18.21   | 0.147129                        | 0.715255 | 0.71     | 0.259195                       | 0.334687 | 0.900505 | 0.90             | 0.398506 | 77.67 | 77.36              | 1.45   | 1.42  |
| PV-7       | PV-8       | 0.009 | 0.63          | 46.08   | 0.407577                        | 0.948967 | 0.60     | 0.444511                       | 0.883777 | 1.128987 | 0.71             | 0.730569 | 74.26 | 74.21              | 4.52   | 2.89  |
| PV-8.2     | PV-8.1     | 0.009 | 1.13          | 20.65   | 0.052021                        | 0.527322 | 0.60     | 0.155014                       | 0.120503 | 0.675143 | 0.76             | 0.234402 | 72.15 | 71.39              | 1.42   | 4.42  |
| PV-8.1     | PV-8       | 0.009 | 0.81          | 14.69   | 0.167746                        | 0.742676 | 0.60     | 0.277072                       | 0.382665 | 0.933341 | 0.75             | 0.429071 | 71.36 | 70.98              | 4.45   | 6.12  |
| PV-8.2     | PV-8.1     | 0.009 | 2.84          | 51.72   | 0.003067                        | 0.224039 | 0.64     | 0.040538                       | 0.007329 | 0.292166 | 0.83             | 0.060968 | 98.59 | 96.23              | 1.42   | 1.42  |
| PV-8.1     | PV-8.9     | 0.009 | 2.76          | 50.38   | 0.009307                        | 0.314153 | 0.87     | 0.068219                       | 0.021820 | 0.406521 | 1.12             | 0.102121 | 96.20 | 93.86              | 1.45   | 1.42  |
| PV-8.9.4   | PV-8.9.3   | 0.009 | 2.45          | 44.68   | 0.010495                        | 0.325827 | 0.80     | 0.072197                       | 0.024607 | 0.421503 | 1.03             | 0.108146 | 97.36 | 95.80              | 1.42   | 1.42  |
| PV-8.9.3   | PV-8.9     | 0.009 | 2.48          | 45.20   | 0.017115                        | 0.377808 | 0.94     | 0.090987                       | 0.039838 | 0.487011 | 1.21             | 0.136250 | 95.77 | 93.86              | 1.45   | 1.42  |
| PV-8.9     | PV-8.8     | 0.009 | 4.13          | 75.31   | 0.026009                        | 0.428591 | 1.77     | 0.111047                       | 0.059516 | 0.548818 | 2.27             | 0.165497 | 93.83 | 86.46              | 1.45   | 1.42  |
| PV-8.8     | PV-8.7     | 0.009 | 4.23          | 77.14   | 0.036591                        | 0.474790 | 2.01     | 0.130786                       | 0.083239 | 0.605961 | 2.56             | 0.195056 | 86.43 | 78.70              | 1.45   | 1.42  |
| PV-8.7.2   | PV-8.7.1   | 0.009 | 2.35          | 42.87   | 0.007338                        | 0.292283 | 0.69     | 0.061005                       | 0.017163 | 0.378126 | 0.89             | 0.091108 | 81.41 | 79.81              | 1.42   | 1.42  |
| PV-8.7.1.2 | PV-8.7.1.1 | 0.009 | 4.40          | 80.32   | 0.009632                        | 0.317453 | 1.40     | 0.069335                       | 0.022421 | 0.409862 | 1.80             | 0.103452 | 96.14 | 88.55              | 1.42   | 1.42  |

Continuación de la tabla VI.

| De         | A          | Cota terreno (m) |       | D.H.<br>(m) | S terreno<br>(%) | Viviendas |            | Población |        | F.H.   |        | F.q.m. | Q diseño (L/s) |        | Ø tubería<br>(pulg) | S tubería<br>(%) |
|------------|------------|------------------|-------|-------------|------------------|-----------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------|--------|---------------------|------------------|
|            |            | Inicio           | Final |             |                  | Locales   | Acumuladas | Actual    | Futura | Actual | Futuro |        | Actual         | Futuro |                     |                  |
| PV-8.7.1.1 | PV-8.7.1   | 89.77            | 81.23 | 64.84       | 13.17 %          | 12        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0.003  | 1.67           | 3.82   | 6                   | 13.39 %          |
| PV-8.7.1   | PV-8.7     | 81.23            | 80.12 | 49.56       | 2.24 %           | 12        | 38         | 228       | 541    | 4 127  | 3 956  | 0.003  | 2.82           | 6.42   | 6                   | 2.23 %           |
| PV-8.7.4   | PV-8.7.3   | 85.95            | 80.78 | 36.10       | 14.32 %          | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0.003  | 0.31           | 0.74   | 6                   | 14.83 %          |
| PV-8.7.3.2 | PV-8.7.3.1 | 96.91            | 87.71 | 66.14       | 13.91 %          | 12        | 12         | 72        | 171    | 4 280  | 4 172  | 0.003  | 0.92           | 2.14   | 6                   | 14.18 %          |
| PV-8.7.3.1 | PV-8.7.3   | 87.71            | 80.78 | 66.14       | 10.48 %          | 10        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0.003  | 1.67           | 3.82   | 6                   | 10.63 %          |
| PV-8.7.3   | PV-8.7     | 80.78            | 80.12 | 50.01       | 1.32 %           | 4         | 30         | 180       | 427    | 4 164  | 4 009  | 0.003  | 2.25           | 5.13   | 6                   | 1.29 %           |
| PV-8.7     | PV-8.6     | 80.12            | 78.41 | 75.00       | 2.28 %           | 12        | 118        | 708       | 1 678  | 3 892  | 3 644  | 0.003  | 8.27           | 18.34  | 6                   | 2.28 %           |
| PV-8.6     | PV-8.5     | 78.41            | 77.79 | 75.00       | 0.83 %           | 14        | 132        | 792       | 1 877  | 3 863  | 3 607  | 0.003  | 9.18           | 20.31  | 8                   | 0.77 %           |
| PV-8.5     | PV-8       | 77.79            | 77.10 | 59.55       | 1.16 %           | 10        | 142        | 852       | 2 020  | 3 844  | 3 582  | 0.003  | 9.82           | 21.71  | 8                   | 1.13 %           |
| PV-8       | PV-9       | 77.10            | 75.71 | 49.85       | 2.79 %           | 4         | 466        | 2 796     | 6 627  | 3 468  | 3 130  | 0.003  | 29.09          | 62.22  | 16                  | 0.08 %           |
| PV-9.6     | PV-9.5     | 80.24            | 78.21 | 70.00       | 2.90 %           | 12        | 12         | 72        | 171    | 4 280  | 4 172  | 0.003  | 0.92           | 2.14   | 6                   | 2.95 %           |
| PV-9.5     | PV-9.4     | 78.21            | 76.15 | 70.00       | 2.94 %           | 14        | 26         | 156       | 370    | 4 185  | 4 038  | 0.003  | 1.96           | 4.48   | 6                   | 2.95 %           |
| PV-9.4     | PV-9       | 76.15            | 75.71 | 61.20       | 0.72 %           | 10        | 36         | 216       | 512    | 4 136  | 3 969  | 0.003  | 2.68           | 6.10   | 6                   | 0.68 %           |
| PV-9.7     | PV-9       | 77.48            | 75.71 | 54.42       | 3.25 %           | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0.003  | 0.31           | 0.74   | 6                   | 3.33 %           |
| PV-9       | PV-9.1     | 75.71            | 75.22 | 67.76       | 0.72 %           | 10        | 516        | 3 096     | 7 338  | 3 431  | 3 087  | 0.003  | 31.86          | 67.95  | 16                  | 0.07 %           |
| PV-9.1     | PV-9.2     | 75.22            | 73.29 | 70.04       | 2.76 %           | 14        | 530        | 3 180     | 7 537  | 3 421  | 3 076  | 0.003  | 32.63          | 69.54  | 16                  | 0.07 %           |
| PV-9.2     | PV-9.3     | 73.29            | 72.47 | 74.67       | 1.10 %           | 13        | 543        | 3 258     | 7 722  | 3 412  | 3 065  | 0.003  | 33.35          | 71.01  | 16                  | 0.07 %           |
| PV-10.11   | PV-10.10   | 98.52            | 93.76 | 66.22       | 7.19 %           | 12        | 12         | 72        | 171    | 4 280  | 4 172  | 0.003  | 0.92           | 2.14   | 6                   | 7.32 %           |
| PV-10.10   | PV-10.9    | 93.76            | 90.84 | 66.21       | 4.41 %           | 10        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0.003  | 1.67           | 3.82   | 6                   | 4.45 %           |
| PV-10.9.1  | PV-10.9    | 90.95            | 90.84 | 42.73       | 0.26 %           | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0.003  | 0.31           | 0.74   | 6                   | 1.49 %           |
| PV-10.9    | PV-10.8    | 90.84            | 87.27 | 92.05       | 3.88 %           | 14        | 40         | 240       | 569    | 4 118  | 3 945  | 0.003  | 2.97           | 6.73   | 6                   | 3.34 %           |
| PV-10.8    | PV-10.7    | 87.27            | 83.31 | 60.95       | 6.50 %           | 9         | 49         | 294       | 697    | 4 082  | 3 896  | 0.003  | 3.60           | 8.15   | 6                   | 6.95 %           |
| PV-10.7    | PV-10      | 83.31            | 77.64 | 60.94       | 9.30 %           | 10        | 59         | 354       | 839    | 4 047  | 3 848  | 0.003  | 4.30           | 9.69   | 8                   | 9.06 %           |
| PV-19      | PV-18      | 98.98            | 97.99 | 47.42       | 2.09 %           | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0.003  | 0.31           | 0.74   | 6                   | 2.31 %           |
| PV-18      | PV-17      | 97.99            | 95.64 | 49.91       | 4.71 %           | 4         | 8          | 48        | 114    | 4 318  | 4 228  | 0.003  | 0.62           | 1.45   | 6                   | 4.60 %           |
| PV-17      | PV-16      | 95.64            | 93.61 | 69.49       | 2.92 %           | 5         | 13         | 78        | 185    | 4 272  | 4 160  | 0.003  | 1.00           | 2.31   | 6                   | 2.93 %           |
| PV-16      | PV-15      | 93.61            | 89.53 | 69.48       | 5.87 %           | 6         | 19         | 114       | 271    | 4 228  | 4 097  | 0.003  | 1.45           | 3.33   | 6                   | 7.61 %           |

Continuación de la tabla VI.

| De         | A          | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas actuales |          |          | Relaciones hidráulicas futuras |          |          |          | Cotas invert (m) |       |       | Altura de pozo (m) |       |
|------------|------------|-------|---------------|---------|---------------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|----------|------------------|-------|-------|--------------------|-------|
|            |            |       | V (m/s)       | Q (l/s) | q/Q                             | v/V      | V diseño | d/D                            | q/Q      | v/V      | V diseño | d/D              | CIS   | CIE   | Inicio             | Final |
| PV-8.7.1.1 | PV-8.7.1   | 0.009 | 4.60          | 83.97   | 0.019847                        | 0.395073 | 1.82     | 0.097617                       | 0.045517 | 0.506769 | 2.33     | 0.145304         | 88.32 | 79.81 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8.7.1   | PV-8.7     | 0.009 | 1.88          | 34.27   | 0.082368                        | 0.604092 | 1.13     | 0.194049                       | 0.187375 | 0.766475 | 1.44     | 0.293249         | 79.78 | 78.70 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8.7.4   | PV-8.7.3   | 0.009 | 4.84          | 88.37   | 0.003560                        | 0.234470 | 1.14     | 0.043462                       | 0.008326 | 0.303708 | 1.47     | 0.064735         | 84.53 | 79.36 | 1.42               | 1.42  |
| PV-8.7.3.2 | PV-8.7.3.1 | 0.009 | 4.74          | 86.42   | 0.010698                        | 0.327723 | 1.55     | 0.072852                       | 0.024767 | 0.422328 | 2.00     | 0.108482         | 95.49 | 86.29 | 1.42               | 1.42  |
| PV-8.7.3.1 | PV-8.7.3   | 0.009 | 4.10          | 74.82   | 0.022275                        | 0.409058 | 1.68     | 0.103131                       | 0.051086 | 0.524483 | 2.15     | 0.153655         | 86.26 | 79.36 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8.7.3   | PV-8.7     | 0.009 | 1.43          | 26.06   | 0.086277                        | 0.612376 | 0.87     | 0.198535                       | 0.197009 | 0.777454 | 1.11     | 0.300930         | 79.33 | 78.70 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8.7     | PV-8.6     | 0.009 | 1.90          | 34.65   | 0.238548                        | 0.820449 | 1.56     | 0.332467                       | 0.529359 | 1.014246 | 1.93     | 0.517222         | 78.67 | 76.99 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8.6     | PV-8.5     | 0.009 | 1.34          | 43.37   | 0.211644                        | 0.793355 | 1.06     | 0.312316                       | 0.468351 | 0.983414 | 1.32     | 0.481255         | 76.94 | 76.37 | 1.47               | 1.42  |
| PV-8.5     | PV-8       | 0.009 | 1.62          | 52.54   | 0.187007                        | 0.766048 | 1.24     | 0.292952                       | 0.413226 | 0.952389 | 1.54     | 0.447978         | 76.34 | 75.68 | 1.45               | 1.42  |
| PV-8       | PV-9       | 0.009 | 0.68          | 88.76   | 0.327756                        | 0.895427 | 0.61     | 0.393983                       | 0.700971 | 1.082297 | 0.74     | 0.617058         | 70.72 | 70.68 | 6.38               | 5.03  |
| PV-9.6     | PV-9.5     | 0.009 | 2.16          | 39.42   | 0.023455                        | 0.415465 | 0.90     | 0.105700                       | 0.054301 | 0.534085 | 1.15     | 0.158275         | 78.82 | 76.79 | 1.42               | 1.42  |
| PV-9.5     | PV-9.4     | 0.009 | 2.16          | 39.42   | 0.049697                        | 0.520201 | 1.12     | 0.151616                       | 0.113718 | 0.663865 | 1.43     | 0.227703         | 76.76 | 74.73 | 1.45               | 1.42  |
| PV-9.4     | PV-9       | 0.009 | 1.04          | 18.92   | 0.141617                        | 0.707429 | 0.73     | 0.254235                       | 0.322148 | 0.891942 | 0.93     | 0.390908         | 74.70 | 74.29 | 1.45               | 1.42  |
| PV-9.7     | PV-9       | 0.009 | 2.30          | 41.88   | 0.007513                        | 0.294369 | 0.68     | 0.061681                       | 0.017570 | 0.380819 | 0.87     | 0.092129         | 76.06 | 74.29 | 1.42               | 1.42  |
| PV-9       | PV-9.1     | 0.009 | 0.64          | 83.03   | 0.383789                        | 0.934066 | 0.60     | 0.429774                       | 0.818442 | 1.115493 | 0.71     | 0.688086         | 70.65 | 70.60 | 5.06               | 4.62  |
| PV-9.1     | PV-9.2     | 0.009 | 0.64          | 83.03   | 0.393057                        | 0.939969 | 0.60     | 0.435544                       | 0.837563 | 1.119845 | 0.72     | 0.700208         | 70.57 | 70.52 | 4.65               | 2.77  |
| PV-9.2     | PV-9.3     | 0.009 | 0.64          | 83.03   | 0.401631                        | 0.945318 | 0.61     | 0.440849                       | 0.855261 | 1.123038 | 0.72     | 0.709893         | 70.49 | 70.44 | 2.80               | 2.03  |
| PV-10.11   | PV-10.10   | 0.009 | 3.40          | 62.09   | 0.014890                        | 0.362237 | 1.23     | 0.085174                       | 0.034472 | 0.466385 | 1.59     | 0.127088         | 97.10 | 92.34 | 1.42               | 1.42  |
| PV-10.10   | PV-10.9    | 0.009 | 2.65          | 48.41   | 0.034427                        | 0.466205 | 1.24     | 0.127009                       | 0.078956 | 0.596619 | 1.58     | 0.190050         | 92.31 | 89.42 | 1.45               | 1.42  |
| PV-10.9.1  | PV-10.9    | 0.009 | 1.54          | 28.01   | 0.011231                        | 0.332588 | 0.51     | 0.074542                       | 0.026267 | 0.429858 | 0.66     | 0.111570         | 89.53 | 88.91 | 1.42               | 1.93  |
| PV-10.9    | PV-10.8    | 0.009 | 2.30          | 41.94   | 0.070698                        | 0.577499 | 1.33     | 0.180018                       | 0.160554 | 0.733420 | 1.69     | 0.270949         | 88.88 | 85.85 | 1.96               | 1.42  |
| PV-10.8    | PV-10.7    | 0.009 | 3.32          | 60.50   | 0.059514                        | 0.548813 | 1.82     | 0.165494                       | 0.134644 | 0.697194 | 2.31     | 0.247840         | 85.82 | 81.67 | 1.45               | 1.64  |
| PV-10.7    | PV-10      | 0.009 | 4.59          | 148.76  | 0.028890                        | 0.442330 | 2.03     | 0.116767                       | 0.065105 | 0.563604 | 2.59     | 0.172905         | 81.62 | 76.22 | 1.69               | 1.42  |
| PV-19      | PV-18      | 0.009 | 1.91          | 34.88   | 0.090020                        | 0.311188 | 0.60     | 0.067223                       | 0.021096 | 0.402409 | 0.77     | 0.100494         | 97.56 | 96.49 | 1.42               | 1.50  |
| PV-18      | PV-17      | 0.009 | 2.70          | 49.22   | 0.012634                        | 0.344666 | 0.93     | 0.078805                       | 0.029375 | 0.444545 | 1.20     | 0.117701         | 96.46 | 94.22 | 1.53               | 1.42  |
| PV-17      | PV-16      | 0.009 | 2.15          | 39.28   | 0.025446                        | 0.425778 | 0.92     | 0.109892                       | 0.058779 | 0.546795 | 1.18     | 0.164495         | 94.19 | 92.19 | 1.45               | 1.42  |
| PV-16      | PV-15      | 0.009 | 3.47          | 63.31   | 0.022839                        | 0.412148 | 1.43     | 0.104367                       | 0.052615 | 0.529103 | 1.84     | 0.155870         | 92.16 | 86.97 | 1.45               | 2.56  |



Continuación de la tabla VI.

| De      | A       | Cota terreno (m) |       | D.H. (m) | S terreno (%) | Viviendas |            | Población |        | F.H.   |        | F.q.m. | Q. diseño (l/s) |        | Ø tubería (pulg) | S tubería (%) |
|---------|---------|------------------|-------|----------|---------------|-----------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|------------------|---------------|
|         |         | Inicio           | Final |          |               | Locales   | Acumuladas | Actual    | Futura | Actual | Futura |        | Actual          | Futura |                  |               |
| PV-15.1 | PV-15   | 90,65            | 89,53 | 45,54    | 2,46%         | 4         | 4          | 24        | 57     | 4 369  | 4 303  | 0,003  | 0,31            | 0,74   | 6                | 2,52%         |
| PV-15   | PV-14   | 89,53            | 84,23 | 87,53    | 6,06%         | 10        | 33         | 198       | 470    | 4 150  | 3 988  | 0,003  | 2,46            | 5,62   | 6                | 4,79%         |
| PV-14   | PV-13   | 84,23            | 79,33 | 64,63    | 7,58%         | 9         | 42         | 252       | 598    | 4 110  | 3 933  | 0,003  | 3,11            | 7,06   | 6                | 7,69%         |
| PV-13   | PV-12   | 79,33            | 76,06 | 64,09    | 5,10%         | 8         | 50         | 300       | 711    | 4 078  | 3 891  | 0,003  | 3,67            | 8,30   | 6                | 5,16%         |
| PV-12.4 | PV-12.3 | 84,32            | 79,98 | 47,17    | 9,20%         | 8         | 8          | 48        | 114    | 4 318  | 4 228  | 0,003  | 0,62            | 1,45   | 6                | 9,46%         |
| PV-12.3 | PV-12.2 | 79,98            | 79,10 | 70,00    | 1,26%         | 14        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0,003  | 1,67            | 3,82   | 6                | 1,23%         |
| PV-12.2 | PV-12.1 | 79,10            | 77,57 | 70,00    | 2,19%         | 12        | 34         | 204       | 484    | 4 145  | 3 981  | 0,003  | 2,54            | 5,78   | 6                | 2,18%         |
| PV-12.1 | PV-12   | 77,57            | 76,06 | 70,42    | 2,14%         | 9         | 43         | 258       | 612    | 4 106  | 3 927  | 0,003  | 3,18            | 7,21   | 6                | 2,14%         |
| PV-12   | PV-11   | 76,06            | 80,16 | 49,61    | -8,26%        | 4         | 97         | 582       | 1380   | 3 939  | 3 705  | 0,003  | 6,88            | 15,34  | 10               | 0,21%         |
| PV-11.3 | PV-11.2 | 84,70            | 84,41 | 70,00    | 0,41%         | 17        | 17         | 102       | 242    | 4 241  | 4 117  | 0,003  | 1,30            | 2,99   | 6                | 0,69%         |
| PV-11.2 | PV-11.1 | 84,41            | 81,85 | 70,00    | 3,66%         | 15        | 32         | 192       | 456    | 4 154  | 3 994  | 0,003  | 2,39            | 5,46   | 6                | 3,42%         |
| PV-11.1 | PV-11   | 81,85            | 80,16 | 67,87    | 2,49%         | 11        | 43         | 258       | 612    | 4 106  | 3 927  | 0,003  | 3,18            | 7,21   | 6                | 2,49%         |
| PV-11.8 | PV-11.7 | 97,56            | 94,13 | 65,93    | 5,20%         | 12        | 12         | 72        | 171    | 4 280  | 4 172  | 0,003  | 0,92            | 2,14   | 6                | 5,30%         |
| PV-11.7 | PV-11.6 | 94,13            | 90,81 | 65,93    | 5,04%         | 10        | 22         | 132       | 313    | 4 209  | 4 071  | 0,003  | 1,67            | 3,82   | 6                | 5,09%         |
| PV-11.6 | PV-11.5 | 90,81            | 88,29 | 68,85    | 3,66%         | 10        | 32         | 192       | 456    | 4 154  | 3 994  | 0,003  | 2,39            | 5,46   | 6                | 3,68%         |
| PV-11.5 | PV-11.4 | 88,29            | 85,59 | 68,85    | 3,92%         | 9         | 41         | 246       | 584    | 4 114  | 3 939  | 0,003  | 3,04            | 6,90   | 6                | 3,95%         |
| PV-11.4 | PV-11   | 85,59            | 80,16 | 77,20    | 7,03%         | 12        | 53         | 318       | 754    | 4 068  | 3 876  | 0,003  | 3,88            | 8,77   | 6                | 8,03%         |
| PV-11   | PV-10   | 80,16            | 77,64 | 50,27    | 5,01%         | 4         | 197        | 1 182     | 2 802  | 3 752  | 3 467  | 0,003  | 13,30           | 29,15  | 12               | 0,14%         |
| PV-10   | PV-10.1 | 77,64            | 77,80 | 51,31    | -0,31%        | 6         | 262        | 1 572     | 3 726  | 3 665  | 3 361  | 0,003  | 17,28           | 37,57  | 15               | 0,11%         |
| PV-10.1 | PV-10.2 | 77,80            | 73,61 | 45,18    | 9,27%         | 7         | 269        | 1 614     | 3 826  | 3 656  | 3 351  | 0,003  | 17,70           | 38,46  | 15               | 4,76%         |
| PV-10.2 | PV-10.3 | 73,61            | 74,00 | 33,06    | -1,18%        | 0         | 269        | 1 614     | 3 826  | 3 656  | 3 351  | 0,003  | 17,70           | 38,46  | 15               | 0,11%         |
| PV-10.3 | PV-10.4 | 74,00            | 72,69 | 49,84    | 2,63%         | 0         | 269        | 1 614     | 3 826  | 3 656  | 3 351  | 0,003  | 17,70           | 38,46  | 15               | 1,71%         |
| PV-10.4 | PV-10.5 | 72,69            | 71,95 | 49,83    | 1,49%         | 0         | 269        | 1 614     | 3 826  | 3 656  | 3 351  | 0,003  | 17,70           | 38,46  | 15               | 1,46%         |
| PV-9.3  | Planta  | 72,47            | 71,96 | 14,29    | 3,57%         | 0         | 543        | 3258      | 7 722  | 3 412  | 3 065  | 0,003  | 33,35           | 71,01  | 16               | 14,03%        |
| PV-10.5 | Planta  | 71,95            | 71,92 | 5,89     | 0,51%         | 0         | 269        | 1 614     | 3 826  | 3 656  | 3 351  | 0,003  | 17,70           | 38,46  | 15               | 10,30%        |

Continuación de la tabla VI.

| De      | A       | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas actuales |          |          |          | Relaciones hidráulicas futuras |          |          |          | Cotas invert (m) |       | Altura de pozo (m) |       |
|---------|---------|-------|---------------|---------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|----------|------------------|-------|--------------------|-------|
|         |         |       | V (m/s)       | Q (l/s) | q/Q                             | v/V      | V diseño | d/D      | q/Q                            | v/V      | V diseño | d/D      | QS               | CIE   | Inicio             | Final |
| PV-15.1 | PV-15   | 0.009 | 2.00          | 36.43   | 0.008636                        | 0.307102 | 0.61     | 0.065859 | 0.020198                       | 0.397168 | 0.79     | 0.098435 | 89.23            | 88.11 | 1.42               | 1.42  |
| PV-15   | PV-14   | 0.009 | 2.75          | 50.23   | 0.049077                        | 0.518261 | 1.43     | 0.150696 | 0.111955                       | 0.660855 | 1.82     | 0.225934 | 86.94            | 82.81 | 2.59               | 1.42  |
| PV-14   | PV-13   | 0.009 | 3.49          | 63.64   | 0.048822                        | 0.517462 | 1.81     | 0.150318 | 0.110874                       | 0.658989 | 2.30     | 0.224843 | 82.78            | 77.91 | 1.45               | 1.42  |
| PV-13   | PV-12   | 0.009 | 2.86          | 52.13   | 0.070414                        | 0.576814 | 1.65     | 0.179664 | 0.159197                       | 0.731637 | 2.09     | 0.269780 | 77.88            | 74.64 | 1.45               | 1.42  |
| PV-12.4 | PV-12.3 | 0.009 | 3.87          | 70.58   | 0.008810                        | 0.308966 | 1.20     | 0.066480 | 0.020484                       | 0.398862 | 1.54     | 0.099099 | 82.90            | 78.56 | 1.42               | 1.42  |
| PV-12.3 | PV-12.2 | 0.009 | 1.40          | 25.45   | 0.065482                        | 0.564567 | 0.79     | 0.173394 | 0.150180                       | 0.719490 | 1.00     | 0.261905 | 78.53            | 77.68 | 1.45               | 1.42  |
| PV-12.2 | PV-12.1 | 0.009 | 1.86          | 33.88   | 0.074866                        | 0.587342 | 1.09     | 0.185147 | 0.170619                       | 0.746290 | 1.39     | 0.279487 | 77.65            | 76.15 | 1.45               | 1.42  |
| PV-12.1 | PV-12   | 0.009 | 1.84          | 33.57   | 0.094659                        | 0.629253 | 1.16     | 0.207848 | 0.214795                       | 0.796655 | 1.47     | 0.314727 | 76.12            | 74.64 | 1.45               | 1.42  |
| PV-12   | PV-11   | 0.009 | 0.81          | 41.06   | 0.167500                        | 0.742365 | 0.60     | 0.276865 | 0.373580                       | 0.927412 | 0.75     | 0.423373 | 74.54            | 74.44 | 1.52               | 5.72  |
| PV-11.3 | PV-11.2 | 0.009 | 1.05          | 19.06   | 0.068082                        | 0.571103 | 0.60     | 0.176726 | 0.156787                       | 0.728442 | 0.76     | 0.267694 | 83.28            | 82.81 | 1.42               | 1.60  |
| PV-11.2 | PV-11.1 | 0.009 | 2.33          | 42.44   | 0.056386                        | 0.540095 | 1.26     | 0.161202 | 0.128760                       | 0.688348 | 1.60     | 0.242328 | 82.78            | 80.43 | 1.63               | 1.42  |
| PV-11.1 | PV-11   | 0.009 | 1.99          | 36.21   | 0.087754                        | 0.615437 | 1.22     | 0.200206 | 0.199128                       | 0.779813 | 1.55     | 0.302600 | 80.40            | 78.74 | 1.45               | 1.42  |
| PV-11.8 | PV-11.7 | 0.009 | 2.90          | 52.83   | 0.017499                        | 0.380351 | 1.10     | 0.091951 | 0.040512                       | 0.489455 | 1.42     | 0.137355 | 96.14            | 92.71 | 1.42               | 1.42  |
| PV-11.7 | PV-11.6 | 0.009 | 2.84          | 51.77   | 0.032190                        | 0.456915 | 1.30     | 0.122978 | 0.073825                       | 0.584923 | 1.66     | 0.183879 | 92.68            | 89.39 | 1.45               | 1.42  |
| PV-11.6 | PV-11.5 | 0.009 | 2.41          | 44.02   | 0.054358                        | 0.534250 | 1.29     | 0.158356 | 0.124128                       | 0.680974 | 1.64     | 0.237910 | 89.36            | 86.87 | 1.45               | 1.42  |
| PV-11.5 | PV-11.4 | 0.009 | 2.50          | 45.61   | 0.066567                        | 0.567317 | 1.42     | 0.174792 | 0.151295                       | 0.721021 | 1.80     | 0.262889 | 86.84            | 84.17 | 1.45               | 1.42  |
| PV-11.4 | PV-11   | 0.009 | 3.56          | 65.03   | 0.059672                        | 0.549246 | 1.96     | 0.165709 | 0.134814                       | 0.697449 | 2.49     | 0.247997 | 84.14            | 78.05 | 1.45               | 2.11  |
| PV-11   | PV-10   | 0.009 | 0.75          | 54.52   | 0.244028                        | 0.825666 | 0.62     | 0.336462 | 0.534607                       | 1.016703 | 0.76     | 0.520287 | 74.39            | 74.32 | 5.77               | 3.32  |
| PV-10   | PV-10.1 | 0.009 | 0.77          | 87.62   | 0.197240                        | 0.777713 | 0.60     | 0.301113 | 0.428726                       | 0.961560 | 0.74     | 0.457431 | 74.25            | 74.20 | 3.39               | 3.60  |
| PV-10.1 | PV-10.2 | 0.009 | 5.06          | 576.41  | 0.030714                        | 0.450531 | 2.28     | 0.120242 | 0.066720                       | 0.567703 | 2.87     | 0.174988 | 74.17            | 72.09 | 3.63               | 1.52  |
| PV-10.2 | PV-10.3 | 0.009 | 0.77          | 87.62   | 0.202045                        | 0.783028 | 0.60     | 0.304886 | 0.438897                       | 0.967409 | 0.74     | 0.463590 | 72.06            | 72.03 | 1.55               | 1.97  |
| PV-10.3 | PV-10.4 | 0.009 | 3.03          | 345.48  | 0.051244                        | 0.524969 | 1.59     | 0.153887 | 0.111317                       | 0.659755 | 2.00     | 0.225290 | 72.00            | 71.17 | 2.00               | 1.52  |
| PV-10.4 | PV-10.5 | 0.009 | 2.80          | 319.23  | 0.055458                        | 0.537444 | 1.50     | 0.159908 | 0.120471                       | 0.675090 | 1.89     | 0.234370 | 71.14            | 70.43 | 1.55               | 1.52  |
| PV-9.3  | Planta  | 0.009 | 9.06          | 1175.43 | 0.028369                        | 0.439917 | 3.99     | 0.115754 | 0.060411                       | 0.551253 | 5.00     | 0.166706 | 70.41            | 68.51 | 2.06               | 3.45  |
| PV-10.5 | Planta  | 0.009 | 7.44          | 847.90  | 0.020880                        | 0.401167 | 2.98     | 0.100004 | 0.045557                       | 0.506238 | 3.76     | 0.145056 | 70.40            | 69.87 | 1.55               | 2.05  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Diseño hidráulico del drenaje sanitario secundario

| De       | A      | Cota terreno (m) |       | D.H. (m) | S terreno (%) | Viviendas |            | Población |         | F.H.   |        | F.q.m. |        | Q. diseño (l/s) | Ø tubería (pulg) | S tubería (%) |
|----------|--------|------------------|-------|----------|---------------|-----------|------------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------------|------------------|---------------|
|          |        | Inicio           | Final |          |               | Locales   | Acumuladas | Actuale   | Futuros | Actual | Futuro | Actual | Futuro |                 |                  |               |
| PV-6.3.1 | PV-6.3 | 81.13            | 80.42 | 42.41    | 1.67%         | 5         | 5          | 30        | 72      | 4.355  | 4.280  | 0.005  | 0.65   | 1.54            | 6                | 1.72%         |
| PV-6.3   | PV-7.4 | 80.42            | 77.73 | 65.20    | 4.13%         | 113       | 118        | 708       | 1678    | 3.892  | 3.644  | 0.005  | 27.75  | 63.75           | 8                | 4.13%         |
| PV-7.3.2 | PV-7.3 | 76.60            | 76.99 | 29.17    | -1.34%        | 5         | 5          | 30        | 72      | 4.355  | 4.280  | 0.005  | 0.65   | 1.54            | 6                | 1.23%         |
| PV-7.3.1 | PV-7.3 | 80.75            | 76.99 | 47.66    | 7.89%         | 3         | 3          | 18        | 43      | 4.386  | 4.327  | 0.005  | 0.39   | 0.93            | 6                | 8.10%         |
| PV-7.3   | PV-7.4 | 76.99            | 77.73 | 51.00    | -1.45%        | 7         | 15         | 90        | 214     | 4.256  | 4.137  | 0.005  | 1.92   | 4.43            | 6                | 0.50%         |
| PV-7.4   | PV-8.4 | 77.73            | 77.31 | 67.14    | 0.63%         | 0         | 133        | 798       | 1.892   | 3.861  | 3.604  | 0.005  | 29.38  | 67.28           | 12               | 0.26%         |
| PV-8.3.1 | PV-8.3 | 73.11            | 73.32 | 52.74    | -0.40%        | 10        | 10         | 60        | 143     | 4.298  | 4.198  | 0.005  | 1.29   | 3.00            | 6                | 0.69%         |
| PV-8.3   | PV-8.4 | 73.32            | 77.31 | 52.74    | -7.57%        | 10        | 20         | 120       | 285     | 4.221  | 4.088  | 0.005  | 2.53   | 5.83            | 6                | 0.40%         |
| PV-8.4   | PV-A.1 | 77.31            | 77.35 | 32.65    | -0.12%        | 0         | 153        | 918       | 2.176   | 3.824  | 3.557  | 0.005  | 31.52  | 71.88           | 15               | 0.09%         |
| PV-A.1   | PV-A   | 77.35            | 77.01 | 32.66    | 1.04%         | 0         | 153        | 918       | 2.176   | 3.824  | 3.557  | 0.005  | 31.52  | 71.88           | 15               | 0.09%         |
| PV-A     | PV-B   | 77.01            | 74.71 | 55.94    | 4.11%         | 3         | 156        | 936       | 2.219   | 3.818  | 3.550  | 0.005  | 31.84  | 72.57           | 15               | 0.10%         |
| PV-B     | PV-C   | 74.71            | 70.17 | 52.71    | 8.61%         | 7         | 163        | 978       | 2.318   | 3.806  | 3.535  | 0.005  | 32.58  | 74.15           | 15               | 3.94%         |
| PV-F.1   | PV-C.1 | 70.97            | 69.95 | 69.73    | 1.46%         | 13        | 13         | 78        | 185     | 4.272  | 4.160  | 0.005  | 1.67   | 3.85            | 6                | 1.49%         |
| PV-C.1   | PV-C   | 69.95            | 70.17 | 20.23    | -1.09%        | 2         | 15         | 90        | 214     | 4.256  | 4.137  | 0.005  | 1.92   | 4.43            | 6                | 0.50%         |
| PV-C     | PV-D   | 70.17            | 65.37 | 49.90    | 9.62%         | 4         | 182        | 1.092     | 2.588   | 3.775  | 3.496  | 0.005  | 34.58  | 78.42           | 15               | 8.94%         |
| PV-F     | PV-E   | 66.88            | 65.84 | 63.44    | 1.64%         | 14        | 14         | 84        | 200     | 4.264  | 4.148  | 0.005  | 1.79   | 4.15            | 6                | 1.67%         |
| PV-E     | PV-D   | 65.84            | 65.37 | 73.43    | 0.64%         | 11        | 25         | 150       | 356     | 4.191  | 4.046  | 0.005  | 3.14   | 7.20            | 6                | 0.61%         |
| PV-D     | PV-D.1 | 65.37            | 66.57 | 64.34    | -1.87%        | 15        | 222        | 1.332     | 3.157   | 3.716  | 3.423  | 0.005  | 38.72  | 87.22           | 16               | 0.10%         |
| PV-D.1   | PV-C.2 | 66.57            | 69.82 | 50.57    | -6.43%        | 0         | 222        | 1.332     | 3.157   | 3.716  | 3.423  | 0.005  | 38.72  | 87.22           | 16               | 0.10%         |
| PV-C.2.1 | PV-C.2 | 70.30            | 69.82 | 68.21    | 0.70%         | 12        | 12         | 72        | 171     | 4.280  | 4.172  | 0.005  | 1.54   | 3.57            | 6                | 0.72%         |
| PV-C.2   | PV-C.3 | 69.82            | 70.33 | 53.51    | -0.95%        | 0         | 234        | 1.404     | 3.328   | 3.700  | 3.404  | 0.005  | 39.95  | 89.82           | 18               | 0.06%         |
| PV-C.3.1 | PV-C.3 | 74.48            | 70.33 | 71.29    | 5.82%         | 13        | 13         | 78        | 185     | 4.272  | 4.160  | 0.005  | 1.67   | 3.85            | 6                | 5.93%         |
| PV-C.5   | PV-C.4 | 76.18            | 72.12 | 54.94    | 7.39%         | 14        | 14         | 84        | 200     | 4.264  | 4.148  | 0.005  | 1.79   | 4.15            | 6                | 7.56%         |
| PV-C.4   | PV-C.3 | 72.12            | 70.33 | 55.35    | 3.23%         | 0         | 14         | 84        | 200     | 4.264  | 4.148  | 0.005  | 1.79   | 4.15            | 6                | 3.26%         |
| PV-C.3   | Planta | 70.33            | 70.72 | 50.02    | -0.78%        | 0         | 261        | 1.566     | 3.712   | 3.666  | 3.362  | 0.005  | 42.67  | 95.58           | 18               | 0.06%         |

Continuación de la tabla VII.

| De       | A      | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas actuales |          |          | Relaciones hidráulicas futuras |          |          | Cotas invert (m) |          | Profundidad pozo (m) |       |        |       |
|----------|--------|-------|---------------|---------|---------------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|------------------|----------|----------------------|-------|--------|-------|
|          |        |       | V (m/s)       | Q (l/s) | q/Q                             | v/V      | V diseño | d/D                            | q/Q      | v/V      | V diseño         | d/D      | CIS                  | CIE   | Inicio | Final |
| PV-6.3.1 | PV-6.3 | 0.009 | 1.65          | 30.10   | 0.021704                        | 0.405870 | 0.67     | 0.101863                       | 0.051195 | 0.524818 | 0.87             | 0.153815 | 79.71                | 79.00 | 1.42   | 1.42  |
| PV-6.3   | PV-7.4 | 0.009 | 3.10          | 100.44  | 0.276257                        | 0.854564 | 2.65     | 0.359319                       | 0.634737 | 1.058891 | 3.28             | 0.578419 | 78.95                | 76.31 | 1.47   | 1.42  |
| PV-7.3.2 | PV-7.3 | 0.009 | 1.40          | 25.45   | 0.025665                        | 0.426877 | 0.60     | 0.110943                       | 0.060539 | 0.551600 | 0.77             | 0.166878 | 75.18                | 74.84 | 1.42   | 2.15  |
| PV-7.3.1 | PV-7.3 | 0.009 | 3.58          | 65.31   | 0.006044                        | 0.275532 | 0.99     | 0.055693                       | 0.014246 | 0.357421 | 1.28             | 0.083409 | 79.33                | 75.57 | 1.42   | 1.42  |
| PV-7.3   | PV-7.4 | 0.009 | 0.89          | 16.23   | 0.118021                        | 0.671073 | 0.60     | 0.231971                       | 0.272804 | 0.851604 | 0.76             | 0.356919 | 74.81                | 74.56 | 2.18   | 3.17  |
| PV-7.4   | PV-8.4 | 0.009 | 1.02          | 74.30   | 0.395368                        | 0.941421 | 0.96     | 0.436977                       | 0.905494 | 1.132533 | 1.15             | 0.745507 | 74.41                | 74.24 | 3.32   | 3.07  |
| PV-8.3.1 | PV-8.3 | 0.009 | 1.05          | 19.06   | 0.067642                        | 0.570009 | 0.60     | 0.176166                       | 0.157449 | 0.729324 | 0.76             | 0.268269 | 71.69                | 71.33 | 1.42   | 1.99  |
| PV-8.3   | PV-8.4 | 0.009 | 0.80          | 14.51   | 0.174498                        | 0.751094 | 0.60     | 0.282721                       | 0.401357 | 0.945149 | 0.75             | 0.440680 | 71.30                | 71.09 | 2.02   | 6.22  |
| PV-8.4   | PV-A.1 | 0.009 | 0.70          | 79.26   | 0.397692                        | 0.942874 | 0.66     | 0.438416                       | 0.906908 | 1.132745 | 0.79             | 0.746498 | 70.87                | 70.84 | 6.44   | 6.51  |
| PV-A.1   | PV-A   | 0.009 | 0.70          | 79.26   | 0.397692                        | 0.942874 | 0.66     | 0.438416                       | 0.906908 | 1.132745 | 0.79             | 0.746498 | 70.81                | 70.78 | 6.54   | 6.23  |
| PV-A     | PV-B   | 0.009 | 0.73          | 83.55   | 0.381105                        | 0.932332 | 0.68     | 0.428096                       | 0.868625 | 1.126218 | 0.83             | 0.720424 | 70.75                | 70.70 | 6.26   | 4.01  |
| PV-B     | PV-C   | 0.009 | 4.60          | 524.41  | 0.062131                        | 0.555859 | 2.56     | 0.169004                       | 0.141399 | 0.707117 | 3.25             | 0.254038 | 70.67                | 68.65 | 4.04   | 1.52  |
| PV-F.1   | PV-C.1 | 0.009 | 1.54          | 28.01   | 0.059471                        | 0.548697 | 0.84     | 0.165437                       | 0.137375 | 0.701250 | 1.08             | 0.250362 | 69.55                | 68.53 | 1.42   | 1.42  |
| PV-C.1   | PV-C   | 0.009 | 0.89          | 16.23   | 0.118021                        | 0.671073 | 0.60     | 0.231971                       | 0.272804 | 0.851604 | 0.76             | 0.356919 | 68.50                | 68.41 | 1.45   | 1.76  |
| PV-C     | PV-D   | 0.009 | 6.93          | 789.94  | 0.043778                        | 0.500916 | 3.47     | 0.142593                       | 0.099273 | 0.638076 | 4.42             | 0.212811 | 68.18                | 63.85 | 1.99   | 1.52  |
| PV-F     | PV-E   | 0.009 | 1.63          | 29.66   | 0.060382                        | 0.551174 | 0.90     | 0.166666                       | 0.139872 | 0.704904 | 1.15             | 0.252648 | 65.46                | 64.42 | 1.42   | 1.42  |
| PV-E     | PV-D   | 0.009 | 0.98          | 17.92   | 0.175374                        | 0.752168 | 0.74     | 0.283448                       | 0.401787 | 0.945414 | 0.93             | 0.440945 | 64.39                | 63.95 | 1.45   | 1.42  |
| PV-D     | PV-D.1 | 0.009 | 0.77          | 99.24   | 0.390185                        | 0.938153 | 0.72     | 0.433760                       | 0.878913 | 1.128124 | 0.86             | 0.727290 | 63.70                | 63.64 | 1.67   | 2.93  |
| PV-D.1   | PV-C.2 | 0.009 | 0.77          | 99.24   | 0.390185                        | 0.938153 | 0.72     | 0.433760                       | 0.878913 | 1.128124 | 0.86             | 0.727290 | 63.61                | 63.56 | 2.96   | 6.26  |
| PV-C.2.1 | PV-C.2 | 0.009 | 1.07          | 19.47   | 0.079127                        | 0.596998 | 0.64     | 0.190252                       | 0.183189 | 0.761567 | 0.81             | 0.289860 | 68.88                | 68.40 | 1.42   | 1.42  |
| PV-C.2   | PV-C.3 | 0.009 | 0.64          | 105.23  | 0.379587                        | 0.931347 | 0.60     | 0.427145                       | 0.853518 | 1.122916 | 0.72             | 0.709509 | 63.51                | 63.48 | 6.31   | 6.85  |
| PV-C.3.1 | PV-C.3 | 0.009 | 3.06          | 55.88   | 0.029811                        | 0.446510 | 1.37     | 0.118533                       | 0.068861 | 0.573027 | 1.76             | 0.177713 | 73.06                | 68.91 | 1.42   | 1.42  |
| PV-C.5   | PV-C.4 | 0.009 | 3.46          | 63.10   | 0.028380                        | 0.439966 | 1.52     | 0.115774                       | 0.065740 | 0.565224 | 1.96             | 0.173727 | 74.76                | 70.70 | 1.42   | 1.42  |
| PV-C.4   | PV-C.3 | 0.009 | 2.27          | 41.43   | 0.043217                        | 0.498994 | 1.13     | 0.141708                       | 0.100111 | 0.639646 | 1.45             | 0.213701 | 70.67                | 68.91 | 1.45   | 1.42  |
| PV-C.3   | Planta | 0.009 | 0.64          | 105.23  | 0.405524                        | 0.947713 | 0.61     | 0.443249                       | 0.908296 | 1.132951 | 0.73             | 0.747474 | 63.45                | 63.42 | 6.88   | 7.30  |

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3. Presupuesto**

Es un plan de las actividades y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Para lo cual es necesario tomar en consideración cada uno de los aspectos y especificaciones que se fijaron durante el diseño.

- Integración de precios unitarios

Se refiere al desglose de cada material y actividad requerida para llevar a cabo una determinada unidad de trabajo. Se debe tomar en cuenta la maquinaria y el equipo, los materiales, la mano de obra y los combustibles. En la tabla VIII, se presenta un ejemplo ilustrativo de la integración de precios unitarios.

- Cantidades estimadas de trabajo

En el cuadro resumen general se presenta la cantidad, precio unitario y total de cada renglón, así como el costo total del proyecto (tabla IX).

- Cronograma de ejecución física y financiera

Es la planificación de la obra, definida a través de su ejecución a través del tiempo y tiene como objetivo el control financiero y físico del proyecto. Se prevé desarrollar el alcantarillado sanitario en un lapso de cinco meses.

Sin embargo, durante la planificación, el diseño y la ejecución de una obra civil, pueden surgir imprevistos que alarguen su tiempo de realización. En la tabla X, se presenta el cronograma de ejecución física y financiera.

Tabla VIII. Ejemplo de integración de precio unitario del sistema de drenaje sanitario

| Descripción del renglón  | Cantidad | Unidad         | PU                   | Total          |
|--|----------|----------------|----------------------|----------------|
| Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | 1,00     | ml             | Q 233,41             | Q 233,41       |
| <i>Nota:</i>   |          |                |                      |                |
|  |          |                |                      |                |
| Descripción de maquinaria y equipo   | Cantidad | Unidad         | Costo                | Subtotal       |
| Camión de volteo   | 0,021    | Viaje          | Q 417,50             | Q 8,77         |
| Retroexcavadora CAT 416 (excavación)   | 0,110    | Hora           | Q 335,00             | Q 36,87        |
| Retroexcavadora CAT 416 (carga de material sobrante)   | 0,005    | Hora           | Q 335,00             | Q 1,76         |
| Bailarina  | 0,106    | Hora           | Q 135,00             | Q 14,27        |
| Cisterna   | 0,004    | Viaje          | Q 300,00             | Q 1,19         |
| Transporte de maquinaria y/o equipo  | 1,000    | global         | Q 1,06               | Q 1,06         |
|  |          |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 63,91</b> |
|  |          |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 57,06</b> |
|  |          |                |                      |                |
| Descripción de combustible y lubricantes   | Cantidad | Unidad         | Costo                | Subtotal       |
| Combustible regular  | 0,013    | gal            | Q 20,58              | Q 0,27         |
|  |          |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 0,27</b>  |
|  |          |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 0,24</b>  |
|  |          |                |                      |                |
| Descripción de materiales  | Cantidad | Unidad         | Costo                | Subtotal       |
| Tubo PVC de 6" con campana y anillos de hule norma ASTM D3034  | 0,17     | unidad         | Q 380,76             | Q 65,36        |
| Selecto  | 0,17     | m <sup>3</sup> | Q 75,00              | Q 12,60        |
| Lubricante para juntas de hule (jabón)   | 0,01     | unidad         | Q 10,00              | Q 0,10         |
| Transporte de material   | 1,00     | global         | Q 3,90               | Q 3,90         |
|  |          |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 81,97</b> |
|  |          |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 73,18</b> |
|  |          |                |                      |                |
| Descripción de mano de obra  | Cantidad | Unidad         | Costo                | Subtotal       |
| Trazo de niveles   | 1,00     | ml             | Q 0,71               | Q 0,71         |
| Colocación de niveles  | 1,00     | ml             | Q 1,15               | Q 1,15         |
| Tallado y nivelación   | 0,60     | m <sup>2</sup> | Q 2,77               | Q 1,66         |
| Colocación del material de relleno (selecto + suelo)   | 0,93     | m <sup>3</sup> | Q 3,75               | Q 3,50         |
| Compactación de suelos con bailarina   | 4,76     | m <sup>2</sup> | Q 1,00               | Q 4,73         |
| Compactación de suelos (manual)  | 0,04     | m <sup>3</sup> | Q 10,71              | Q 0,43         |
| Colocación de tubería 6" PVC con campana y anillos de hule   | 1,00     | ml             | Q 2,06               | Q 2,06         |
|  |          |                | <b>Subtotal</b>      | <b>Q 14,23</b> |
| <b>Porcentaje de ayudante (mano de obra)</b>   |          |                | 30,00 %              | Q 4,27         |
| <b>Prestaciones (mano de obra + porcentaje de ayudante)</b>  |          |                | 86,33 %              | Q 15,97        |
|  |          |                | <b>Total</b>         | <b>Q 34,48</b> |
|  |          |                |                      |                |
| <b>HERRAMIENTA (mano de obra)</b>  |          |                | 5,00 %               | Q 1,72         |
| <b>COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra + herramientas)</b>  |          |                |                      | Q 182,35       |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>   |          |                | 28,00 %              | Q 51,06        |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>   |          |                |                      | Q 233,41       |
| <b>IVA</b>   |          |                | 0,00 %               | Q -            |
| <b>COSTO TOTAL</b>   |          |                |                      | Q 233,41       |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Resumen general del presupuesto del sistema de drenaje sanitario**

| Núm.  | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN   | UNIDAD           | CANTIDAD     | COSTO UNITARIO              | COSTO RENGLÓN         |
|---|--|------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>1.00 TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES</b> |  |                  |              |                             |                       |
| 1,01  | Trabajos de topografía, trazo y nivelación   | ml               | 6 061,77     | Q 2,27                      | Q 13 774,60           |
| 1,02  | Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo)  | m <sup>2</sup>   | 3 903,48     | Q 11,80                     | Q 46 051,65           |
| 1,03  | Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente  | Ton-m            | 669,45       | Q 1 530,82                  | Q 1 024 800,95        |
|   |  |                  |              | <b>SUBTOTAL</b>             | <b>Q 1 084 627,20</b> |
| <b>2.00 LÍNEA DE ALCANTARILLADO</b>         |  |                  |              |                             |                       |
| 2,01  | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | ml               | 4504,908     | Q 233,41                    | Q 1 051 472,03        |
| 2,02  | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 8" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | ml               | 568,157      | Q 304,01                    | Q 172 725,90          |
| 2,03  | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante  | ml               | 181,128      | Q 608,96                    | Q 110 299,66          |
| 2,04  | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante  | ml               | 335,560      | Q 794,83                    | Q 266 712,94          |
| 2,05  | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante  | ml               | 238,985      | Q 1 154,58                  | Q 275 926,43          |
|   |  |                  |              | <b>SUBTOTAL</b>             | <b>Q 1 877 136,96</b> |
| <b>3.00 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE</b>   |  |                  |              |                             |                       |
| 3,01  | Construcción de conexión domiciliar (tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y silleta. (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación) | unidad           | 830,000      | Q 1 562,19                  | Q 1 296 618,05        |
| 3,02  | Disipador de energía para pozos tipo de bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 6" norma ASTM D3034)   | unidad           | 3,000        | Q 891,59                    | Q 2 674,76            |
| 3,03  | Disipador de energía para pozos tipo de bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 8" norma ASTM D3034)   | unidad           | 1,000        | Q 1 661,19                  | Q 1 661,19            |
|   |  |                  |              | <b>SUBTOTAL</b>             | <b>Q 1 300 954,00</b> |
| <b>4.00 POZOS DE VISITA</b>                 |  | <b>Hprom [m]</b> | <b>Ø [m]</b> |                             |                       |
| 4,01  | Construcción de pozo de visita tipo 1  | 1,4885           | 1,25         | unidad 89,00                | Q 7 180,19            |
| 4,02  | Construcción de pozo de visita tipo 2  | 2,1585           | 1,50         | unidad 15,00                | Q 10 567,50           |
|   |  |                  |              | <b>SUBTOTAL</b>             | <b>Q 797 549,89</b>   |
|   |  |                  |              | <b>COSTO ESTIMADO TOTAL</b> | <b>Q 5 060 268,05</b> |

|  |   |
|--|---|
| Presupuesto realizado por: Rodolfo Estrada | En letras: <b>Cinco millones sesenta mil doscientos sesenta y ocho quetzales con 05/100 centavos.</b> |
|--|---|

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Cronograma de ejecución física y financiera de drenaje sanitario

| Num.<br>1.00                              | DESCRIPCIÓN DE RENGLON  | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO RENGLON  | MESES        |              |         |              |        |                          |
|---|---|--------|----------|----------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------|--------------------------|
|   |   |        |          |                | 1            | 2            | 3       | 4            | 5      |                          |
| <b>TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES</b>    |   |        |          |                |              |              |         |              |        |                          |
| 1.01                                      | Trabajos de topografía, raso y nivelación   | ml     | 6 061,77 | Q 13 774,60    |              |              |         |              |        |                          |
|   |   |        |          | Q 3 903,48     |              |              |         |              |        |                          |
| 1.02                                      | Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo)   | m²     | 3 903,48 | Q 46 051,65    |              |              |         |              |        |                          |
| 1.03                                      | Suministro y colocación de mezcla asfáltica en calle  | Ton-m  | 669,45   | Q 1 024 800,95 |              |              |         |              |        | 669,45<br>Q 1 024 800,95 |
| <b>LÍNEA DE ALCANTARILLADO</b>            |   |        |          |                |              |              |         |              |        |                          |
| 2.01                                      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante  | ml     | 4 504,91 | Q 1 051 472,03 | 900,98       | 1801,96      | 1801,96 |              |        |                          |
|   |   |        |          | Q 210 294,41   | Q 420 588,81 | Q 420 588,81 |         |              |        |                          |
| 2.02                                      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 8" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante  | ml     | 568,16   | Q 172 725,90   |              |              |         | 568,16       |        |                          |
|   |   |        |          | Q 172 725,90   |              |              |         | Q 172 725,90 |        |                          |
| 2.03                                      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | ml     | 181,13   | Q 110 299,66   |              |              |         | 181,13       |        |                          |
|   |   |        |          | Q 110 299,66   |              |              |         | Q 110 299,66 |        |                          |
| 2.04                                      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | ml     | 335,56   | Q 266 712,94   |              |              |         |              | 335,56 |                          |
|   |   |        |          | Q 266 712,94   |              |              |         | Q 266 712,94 |        |                          |
| 2.05                                      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | ml     | 238,98   | Q 275 926,43   |              |              |         |              | 238,98 |                          |
|   |   |        |          | Q 275 926,43   |              |              |         | Q 275 926,43 |        |                          |
| <b>3.00 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE</b> |   |        |          |                |              |              |         |              |        |                          |
| 3.01                                      | Constitución de conexión domiciliar (tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y sileta. (incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación) | unidad | 830,00   | Q 1 296 618,05 |              |              |         |              |        |                          |
|   |   |        |          | Q 1 296 618,05 |              |              |         |              |        |                          |
| 3.02                                      | Disipador de energía para pozos tipo de bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 6" norma ASTM D3034)  | unidad | 3,00     | Q 2 874,76     | 0,60         | 1,20         | 1,20    |              |        |                          |
|   |   |        |          | Q 534,95       | Q 1 069,90   | Q 1 069,90   |         |              |        |                          |
| 3.03                                      | Disipador de energía para pozos tipo de bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 8" norma ASTM D3034)  | unidad | 1,00     | Q 1 661,19     |              |              |         | 1,00         |        |                          |
| <b>4.00 POZOS DE VISTA</b>                |   |        |          |                |              |              |         |              |        |                          |
| 4.01                                      | Constitución de pozo de visita tipo 1   | unidad | 89,00    | Q 639 037,32   | 17,80        | 35,60        | 35,60   |              |        |                          |
|   |   |        |          | Q 127 807,46   | Q 255 614,93 | Q 383 422,39 |         |              |        |                          |
| 4.02                                      | Constitución de pozo de visita tipo 1   | unidad | 15,00    | Q 158 512,57   |              |              |         | 15,00        |        |                          |
|   |   |        |          | Q 39 628,14    | Q 118 884,43 | Q 118 884,43 |         |              |        |                          |

Fuente: elaboración propia.



## 2.2.4. Análisis socioeconómico

### 2.2.4.1. Valor presente neto

Es la suma de los flujos netos de caja anuales actuales menos la inversión inicial. Este valor indica el dinero que recibirá en el futuro el proyecto actualizado a un período y una tasa de interés determinados. Para el sistema de alcantarillado sanitario se calcula el VPN con una tasa de interés igual a la tasa promedio ponderada para créditos al sector construcción en moneda nacional al 31 de agosto de 2016, la cual es 9,0 %.

Se cobrará una pequeña cuota por el derecho de conexión domiciliar, correspondiente al 5 % del costo total del proyecto, distribuido en el número total de habitantes. También, habrá una cuota mensual para la limpieza del drenaje equivalente al valor del salario mínimo aprobado para el año en curso, es decir, Q 2 747,04 mensuales, está la pagará la municipalidad, por lo tanto es uno de los costos del proyecto.

Ingreso inicial por conexión domiciliar =  $0,05 \times 5\,060\,268,05 = Q\,253\,013,40$

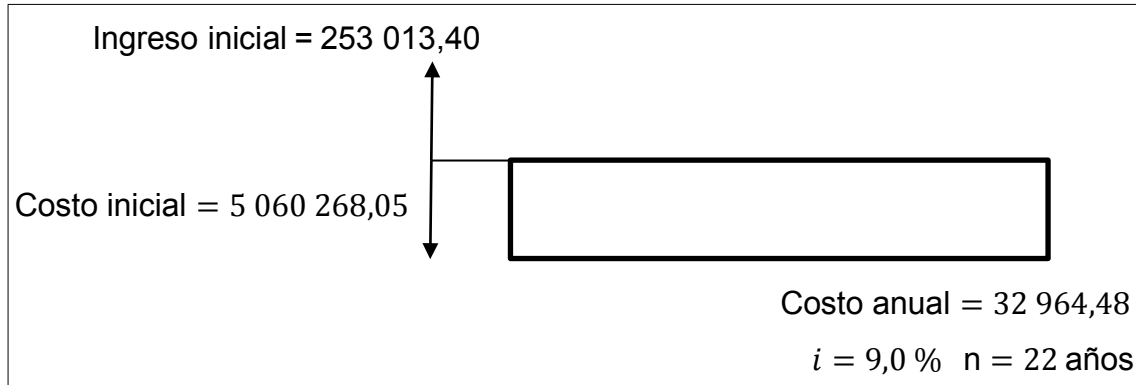
Costo anual por limpieza =  $2\,747,04 \times 12 = Q\,32\,964,48$

Tabla XI. Información para cálculo del valor presente neto

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Costo inicial     | Q 5 060 268,05 |
| Ingreso inicial   | Q 253 013,40   |
| Costo anual       | Q 32 964,48    |
| Ingreso anual     | Q 0,00         |
| Período de diseño | 22 años        |

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Valor presente neto



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = \text{ingreso inicial} - \text{costo inicial} + \text{ingreso anual} \times \frac{[1 - (1 + i)^{-n}]}{i} - \text{costo anual} \times \frac{[1 - (1 + i)^{-n}]}{i}$$

$$VPN = 253\,013,40 - 5\,060\,268,05 + 0 \times \frac{[1 - (1 + 0,09)^{-22}]}{0,09} - 32\,964,48 \times \frac{[1 - (1 + 0,09)^{-22}]}{0,09}$$

$$= -Q\,5\,118\,519,30$$

El VPN es negativo porque la inversión inicial es muy alta, el ingreso inicial relativamente bajo y el ingreso anual es nulo. Sin embargo, al ser una obra de tipo social, los beneficios se verán reflejados en la mejora de la calidad de vida de las personas y la prevención del deterioro de la contaminación ambiental.

#### 2.2.4.2. Tasa interna de retorno

Como no hay ingresos mensuales ni anuales, el proyecto no presenta tasa interna de retorno.

### **2.2.4.3. Evaluación de impacto ambiental**

Esta fase es de vital importancia en la planificación y diseño de cualquier proyecto de alcantarillado, ya que es en esta en donde se identifican, predicen y evalúan los efectos físicos y sociales con el sector donde se desarrollará. También, se plantean planes de mitigación.

Este estudio establece principalmente los potenciales problemas ambientales y define las medidas pertinentes para paliar sus efectos adversos. Los principales objetivos de esta evaluación son brindar información sobre las consecuencias del proyecto a las personas adecuadas y facilitar la toma de decisiones respecto a su ejecución, así como producir efectos regulados ambientalmente.

- Impacto ambiental

Son aquellas alteraciones producidas por los procesos constructivos en el área de influencia definida.

- Aire

La excavación y movimiento de tierras provocará un aumento en las partículas de polvo que pueden provocar afecciones respiratorias a las personas de la localidad. Asimismo, la maquinaria emana gases nocivos para la salud.

- Desechos sólidos/líquidos

Los desechos sólidos representan al producto de la excavación y movimiento de tierras y de la basura generada por la mano de obra. Fallas en la tubería u otros elementos del alcantarillado provocarían contaminación de los mantos freáticos. En este lugar, este es un riesgo latente y de alto impacto por su cercanía con el Lago de Amatitlán.

- Geología/geomorfología

El suelo será modificado estructuralmente cuando se excaven zanjas para la colocación de la tubería, conexiones domiciliarias y pozos de visita. La vibración que la maquinaria pesada empleada puede provocar el mismo efecto.

- Ruido/vibraciones

El control del ruido dentro de este tipo de proyectos es laxo, ya que la mayor parte de las excavaciones se harán con la mano de obra y no con la maquinaria.

- Planes de contingencia

Son el conglomerado de medidas que se toman para prevenir, reducir, corregir o restaurar la magnitud de los impactos negativos producidos al medio ambiente.

- Aire

El control de la humedad de las mezclas y del suelo es un atenuante de las nubes de polvo provocados por los movimientos de materiales y del suelo.

También, la maquinaria debe encontrarse en óptimas condiciones para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

- Desechos sólidos/líquidos

Se programarán jornadas de limpieza y se instalarán depósitos de basura para evitar que la mano de obra contamine el sector. Las tuberías utilizadas en el proyecto están normadas y respaldadas por diferentes instituciones, pese a eso, antes de la instalación se revisará tanto el tubo como los acoples.

También, se deberá ensayar la eficiencia y absorción de agua que esta tenga. Para este efecto, se verterá determinada cantidad de agua sobre cada sección y aguas abajo, se verificará que aún se tenga el 90 % o más del líquido.

La descarga de las aguas residuales se hará al norte del campo de fútbol de la colonia Eterna Primavera. La Municipalidad de Villa Nueva tiene contemplado un proyecto de actualización y ampliación del sistema de plantas de tratamiento del municipio, por lo tanto, al momento de construir este sistema de drenaje sanitario también se instalará su planta.

- Geología/geomorfología

El relleno se colocará en capas de 0,20 metros para lograr que la compactación sea uniforme y deberá alcanzar una compactación del 95 % de Proctor estándar para evitar asentamientos.

- Ruido/vibraciones

Se procurará que las actividades que involucren maquinaria pesada se realicen en las jornadas matutina y vespertina para mitigar el ruido y las vibraciones que estas provoquen.

## **2.3. Diseño del sistema de drenaje pluvial**

### **2.3.1. Localización de la descarga**

La línea de conducción del agua pluvial será llevada paralelamente a la de las aguas residuales. Esta tiene 11 salidas hacia el zanjón de la colonia Eterna Primavera, ubicadas en los puntos más bajos. La Municipalidad de Villa Nueva en su programa de mejora y ampliación del sistema de drenajes tiene contemplado el diseño y la construcción de la infraestructura de descargas y protección, por lo tanto, esto será realizado por dicha institución.

### **2.3.2. Análisis hidrológico de la cuenca**

Es el factor más importante en el diseño del drenaje pluvial. Es la identificación más exacta posible de los caudales máximos provocados por las lluvias, los caudales de escorrentía que están en función de la topografía, la permeabilidad del suelo y el área tributaria. El estudio de una cuenca tiene como objetivo determinar las características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. Mientras más información se tenga sobre la cuenca, más efectividad tendrán las decisiones en la planificación y diseño de obras hidráulicas.

Una cuenca hidrológica es un ente físico natural, definido como un área limitada topográficamente, drenada por uno o varios cursos de agua en donde todo el caudal efluente es descargado en el punto más bajo. El límite

topográfico es la divisoria de cuencas o parteaguas que es la línea imaginaria que separa las precipitaciones que caen sobre las cuencas vecinas y que encaminan la escorrentía resultante para otro sistema.

Se recorrió el área de aporte hasta su divisoria de cuencas y fue posible observar y determinar varios factores de la cuenca que condicionan la cantidad de caudal de escorrentía:

- Área tributaria: es la medida de la superficie que contribuye al sistema de alcantarillado pluvial proyectado. Se determinó un área de 101 hectáreas o 1,01 km<sup>2</sup>.
- Longitud del drenaje: es la variable que define la elongación. Aproximadamente, se tiene una longitud de 522,38 m, desde la línea de divisoria de aguas hasta el punto de descarga.
- Pendiente principal: la pendiente es otro factor que determina el ritmo de producción de un caudal máximo de escorrentía superficial, así como la capacidad de concentración de la descarga. Se definió una pendiente media de 5,15 %.
- Porcentaje de áreas boscosas y áreas impermeables: este parámetro afecta el coeficiente de infiltración de la escorrentía superficial; está en función del tipo de suelo y vegetación que el agua atraviesa. Como casi todos los suelos del valle de la región metropolitana de Guatemala, los de esta área son de origen volcánico, con la consideración que al ser un lugar densamente poblado tiene un área urbana bastante alta. Esta última, representa el 94,4 % del área total, se deja únicamente 5,6 % de área verde de vegetación moderada o promedio.

### **2.3.3. Método racional**

Es un modelo empírico sencillo utilizado en el diseño de drenajes urbanos con áreas relativamente pequeñas. Calcula el caudal pico de aguas precipitadas usando como datos la intensidad media de lluvia, el tiempo de concentración utilizado como duración y un coeficiente de impermeabilidad o escorrentía.

#### **2.3.3.1. Período de retorno**

Es el tiempo probable de ocurrencia de una precipitación. La selección del período de retorno de una tormenta depende de la frecuencia de las precipitaciones, considerando las intensidades, las características de protección y la importancia de la zona en el municipio. También, importa el tipo de obra que se esté diseñando. Con base en lo anterior y a las recomendaciones del libro *Hidrología aplicada* de Ven Te Chow, se tomó un período de retorno de 25 años, ya que este tiempo es el sugerido en el texto para sistemas de alcantarillado en ciudades pequeñas.

#### **2.3.3.2. Tiempo de concentración**

Es el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en escurrir desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto de estudio.

El tiempo de concentración en los tramos iniciales es igual al tiempo de entrada y depende de varios factores. Según el *Reglamento para diseño y construcción de drenajes* de la Municipalidad de Guatemala, este valor está en función de la pendiente del tramo y su porcentaje de impermeabilidad (tabla XII). Sin embargo, según el criterio del Instituto Nacional de Fomento Municipal



(Infom) se determinó que el tiempo de concentración en estos casos será uniforme, teniendo una magnitud de 12 minutos.

Tabla XII. **Tiempos de entrada para tramos iniciales**

|                        |       | Impermeabilidad |           |      |      |      |     |     |     |     |
|------------------------|-------|-----------------|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|                        |       | 10% a 20%       | 20% a 30% | 30%  | 40%  | 50%  | 60% | 70% | 80% | 90% |
| Pendiente longitudinal | 1% >  | 20              | 19        | 18   | 17   | 16   | 15  | 14  | 13  | 12  |
|                        | 1%    | 19              | 18        | 17   | 16   | 15   | 14  | 13  | 12  | 11  |
|                        | 2%    | 18              | 17        | 16   | 15   | 14   | 13  | 12  | 11  | 10  |
|                        | 3%    | 17              | 16        | 15   | 14   | 13   | 12  | 11  | 10  | 9   |
|                        | 4%    | 16              | 15        | 14   | 13   | 12   | 11  | 10  | 9   | 8   |
|                        | 5%    | 15              | 14        | 13   | 12   | 11   | 10  | 9   | 8   | 7   |
|                        | 6%    | 14.5            | 13.5      | 12.5 | 11.5 | 10.5 | 9.5 | 8.5 | 7.5 | 6.5 |
|                        | 7%    | 14              | 13        | 12   | 11   | 10   | 9   | 8   | 7   | 6   |
|                        | 8%    | 13.5            | 12.5      | 11.5 | 10.5 | 9.5  | 8.5 | 7.5 | 6.5 | 5.5 |
|                        | 9%    | 13              | 12        | 11   | 10   | 9    | 8   | 7   | 6   | 5   |
|                        | 10%   | 12.5            | 11.5      | 10.5 | 9.5  | 8.5  | 7.5 | 6.5 | 5.5 | 4.5 |
|                        | 10% < | 12              | 11        | 10   | 9    | 8    | 7   | 6   | 5   | 4   |

Fuente: elaboración propia.

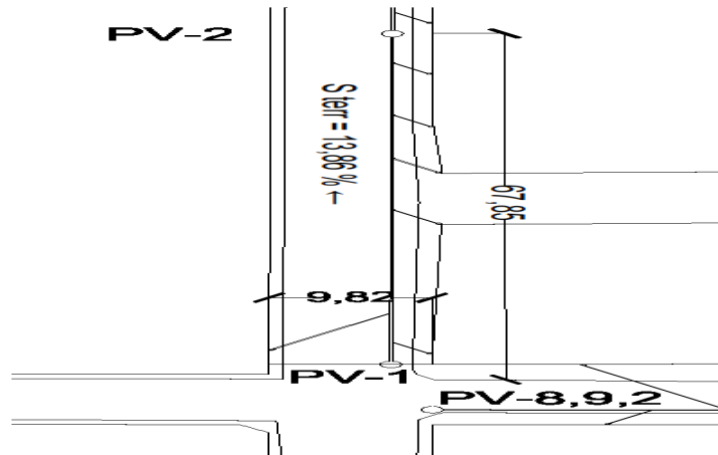
Para los tramos no iniciales, llamados de continuación o consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por medio de la siguiente fórmula:

$$T_n = T_{n-1} + \frac{L}{60 \times V_{n-1}}$$

Donde:

- $T_n$  = tiempo de concentración hasta el tramo considerado (en minutos)
- $T_{n-1}$  = tiempo de concentración hasta el tramo anterior (en minutos)
- $L$  = longitud del tramo anterior (en metros)
- $V_{n-1}$  = velocidad a sección llena del tramo anterior (en metros)

Figura 8. **Planta del tramo de PV-21 a PV-21,A**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

A manera de ilustrar lo anterior, se utilizan los datos del tramo del PV-21 al PV-21,A (figura 8) El tramo anterior tiene un tiempo de concentración de 12 min, una velocidad a sección llena es de 6,42 m/s y una longitud de 64,87 m. Entonces:

$$T_n = 12 + \frac{64,87}{60 \times 6,42} = 12,17 \text{ min}$$

### 2.3.3.3. **Coefficiente de escorrentía**

Está en función del tipo de suelo del tramo, su grado de permeabilidad, de la pendiente del terreno y de otros factores que condicionan el porcentaje de precipitación que deviene en escorrentía; ya que una parte del agua de lluvia se evapora o infiltra. Este dato expresa el porcentaje de volumen del agua precipitada que corre por la superficie analizada. Se calculó a través de la siguiente expresión matemática:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{Total}}}$$

Donde:

- C<sub>n</sub> = coeficiente de escorrentía de un área específica
- A<sub>n</sub> = área específica (en las mismas unidades que el área total)

Se consideraron las distintas áreas: calles, construcciones y áreas verdes. Se toman en forma individual ya que tienen diferentes tipos de superficie y, por tanto, disímil coeficiente de escorrentía (tabla XIV).

En este proyecto se calculó un coeficiente de escorrentía general para todo el sistema. Para lo tanto, se integraron las áreas de todo el sector. Se clasificaron en tres tipos de suelo: techo o concreto, asfáltico y un área verde de condición pobre, con menos del 50 % del área cubierta de pasto y con pendiente promedio entre 2 % y 7 %. A continuación, se presenta el cálculo respectivo:

Tabla XIII. **Integración de áreas y coeficiente de escorrentía**

| Tipo de superficie  |     | (Ha)  | *A    |
|---|-----|-------|-------|
| Concreto/techo  | ,88 | 6,610 | 4,617 |
| Área verde<br>condición pobre,<br>pendiente<br>promedio,<br>2 %-7 % | ,46 | ,916  | ,422  |
| Asfáltica   | ,86 | ,948  | ,115  |
| Suma  | --  | 3,474 | 0,153 |

Fuente: elaboración propia.

Por lo que el coeficiente de escorrentía es de:

$$C = \frac{20,153}{23,474} = 0,859$$

Tabla XIV. **Coefficientes de escorrentía de acuerdo al tipo de superficie y período de diseño**

| Característica  | Periodo de retorno (años) |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 2                         | 5    | 10   | 25   | 30   | 50   | 100  | 500  |
| <b>Áreas desarrolladas</b>  |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Asfáltico   | 0,73                      | 0,77 | 0,81 | 0,86 | 0,87 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| Concreto/ter  | 0,75                      | 0,80 | 0,83 | 0,88 | 0,89 | 0,92 | 0,97 | 1,00 |
| <b>Zonas verdes (jardines, parques, etc)</b>                            |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)</b>      |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,32                      | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,41 | 0,44 | 0,47 | 0,58 |
| Promedio, 2-  | 0,37                      | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,47 | 0,49 | 0,53 | 0,61 |
| Pendiente, s  | 0,40                      | 0,43 | 0,45 | 0,49 | 0,50 | 0,52 | 0,55 | 0,62 |
| <b>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 % al 75 % del área)</b> |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,25                      | 0,28 | 0,30 | 0,34 | 0,35 | 0,37 | 0,41 | 0,53 |
| Promedio, 2-  | 0,33                      | 0,36 | 0,38 | 0,42 | 0,43 | 0,45 | 0,49 | 0,58 |
| Pendiente, s  | 0,37                      | 0,40 | 0,42 | 0,46 | 0,47 | 0,49 | 0,53 | 0,60 |
| <b>Condición buena (cubierta de pasto del 50 % al 75 % del área)</b>    |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,21                      | 0,23 | 0,25 | 0,29 | 0,30 | 0,32 | 0,36 | 0,49 |
| Promedio, 2-  | 0,29                      | 0,32 | 0,35 | 0,39 | 0,40 | 0,42 | 0,46 | 0,56 |
| Pendiente, s  | 0,34                      | 0,37 | 0,40 | 0,44 | 0,45 | 0,47 | 0,51 | 0,58 |
| <b>Áreas no desarrolladas</b>   |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>Áreas de cultivo</b>   |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,31                      | 0,34 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,43 | 0,47 | 0,57 |
| Promedio, 2-  | 0,35                      | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,60 |
| Pendiente, s  | 0,39                      | 0,42 | 0,44 | 0,48 | 0,49 | 0,51 | 0,54 | 0,61 |
| <b>Pastizales</b>   |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,25                      | 0,28 | 0,30 | 0,34 | 0,35 | 0,37 | 0,41 | 0,53 |
| Promedio, 2-  | 0,33                      | 0,36 | 0,38 | 0,42 | 0,43 | 0,45 | 0,49 | 0,58 |
| Pendiente, s  | 0,37                      | 0,40 | 0,42 | 0,46 | 0,47 | 0,49 | 0,53 | 0,60 |
| <b>Bosques</b>  |                           |      |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2 %  | 0,22                      | 0,25 | 0,28 | 0,31 | 0,32 | 0,35 | 0,39 | 0,48 |
| Promedio, 2-  | 0,31                      | 0,34 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,43 | 0,47 | 0,56 |
| Pendiente, s  | 0,35                      | 0,39 | 0,41 | 0,45 | 0,46 | 0,48 | 0,52 | 0,58 |

Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 511.

#### 2.3.3.4. Intensidad de la precipitación

La intensidad de lluvia durante eventos de precipitación fuertes es parte esencial del diseño de alcantarillados pluviales. En el método racional, para encontrar este valor es necesario considerar la duración y la frecuencia. La duración es representada por el tiempo de concentración o de entrada y la frecuencia, por el período de retorno.

Estos parámetros fueron obtenidos por medio de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) derivadas del estudio hidrológico del sector. El modelo matemático para representar dichas curvas está definido por la fórmula que brinda el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh). A través de esta se encuentran las intensidades de precipitación de las distintas regiones del país, utilizando al tiempo de concentración como variable independiente.

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n}$$

Donde:

- $i$  = intensidad de lluvia (en milímetros por hora)
- $t_c$  = tiempo de concentración (en minutos)
- $A, B$  = constantes en función de la estación meteorológica utilizada
- $n$  = variable de ajuste

Las constantes  $A, B$  y  $n$ , varían según la estación meteorológica utilizada en el diseño. También, dependen del período de retorno. Para el proyecto se usaron los datos de la estación Insivumeh, localizada en la ciudad de

Guatemala, por ser la más cercana. El período de retorno es de 25 años por las razones explicadas en el apartado sobre el tema.

Tabla XV. **Datos para el cálculo de la intensidad de lluvia. Estación Insivumeh**

| Valores para (I) | Periodo de retorno (años) |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 2                         | 5     | 10    | 20    | 25    | 30    | 50    | 100   |
| A                | 1302                      | 2770  | 46840 | 39560 | 39060 | 38020 | 36470 | 35420 |
| B                | 12                        | 16    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    |
| n                | 0.868                     | 0.968 | 1.43  | 1.385 | 1.381 | 1.374 | 1.362 | 1.353 |

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala*. p. 5.

Se utiliza el tramo del PV-21 al PV-21,A para ejemplificar. En este, se tiene un tiempo de concentración de 12,17 min, se hace uso de los parámetros para la estación Insivumeh correspondientes al período de retorno de 25 años, se tiene:

$$i = \frac{39\ 060}{(45 + 12,17)^{1,381}} = 146,25 \text{ mm/h}$$

### 2.3.3.5. Cálculo del caudal de diseño

El caudal de diseño, según el método racional, se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360} \times 1\ 000$$

Donde:

- Q = caudal de diseño (en litros por segundo)
- C = coeficiente de escorrentía
- I = intensidad de lluvia (en milímetros por hora)
- A = área tributaria (en hectáreas)

Ejemplificando, se toma el tramo del PV-21 al PV-21,A. El coeficiente del sistema es de 0,859. El tramo tiene una intensidad de lluvia de 146,25 mm/h y un área tributaria de 0,333 Ha. Por tanto:

$$Q = \frac{0,859 \times 146,25 \times 0,333}{360} \times 1\,000 = 116,04 \text{ l/s}$$

#### **2.3.4. Obras complementarias**

Son aquellos elementos del sistema de alcantarillado pluvial que contribuyen al funcionamiento correcto de la red; los principales son los pozos de visita y los tragantes. Estos últimos son fundamentales en el drenaje pluvial ya que su correcto diseño y, construcción permite captar la escorrentía adecuadamente y posteriormente, conducirla hacia la tubería.

Conocidos también como sumideros, los tragantes son estructuras que captan el agua de escorrentía superficial producto de la precipitación pluvial. Pueden ser colocadas de manera longitudinal o transversal a la dirección del flujo. Su ubicación, número y tipo está en función de las características del sector, de manera tal que puedan aprehender eficientemente las aguas pluviales.

Se ubicaron sumideros en los siguientes casos:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra, a 5,00 m de la esquina.
- En las partes bajas o depresiones de un sistema o tramo de tubería.
- Localizados 100 m o menos aguas abajo de la esquina de cada cuadra.
- Antes de puentes o terraplenes.
- En puntos intermedios de las cuadras cuando el tirante del caudal sea mayor a 0,10 m.
- Únicamente en calles pavimentadas o que hayan recibido o vayan a recibir algún tipo de tratamiento para estabilizar la superficie.
- Solamente cuando la vía cuente con bordillo o se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

El diseño se realizó en tres fases: en la primera, se dimensionó el área efectiva de captación, la cual está en función del caudal que llega a cada tragante y el tipo de sumidero utilizado; para el cálculo del caudal, se usó el método racional.

En la segunda, se establecieron dimensiones del conducto que lleva el flujo desde el tragante hacia la red de alcantarillado pluvial. Para esto, se puede utilizar la misma secuencia de pasos empleados para un tramo de tubería del sistema de drenaje pluvial o bien, emplear mínimos de 10" de diámetro y 2 % de



pendiente longitudinal, a 45° debajo de la horizontal, con una longitud no mayor a 15 m. En este caso se optó por la segunda alternativa.

En la tercera fase, se determinó la geometría de la caja de almacenamiento del tragante; estableciendo su largo, ancho y profundidad.

Según todo lo anterior, se definieron tragantes tipo R, longitudinales, tipo ventana, estandarizado por la Municipalidad de Villa Nueva; variaron únicamente las dimensiones de la abertura en donde entrará el flujo que corre por las vías. El conducto será una tubería PVC de 10", con pendiente mínima de 2 %. El detalle de los anteriores dispositivos puede ser consultado en el apéndice.

Se emplearon los tragantes de ventana, colocados en la orilla de la banqueta, debido a que requiere menos mantenimiento para estos que para los de rejilla. Adicionalmente, estos últimos son peligrosos para los peatones, ciclistas y automóviles.

### **2.3.5. Desarrollo para el cálculo de alcantarillado**

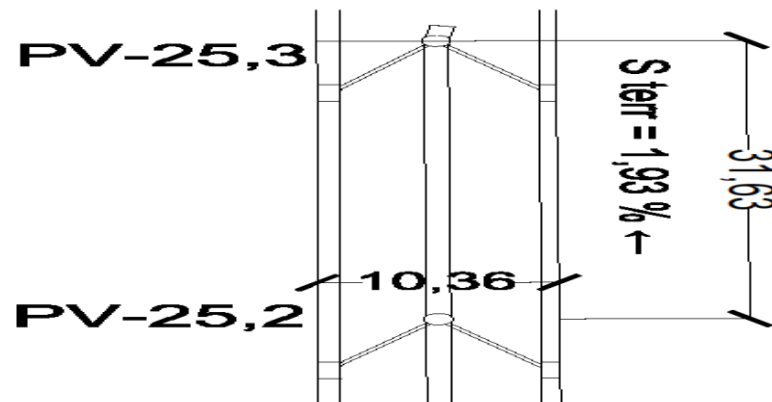
Como ejemplo ilustrativo, se realizaron los cálculos correspondientes al tramo más crítico. Este el que va del PV-25,2 al PV-25,3, cuya planta se muestra en la figura 9.

#### Datos

- Cota PV 25,2: 81,63 m
- Cota PV 25,3: 81,02 m
- Distancia horizontal: 31,63 m

- Coeficiente de escorrentía del sistema: 0,859

Figura 9. **Planta del tramo entre PV-25,2 al PV-25,3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

El tiempo de concentración en este tramo depende del tiempo de concentración, longitud y velocidad a sección llena del tramo anterior. Se tiene:

$$T_n = T_{n-1} + \frac{L}{60 \times V_{n-1}} = 14,10 + \frac{70,03}{60 \times 2,68} = 14,53 \text{ min}$$

La intensidad de lluvia del tramo es la siguiente:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n} = \frac{39\ 060}{(45 + 14,53)^{1,381}} = 138,29 \text{ mm/h}$$

Posteriormente, se determinó el área tributaria de este tramo de tubería. Para la obtención de este dato, se empleó el *software* AutoCAD Civil 3D.

En la tabla XVI, se pueden observar los resultados obtenidos con el *software* empleado.

Tabla XVI. **Integración de áreas**

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Área<br>techo/concreto    | 0,<br>121 Ha         |
| Área verde                | 0,<br>000 Ha         |
| Área asfalto              | 0,<br>030 Ha         |
| Área total                | 0,<br>152 Ha         |
| Área tramos<br>anteriores | 7,<br>093 Ha         |
| <b>Área<br/>acumulada</b> | <b>7,<br/>245 Ha</b> |

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de escorrentía será el mismo para todo el proyecto. Este fue obtenido en una sección anterior. Este igual a 0,859.

Subsiguientemente, se calculó el caudal de diseño por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{0,859 \times 138,29 \times 7,245}{360} \times 1\,000 = 2\,390,51 \text{ l/s}$$

En el tramo del PV-25,2 al PV-25,3, se utilizará una tubería de 42" de diámetro, con una pendiente longitudinal de 0,34 %. Con base en esto, se calcularon los valores de velocidad y caudal a sección llena.

$$V_{\text{sección llena}} = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{0,003429 \times 42^{2/3} \times 0,34^{1/2}}{0,009} = 2,68 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{sección llena}} = A \times V_{\text{sección llena}} = \frac{\pi}{4} \times (42 \times 0,0254)^2 \times 2,68 \times 1\,000$$

$$= 2\,399,31 \text{ l/s}$$

Posteriormente, se determinó la relación de caudal de diseño y caudal a sección llena ( $q/Q$ ); con el uso de las tablas de relaciones hidráulicas, se encontraron las de velocidad ( $v/V$ ) y tirante ( $d/D$ ), corroborando que este último estuviera dentro de los parámetros límite:

$$q/Q = \frac{2\,390,51}{2\,399,31} = 0,991811$$

$$v/V = 1,140028$$

$$d/D = 0,812286 \leq 0,900$$

Luego, se determinó la velocidad de diseño y se chequeó que esté dentro del rango de aceptación:

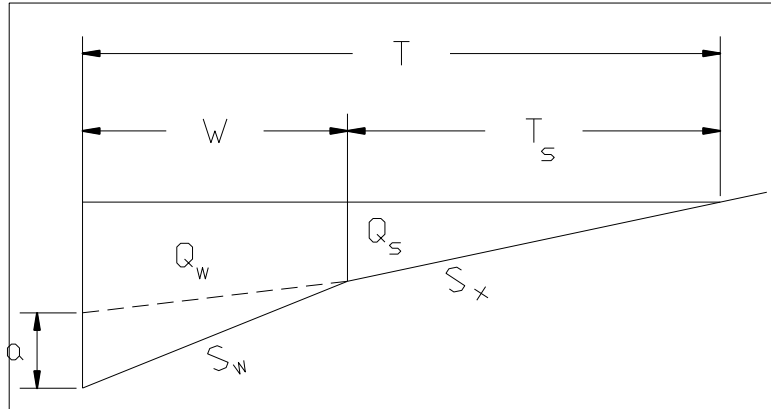
$$V_{\text{diseño}} = \frac{v}{V} \times V_{\text{sección llena}} = 1,140028 \times 2,68 = 3,06 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad de diseño está por debajo de la velocidad máxima de 5,00 m/s, sugerida por los fabricantes de tubería PVC. Asimismo, el tirante hidráulico está por debajo del límite máximo de 0,900.

- Diseño hidráulico de tragantes tipo R

- Diseño de la abertura de la ventana del tragante

Figura 10. **Esquema de las variables utilizadas en el cálculo del caudal del tragante tipo R**



Fuente: Urban Drainage and Flood Control District. *Drainage criteria manual V. 1 Streets, inlets and storm sewers*. p.13.

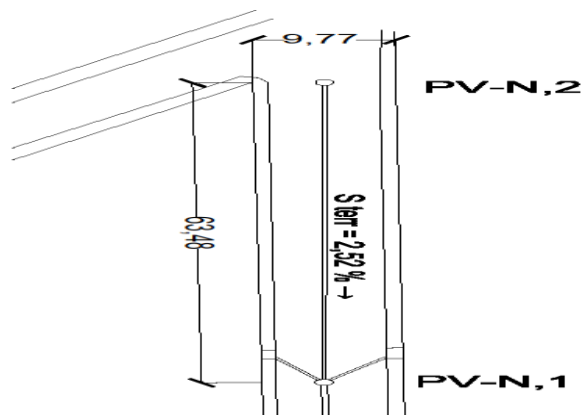
Para establecer las dimensiones de la ventana de los tragantes tipo R, se utilizó el método del libro *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* de Ricardo López Cualla.

Se toma como ejemplo el caso más crítico que corresponde al lado izquierdo del tramo del PV-N, 2 al PV-N,1 cuyas planta y sección se muestran en las figuras 11 y 12, respectivamente. Se tienen los siguientes datos:

- Elevación PV-N, 2: 66,90 m
- Elevación PV-N,1: 65,30 m
- Distancia horizontal del tramo: 63,47 m
- Pendiente longitudinal de calle: 2,52 %

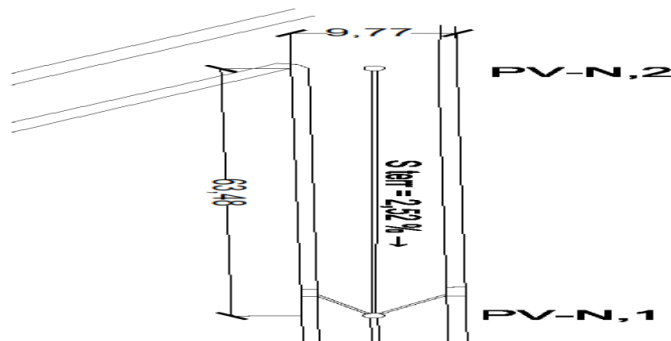
- Pendiente transversal de calle: 2,00 %
- Pendiente transversal de tragante tipo R: 42,00 %
- Ancho de apertura de tragante: 0,30 m
- Profundidad de entrada a tragante: 0,12 m

Figura 11. **Planta del tramo entre PV-N,2 y PV-N,1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 12. **Sección transversal en el tramo entre PV-N,2 y PV-N,1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

En primer lugar, se calculó el caudal pico del tramo en estudio. Se utilizó el método racional. Se tomó un período de retorno de 25 años, que es el máximo sugerido para drenajes de calles de tráfico intermedio (tabla XVII). Como primer paso, se encontró el coeficiente de escorrentía del tramo, para lo cual se tomó en cuenta tanto las áreas tributarias del lado derecho de este tramo como los coeficientes de escorrentía de cada tipo de suelo.

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{Total}}} = \frac{0,298}{0,340} = 0,876$$

Tabla XVII. **Integración de áreas y coeficiente de escorrentía del tramo**

| Tipo de superficie                                      |     | (Ha) | *A   |
|---|-----|------|------|
| Concreto/techo  | ,88 | ,270 | ,238 |
| Área verde condición pobre, pendiente promedio, 2 %-7 % | ,46 | ,000 | ,000 |
| Asfáltica   | ,86 | ,069 | ,060 |
| Suma  | --  | ,340 | ,298 |

Fuente: elaboración propia.

El segundo paso consistió en calcular el tiempo de escorrentía. Se utilizó la tabla XII del presente informe. El coeficiente de escorrentía es igual a 0,876, el cual se aproximó a 0,900 para ubicarlo en la tabla. La pendiente longitudinal es igual a 2,52 %, por lo tanto, en la tabla, se ubicó la fila de pendiente igual a 3 % y se buscó el tiempo correspondiente a la intersección con la columna 90 %. Por tanto:

$$t_c = 9,00 \text{ min}$$

Con este dato, se procedió a calcular la intensidad de lluvia:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n} = \frac{39\,060}{(45 + 9)^{1,381}} = 158,23 \text{ mm/h}$$

Y luego, se encontró el caudal del lado izquierdo del tramo con la fórmula ya conocida:

$$Q = \frac{CIA}{360} \times 1\,000 = \frac{0,876 \times 158,23 \times 0,340}{360} \times 1\,000 = 130,81 \text{ l/s}$$

Después, se estimó el espejo de agua sobre la calle, por medio de la siguiente expresión matemática:

$$T = \left[ \frac{\frac{Q}{1000} \times n}{0,376 \times S_x^{\frac{5}{3}} \times S_L^{\frac{1}{2}}} \right]^{0,375}$$

Donde:

- T = espejo de agua (en metros)
- Q = caudal del lado izquierdo del tramo (en litros por segundo)
- N = coeficiente de Manning (0,013, para asfalto)
- S<sub>x</sub> = pendiente transversal de calle (en decimales)
- S<sub>L</sub> = pendiente longitudinal de calle (en decimales)

$$T = \left[ \frac{\frac{Q}{1000} \times n}{0,376 \times S_x^{\frac{5}{3}} \times S_L^{\frac{1}{2}}} \right]^{0,375} = \left[ \frac{\frac{130,81}{1000} \times 0,013}{0,376 \times 0,025^{5/3} \times 0,0252^{1/2}} \right]^{0,375} = 3,05 \text{ m}$$



Después, con el último dato calculado se encontró el tirante del agua que corre por la calle a través de la siguiente fórmula:

$$y = S_x \times T$$

Donde:

- $y$  = tirante del curso de agua (en metros)
- $S_x$  = pendiente transversal de calle (en decimales)
- $T$  = espejo de agua (en metros)

$$y = S_x \times T = 0,02 \times 3,05 = 0,061 \leq 0,10 \text{ m}$$

El área transversal del flujo que corre por la calle o cuneta fue posible de obtener como sigue:

$$A = 0,50 \times S_x \times T^2$$

Donde:

- $A$  = área transversal del flujo (en metros cuadrados)
- $S_x$  = pendiente transversal de calle (en decimales)
- $T$  = espejo de agua (en metros)

$$A = 0,50 \times S_x \times T^2 = 0,50 \times 0,02 \times 3,05^2 = 0,093 \text{ m}^2$$

Ulteriormente, utilizando la ecuación de continuidad, se pudo encontrar la velocidad pico del flujo de la calle o cuneta:

$$v = \frac{Q/1\ 000}{A}$$

Donde:

- $v$  = velocidad pico del flujo de la calle o cuneta (en metros por segundo)
- $Q$  = caudal del lado izquierdo del tramo (en litros por segundo)
- $A$  = área transversal del flujo (en metros cuadrados)

$$v = \frac{Q/1\ 000}{A} = \frac{130,81/1\ 000}{0,093} = 1,41\ \text{m/s}$$

Después, se calculó el caudal que la cuneta es capaz de transportar a través de la fórmula de Manning para secciones triangulares:

$$Q_a = \frac{0,375}{n} \times S_x^{5/3} \times S_L^{1/2} \times T^{8/3} \times 1\ 000$$

Donde:

- $Q_a$  = caudal que la cuneta es capaz de transportar (en l/s)
- $n$  = coeficiente de Manning (0,013 para asfalto)
- $S_x$  = pendiente transversal de calle (en decimales)
- $S_L$  = pendiente longitudinal de calle (en decimales)
- $T$  = espejo de agua (en metros)

$$Q_a = \frac{0,375}{0,013} \times 0,02^{5/3} \times 0,0252^{1/2} \times 3,05^{8/3} \times 1\ 000 = 132,17\ \text{l/s}$$

Posteriormente, se encuentra la relación entre el caudal que es capaz de transportar la cuneta y la longitud de la ventana necesaria para captar el 100 % de esta, a través de la siguiente expresión:

$$\frac{Q}{L_a} = \frac{0,39}{y} \times [(y + a)^{5/2} - a^{5/2}]$$

Donde:

- Q = caudal que es capaz de transportar la cuneta (en metros cúbicos sobre segundo).
- $L_a$  = longitud necesaria para trasladar el 100 % del caudal transportado por la cuneta (en metros).
- y = tirante del curso de agua (en metros).
- a = profundidad en la entrada al tragante (en metros).

En este caso, el tirante del curso de agua es igual a 0,061 metros y la profundidad de entrada al tragante es igual a 0,12 metros. Por tanto:

$$\frac{Q}{L_a} = \frac{0,39}{0,061} \times [(0,061 + 0,12)^{5/2} - 0,12^{5/2}] = 0,057 \text{ m}^2/\text{s}$$

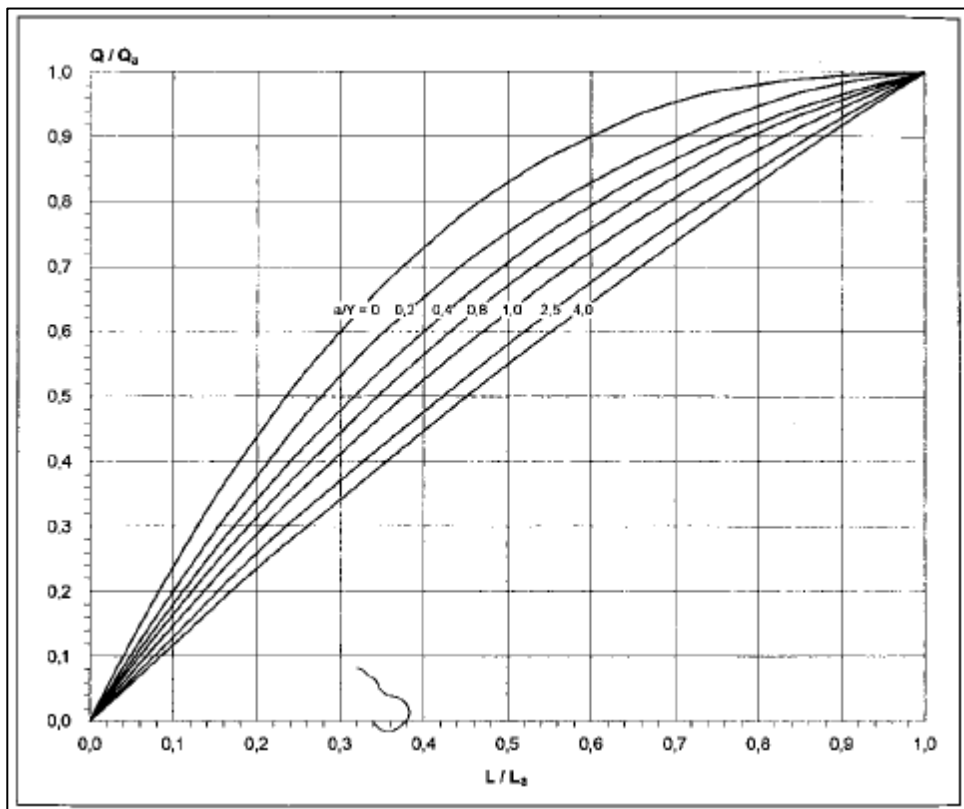
Después, se encuentra la longitud necesaria para captar el 100 % del caudal que viene en la cuneta, dividiendo el caudal máximo que puede transportar la cuneta dentro de la anterior relación:

$$L_{100\%} = \frac{Q_a}{\frac{Q}{L_a}} = \frac{0,13217}{0,057} = 2,310 \text{ m}$$

Es permitido emplear una longitud de ventana más pequeña que la que capta el 100 % del caudal que transporta la cuneta, siempre que la eficiencia del tragante sea mayor al 85 %; es decir, una vez que el tragante capte por lo menos el 85 % del caudal proveniente de la cuneta.

Con base en lo anterior, y con el objetivo de reducir los costos se propondrá una longitud de ventana menor a 2,31 m y se determinará la eficiencia de esta con la figura 13.

Figura 13. **Determinación del caudal interceptado con respecto al caudal total de la cuneta en tragantes de ventana**



Fuente: LÓPEZ, Roberto. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. p. 464.

En la figura 13, se relaciona la eficiencia del tragante ( $Q/Q_a$ ), ubicada en el eje vertical, con la relación entre la longitud propuesta y la longitud necesaria para captar el 100 % del caudal que transporta la cuneta ( $L/L_a$ ), presentada en el eje horizontal, mediante distintas gráficas que están en función de la relación entre la profundidad en el ingreso al tragante y el tirante del curso de agua ( $a/Y$ ).

Para conocer la eficiencia de la longitud propuesta, es necesario determinar las relaciones  $L/L_a$  y  $a/Y$ . Después de obtener la primera cifra, se ubica en el eje horizontal y se traza una línea paralela al eje vertical hasta interceptar con la gráfica correspondiente a la segunda relación. Por último, se traza una línea paralela al eje horizontal, desde este punto de intersección hasta el eje vertical, en donde se establecerá la eficiencia de la longitud propuesta.

En el caso del tramo entre los PV-N,2 y PV-N,1 se propuso una longitud de ventana igual a 2,10 metros. Por lo que se tiene:

$$\frac{L}{L_a} = \frac{2,10}{2,31} = 0,91$$

$$\frac{a}{Y} = \frac{0,12}{0,061} = 1,966$$

Como se puede observar, la relación  $a/Y$  encontrada no está presente en las gráficas de la figura 13. Por tanto, se encontrará la eficiencia con las gráficas correspondientes a  $a/Y$  igual a 1,0 y 2,5 y después, se realizará una interpolación para definir la eficiencia.

En el caso de la gráfica de a/Y igual a 1,0, una relación de L/L<sub>a</sub> 0,91 corresponde a una eficiencia (Q/Q<sub>a</sub>) de 0,92 y para la gráfica de a/Y igual a 2,5, la eficiencia (Q/Q<sub>a</sub>) es de 0,95. Entonces, la eficiencia de a/Y igual a 1,966 es:

$$\frac{Q}{Q_a} = 0,92 + \left( \frac{0,95 - 0,92}{2,5 - 1,0} \right) \times (1,966) = 0,939$$

Se observa que la eficiencia es mayor al mínimo aceptado de 85 %. Por tanto, se acepta como válida la longitud de ventana propuesta de 2,10 metros.

El caudal sobrante es aquel que el tragante propuesto para cada lado del tramo, no puede captar. Este se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Q_{\text{sobrante}} = Q \times (1 - E)$$

Donde:

- Q<sub>sobrante</sub> = caudal sobrante (en litros por segundo)
- Q = caudal del lado izquierdo del tramo (en litros por segundo)
- E = eficiencia de la abertura de tragante (en decimales, entre 0 y 1)

$$Q_{\text{sobrante}} = Q \times (1 - E) = 130,81 \times (1 - 0,939) = 7,938 \text{ l/s}$$

Este caudal no captado se agrega al siguiente tramo aguas abajo.

Chequeo hidráulico del conducto entre el tragante y la red principal de drenaje pluvial

Se toma como ejemplo nuevamente el tramo izquierdo entre los PV-N,2 y PV-N,1. Ese tiene únicamente un tragante.

El conducto entre el tragante y la red principal de drenaje pluvial se hizo mediante un tubo PVC de 10". Este se conectó directamente al pozo de visita más cercano que en este caso fue el PV-N,1.

El chequeo hidráulico sigue los mismos pasos que cualquier tramo del drenaje pluvial. A continuación, se presentan los datos:

- Cota tragante: 65,61 m
- Cota PV-N,1: 65,30 m
- Cota invert de salida: 63,91
- Distancia horizontal: 5,28 m
- Caudal de diseño: 130,81 L/s

Para conectar el tragante con el PV-N,1, se propuso una tubería de 10" de diámetro, con una pendiente longitudinal de 2,27 %. Con base en esto, se calcularon los valores de velocidad y caudal a sección llena.

$$V_{\text{sección llena}} = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{0,003429 \times 10^{2/3} \times 2,27^{1/2}}{0,009} = 2,67 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{sección llena}} = A \times V_{\text{sección llena}} = \frac{\pi}{4} \times (10 \times 0,0254)^2 \times 2,67 \times 1\,000 = 135,04 \text{ l/s}$$

Posteriormente, se determinó la relación de caudal de diseño y caudal a sección llena ( $q/Q$ ) y usando las tablas de relaciones hidráulicas, se encontraron las de velocidad ( $v/V$ ) y tirante ( $d/D$ ), corroborando que este último estuviera dentro de los parámetros límite:

$$q/Q = \frac{130,81}{135,04} = 0,968649$$

$$v/V = 1,139330$$

$$d/D = 0,373988 \leq 0,900$$

Luego, se determinó la velocidad de diseño y se chequeó que esté dentro del rango de aceptación:

$$V_{\text{diseño}} = \frac{v}{V} \times V_{\text{sección llena}} = 1,139330 \times 2,67 = 3,04 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad de diseño está por debajo de la velocidad máxima de 5,00 m/s sugerida por los fabricantes de tubería PVC. Asimismo, el tirante hidráulico está por debajo del límite máximo de 0,900.

Por último, se encontró la cota invert de entrada al pozo y la altura desde la parte más alta de este hasta la parte inferior de la tubería.

$$C_{\text{entrada PV - N, 1}} = 65,61 \text{ m} - 5,28 \text{ m} \times \frac{2,27 \%}{100} = 63,79 \text{ m}$$

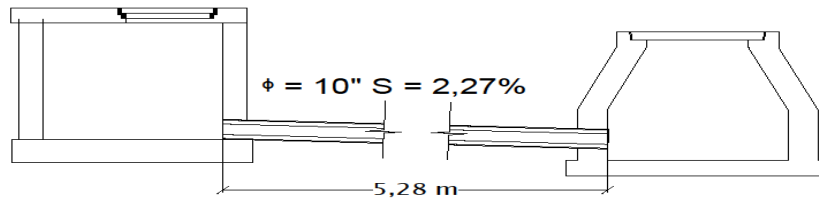
$$H_{\text{entrada PV - N, 1}} = 65,30 \text{ m} - 63,79 = 1,51 \text{ m}$$

Se ve que la altura de entrada en el PV-N,1 es mayor a la profundidad mínima requerida en la tabla IV para tuberías de 10", la cual es igual a 1,48 m.

En la figura 14, se presenta un esquema donde se representa la tubería de conexión entre el tragante y el PV-N,1



Figura 14. Esquema del conducto entre el tragante y el PV-N,1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

- Dimensionamiento del tragante
  - Largo y ancho

Para la determinación del largo y ancho mínimos del tragante con base en el diámetro de la tubería de salida, se empleará la siguiente tabla:

Tabla XVIII. Dimensiones mínimas de longitud y ancho de tragantes en función del diámetro de la tubería de salida

| L x A [cm] | Diámetro del colector de salida [mm] |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | 100                                  | 150     | 200     | 250     | 300     | 350     | 400     | 450     | 500     |
|            | 40 x 40                              | 50 x 50 | 60 x 60 | 60 x 70 | 70 x 70 | 70 x 80 | 80 x 80 | 80 x 90 | 90 x 90 |

Fuente: CONCELLO DE LOBEIRA. *Proyecto básico y de ejecución "Porta Parque Lobeira"*. p.

25.

Con base en esto, como el diámetro de la tubería de salida es igual a 10" o 250 mm, entonces, las dimensiones interiores mínimas del tragante son 60 centímetros de largo y 70 de ancho. Se entiende largo al que está paralelo a la dirección del flujo y ancho a la dimensión perpendicular a este.

En este caso, se propuso un largo y un ancho interiores de 2,10 metros y 0,90 metros, respectivamente. Por tanto, se concluye que cumplen con los requisitos establecidos en la tabla XVIII.

- Profundidad

La profundidad necesaria de un tragante puede ser determinada por medio del cálculo del nivel de la superficie de agua en las cámaras de conexión.

Este nivel es proporcional a la pérdida de energía que experimenta el flujo a través de la estructura y el criterio es que nunca debe ser superior al nivel de la entrada al tragante.

El nivel de la superficie de agua en una cámara de conexión se determina por medio de la siguiente expresión:

$$H_w = 1,5 \times K_w \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Donde:

- $H_w$  = profundidad esperada en la cámara de inspección o tragante (en metros).
- $K_w$  = coeficiente de pérdidas en la estructura (adimensional).

- $v$  = velocidad a sección llena (en metros por segundo).
- $g$  = aceleración de la gravedad (constante igual a 9,81 m/s<sup>2</sup>).

El valor del coeficiente de pérdidas en la estructura depende de si esta tiene o no caída y de si es de planta circular o rectangular, como se muestra en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Valores de Kw para distintas configuraciones de entrada**

| Situación de la tubería de entrada hidráulicamente dominante |  | K <sub>w</sub> |
|--|--|----------------|
| Cámaras sin caída  | Cámara de unión sin cambio de dirección  | 0,2            |
|  | Cámara de unión a paso directo con tuberías laterales (el caudal en la tubería dominante es mayor que el 80 % del caudal de la tubería de salida)      | 0,5            |
|  | Cámara de unión a paso directo con tuberías laterales (el caudal en la tubería dominante está entre el 40 % y 80 % del caudal de la tubería de salida) | 1,5            |
|  | Cámara de unión a paso directo con tuberías laterales (el caudal en la tubería dominante es menor que el 40 % del caudal de la tubería de salida)      | 2,0            |
|  | Cámara de unión de cambio de dirección a 90°   | 1,3            |
|  | Cámara de unión con sólo entradas laterales a 90°  | 1,6            |
|  | Cámara de unión con sólo entradas laterales a diferente nivel  | 2,0            |
| Cámara de sección rectangular con caída                      | Con cambios de dirección menor o igual que 45°   | 2,0            |
|  | Con cambios de dirección mayores a 45°   | 2,5            |
| Cámara de sección circular con caída                         | Con cambios de dirección menores o iguales a 45°   | 1,5            |
|  | Con cambios de dirección mayores a 45°   | 2,0            |

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de la República de Colombia. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*. p. 151.

En este caso particular, se empleará un coeficiente Kw igual a 2,0 ya que se consideró que tragante es una cámara de sección rectangular con caída con cambios de dirección menor o igual a 45°. La velocidad a sección llena de la tubería había sido calculada anteriormente, siendo esta igual a 2,67 m/s. Entonces:

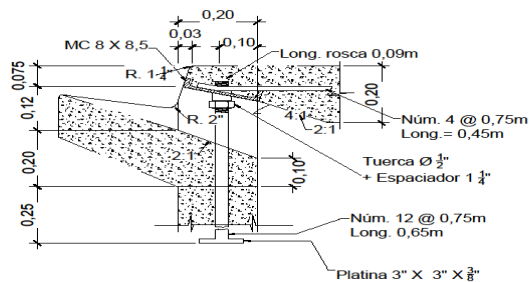
$$H_w = 1,5 \times 2,0 \times \frac{2,67^2}{2 \times 9,81} = 1,09 \text{ m}$$

Este resultado indica que el nivel la superficie de agua en el tragante es igual a 1,09 metros. Este nivel se mide sobre la parte más alta de la tubería de salida.

En este ejemplo, como la tubería es de 10" o 0,25 metros, entonces, debe haber por lo menos 1,34 metros de profundidad interior en el tragante. Se propone que el tragante tenga 1,50 metros desde la parte inferior de la losa superior hasta la parte superior de la losa inferior para poder cumplir con este requisito.

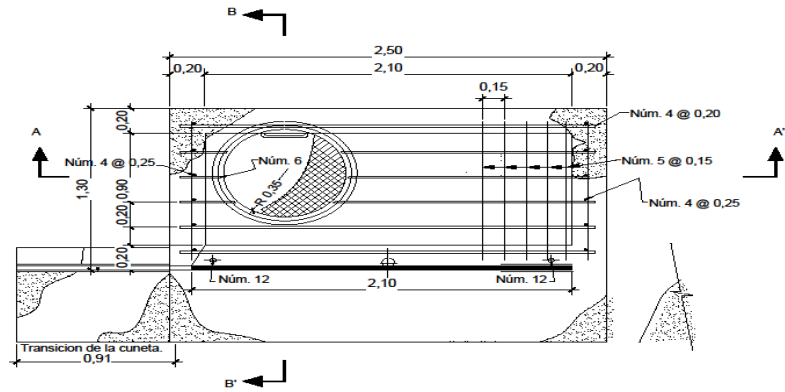
En las figuras 15, 16, 17 y 18 se presentan las dimensiones del tragante del tramo más crítico. En los demás casos, únicamente se variará la longitud de la ventana para que se pueda recolectar por lo menos el 85 % del caudal que corre por la cuneta.

Figura 15. **Detalle del ingreso a tragante tipo R**



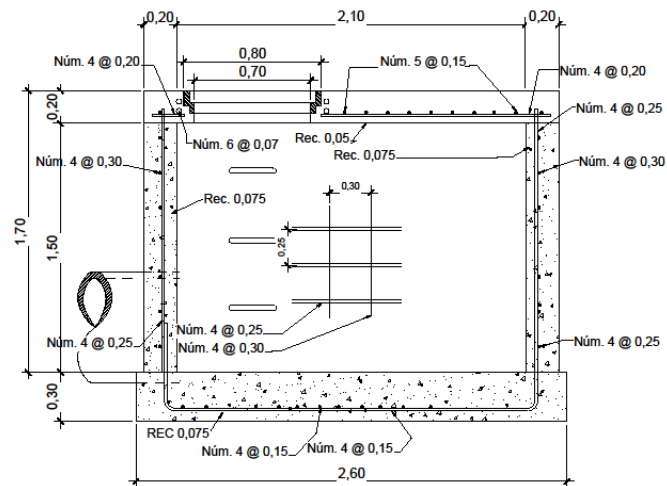
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 16. **Planta del tragante tipo R del tramo más crítico**



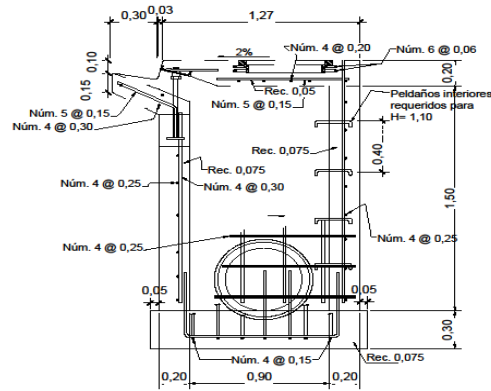
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 17. **Sección A-A' del tragante tipo R del tramo más crítico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 18. Sección B-B' del tragante tipo R del tramo más crítico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Tabla XX. Diseño hidráulico del drenaje pluvial

| De        | A         | Cota de terreno |       | D.H.<br>(m) | Sterren<br>o<br>(%) | C     | tc<br>(min) | i<br>(mm/hr) | Área (Ha)               |            |              | Área total<br>(Ha) | Área acumulada<br>(Ha) | Q<br>escorrentía<br>máx<br>(L/s) |
|-----------|-----------|-----------------|-------|-------------|---------------------|-------|-------------|--------------|-------------------------|------------|--------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
|           |           | Inicio          | Final |             |                     |       |             |              | Área concreto/<br>techo | Área verde | Área asfalto |                    |                        |                                  |
| PV-20     | PV-21     | 99,77           | 91,41 | 64,87       | 12,89 %             | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,146                   | 0,019      | 0,033        | 0,198              | 0,198                  | 69,47                            |
| PV-21     | PV-21.A   | 91,41           | 86,48 | 33,61       | 14,67 %             | 0,859 | 12,17       | 146,25       | 0,050                   | 0,064      | 0,021        | 0,134              | 0,333                  | 116,04                           |
| PV-21.A   | PV-22     | 86,48           | 82,83 | 33,61       | 10,86 %             | 0,859 | 12,26       | 145,91       | 0,050                   | 0,064      | 0,021        | 0,134              | 0,467                  | 162,51                           |
| PV-22     | PV-23     | 82,83           | 82,20 | 72,55       | 0,87 %              | 0,859 | 12,37       | 145,54       | 0,228                   | 0,000      | 0,057        | 0,285              | 0,752                  | 261,08                           |
| PV-23     | PV-24     | 82,20           | 81,91 | 75,00       | 0,39 %              | 0,859 | 12,95       | 143,53       | 0,302                   | 0,000      | 0,074        | 0,376              | 1,128                  | 386,34                           |
| PV-24     | PV-25     | 81,91           | 81,62 | 62,30       | 0,47 %              | 0,859 | 13,37       | 142,11       | 0,194                   | 0,000      | 0,047        | 0,240              | 1,368                  | 464,03                           |
| PV-25.3   | PV-25.2   | 81,13           | 81,63 | 69,95       | -0,71 %             | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,243                   | 0,000      | 0,060        | 0,303              | 0,303                  | 1246,79                          |
| PV-25.2   | PV-25.1   | 81,63           | 82,19 | 70,04       | -0,80 %             | 0,859 | 12,42       | 145,35       | 0,285                   | 0,000      | 0,074        | 0,359              | 0,662                  | 1370,09                          |
| PV-25.1   | PV-25     | 82,19           | 81,62 | 66,76       | 0,85 %              | 0,859 | 12,81       | 144,01       | 0,204                   | 0,000      | 0,055        | 0,259              | 0,921                  | 1456,94                          |
| PV-25     | PV-26     | 81,62           | 78,89 | 49,69       | 5,49 %              | 0,859 | 13,66       | 141,14       | 0,072                   | 0,000      | 0,155        | 0,226              | 2,515                  | 1987,66                          |
| PV-26.4   | PV-26.3   | 77,77           | 77,15 | 45,07       | 1,38 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,151                   | 0,000      | 0,039        | 0,190              | 0,190                  | 66,58                            |
| PV-26.3.1 | PV-26.3   | 80,07           | 77,15 | 37,72       | 7,74 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,083                   | 0,000      | 0,052        | 0,134              | 0,134                  | 47,06                            |
| PV-26.3   | PV-26.2   | 77,15           | 77,55 | 72,49       | -0,55 %             | 0,859 | 12,27       | 145,89       | 0,259                   | 0,000      | 0,075        | 0,334              | 0,659                  | 229,26                           |
| PV-26.2   | PV-26.1   | 77,55           | 78,34 | 70,04       | -1,13 %             | 0,859 | 13,71       | 140,97       | 0,277                   | 0,000      | 0,071        | 0,349              | 1,007                  | 338,78                           |
| PV-26.1   | PV-26     | 78,34           | 78,89 | 68,66       | -0,80 %             | 0,859 | 15,13       | 136,39       | 0,214                   | 0,000      | 0,053        | 0,267              | 1,274                  | 414,66                           |
| PV-26.10  | PV-26.9   | 97,80           | 89,89 | 64,92       | 12,18 %             | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,188                   | 0,000      | 0,057        | 0,245              | 0,245                  | 86,00                            |
| PV-26.9   | PV-26.9.A | 89,89           | 85,04 | 33,76       | 14,37 %             | 0,859 | 12,17       | 146,26       | 0,106                   | 0,000      | 0,026        | 0,132              | 0,377                  | 131,74                           |
| PV-26.9.A | PV-26.8   | 85,04           | 81,22 | 33,76       | 11,32 %             | 0,859 | 12,24       | 146,01       | 0,106                   | 0,000      | 0,026        | 0,132              | 0,510                  | 177,53                           |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | 82,65           | 81,22 | 44,26       | 3,23 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,103                   | 0,000      | 0,107        | 0,210              | 0,210                  | 73,42                            |
| PV-26.8   | PV-26.7   | 81,22           | 80,23 | 56,93       | 1,74 %              | 0,859 | 12,31       | 145,76       | 0,161                   | 0,000      | 0,042        | 0,203              | 0,922                  | 320,65                           |
| PV-26.7   | PV-26.6   | 80,23           | 79,51 | 50,14       | 1,44 %              | 0,859 | 12,58       | 144,80       | 0,201                   | 0,000      | 0,050        | 0,251              | 1,173                  | 405,23                           |
| PV-26.6   | PV-26.5   | 79,51           | 79,24 | 49,94       | 0,54 %              | 0,859 | 12,85       | 143,87       | 0,199                   | 0,000      | 0,050        | 0,249              | 1,422                  | 488,17                           |
| PV-26.5   | PV-26     | 79,24           | 78,89 | 52,96       | 0,66 %              | 0,859 | 13,13       | 142,92       | 0,150                   | 0,000      | 0,044        | 0,194              | 1,616                  | 551,13                           |
| PV-26     | PV-27     | 78,89           | 77,14 | 50,11       | 3,49 %              | 0,859 | 16,35       | 132,66       | 0,082                   | 0,000      | 0,071        | 0,153              | 5,559                  | 2900,12                          |
| PV-27.4   | PV-27.3   | 76,48           | 73,57 | 70,55       | 4,12 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,290                   | 0,000      | 0,076        | 0,366              | 0,366                  | 128,24                           |
| PV-27.3   | PV-27.2   | 73,57           | 75,00 | 74,99       | -1,91 %             | 0,859 | 12,25       | 145,97       | 0,303                   | 0,000      | 0,074        | 0,377              | 0,743                  | 258,82                           |
| PV-27.2   | PV-27.1   | 75,00           | 76,12 | 74,97       | -1,49 %             | 0,859 | 13,44       | 141,89       | 0,302                   | 0,000      | 0,074        | 0,376              | 1,119                  | 379,00                           |
| PV-27.1   | PV-27     | 76,12           | 77,14 | 72,30       | -1,41 %             | 0,859 | 14,82       | 137,37       | 0,227                   | 0,000      | 0,057        | 0,284              | 1,404                  | 460,09                           |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | 99,98           | 97,73 | 45,44       | 4,95 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,000                   | 0,000      | 0,087        | 0,087              | 0,087                  | 30,57                            |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | 97,73           | 95,25 | 49,40       | 5,02 %              | 0,859 | 12,19       | 146,18       | 0,035                   | 0,000      | 0,055        | 0,090              | 0,178                  | 61,98                            |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | 98,75           | 97,07 | 45,00       | 3,73 %              | 0,859 | 12,00       | 146,85       | 0,039                   | 0,000      | 0,063        | 0,101              | 0,101                  | 35,56                            |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | 97,07           | 95,25 | 50,29       | 3,62 %              | 0,859 | 12,22       | 146,08       | 0,038                   | 0,000      | 0,058        | 0,097              | 0,198                  | 69,03                            |
| PV-27.9   | PV-27.8   | 95,25           | 87,87 | 67,14       | 10,99 %             | 0,859 | 12,46       | 145,21       | 0,213                   | 0,000      | 0,053        | 0,266              | 0,642                  | 222,50                           |
| PV-27.8   | PV-27.7   | 87,87           | 79,99 | 72,14       | 10,92 %             | 0,859 | 12,63       | 144,63       | 0,227                   | 0,000      | 0,057        | 0,283              | 0,925                  | 319,37                           |

Continuación de la tabla XX.

| De        | A         | Φ tubería<br>(") | Stubería<br>(%) | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas |          |                  |           | Cota invert |       | Prof. Pozo  |           |
|-----------|-----------|------------------|-----------------|-------|---------------|---------|------------------------|----------|------------------|-----------|-------------|-------|-------------|-----------|
|           |           |                  |                 |       | V (m/s)       | Q (L/s) | q/Q                    | v/V      | vdiseño<br>(m/s) | d/D       | CIS         | CIE   | Inicial (m) | Final (m) |
| PV-20     | PV-21     | 10               | 13,19 %         | 0,009 | 6,42          | 325,44  | 0,213473               | 0,795281 | 5,11             | 0,313717  | 97,54       | 89,18 | 2,23        | 2,23      |
| PV-21     | PV-21.A   | 10               | 11,00 %         | 0,009 | 5,87          | 297,20  | 0,390435               | 0,938312 | 5,50             | 0,433915  | 88,48       | 84,95 | 2,93        | 1,53      |
| PV-21.A   | PV-22     | 10               | 8,79 %          | 0,009 | 5,24          | 265,67  | 0,611688               | 1,049934 | 5,50             | 0,565055  | 84,17       | 81,35 | 2,31        | 1,48      |
| PV-22     | PV-23     | 16               | 0,74 %          | 0,009 | 2,08          | 269,95  | 0,967146               | 1,139243 | 2,37             | 0,791540  | 81,2        | 80,67 | 1,63        | 1,53      |
| PV-23     | PV-24     | 16               | 1,52 %          | 0,009 | 2,98          | 386,89  | 0,998570               | 1,139974 | 3,40             | 0,818328  | 80,64       | 79,52 | 1,56        | 2,39      |
| PV-24     | PV-25     | 16               | 2,19 %          | 0,009 | 3,58          | 464,40  | 0,999216               | 1,139962 | 4,08             | 0,818914  | 79,49       | 78,16 | 2,42        | 3,46      |
| PV-25.3   | PV-25.2   | 30               | 0,56 %          | 0,009 | 2,75          | 1255,35 | 0,993179               | 1,140028 | 3,14             | 0,813494  | 79,09       | 78,71 | 2,04        | 2,92      |
| PV-25.1   | PV-25.1   | 30               | 0,67 %          | 0,009 | 3,01          | 1373,12 | 0,997788               | 1,139987 | 3,43             | 0,817619  | 78,68       | 78,22 | 2,95        | 3,97      |
| PV-25.2   | PV-25.1   | 30               | 0,76 %          | 0,009 | 3,21          | 1462,44 | 0,996238               | 1,140008 | 3,66             | 0,816222  | 78,19       | 77,7  | 4,00        | 3,92      |
| PV-25     | PV-26     | 30               | 1,71 %          | 0,009 | 4,81          | 2193,67 | 0,906093               | 1,132623 | 5,45             | 0,745926  | 77,67       | 76,85 | 3,95        | 2,04      |
| PV-26.4   | PV-26.3   | 15               | 1,42 %          | 0,009 | 2,76          | 314,83  | 0,211495               | 0,793198 | 2,19             | 0,312202  | 76,25       | 75,63 | 1,52        | 1,52      |
| PV-26.3.1 | PV-26.3   | 15               | 8,08 %          | 0,009 | 6,59          | 750,99  | 0,062669               | 0,557279 | 3,67             | 0,169716  | 78,55       | 75,63 | 1,52        | 1,52      |
| PV-26.3   | PV-26.2   | 24               | 0,07 %          | 0,009 | 0,84          | 244,79  | 0,996559               | 1,136616 | 0,95             | 0,767896  | 75,4        | 75,35 | 1,75        | 2,20      |
| PV-26.2   | PV-26.1   | 30               | 0,05 %          | 0,009 | 0,82          | 375,11  | 0,903155               | 1,132177 | 0,93             | 0,743873  | 75,2        | 75,17 | 2,35        | 3,17      |
| PV-26.1   | PV-26     | 30               | 0,07 %          | 0,009 | 0,94          | 427,69  | 0,969535               | 1,139378 | 1,07             | 0,7993473 | 75,14       | 75,1  | 3,20        | 3,79      |
| PV-26.10  | PV-26.9   | 10               | 13,70 %         | 0,009 | 6,55          | 331,67  | 0,259282               | 0,839708 | 5,50             | 0,347410  | 96,32       | 87,63 | 1,48        | 2,26      |
| PV-26.9   | PV-26.9.A | 16               | 11,01 %         | 0,009 | 8,03          | 1041,27 | 0,126521               | 0,684752 | 5,50             | 0,240201  | 87,06       | 83,51 | 2,83        | 1,53      |
| PV-26.9.A | PV-26.8   | 18               | 8,97 %          | 0,009 | 7,84          | 1286,68 | 0,137974               | 0,702132 | 5,50             | 0,250912  | 82,41       | 79,52 | 2,63        | 1,70      |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | 10               | 3,34 %          | 0,009 | 3,23          | 163,77  | 0,448339               | 0,972726 | 3,14             | 0,469279  | 81,17       | 79,74 | 1,48        | 1,48      |
| PV-26.8   | PV-26.7   | 18               | 1,73 %          | 0,009 | 3,44          | 565,07  | 0,567464               | 1,031508 | 3,55             | 0,539413  | 79,49       | 78,53 | 1,73        | 1,70      |
| PV-26.7   | PV-26.6   | 18               | 1,41 %          | 0,009 | 3,11          | 510,14  | 0,794366               | 1,109576 | 3,45             | 0,673105  | 78,5        | 77,81 | 1,73        | 1,70      |
| PV-26.6   | PV-26.5   | 18               | 1,30 %          | 0,009 | 2,98          | 489,83  | 0,996597               | 1,140004 | 3,40             | 0,816545  | 77,78       | 77,15 | 1,73        | 2,09      |
| PV-26.5   | PV-26     | 18               | 1,65 %          | 0,009 | 3,36          | 551,85  | 0,998709               | 1,139971 | 3,83             | 0,818454  | 77,12       | 76,28 | 2,12        | 2,61      |
| PV-26     | PV-27     | 36               | 1,20 %          | 0,009 | 4,55          | 2988,22 | 0,970517               | 1,139430 | 5,18             | 0,794273  | 74,95       | 74,37 | 3,94        | 2,77      |
| PV-27.4   | PV-27.3   | 15               | 4,22 %          | 0,009 | 4,76          | 542,73  | 0,236285               | 0,816087 | 3,88             | 0,330807  | 74,96       | 72,05 | 1,52        | 1,52      |
| PV-27.3   | PV-27.2   | 24               | 0,11 %          | 0,009 | 1,05          | 306,86  | 0,843446               | 1,121121 | 1,18             | 0,703984  | 71,82       | 71,74 | 1,75        | 3,26      |
| PV-27.2   | PV-27.1   | 30               | 0,06 %          | 0,009 | 0,90          | 410,91  | 0,922352               | 1,134905 | 1,02             | 0,757487  | 71,59       | 71,55 | 3,41        | 4,57      |
| PV-27.1   | PV-27     | 36               | 0,03 %          | 0,009 | 0,72          | 472,48  | 0,973780               | 1,139590 | 0,82             | 0,796945  | 71,4        | 71,38 | 4,72        | 5,76      |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | 10               | 5,11 %          | 0,009 | 4,00          | 202,56  | 0,150908               | 0,720490 | 2,88             | 0,262548  | 98,5        | 96,25 | 1,48        | 1,48      |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | 10               | 5,11 %          | 0,009 | 4,00          | 202,56  | 0,305968               | 0,878847 | 3,51             | 0,379559  | 96,22       | 93,77 | 1,51        | 1,48      |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | 10               | 3,86 %          | 0,009 | 3,47          | 176,05  | 0,202005               | 0,782983 | 2,72             | 0,304854  | 97,27       | 95,59 | 1,48        | 1,48      |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | 10               | 3,66 %          | 0,009 | 3,38          | 174,43  | 0,402658               | 0,945952 | 3,20             | 0,441483  | 95,56       | 93,77 | 1,51        | 1,48      |
| PV-27.9   | PV-27.8   | 12               | 11,04 %         | 0,009 | 6,64          | 484,15  | 0,459559               | 0,978904 | 6,50             | 0,476006  | 93,61       | 86,36 | 1,64        | 1,51      |
| PV-27.8   | PV-27.7   | 12               | 10,69 %         | 0,009 | 6,53          | 476,42  | 0,670364               | 1,071905 | 7,00             | 0,599139  | 86,03       | 78,48 | 1,84        | 1,51      |

Continuación de la tabla XX.

| De        | A       | Cota de terreno |       | D.H.  | Sterren<br>o<br>(%) | C     | tc<br>(min) | i<br>(mm/hr) | Área (Ha)               |            |              | Área total<br>(Ha) | Área acumulada<br>(Ha) | Q<br>escorrentía<br>máx<br>(L/s) |
|-----------|---------|-----------------|-------|-------|---------------------|-------|-------------|--------------|-------------------------|------------|--------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
|           |         | Inicio          | Final |       |                     |       |             |              | Área concreto/<br>techo | Área verde | Área asfalto |                    |                        |                                  |
| PV-27.1.1 | PV-27.7 | 81.01           | 79.99 | 42.17 | 2.42 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.091                   | 0.000      | 0.075        | 0.167              | 0.167                  | 58.36                            |
| PV-27.1.2 | PV-27.7 | 80.21           | 79.99 | 43.98 | 0.50 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.080                   | 0.000      | 0.070        | 0.150              | 0.150                  | 52.58                            |
| PV-27.7   | PV-27.6 | 79.99           | 78.47 | 72.51 | 2.10 %              | 0.859 | 12.82       | 143.99       | 0.221                   | 0.000      | 0.054        | 0.275              | 1.517                  | 521.24                           |
| PV-27.6   | PV-27.5 | 78.47           | 77.86 | 74.93 | 0.81 %              | 0.859 | 13.13       | 142.92       | 0.301                   | 0.000      | 0.074        | 0.375              | 1.892                  | 645.27                           |
| PV-27.5   | PV-27   | 77.86           | 77.14 | 62.32 | 1.16 %              | 0.859 | 13.56       | 141.46       | 0.192                   | 0.000      | 0.046        | 0.238              | 2.130                  | 719.06                           |
| PV-27     | PV-28   | 77.14           | 75.67 | 49.61 | 2.96 %              | 0.859 | 16.54       | 132.11       | 0.082                   | 0.000      | 0.069        | 0.151              | 9.243                  | 4054.42                          |
| PV-28.5   | PV-28.4 | 96.65           | 87.42 | 66.19 | 13.94 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.229                   | 0.000      | 0.056        | 0.285              | 0.285                  | 99.94                            |
| PV-28.4   | PV-28.3 | 87.42           | 80.49 | 68.56 | 10.11 %             | 0.859 | 12.17       | 146.25       | 0.214                   | 0.000      | 0.054        | 0.267              | 0.553                  | 192.84                           |
| PV-28.3.1 | PV-28.3 | 85.88           | 80.49 | 38.68 | 13.93 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.080                   | 0.000      | 0.079        | 0.159              | 0.159                  | 55.68                            |
| PV-28.3   | PV-28.2 | 80.49           | 77.82 | 75.80 | 3.52 %              | 0.859 | 12.37       | 145.53       | 0.249                   | 0.000      | 0.061        | 0.309              | 1.021                  | 354.41                           |
| PV-28.2   | PV-28.1 | 77.82           | 76.31 | 70.00 | 2.16 %              | 0.859 | 12.65       | 144.55       | 0.287                   | 0.000      | 0.070        | 0.356              | 1.377                  | 474.97                           |
| PV-28.1   | PV-28   | 76.31           | 75.67 | 64.23 | 1.00 %              | 0.859 | 12.97       | 143.47       | 0.201                   | 0.000      | 0.050        | 0.251              | 1.628                  | 557.30                           |
| PV-41.2   | PV-41.1 | 77.79           | 78.02 | 37.49 | -0.61 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.185                   | 0.769      | 0.044        | 0.999              | 0.999                  | 349.94                           |
| PV-41.1   | PV-41   | 78.02           | 77.74 | 36.85 | 0.76 %              | 0.859 | 12.39       | 145.46       | 0.108                   | 0.000      | 0.015        | 0.123              | 1.122                  | 389.44                           |
| PV-41.7   | PV-41.6 | 98.48           | 93.66 | 66.27 | 7.27 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.229                   | 0.000      | 0.084        | 0.313              | 0.313                  | 109.80                           |
| PV-41.6   | PV-41.5 | 93.66           | 90.72 | 68.55 | 4.29 %              | 0.859 | 12.23       | 146.04       | 0.215                   | 0.000      | 0.078        | 0.293              | 0.606                  | 211.24                           |
| PV-41.5.1 | PV-41.5 | 90.91           | 90.72 | 46.30 | 0.41 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.082                   | 0.000      | 0.077        | 0.159              | 0.159                  | 55.54                            |
| PV-41.5   | PV-41.4 | 90.72           | 86.97 | 90.13 | 4.16 %              | 0.859 | 12.50       | 145.08       | 0.308                   | 0.000      | 0.111        | 0.419              | 1.183                  | 409.65                           |
| PV-41.4   | PV-41.3 | 86.97           | 83.17 | 61.05 | 6.22 %              | 0.859 | 12.82       | 143.97       | 0.254                   | 0.000      | 0.083        | 0.337              | 1.520                  | 522.31                           |
| PV-41.3   | PV-41   | 83.17           | 77.74 | 63.11 | 8.60 %              | 0.859 | 13.00       | 143.37       | 0.194                   | 0.000      | 0.050        | 0.244              | 1.764                  | 603.53                           |
| PV-40.3   | PV-40.2 | 84.28           | 84.59 | 70.02 | -0.44 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.262                   | 0.000      | 0.064        | 0.326              | 0.326                  | 114.13                           |
| PV-40.2   | PV-40.1 | 84.59           | 82.08 | 69.98 | 3.59 %              | 0.859 | 12.97       | 143.47       | 0.276                   | 0.000      | 0.069        | 0.346              | 0.671                  | 229.83                           |
| PV-40.1   | PV-40   | 82.08           | 80.36 | 65.52 | 2.63 %              | 0.859 | 13.27       | 142.46       | 0.183                   | 0.000      | 0.050        | 0.233              | 0.904                  | 307.30                           |
| PV-40.8   | PV-40.7 | 97.77           | 94.13 | 65.98 | 5.52 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.226                   | 0.000      | 0.057        | 0.283              | 0.283                  | 99.00                            |
| PV-40.7   | PV-40.6 | 94.13           | 90.75 | 68.60 | 4.93 %              | 0.859 | 12.26       | 145.92       | 0.211                   | 0.000      | 0.053        | 0.264              | 0.547                  | 190.31                           |
| PV-32     | PV-33   | 98.90           | 98.03 | 44.94 | 1.94 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.038                   | 0.000      | 0.063        | 0.101              | 0.101                  | 35.24                            |
| PV-33     | PV-34   | 98.03           | 95.63 | 49.80 | 4.82 %              | 0.859 | 12.30       | 145.79       | 0.039                   | 0.000      | 0.067        | 0.107              | 0.207                  | 72.09                            |
| PV-34     | PV-35   | 95.63           | 93.61 | 67.10 | 3.01 %              | 0.859 | 12.51       | 145.05       | 0.105                   | 0.000      | 0.057        | 0.163              | 0.370                  | 127.97                           |
| PV-35     | PV-36   | 93.61           | 89.36 | 85.50 | 4.97 %              | 0.859 | 12.87       | 143.79       | 0.113                   | 0.000      | 0.068        | 0.181              | 0.551                  | 188.99                           |



Continuación de la tabla XX.

| De        | A       | Ø tubería<br>(") | Stubería |  | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas |          |                  |          | Cota invert |       | Prof. Pozo  |           |
|-----------|---------|------------------|----------|--|-------|---------------|---------|------------------------|----------|------------------|----------|-------------|-------|-------------|-----------|
|           |         |                  | (%)      |  |       | V (m/s)       | Q (L/s) | q/Q                    | v/V      | vdiseño<br>(m/s) | d/D      | GIS         | CIE   | Inicial (m) | Final (m) |
| PV-27.1   | PV-27.7 | 10               | 2.50 %   |  | 0,009 | 2,80          | 141,68  | 0,411872               | 0,951573 | 2,66             | 0,447148 | 79,53       | 78,51 | 1,48        | 1,48      |
| PV-27.2   | PV-27.7 | 10               | 0.56 %   |  | 0,009 | 1,32          | 67,06   | 0,784150               | 1,106922 | 1,46             | 0,666831 | 78,73       | 78,49 | 1,48        | 1,50      |
| PV-27.7   | PV-27.6 | 18               | 2,17 %   |  | 0,009 | 3,85          | 632,86  | 0,823637               | 1,116706 | 4,30             | 0,691358 | 78,29       | 76,75 | 1,70        | 1,72      |
| PV-27.6   | PV-27.5 | 24               | 0,82 %   |  | 0,009 | 2,87          | 837,82  | 0,770172               | 1,103157 | 3,17             | 0,657631 | 76,6        | 76    | 1,87        | 1,86      |
| PV-27.5   | PV-27   | 24               | 1,14 %   |  | 0,009 | 3,38          | 987,87  | 0,727888               | 1,090847 | 3,69             | 0,632957 | 75,97       | 75,28 | 1,89        | 1,86      |
| PV-27     | PV-28   | 42               | 0,98 %   |  | 0,009 | 4,56          | 4073,43 | 0,995334               | 1,140017 | 5,20             | 0,815412 | 71,23       | 70,76 | 5,91        | 4,91      |
| PV-28.5   | PV-28.4 | 10               | 13,76 %  |  | 0,009 | 6,56          | 332,40  | 0,300649               | 0,876062 | 5,75             | 0,375988 | 94,84       | 85,94 | 1,81        | 1,48      |
| PV-28.4   | PV-28.3 | 10               | 9,92 %   |  | 0,009 | 5,57          | 282,23  | 0,683273               | 1,076375 | 6,00             | 0,606679 | 85,66       | 79,01 | 1,76        | 1,48      |
| PV-28.3.1 | PV-28.3 | 10               | 14,49 %  |  | 0,009 | 6,73          | 341,10  | 0,163235               | 0,736907 | 4,96             | 0,273245 | 84,4        | 79,01 | 1,48        | 1,48      |
| PV-28.3   | PV-28.2 | 16               | 3,46 %   |  | 0,009 | 4,50          | 583,72  | 0,607162               | 1,048124 | 4,72             | 0,562432 | 78,86       | 76,29 | 1,63        | 1,53      |
| PV-28.2   | PV-28.1 | 16               | 2,34 %   |  | 0,009 | 3,70          | 480,04  | 0,989450               | 1,140017 | 4,22             | 0,810216 | 76,26       | 74,66 | 1,56        | 1,65      |
| PV-28.1   | PV-28   | 18               | 1,69 %   |  | 0,009 | 3,40          | 558,49  | 0,997860               | 1,139986 | 3,88             | 0,817684 | 74,61       | 73,56 | 1,70        | 2,11      |
| PV-41.2   | PV-41.1 | 21               | 0,30 %   |  | 0,009 | 1,59          | 354,94  | 0,985905               | 1,139973 | 1,81             | 0,807145 | 76,01       | 75,9  | 1,78        | 2,12      |
| PV-41.1   | PV-41   | 21               | 0,38 %   |  | 0,009 | 1,79          | 399,48  | 0,974882               | 1,139638 | 2,04             | 0,797854 | 75,87       | 75,74 | 2,15        | 2,00      |
| PV-41.7   | PV-41.6 | 10               | 7,44 %   |  | 0,009 | 4,82          | 244,42  | 0,449229               | 0,973221 | 4,69             | 0,469814 | 97          | 92,18 | 1,48        | 1,48      |
| PV-41.6   | PV-41.5 | 12               | 4,35 %   |  | 0,009 | 4,17          | 303,91  | 0,695087               | 1,080355 | 4,50             | 0,613601 | 92,13       | 89,21 | 1,53        | 1,51      |
| PV-41.5.1 | PV-41.5 | 10               | 0,50 %   |  | 0,009 | 1,25          | 63,36   | 0,876551               | 1,127695 | 1,41             | 0,725705 | 89,43       | 89,21 | 1,48        | 1,51      |
| PV-41.5   | PV-41.4 | 15               | 4,13 %   |  | 0,009 | 4,71          | 536,91  | 0,762972               | 1,101158 | 5,19             | 0,653957 | 89,08       | 85,42 | 1,64        | 1,55      |
| PV-41.4   | PV-41.3 | 15               | 6,33 %   |  | 0,009 | 5,83          | 664,70  | 0,785774               | 1,107349 | 6,46             | 0,667826 | 85,39       | 81,62 | 1,58        | 1,55      |
| PV-41.3   | PV-41   | 15               | 6,66 %   |  | 0,009 | 5,98          | 681,81  | 0,885195               | 1,129235 | 6,75             | 0,731530 | 80,29       | 76,2  | 2,88        | 1,54      |
| PV-40.3   | PV-40.2 | 15               | 0,27 %   |  | 0,009 | 1,20          | 137,28  | 0,831392               | 1,118476 | 1,35             | 0,696272 | 82,76       | 82,57 | 1,52        | 2,02      |
| PV-40.2   | PV-40.1 | 15               | 2,89 %   |  | 0,009 | 3,94          | 449,13  | 0,511717               | 1,006706 | 3,97             | 0,507995 | 82,54       | 80,56 | 2,05        | 1,52      |
| PV-40.1   | PV-40   | 15               | 2,64 %   |  | 0,009 | 3,77          | 429,27  | 0,715869               | 1,087097 | 4,09             | 0,625838 | 80,53       | 78,84 | 1,55        | 1,52      |
| PV-40.8   | PV-40.7 | 10               | 5,64 %   |  | 0,009 | 4,20          | 212,81  | 0,465193               | 0,981951 | 4,12             | 0,479372 | 96,29       | 92,65 | 1,48        | 1,48      |
| PV-40.7   | PV-40.6 | 10               | 4,99 %   |  | 0,009 | 3,95          | 200,17  | 0,950741               | 1,138029 | 4,50             | 0,778624 | 92,62       | 89,27 | 1,51        | 1,48      |
| PV-32     | PV-33   | 10               | 2,00 %   |  | 0,009 | 2,50          | 126,73  | 0,278085               | 0,856119 | 2,14             | 0,360585 | 97,42       | 96,55 | 1,48        | 1,48      |
| PV-33     | PV-34   | 10               | 4,90 %   |  | 0,009 | 3,91          | 198,36  | 0,363426               | 0,920496 | 3,60             | 0,416958 | 96,52       | 94,15 | 1,51        | 1,48      |
| PV-34     | PV-35   | 10               | 3,04 %   |  | 0,009 | 3,08          | 156,24  | 0,819073               | 1,115642 | 3,44             | 0,688483 | 94,12       | 92,13 | 1,51        | 1,48      |
| PV-35     | PV-36   | 10               | 5,05 %   |  | 0,009 | 3,97          | 201,37  | 0,938515               | 1,136829 | 4,52             | 0,769355 | 92,1        | 87,86 | 1,51        | 1,50      |

Continuación de la tabla XX.

| De      | A       | Cota de terreno |       | D.H.  | Sterren<br>o<br>(%) | C     | tc<br>(min) | i<br>(mm/hr) | Área (Ha)               |            |              | Área total<br>(Ha) | Área acumulada<br>(Ha) | Q<br>escorrentía<br>máx<br>(L/s) |
|---------|---------|-----------------|-------|-------|---------------------|-------|-------------|--------------|-------------------------|------------|--------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
|         |         | Início          | Final |       |                     |       |             |              | Área concreto/<br>techo | Área verde | Área asfalto |                    |                        |                                  |
| PV-36   | PV-40.6 | 89.36           | 90.75 | 49.61 | -2.80 %             | 0.859 | 13.23       | 142.57       | 0.084                   | 0.000      | 0.097        | 0.181              | 0.732                  | 249.08                           |
| PV-40.6 | PV-40.5 | 90.75           | 88.34 | 66.18 | 3.64 %              | 0.859 | 13.77       | 140.76       | 0.204                   | 0.000      | 0.051        | 0.255              | 1.534                  | 515.08                           |
| PV-40.5 | PV-40.4 | 88.34           | 85.58 | 69.16 | 3.99 %              | 0.859 | 14.13       | 139.61       | 0.286                   | 0.000      | 0.068        | 0.354              | 1.887                  | 628.66                           |
| PV-40.4 | PV-40   | 85.58           | 80.36 | 79.13 | 6.60 %              | 0.859 | 14.35       | 138.88       | 0.262                   | 0.000      | 0.118        | 0.380              | 2.267                  | 751.32                           |
| PV-40   | PV-41   | 80.36           | 77.74 | 49.69 | 5.27 %              | 0.859 | 14.57       | 138.16       | 0.093                   | 0.000      | 0.073        | 0.166              | 3.338                  | 1100.28                          |
| PV-41   | PV-28   | 77.74           | 75.67 | 63.94 | 3.24 %              | 0.859 | 14.72       | 137.70       | 0.126                   | 0.000      | 0.088        | 0.214              | 5.316                  | 1746.62                          |
| PV-28   | PV-29   | 75.67           | 74.74 | 64.78 | 1.44 %              | 0.859 | 16.72       | 131.58       | 0.202                   | 0.000      | 0.048        | 0.250              | 16.437                 | 6301.15                          |
| PV-29   | PV-30   | 74.74           | 73.27 | 70.00 | 2.10 %              | 0.859 | 16.97       | 130.84       | 0.295                   | 0.000      | 0.069        | 0.364              | 16.802                 | 6385.99                          |
| PV-30   | PV-31   | 73.27           | 72.47 | 74.72 | 1.07 %              | 0.859 | 17.24       | 130.06       | 0.329                   | 0.000      | 0.073        | 0.402              | 17.204                 | 6479.67                          |
| PV-31   | PV-37   | 89.19           | 84.12 | 82.84 | 6.12 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.240                   | 0.000      | 0.102        | 0.342              | 0.342                  | 119.69                           |
| PV-37   | PV-38   | 84.12           | 79.30 | 63.40 | 7.60 %              | 0.859 | 12.31       | 145.74       | 0.208                   | 0.000      | 0.076        | 0.284              | 0.626                  | 217.54                           |
| PV-38   | PV-39   | 79.30           | 76.23 | 67.57 | 4.54 %              | 0.859 | 12.53       | 144.98       | 0.136                   | 0.000      | 0.044        | 0.180              | 0.806                  | 278.80                           |
| PV-39   | PV-39.5 | 80.03           | 76.23 | 43.84 | 8.67 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.120                   | 0.000      | 0.105        | 0.225              | 0.225                  | 78.73                            |
| PV-39.5 | PV-39.1 | 76.23           | 77.67 | 67.87 | -2.12 %             | 0.859 | 12.79       | 144.08       | 0.219                   | 0.000      | 0.055        | 0.273              | 1.304                  | 448.31                           |
| PV-39.1 | PV-39.2 | 77.67           | 79.29 | 70.06 | -2.31 %             | 0.859 | 13.51       | 141.65       | 0.284                   | 0.000      | 0.069        | 0.354              | 1.658                  | 560.39                           |
| PV-39.2 | PV-39.3 | 79.29           | 79.93 | 72.42 | -0.88 %             | 0.859 | 14.42       | 138.65       | 0.236                   | 0.000      | 0.057        | 0.293              | 1.951                  | 645.54                           |
| PV-39.3 | PV-39.4 | 83.68           | 79.93 | 44.73 | 8.38 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.153                   | 0.000      | 0.114        | 0.267              | 0.267                  | 93.39                            |
| PV-39.4 | PV-G    | 76.47           | 72.33 | 54.86 | 7.55 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.226                   | 0.000      | 0.077        | 0.303              | 0.303                  | 106.34                           |
| PV-G    | PV-I    | 74.56           | 70.57 | 72.11 | 5.53 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.229                   | 0.000      | 0.089        | 0.319              | 0.319                  | 111.74                           |
| PV-I    | PV-K    | 76.70           | 74.90 | 41.32 | 4.36 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.073                   | 0.000      | 0.052        | 0.125              | 0.125                  | 43.79                            |
| PV-K    | PV-L    | 74.90           | 70.45 | 53.97 | 8.25 %              | 0.859 | 12.18       | 146.20       | 0.089                   | 0.000      | 0.073        | 0.162              | 0.287                  | 99.95                            |
| PV-L    | PV-M    | 70.45           | 70.45 | 17.28 | 1.16 %              | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.128                   | 0.000      | 0.036        | 0.164              | 0.164                  | 57.57                            |
| PV-M    | PV-M.1  | 69.05           | 70.45 | 78.53 | -1.78 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.254                   | 0.000      | 0.060        | 0.314              | 0.314                  | 110.19                           |
| PV-M.1  | PV-M.2  | 70.45           | 65.28 | 49.84 | 10.37 %             | 0.859 | 12.36       | 145.58       | 0.159                   | 0.000      | 0.087        | 0.247              | 1.012                  | 351.49                           |
| PV-M.2  | PV-N    | 70.45           | 71.26 | 47.46 | -1.35 %             | 0.859 | 12.00       | 146.85       | 0.142                   | 0.000      | 0.038        | 0.180              | 0.180                  | 63.22                            |
| PV-N    | PV-N.3  | 71.26           | 66.89 | 71.08 | 6.15 %              | 0.859 | 13.14       | 142.89       | 0.000                   | 0.000      | 0.000        | 0.000              | 0.180                  | 61.52                            |
| PV-N.3  | PV-N.2  | 66.89           | 65.30 | 75.60 | 2.10 %              | 0.859 | 13.36       | 142.14       | 0.387                   | 0.000      | 0.139        | 0.526              | 0.706                  | 239.45                           |
| PV-N.2  | PV-N.1  | 65.30           | 65.28 | 70.85 | 0.03 %              | 0.859 | 13.74       | 140.89       | 0.243                   | 0.000      | 0.082        | 0.325              | 1.031                  | 346.57                           |
| PV-N.1  | PV-N    | 65.28           | 66.68 | 65.19 | -2.15 %             | 0.859 | 14.30       | 139.06       | 0.220                   | 0.000      | 0.051        | 0.271              | 2.314                  | 767.87                           |

Continuación de la tabla XX.

| De      | A       | Ø tubería<br>(") | Stubería<br>(%) | n     | Sección llena |         | Relaciones hidráulicas |          |                   |          | Cota invert |       | Prof. Pozo  |           |
|---------|---------|------------------|-----------------|-------|---------------|---------|------------------------|----------|-------------------|----------|-------------|-------|-------------|-----------|
|         |         |                  |                 |       | V (m/s)       | Q (l/s) | q/Q                    | v/v      | v/diseño<br>(m/s) | d/D      | CIS         | CIE   | Inicial (m) | Final (m) |
| PV-36   | PV-40.6 | 18               | 0.34 %          | 0.009 | 1.53          | 250.50  | 0.994297               | 1.140024 | 1.74              | 0.814487 | 87.66       | 87.5  | 1.70        | 3.25      |
| PV-40.6 | PV-40.5 | 18               | 1.44 %          | 0.009 | 3.14          | 515.53  | 0.999112               | 1.139964 | 3.58              | 0.818821 | 87.47       | 86.54 | 3.28        | 1.80      |
| PV-40.5 | PV-40.4 | 18               | 3.88 %          | 0.009 | 5.15          | 846.24  | 0.742889               | 1.095371 | 5.65              | 0.641892 | 86.51       | 83.88 | 1.83        | 1.70      |
| PV-40.4 | PV-40   | 18               | 5.05 %          | 0.009 | 5.88          | 965.43  | 0.778223               | 1.105344 | 6.50              | 0.663211 | 82.58       | 78.66 | 3.00        | 1.70      |
| PV-40   | PV-41   | 21               | 3.99 %          | 0.009 | 5.79          | 1294.45 | 0.849993               | 1.122502 | 6.50              | 0.708213 | 77.88       | 75.96 | 2.48        | 1.78      |
| PV-41   | PV-28   | 24               | 3.25 %          | 0.009 | 5.71          | 1667.97 | 1.047156               | 1.137273 | 6.50              | 0.851054 | 75.83       | 73.82 | 1.91        | 1.85      |
| PV-28   | PV-29   | 54               | 0.62 %          | 0.009 | 4.29          | 6332.79 | 0.995004               | 1.140020 | 4.89              | 0.815117 | 70.46       | 70.07 | 5.21        | 4.67      |
| PV-29   | PV-30   | 54               | 0.64 %          | 0.009 | 4.35          | 6434.12 | 0.992520               | 1.140029 | 4.96              | 0.812911 | 70.04       | 69.61 | 4.70        | 3.66      |
| PV-30   | PV-31   | 54               | 0.65 %          | 0.009 | 4.39          | 6484.19 | 0.999303               | 1.139960 | 5.00              | 0.818994 | 69.58       | 69.11 | 3.69        | 3.36      |
| PV-37.A | PV-37   | 10               | 6.23 %          | 0.009 | 4.41          | 223.66  | 0.535136               | 1.016949 | 4.49              | 0.520596 | 87.71       | 82.64 | 1.48        | 1.48      |
| PV-37   | PV-38   | 10               | 7.60 %          | 0.009 | 4.88          | 247.03  | 0.880608               | 1.128428 | 5.50              | 0.728429 | 82.52       | 77.82 | 1.60        | 1.48      |
| PV-38   | PV-39   | 12               | 4.61 %          | 0.009 | 4.29          | 312.86  | 0.891150               | 1.130250 | 4.85              | 0.735584 | 77.77       | 74.73 | 1.53        | 1.50      |
| PV-39.5 | PV-39   | 10               | 8.99 %          | 0.009 | 5.30          | 288.68  | 0.293013               | 0.868512 | 4.61              | 0.370822 | 78.55       | 74.75 | 1.48        | 1.48      |
| PV-39   | PV-39.1 | 24               | 0.25 %          | 0.009 | 1.59          | 462.61  | 0.969094               | 1.139355 | 1.81              | 0.793116 | 74.39       | 74.22 | 1.84        | 3.45      |
| PV-39.1 | PV-39.2 | 30               | 0.12 %          | 0.009 | 1.27          | 581.12  | 0.964330               | 1.139070 | 1.45              | 0.789280 | 74.07       | 73.99 | 3.60        | 5.30      |
| PV-39.2 | PV-39.3 | 36               | 0.06 %          | 0.009 | 1.02          | 668.19  | 0.966104               | 1.139181 | 1.16              | 0.790701 | 73.84       | 73.8  | 5.45        | 6.13      |
| PV-39.4 | PV-39.3 | 10               | 8.72 %          | 0.009 | 5.22          | 264.61  | 0.352921               | 0.913442 | 4.77              | 0.410266 | 82.2        | 78.45 | 1.48        | 1.48      |
| PV-G    | PV-H    | 10               | 7.75 %          | 0.009 | 4.92          | 249.46  | 0.426268               | 0.950753 | 4.68              | 0.455937 | 74.99       | 70.85 | 1.48        | 1.48      |
| PV-I    | PV-J    | 10               | 5.65 %          | 0.009 | 4.20          | 213.00  | 0.524629               | 1.012007 | 4.25              | 0.514456 | 73.08       | 69.09 | 1.48        | 1.48      |
| PV-K    | PV-L    | 10               | 4.51 %          | 0.009 | 3.76          | 190.30  | 0.230117               | 0.812233 | 3.05              | 0.326252 | 75.22       | 73.42 | 1.48        | 1.48      |
| PV-L    | PV-M    | 10               | 8.42 %          | 0.009 | 5.13          | 260.02  | 0.384387               | 0.934450 | 4.80              | 0.430147 | 73.39       | 68.97 | 1.51        | 1.48      |
| PV-M.1  | PV-M    | 10               | 1.24 %          | 0.009 | 1.97          | 99.78   | 0.576917               | 1.035588 | 2.04              | 0.544900 | 69.17       | 68.97 | 1.48        | 1.48      |
| PV-M.2  | PV-M    | 15               | 0.26 %          | 0.009 | 1.48          | 134.71  | 0.817958               | 1.115379 | 1.32              | 0.687782 | 67.53       | 67.33 | 1.52        | 3.12      |
| PV-M    | PV-N    | 15               | 7.32 %          | 0.009 | 6.27          | 714.79  | 0.491731               | 0.995830 | 6.24              | 0.495123 | 67.3        | 63.77 | 3.15        | 1.51      |
| PV-N.4  | PV-N.3  | 15               | 0.09 %          | 0.009 | 0.70          | 79.26   | 0.797667               | 1.110414 | 0.77              | 0.675143 | 69.1        | 69.06 | 1.52        | 2.20      |
| PV-N.3  | PV-N.2  | 15               | 5.26 %          | 0.009 | 5.31          | 605.92  | 0.101530               | 0.642282 | 3.41              | 0.215200 | 69.03       | 65.37 | 2.23        | 1.52      |
| PV-N.2  | PV-N.1  | 15               | 2.10 %          | 0.009 | 3.36          | 382.86  | 0.625432               | 1.055327 | 3.54              | 0.573022 | 65.34       | 63.78 | 1.55        | 1.52      |
| PV-N.1  | PV-N    | 18               | 0.65 %          | 0.009 | 2.11          | 346.36  | 1.000607               | 1.139931 | 2.40              | 0.820185 | 63.7        | 63.25 | 1.60        | 2.03      |
| PV-N    | PV-O    | 30               | 0.21 %          | 0.009 | 1.69          | 768.74  | 0.998868               | 1.139968 | 1.92              | 0.818598 | 62.95       | 62.82 | 2.33        | 3.86      |

Fuente: elaboración propia

Tabla XXI. Diseño hidráulico de los tragantes

| De pozo   | A pozo  | Lado      | Elevación        |                   | Longitud<br>(m) | Área (Ha)                 |            |                | C     | SL (%) | tc<br>(minuto) | i<br>(mm/h) | Q (cia)<br>(L/s) | Sx<br>(%) | Sl<br>(%) |
|-----------|---------|-----------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|------------|----------------|-------|--------|----------------|-------------|------------------|-----------|-----------|
|           |         |           | salida<br>(msnm) | entrada<br>(msnm) |                 | Área techada/<br>concreto | Área verde | Área asfaltada |       |        |                |             |                  |           |           |
| PV-20     | PV-21   | Derecho   | 99,77            | 91,41             | 64,87           | 0,095                     | 0,000      | 0,016          | 0,877 | 2,89%  | 4,00           | 180,96      | 49,31            | 2,00%     | 2,89%     |
| PV-20     | PV-21   | Izquierdo | 99,77            | 91,41             | 64,87           | 0,095                     | 0,000      | 0,016          | 0,877 | 2,89%  | 5,00           | 175,96      | 33,03            | 2,00%     | 2,89%     |
| PV-21     | PV-22   | Derecho   | 91,41            | 82,83             | 67,22           | 0,099                     | 0,000      | 0,021          | 0,877 | 2,76%  | 4,00           | 180,96      | 52,90            | 2,00%     | 2,89%     |
| PV-21     | PV-22   | Izquierdo | 91,41            | 82,83             | 67,22           | 0,099                     | 0,000      | 0,021          | 0,877 | 2,76%  | 8,00           | 162,37      | 34,53            | 2,00%     | 2,89%     |
| PV-22     | PV-23   | Derecho   | 82,83            | 82,20             | 72,55           | 0,113                     | 0,000      | 0,029          | 0,876 | 0,87%  | 11,00          | 150,48      | 51,79            | 2,00%     | 0,87%     |
| PV-22     | PV-23   | Izquierdo | 82,83            | 82,20             | 72,55           | 0,115                     | 0,000      | 0,029          | 0,876 | 0,87%  | 11,00          | 150,48      | 52,59            | 2,00%     | 0,87%     |
| PV-23     | PV-24   | Derecho   | 82,20            | 81,91             | 75,00           | 0,151                     | 0,000      | 0,037          | 0,876 | 0,39%  | 2,00           | 146,85      | 67,43            | 2,00%     | 0,39%     |
| PV-23     | PV-24   | Izquierdo | 82,20            | 81,91             | 75,00           | 0,150                     | 0,000      | 0,037          | 0,876 | 0,39%  | 2,00           | 146,85      | 67,03            | 2,00%     | 0,39%     |
| PV-24     | PV-25   | Derecho   | 81,91            | 81,62             | 62,30           | 0,098                     | 0,000      | 0,023          | 0,876 | 0,47%  | 2,00           | 146,85      | 43,54            | 2,00%     | 0,47%     |
| PV-24     | PV-25   | Izquierdo | 81,91            | 81,62             | 62,30           | 0,095                     | 0,000      | 0,023          | 0,876 | 0,47%  | 2,00           | 146,85      | 42,38            | 2,00%     | 0,47%     |
| PV-26.A   | PV-26   | Derecho   | 81,34            | 78,89             | 44,00           | 0,030                     | 0,000      | 0,077          | 0,866 | 5,57%  | 6,50           | 168,94      | 43,74            | 2,00%     | 5,57%     |
| PV-26.A   | PV-26   | Izquierdo | 81,34            | 78,89             | 44,00           | 0,041                     | 0,000      | 0,077          | 0,867 | 5,57%  | 6,50           | 168,94      | 48,20            | 2,00%     | 5,57%     |
| PV-27.A   | PV-27   | Derecho   | 78,58            | 77,14             | 43,89           | 0,041                     | 0,000      | 0,035          | 0,871 | 3,28%  | 9,00           | 158,23      | 29,27            | 2,00%     | 3,28%     |
| PV-27.A   | PV-27   | Izquierdo | 78,58            | 77,14             | 43,89           | 0,041                     | 0,000      | 0,035          | 0,871 | 3,28%  | 9,00           | 158,23      | 29,31            | 2,00%     | 3,28%     |
| PV-28.A   | PV-28   | Derecho   | 76,92            | 75,67             | 44,08           | 0,040                     | 0,000      | 0,034          | 0,871 | 2,84%  | 9,00           | 158,23      | 28,37            | 2,00%     | 2,84%     |
| PV-28.A   | PV-28   | Izquierdo | 76,92            | 75,67             | 44,08           | 0,042                     | 0,000      | 0,034          | 0,871 | 2,84%  | 9,00           | 158,23      | 29,28            | 2,00%     | 2,84%     |
| PV-28     | PV-29   | Derecho   | 75,67            | 74,76             | 64,78           | 0,107                     | 0,000      | 0,024          | 0,876 | 1,40%  | 11,00          | 150,48      | 48,25            | 2,00%     | 1,40%     |
| PV-28     | PV-29   | Izquierdo | 75,67            | 74,76             | 64,78           | 0,094                     | 0,000      | 0,024          | 0,876 | 1,40%  | 11,00          | 150,48      | 43,32            | 2,00%     | 1,40%     |
| PV-29     | PV-30   | Derecho   | 74,76            | 73,25             | 70,00           | 0,164                     | 0,000      | 0,035          | 0,877 | 2,16%  | 10,00          | 154,27      | 74,72            | 2,00%     | 2,16%     |
| PV-29     | PV-30   | Izquierdo | 74,76            | 73,25             | 70,00           | 0,131                     | 0,000      | 0,035          | 0,876 | 2,16%  | 10,00          | 154,27      | 62,13            | 2,00%     | 2,16%     |
| PV-30     | PV-31   | Derecho   | 73,25            | 72,34             | 71,42           | 0,192                     | 0,000      | 0,037          | 0,877 | 1,27%  | 11,00          | 150,48      | 83,77            | 2,00%     | 1,27%     |
| PV-30     | PV-31   | Izquierdo | 73,25            | 72,34             | 71,42           | 0,137                     | 0,000      | 0,037          | 0,876 | 1,27%  | 11,00          | 150,48      | 63,59            | 2,00%     | 1,27%     |
| PV-25.3   | PV-25.2 | Derecho   | 81,10            | 81,63             | 69,95           | 0,118                     | 0,000      | 0,030          | 0,876 | 0,71%  | 11,00          | 150,48      | 54,18            | 2,00%     | 0,71%     |
| PV-25.3   | PV-25.2 | Izquierdo | 81,10            | 81,63             | 69,95           | 0,125                     | 0,000      | 0,030          | 0,876 | 0,7%   | 11,00          | 150,48      | 56,84            | 2,00%     | 0,71%     |
| PV-25.2   | PV-25.1 | Derecho   | 81,63            | 82,19             | 70,03           | 0,137                     | 0,000      | 0,037          | 0,876 | 0,80%  | 11,00          | 150,48      | 63,54            | 2,00%     | 0,80%     |
| PV-25.2   | PV-25.1 | Izquierdo | 81,63            | 82,19             | 70,03           | 0,148                     | 0,000      | 0,037          | 0,876 | 0,80%  | 11,00          | 150,48      | 67,76            | 2,00%     | 0,80%     |
| PV-25.1   | PV-25   | Derecho   | 82,19            | 81,62             | 66,78           | 0,099                     | 0,000      | 0,028          | 0,876 | 0,85%  | 11,00          | 150,48      | 46,27            | 2,00%     | 0,85%     |
| PV-25.1   | PV-25   | Izquierdo | 82,19            | 81,62             | 66,78           | 0,105                     | 0,000      | 0,028          | 0,876 | 0,85%  | 11,00          | 150,48      | 48,52            | 2,00%     | 0,85%     |
| PV-26.4   | PV-26.3 | Derecho   | 77,75            | 77,15             | 43,62           | 0,029                     | 0,000      | 0,020          | 0,872 | 1,38%  | 11,00          | 150,48      | 17,77            | 2,00%     | 1,38%     |
| PV-26.4   | PV-26.3 | Izquierdo | 77,75            | 77,15             | 43,62           | 0,122                     | 0,000      | 0,020          | 0,877 | 1,38%  | 11,00          | 150,48      | 51,80            | 2,00%     | 1,38%     |
| PV-26.3.1 | PV-26.3 | Derecho   | 80,07            | 77,15             | 37,72           | 0,063                     | 0,000      | 0,026          | 0,874 | 7,74%  | 5,50           | 173,57      | 37,38            | 2,00%     | 7,74%     |
| PV-26.3.1 | PV-26.3 | Izquierdo | 80,07            | 77,15             | 37,72           | 0,020                     | 0,000      | 0,026          | 0,869 | 7,74%  | 5,50           | 173,57      | 19,11            | 2,00%     | 7,74%     |
| PV-26.3   | PV-26.2 | Derecho   | 77,15            | 77,55             | 72,49           | 0,106                     | 0,000      | 0,038          | 0,875 | 0,55%  | 11,00          | 150,48      | 52,49            | 2,00%     | 0,55%     |
| PV-26.3   | PV-26.2 | Izquierdo | 77,15            | 77,55             | 72,49           | 0,153                     | 0,000      | 0,038          | 0,876 | 0,55%  | 11,00          | 150,48      | 69,84            | 2,00%     | 0,55%     |
| PV-26.2   | PV-26.1 | Derecho   | 77,55            | 78,34             | 70,04           | 0,130                     | 0,000      | 0,036          | 0,876 | 1,13%  | 11,00          | 150,48      | 60,72            | 2,00%     | 1,13%     |
| PV-26.2   | PV-26.1 | Izquierdo | 77,55            | 78,34             | 70,04           | 0,147                     | 0,000      | 0,036          | 0,876 | 1,13%  | 11,00          | 150,48      | 66,91            | 2,00%     | 1,13%     |

Continuación de la tabla XXI.

| De pozo   | A pozo  | Lado      | T<br>(m) | y<br>(m) | Q <sub>a</sub><br>(L/s) | Q/L<br>(m <sup>3</sup> /m) | L <sub>a</sub><br>(m) | a/y<br>(m/m) | Eficiencia | L <sub>a</sub> utilizar<br>(m) | L/L <sub>a</sub><br>(m/m) | #tragantes | Tipo de tragante | Qsobriante |       |
|-----------|---------|-----------|----------|----------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------|-------|
|           |         |           |          |          |                         |                            |                       |              |            |                                |                           |            |                  | (L/s)      | (l/s) |
| PV-20     | PV-21   | Derecho   | 156      | 0.031    | 49.82                   | 0.049                      | 1022                  | 3.850        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-20     | PV-21   | Izquierdo | 134      | 0.027    | 33.37                   | 0.048                      | 0.702                 | 4.474        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-21     | PV-22   | Derecho   | 160      | 0.032    | 53.46                   | 0.049                      | 1091                  | 3.743        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-21     | PV-22   | Izquierdo | 137      | 0.027    | 34.89                   | 0.048                      | 0.731                 | 4.392        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-22     | PV-23   | Derecho   | 2.63     | 0.053    | 52.33                   | 0.055                      | 0.955                 | 2.279        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-22     | PV-23   | Izquierdo | 2.65     | 0.053    | 53.14                   | 0.055                      | 0.968                 | 2.266        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-23     | PV-24   | Derecho   | 3.38     | 0.068    | 68.6                    | 0.069                      | 1.61                  | 1.774        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-23     | PV-24   | Izquierdo | 3.37     | 0.067    | 67.73                   | 0.069                      | 1.45                  | 1.778        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-24     | PV-25   | Derecho   | 2.77     | 0.055    | 43.99                   | 0.066                      | 0.791                 | 2.64         | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-24     | PV-25   | Izquierdo | 2.74     | 0.055    | 42.82                   | 0.065                      | 0.772                 | 2.86         | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.A   | PV-26   | Derecho   | 1.74     | 0.035    | 44.20                   | 0.050                      | 0.888                 | 3.441        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.A   | PV-26   | Izquierdo | 1.81     | 0.036    | 48.71                   | 0.050                      | 0.971                 | 3.317        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-27.A   | PV-27   | Derecho   | 1.66     | 0.033    | 29.57                   | 0.049                      | 0.600                 | 3.622        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-27.A   | PV-27   | Izquierdo | 1.66     | 0.033    | 29.62                   | 0.049                      | 0.601                 | 3.620        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-28.A   | PV-28   | Derecho   | 1.68     | 0.034    | 28.66                   | 0.049                      | 0.580                 | 3.566        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-28.A   | PV-28   | Izquierdo | 1.70     | 0.034    | 29.59                   | 0.050                      | 0.597                 | 3.524        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-28     | PV-29   | Derecho   | 2.34     | 0.047    | 48.75                   | 0.053                      | 0.918                 | 2.562        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-28     | PV-29   | Izquierdo | 2.25     | 0.045    | 43.77                   | 0.053                      | 0.832                 | 2.667        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-29     | PV-30   | Derecho   | 2.55     | 0.051    | 75.50                   | 0.054                      | 1.390                 | 2.356        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-29     | PV-30   | Izquierdo | 2.38     | 0.048    | 62.78                   | 0.053                      | 1.177                 | 2.525        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-30     | PV-31   | Derecho   | 2.93     | 0.059    | 84.64                   | 0.057                      | 1.497                 | 2.045        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-30     | PV-31   | Izquierdo | 2.65     | 0.053    | 64.25                   | 0.055                      | 1.171                 | 2.268        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.3   | PV-25.2 | Derecho   | 2.78     | 0.056    | 54.74                   | 0.056                      | 0.984                 | 2.161        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.3   | PV-25.2 | Izquierdo | 2.83     | 0.057    | 57.43                   | 0.056                      | 1.027                 | 2.122        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.2   | PV-25.1 | Derecho   | 2.89     | 0.058    | 64.20                   | 0.056                      | 1.141                 | 2.079        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.2   | PV-25.1 | Izquierdo | 2.96     | 0.059    | 68.47                   | 0.057                      | 1.208                 | 2.029        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.1   | PV-25   | Derecho   | 2.53     | 0.051    | 46.75                   | 0.054                      | 0.882                 | 2.370        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-25.1   | PV-25   | Izquierdo | 2.58     | 0.052    | 49.02                   | 0.054                      | 0.900                 | 2.328        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.4   | PV-26.3 | Derecho   | 1.62     | 0.032    | 17.96                   | 0.049                      | 0.366                 | 3.711        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.4   | PV-26.3 | Izquierdo | 2.42     | 0.048    | 52.34                   | 0.054                      | 0.977                 | 2.484        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.3.1 | PV-26.3 | Derecho   | 1.55     | 0.031    | 37.77                   | 0.049                      | 0.776                 | 3.882        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.3.1 | PV-26.3 | Izquierdo | 1.20     | 0.024    | 19.31                   | 0.047                      | 0.412                 | 4.993        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.3   | PV-26.2 | Derecho   | 2.88     | 0.058    | 53.04                   | 0.056                      | 0.943                 | 2.083        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.3   | PV-26.2 | Izquierdo | 3.21     | 0.064    | 70.57                   | 0.058                      | 1.274                 | 1.871        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.2   | PV-26.1 | Derecho   | 2.66     | 0.053    | 61.35                   | 0.055                      | 1.116                 | 2.255        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |
| PV-26.2   | PV-26.1 | Izquierdo | 2.76     | 0.055    | 67.61                   | 0.056                      | 1.278                 | 2.175        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000      | 0.000 |

Continuación de la tabla XXI.

| Depozo    | A pozo    | Lado      | Elevación salida (msnm) | Elevación entrada (msnm) | Longitud              |            | Área (Ha)      |       |       | C      | SL (%) | tc (minuto) | i (mm/h) | Q (ca) | Sx (%) | Ss (%) |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|----------------|-------|-------|--------|--------|-------------|----------|--------|--------|--------|
|           |           |           |                         |                          | Área techada/concreto | Área verde | Área asfaltada | (m)   | (m)   |        |        |             |          |        |        |        |
| PV-26.1   | PV-26     | Derecho   | 78.34                   | 78.89                    | 68.65                 | 0.101      | 0.000          | 0.027 | 0.876 | 0.80%  | 11.00  | 50.48       | 46.72    | 2.00%  | 2.00%  | 0.80%  |
| PV-26.1   | PV-26     | Izquierdo | 78.34                   | 78.89                    | 68.65                 | 0.13       | 0.000          | 0.027 | 0.876 | 0.80%  | 11.00  | 50.48       | 51.03    | 2.00%  | 2.00%  | 0.80%  |
| PV-26.1   | PV-26     | Derecho   | 97.80                   | 89.89                    | 64.92                 | 0.16       | 0.000          | 0.029 | 0.876 | 12.18% | 4.00   | 180.96      | 63.41    | 2.00%  | 2.00%  | 12.18% |
| PV-26.1   | PV-26     | Izquierdo | 97.80                   | 89.89                    | 64.92                 | 0.073      | 0.000          | 0.029 | 0.874 | 12.18% | 4.00   | 180.96      | 44.58    | 2.00%  | 2.00%  | 12.18% |
| PV-26.9   | PV-26.8   | Derecho   | 89.89                   | 81.22                    | 67.52                 | 0.105      | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 12.18% | 4.00   | 180.96      | 57.75    | 2.00%  | 2.00%  | 12.84% |
| PV-26.9   | PV-26.8   | Izquierdo | 89.89                   | 81.22                    | 67.52                 | 0.107      | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 12.18% | 4.00   | 180.96      | 58.55    | 2.00%  | 2.00%  | 12.84% |
| PV-26.8   | PV-26.7   | Derecho   | 81.22                   | 80.23                    | 56.93                 | 0.074      | 0.000          | 0.021 | 0.876 | 1.74%  | 10.00  | 154.27      | 35.70    | 2.00%  | 2.00%  | 1.74%  |
| PV-26.8   | PV-26.7   | Izquierdo | 81.22                   | 80.23                    | 56.93                 | 0.087      | 0.000          | 0.021 | 0.876 | 1.74%  | 10.00  | 154.27      | 40.44    | 2.00%  | 2.00%  | 1.74%  |
| PV-26.7   | PV-26.6   | Derecho   | 80.23                   | 79.51                    | 50.14                 | 0.100      | 0.000          | 0.025 | 0.876 | 1.44%  | 11.00  | 150.48      | 45.72    | 2.00%  | 2.00%  | 1.44%  |
| PV-26.7   | PV-26.6   | Izquierdo | 80.23                   | 79.51                    | 50.14                 | 0.101      | 0.000          | 0.025 | 0.876 | 1.44%  | 11.00  | 150.48      | 46.16    | 2.00%  | 2.00%  | 1.44%  |
| PV-26.6   | PV-26.5   | Derecho   | 79.51                   | 79.24                    | 49.94                 | 0.101      | 0.000          | 0.025 | 0.876 | 0.54%  | 11.00  | 150.48      | 46.24    | 2.00%  | 2.00%  | 0.54%  |
| PV-26.6   | PV-26.5   | Izquierdo | 79.51                   | 79.24                    | 49.94                 | 0.098      | 0.000          | 0.025 | 0.876 | 0.54%  | 11.00  | 150.48      | 44.99    | 2.00%  | 2.00%  | 0.54%  |
| PV-26.5   | PV-26     | Derecho   | 79.24                   | 78.89                    | 52.96                 | 0.078      | 0.000          | 0.019 | 0.876 | 0.66%  | 11.00  | 150.48      | 35.37    | 2.00%  | 2.00%  | 0.66%  |
| PV-26.5   | PV-26     | Izquierdo | 79.24                   | 78.89                    | 52.96                 | 0.073      | 0.000          | 0.019 | 0.876 | 0.66%  | 11.00  | 150.48      | 33.48    | 2.00%  | 2.00%  | 0.66%  |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | Derecho   | 82.65                   | 81.22                    | 44.26                 | 0.043      | 0.000          | 0.053 | 0.869 | 3.23%  | 9.00   | 158.23      | 36.88    | 2.00%  | 2.00%  | 3.23%  |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | Izquierdo | 82.65                   | 81.22                    | 44.26                 | 0.060      | 0.000          | 0.053 | 0.871 | 3.23%  | 9.00   | 158.23      | 43.23    | 2.00%  | 2.00%  | 3.23%  |
| PV-27.4   | PV-27.3   | Derecho   | 76.48                   | 73.56                    | 70.55                 | 0.16       | 0.000          | 0.038 | 0.875 | 4.14%  | 8.00   | 162.37      | 60.80    | 2.00%  | 2.00%  | 4.14%  |
| PV-27.4   | PV-27.3   | Izquierdo | 76.48                   | 73.56                    | 70.55                 | 0.174      | 0.000          | 0.038 | 0.876 | 4.14%  | 8.00   | 162.37      | 83.77    | 2.00%  | 2.00%  | 4.14%  |
| PV-27.3   | PV-27.2   | Derecho   | 73.56                   | 75.00                    | 74.96                 | 0.141      | 0.000          | 0.037 | 0.876 | 1.92%  | 10.00  | 154.27      | 66.87    | 2.00%  | 2.00%  | 1.92%  |
| PV-27.3   | PV-27.2   | Izquierdo | 73.56                   | 75.00                    | 74.96                 | 0.162      | 0.000          | 0.037 | 0.876 | 1.92%  | 10.00  | 154.27      | 74.70    | 2.00%  | 2.00%  | 1.92%  |
| PV-27.2   | PV-27.1   | Derecho   | 75.00                   | 76.12                    | 75.00                 | 0.142      | 0.000          | 0.037 | 0.876 | 1.49%  | 11.00  | 150.48      | 65.64    | 2.00%  | 2.00%  | 1.49%  |
| PV-27.2   | PV-27.1   | Izquierdo | 75.00                   | 76.12                    | 75.00                 | 0.160      | 0.000          | 0.037 | 0.876 | 1.49%  | 11.00  | 150.48      | 72.19    | 2.00%  | 2.00%  | 1.49%  |
| PV-27.1   | PV-27     | Derecho   | 76.12                   | 77.14                    | 72.30                 | 0.108      | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 1.41%  | 11.00  | 150.48      | 49.79    | 2.00%  | 2.00%  | 1.41%  |
| PV-27.1   | PV-27     | Izquierdo | 76.12                   | 77.14                    | 72.30                 | 0.120      | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 1.41%  | 11.00  | 150.48      | 54.29    | 2.00%  | 2.00%  | 1.41%  |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | Derecho   | 99.98                   | 97.73                    | 45.44                 | 0.000      | 0.000          | 0.044 | 0.860 | 4.95%  | 7.00   | 166.70      | 17.37    | 2.00%  | 2.00%  | 4.95%  |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | Izquierdo | 99.98                   | 97.73                    | 45.44                 | 0.000      | 0.000          | 0.044 | 0.860 | 4.95%  | 7.00   | 166.70      | 17.37    | 2.00%  | 2.00%  | 4.95%  |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | Derecho   | 97.73                   | 95.25                    | 49.40                 | 0.000      | 0.000          | 0.025 | 0.860 | 5.02%  | 7.00   | 166.70      | 9.79     | 2.00%  | 2.00%  | 5.02%  |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | Izquierdo | 97.73                   | 95.25                    | 49.40                 | 0.035      | 0.000          | 0.031 | 0.871 | 5.02%  | 7.00   | 166.70      | 26.56    | 2.00%  | 2.00%  | 5.02%  |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | Derecho   | 98.75                   | 97.07                    | 45.00                 | 0.039      | 0.000          | 0.037 | 0.870 | 3.73%  | 8.00   | 162.37      | 29.97    | 2.00%  | 2.00%  | 3.73%  |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | Izquierdo | 98.75                   | 97.07                    | 45.00                 | 0.000      | 0.000          | 0.025 | 0.860 | 3.73%  | 8.00   | 162.37      | 9.75     | 2.00%  | 2.00%  | 3.73%  |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | Derecho   | 97.07                   | 95.25                    | 50.29                 | 0.038      | 0.000          | 0.033 | 0.871 | 3.62%  | 8.00   | 162.37      | 27.79    | 2.00%  | 2.00%  | 3.62%  |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | Izquierdo | 97.07                   | 95.25                    | 50.29                 | 0.000      | 0.000          | 0.026 | 0.860 | 3.62%  | 8.00   | 162.37      | 10.00    | 2.00%  | 2.00%  | 3.62%  |
| PV-27.9   | PV-27.8   | Derecho   | 95.25                   | 87.87                    | 67.14                 | 0.105      | 0.000          | 0.027 | 0.876 | 10.99% | 4.00   | 180.96      | 57.97    | 2.00%  | 2.00%  | 10.99% |
| PV-27.9   | PV-27.8   | Izquierdo | 95.25                   | 87.87                    | 67.14                 | 0.108      | 0.000          | 0.027 | 0.876 | 10.99% | 4.00   | 180.96      | 59.34    | 2.00%  | 2.00%  | 10.99% |
| PV-27.8   | PV-27.7   | Derecho   | 87.87                   | 79.99                    | 72.14                 | 0.111      | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 10.92% | 4.00   | 180.96      | 61.50    | 2.00%  | 2.00%  | 10.92% |
| PV-27.8   | PV-27.7   | Izquierdo | 87.87                   | 79.99                    | 72.14                 | 0.15       | 0.000          | 0.028 | 0.876 | 10.92% | 4.00   | 180.96      | 63.26    | 2.00%  | 2.00%  | 10.92% |

Continuación de la tabla XXI.

| De pozo   | A pozo    | Lado      | T<br>(m) | y<br>(m) | Q <sub>a</sub><br>(L/s) | Q/L<br>(m <sup>3</sup> /m) | L <sub>a</sub><br>(m) | a/y<br>(m/m) | Eficiencia | L <sub>a</sub> utilizar<br>(m) | L/L <sub>a</sub><br>(m/m) | # tragantes | Tipo de tragante | Qobstante |       |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------------------|-------------|------------------|-----------|-------|
|           |           |           |          |          |                         |                            |                       |              |            |                                |                           |             |                  | (L/s)     | (L/s) |
| PV-26.1   | PV-26     | Derecho   | 2.57     | 0.051    | 47.20                   | 0.054                      | 0.867                 | 2.334        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.1   | PV-26     | Izquierdo | 2.66     | 0.053    | 51.56                   | 0.055                      | 0.938                 | 2.258        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.10  | PV-26.9   | Derecho   | 1.73     | 0.035    | 64.07                   | 0.050                      | 1.289                 | 3.467        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.9   | PV-26.8   | Derecho   | 1.52     | 0.030    | 45.04                   | 0.049                      | 0.928                 | 3.957        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.9   | PV-26.8   | Izquierdo | 1.66     | 0.033    | 59.35                   | 0.049                      | 1.184                 | 3.626        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.8   | PV-26.7   | Derecho   | 2.01     | 0.040    | 36.08                   | 0.051                      | 0.704                 | 2.985        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.8   | PV-26.7   | Izquierdo | 2.11     | 0.042    | 40.86                   | 0.052                      | 0.789                 | 2.849        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.7   | PV-26.6   | Derecho   | 2.29     | 0.046    | 46.20                   | 0.053                      | 0.875                 | 2.625        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.7   | PV-26.6   | Izquierdo | 2.29     | 0.046    | 46.64                   | 0.053                      | 0.882                 | 2.615        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.6   | PV-26.5   | Derecho   | 2.76     | 0.055    | 46.72                   | 0.056                      | 0.842                 | 2.716        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.6   | PV-26.5   | Izquierdo | 2.73     | 0.055    | 45.46                   | 0.055                      | 0.821                 | 2.789        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.5   | PV-26     | Derecho   | 2.40     | 0.048    | 35.74                   | 0.053                      | 0.668                 | 2.498        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.5   | PV-26     | Izquierdo | 2.35     | 0.047    | 33.83                   | 0.053                      | 0.636                 | 2.550        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | Derecho   | 1.81     | 0.036    | 37.26                   | 0.050                      | 0.743                 | 3.32         | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-26.8.1 | PV-26.8   | Izquierdo | 1.92     | 0.038    | 43.68                   | 0.051                      | 0.860                 | 3.120        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.4   | PV-27.3   | Derecho   | 2.09     | 0.042    | 61.44                   | 0.052                      | 1.189                 | 2.876        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.4   | PV-27.3   | Izquierdo | 2.35     | 0.047    | 84.65                   | 0.053                      | 1.591                 | 2.551        | 1000       | 160                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.3   | PV - 27.2 | Derecho   | 2.50     | 0.050    | 67.57                   | 0.054                      | 1.251                 | 2.403        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.3   | PV - 27.2 | Izquierdo | 2.60     | 0.052    | 75.48                   | 0.055                      | 1.382                 | 2.306        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV - 27.2 | PV-27.1   | Derecho   | 2.60     | 0.052    | 66.32                   | 0.055                      | 1.215                 | 2.309        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV - 27.2 | PV-27.1   | Izquierdo | 2.69     | 0.054    | 72.94                   | 0.055                      | 1.323                 | 2.228        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.1   | PV-27     | Derecho   | 2.37     | 0.047    | 50.31                   | 0.053                      | 0.944                 | 2.534        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.1   | PV-27     | Izquierdo | 2.45     | 0.049    | 54.86                   | 0.054                      | 1.021                 | 2.453        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | Derecho   | 1.26     | 0.025    | 71.55                   | 0.047                      | 0.372                 | 4.759        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.2 | PV-27.9.1 | Izquierdo | 1.26     | 0.025    | 71.55                   | 0.047                      | 0.372                 | 4.759        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | Derecho   | 1.01     | 0.020    | 9.89                    | 0.046                      | 0.216                 | 5.915        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.1 | PV-27.9   | Izquierdo | 1.47     | 0.029    | 26.83                   | 0.048                      | 0.556                 | 4.069        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | Derecho   | 1.63     | 0.033    | 30.28                   | 0.049                      | 0.616                 | 3.678        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.4 | PV-27.9.3 | Izquierdo | 1.07     | 0.021    | 9.85                    | 0.046                      | 0.214                 | 5.605        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | Derecho   | 1.59     | 0.032    | 26.08                   | 0.049                      | 0.574                 | 3.762        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9.3 | PV-27.9   | Izquierdo | 1.09     | 0.022    | 11.10                   | 0.046                      | 0.218                 | 5.519        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9   | PV-27.8   | Derecho   | 1.71     | 0.034    | 58.57                   | 0.050                      | 1.182                 | 3.517        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.9   | PV-27.8   | Izquierdo | 1.72     | 0.034    | 59.96                   | 0.050                      | 1.208                 | 3.486        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.8   | PV-27.7   | Derecho   | 1.75     | 0.035    | 62.14                   | 0.050                      | 1.248                 | 3.436        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |
| PV-27.8   | PV-27.7   | Izquierdo | 1.76     | 0.035    | 63.92                   | 0.050                      | 1.281                 | 3.399        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100         | Deventana        | 0.000     | 0.000 |

Continuación de la tabla XXI.

| A pozo  | Lado      | Elevación |         | Longitud | Área (Ha) |                           |            | C     | SL (%) | tc    | i     | Q (cia) | Sx    | SL     |
|---------|-----------|-----------|---------|----------|-----------|---------------------------|------------|-------|--------|-------|-------|---------|-------|--------|
|         |           | (msnm)    | entrada |          | (m)       | Área techada/<br>concreto | Área verde |       |        |       |       |         |       |        |
| PV-27.7 | Derecho   | 8101      | 7999    | 42,17    | 0,040     | 0,000                     | 0,038      | 0,870 | 2,42%  | 10,00 | 54,27 | 28,79   | 2,00% | 2,42%  |
| PV-27.7 | Izquierdo | 8101      | 7999    | 42,17    | 0,052     | 0,000                     | 0,038      | 0,872 | 2,42%  | 10,00 | 54,27 | 33,37   | 2,00% | 2,42%  |
| PV-27.7 | Derecho   | 8021      | 7999    | 43,98    | 0,040     | 0,000                     | 0,035      | 0,871 | 0,50%  | 11,00 | 50,48 | 27,45   | 2,00% | 0,50%  |
| PV-27.7 | Izquierdo | 8021      | 7999    | 43,98    | 0,040     | 0,000                     | 0,035      | 0,871 | 0,50%  | 11,00 | 50,48 | 27,17   | 2,00% | 0,50%  |
| PV-27.6 | Derecho   | 7999      | 7847    | 72,51    | 0,110     | 0,000                     | 0,027      | 0,876 | 2,10%  | 10,00 | 54,27 | 51,36   | 2,00% | 2,10%  |
| PV-27.6 | Izquierdo | 7999      | 7847    | 72,51    | 0,111     | 0,000                     | 0,027      | 0,876 | 2,10%  | 10,00 | 54,27 | 51,89   | 2,00% | 2,10%  |
| PV-27.5 | Derecho   | 7847      | 7786    | 74,93    | 0,150     | 0,000                     | 0,037      | 0,876 | 0,81%  | 11,00 | 50,48 | 68,26   | 2,00% | 0,81%  |
| PV-27.5 | Izquierdo | 7847      | 7786    | 74,93    | 0,152     | 0,000                     | 0,037      | 0,876 | 0,81%  | 11,00 | 50,48 | 69,08   | 2,00% | 0,81%  |
| PV-27   | Derecho   | 7786      | 7714    | 62,32    | 0,099     | 0,000                     | 0,023      | 0,876 | 1,16%  | 11,00 | 50,48 | 44,76   | 2,00% | 1,16%  |
| PV-27   | Izquierdo | 7786      | 7714    | 62,32    | 0,093     | 0,000                     | 0,023      | 0,876 | 1,16%  | 11,00 | 50,48 | 42,48   | 2,00% | 1,16%  |
| PV-28.4 | Derecho   | 9665      | 8742    | 66,19    | 0,113     | 0,000                     | 0,028      | 0,876 | 13,94% | 4,00  | 80,96 | 62,22   | 2,00% | 13,94% |
| PV-28.4 | Izquierdo | 9665      | 8742    | 66,19    | 0,116     | 0,000                     | 0,028      | 0,876 | 13,94% | 4,00  | 80,96 | 63,37   | 2,00% | 13,94% |
| PV-28.3 | Derecho   | 8742      | 8049    | 68,55    | 0,104     | 0,000                     | 0,027      | 0,876 | 10,11% | 4,50  | 78,44 | 56,58   | 2,00% | 10,11% |
| PV-28.3 | Izquierdo | 8742      | 8049    | 68,55    | 0,110     | 0,000                     | 0,027      | 0,876 | 10,11% | 4,50  | 78,44 | 59,51   | 2,00% | 10,11% |
| PV-28.3 | Derecho   | 8588      | 8049    | 38,68    | 0,038     | 0,000                     | 0,039      | 0,870 | 13,93% | 4,00  | 80,96 | 33,98   | 2,00% | 13,93% |
| PV-28.3 | Izquierdo | 8588      | 8049    | 38,68    | 0,042     | 0,000                     | 0,039      | 0,870 | 13,93% | 4,00  | 80,96 | 35,52   | 2,00% | 13,93% |
| PV-28.2 | Derecho   | 8049      | 7782    | 75,80    | 0,122     | 0,000                     | 0,030      | 0,876 | 3,52%  | 8,00  | 62,37 | 60,12   | 2,00% | 3,52%  |
| PV-28.2 | Izquierdo | 8049      | 7782    | 75,80    | 0,127     | 0,000                     | 0,030      | 0,876 | 3,52%  | 8,00  | 62,37 | 62,02   | 2,00% | 3,52%  |
| PV-28.1 | Derecho   | 7782      | 7631    | 70,00    | 0,147     | 0,000                     | 0,035      | 0,876 | 2,16%  | 10,00 | 54,27 | 68,17   | 2,00% | 2,16%  |
| PV-28.1 | Izquierdo | 7782      | 7631    | 70,00    | 0,140     | 0,000                     | 0,035      | 0,876 | 2,16%  | 10,00 | 54,27 | 65,64   | 2,00% | 2,16%  |
| PV-28   | Derecho   | 7631      | 7567    | 64,24    | 0,107     | 0,000                     | 0,025      | 0,876 | 10,0%  | 11,00 | 50,48 | 48,42   | 2,00% | 10,0%  |
| PV-28   | Izquierdo | 7631      | 7567    | 64,24    | 0,094     | 0,000                     | 0,025      | 0,876 | 10,0%  | 11,00 | 50,48 | 43,46   | 2,00% | 10,0%  |
| PV-33   | Derecho   | 9890      | 9803    | 44,94    | 0,000     | 0,000                     | 0,025      | 0,880 | 19,4%  | 10,00 | 54,27 | 9,13    | 2,00% | 19,4%  |
| PV-33   | Izquierdo | 9890      | 9803    | 44,94    | 0,038     | 0,000                     | 0,038      | 0,870 | 19,4%  | 10,00 | 54,27 | 28,25   | 2,00% | 19,4%  |
| PV-34   | Derecho   | 9803      | 9563    | 49,80    | 0,000     | 0,000                     | 0,027      | 0,860 | 4,82%  | 7,00  | 66,70 | 10,89   | 2,00% | 4,82%  |
| PV-34   | Izquierdo | 9803      | 9563    | 49,80    | 0,039     | 0,000                     | 0,040      | 0,870 | 4,82%  | 7,00  | 66,70 | 31,94   | 2,00% | 4,82%  |
| PV-35   | Derecho   | 9563      | 9361    | 67,10    | 0,000     | 0,000                     | 0,033      | 0,860 | 3,01%  | 9,00  | 58,23 | 12,34   | 2,00% | 3,01%  |
| PV-35   | Izquierdo | 9563      | 9361    | 67,10    | 0,105     | 0,000                     | 0,025      | 0,876 | 3,01%  | 9,00  | 58,23 | 50,02   | 2,00% | 3,01%  |
| PV-36   | Derecho   | 9361      | 8936    | 71,96    | 0,000     | 0,000                     | 0,042      | 0,860 | 5,91%  | 6,50  | 68,94 | 17,15   | 2,00% | 5,91%  |
| PV-36   | Izquierdo | 9361      | 8936    | 71,96    | 0,113     | 0,000                     | 0,026      | 0,876 | 5,91%  | 6,50  | 68,94 | 56,99   | 2,00% | 5,91%  |
| PV-40.6 | Derecho   | 8936      | 9075    | 49,61    | 0,043     | 0,000                     | 0,047      | 0,870 | 2,80%  | 9,00  | 58,23 | 34,57   | 2,00% | 2,80%  |
| PV-40.6 | Izquierdo | 8936      | 9075    | 49,61    | 0,041     | 0,000                     | 0,050      | 0,869 | 2,80%  | 9,00  | 58,23 | 34,72   | 2,00% | 2,80%  |
| PV-37   | Derecho   | 8919      | 84,12   | 82,84    | 0,083     | 0,000                     | 0,066      | 0,871 | 6,12%  | 6,50  | 68,94 | 60,90   | 2,00% | 6,12%  |
| PV-37   | Izquierdo | 8919      | 84,12   | 82,84    | 0,157     | 0,000                     | 0,035      | 0,876 | 6,12%  | 6,50  | 68,94 | 79,21   | 2,00% | 6,12%  |
| PV-38   | Derecho   | 84,12     | 79,30   | 63,40    | 0,073     | 0,000                     | 0,048      | 0,872 | 7,60%  | 5,50  | 73,57 | 50,81   | 2,00% | 7,60%  |
| PV-38   | Izquierdo | 84,12     | 79,30   | 63,40    | 0,134     | 0,000                     | 0,029      | 0,876 | 7,60%  | 5,50  | 73,57 | 68,94   | 2,00% | 7,60%  |



Continuación de la tabla XXI.

| De pozo   | A pozo  | Lado      | T<br>(m) | Y<br>(m) | Q <sub>a</sub><br>(L/s) | Q/L<br>(m/m) | L <sub>a</sub><br>(m) | a/y<br>(m/m) | Eficiencia | L <sub>a</sub> utilizar<br>(m) | L/L <sub>a</sub><br>(m/m) | #tragamies | Tipo de<br>tragante | Q <sub>sobrante</sub> |       |
|-----------|---------|-----------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|---------------------|-----------------------|-------|
|           |         |           |          |          |                         |              |                       |              |            |                                |                           |            |                     | (L/s)                 | (L/s) |
| PV-27.7.1 | PV-27.7 | Derecho   | 174      | 0.035    | 29.09                   | 0.050        | 0.584                 | 3.442        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.7.1 | PV-27.7 | Izquierdo | 184      | 0.037    | 33.72                   | 0.050        | 0.670                 | 3.257        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.7.2 | PV-27.7 | Derecho   | 230      | 0.046    | 27.73                   | 0.053        | 0.524                 | 2.608        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.7.2 | PV-27.7 | Izquierdo | 229      | 0.046    | 27.45                   | 0.053        | 0.519                 | 2.618        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.7   | PV-27.6 | Derecho   | 222      | 0.044    | 51.90                   | 0.052        | 0.888                 | 2.687        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.7   | PV-27.6 | Izquierdo | 223      | 0.045    | 52.43                   | 0.053        | 0.988                 | 2.687        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.6   | PV-27.5 | Derecho   | 296      | 0.059    | 68.97                   | 0.057        | 1.217                 | 2.030        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.6   | PV-27.5 | Izquierdo | 297      | 0.059    | 69.80                   | 0.057        | 1.230                 | 2.021        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.5   | PV-27   | Derecho   | 236      | 0.047    | 46.22                   | 0.053        | 0.849                 | 2.540        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-27.5   | PV-27   | Izquierdo | 232      | 0.046    | 42.92                   | 0.053        | 0.810                 | 2.590        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.5   | PV-28.4 | Derecho   | 168      | 0.034    | 62.87                   | 0.049        | 1.273                 | 3.581        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.5   | PV-28.4 | Izquierdo | 169      | 0.034    | 64.03                   | 0.049        | 1.294                 | 3.556        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.4   | PV-28.3 | Derecho   | 172      | 0.034    | 57.17                   | 0.050        | 1.182                 | 3.494        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.4   | PV-28.3 | Izquierdo | 175      | 0.035    | 60.13                   | 0.050        | 1.207                 | 3.428        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.3.1 | PV-28.3 | Derecho   | 134      | 0.027    | 34.33                   | 0.048        | 0.722                 | 4.492        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.3.1 | PV-28.3 | Izquierdo | 136      | 0.027    | 35.89                   | 0.048        | 0.753                 | 4.418        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.3   | PV-28.2 | Derecho   | 2.14     | 0.043    | 60.75                   | 0.052        | 1.168                 | 2.802        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.3   | PV-28.2 | Izquierdo | 2.17     | 0.043    | 62.67                   | 0.052        | 1.202                 | 2.770        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.2   | PV-28.1 | Derecho   | 2.46     | 0.049    | 68.88                   | 0.054        | 1.280                 | 2.439        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.2   | PV-28.1 | Izquierdo | 2.43     | 0.049    | 66.33                   | 0.054        | 1.237                 | 2.473        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.1   | PV-28   | Derecho   | 2.50     | 0.050    | 48.92                   | 0.054        | 0.905                 | 2.389        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-28.1   | PV-28   | Izquierdo | 2.40     | 0.048    | 43.91                   | 0.053        | 0.821                 | 2.498        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-32     | PV-33   | Derecho   | 1.18     | 0.024    | 9.23                    | 0.047        | 0.198                 | 5.078        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-32     | PV-33   | Izquierdo | 180      | 0.036    | 28.55                   | 0.050        | 0.570                 | 3.325        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-33     | PV-34   | Derecho   | 106      | 0.021    | 11.01                   | 0.046        | 0.239                 | 5.640        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-33     | PV-34   | Izquierdo | 159      | 0.032    | 32.28                   | 0.049        | 0.659                 | 3.768        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-34     | PV-35   | Derecho   | 122      | 0.024    | 12.47                   | 0.047        | 0.266                 | 4.828        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-34     | PV-35   | Izquierdo | 206      | 0.041    | 50.54                   | 0.052        | 0.981                 | 2.916        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-35     | PV-36   | Derecho   | 121      | 0.024    | 7.32                    | 0.047        | 0.370                 | 4.943        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-35     | PV-36   | Izquierdo | 190      | 0.038    | 57.58                   | 0.051        | 1.136                 | 3.150        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-36     | PV-40.6 | Derecho   | 182      | 0.036    | 34.93                   | 0.050        | 0.696                 | 3.304        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-36     | PV-40.6 | Izquierdo | 182      | 0.036    | 35.08                   | 0.050        | 0.699                 | 3.298        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-37.A   | PV-37   | Derecho   | 194      | 0.039    | 61.54                   | 0.051        | 1.210                 | 3.093        | 1000       | 150                            | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-37.A   | PV-37   | Izquierdo | 2.14     | 0.043    | 80.03                   | 0.052        | 1.539                 | 2.803        | 1000       | 1.55                           | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-37     | PV-38   | Derecho   | 174      | 0.035    | 51.34                   | 0.050        | 1.032                 | 3.448        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |
| PV-37     | PV-38   | Izquierdo | 195      | 0.039    | 69.66                   | 0.051        | 1.368                 | 3.075        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana           | 0.000                 | 0.000 |

Continuación de la tabla XXI.

| De pozo | A pozo  | Lado      | Elevación        |                   | Longitud | Área (Ha)                 |            |                | C     | SL (%) | tc    | i      | Q (c/a) | Sx    | SL    |
|---------|---------|-----------|------------------|-------------------|----------|---------------------------|------------|----------------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|-------|
|         |         |           | salida<br>(msnm) | entrada<br>(msnm) |          | Área techada/<br>concreto | Área verde | Área asfaltada |       |        |       |        |         |       |       |
| PV-38   | PV-39   | Derecho   | 79.30            | 76.23             | 63.55    | 0.048                     | 0.000      | 0.029          | 0.873 | 4.83%  | 7.00  | 166.70 | 29.60   | 2.00% | 4.83% |
| PV-38   | PV-39   | Izquierdo | 79.30            | 76.23             | 63.55    | 0.088                     | 0.000      | 0.019          | 0.876 | 4.83%  | 7.00  | 166.70 | 43.49   | 2.00% | 4.83% |
| PV-39.5 | PV-39   | Derecho   | 80.03            | 76.23             | 43.84    | 0.036                     | 0.000      | 0.047          | 0.869 | 8.67%  | 5.00  | 175.98 | 35.61   | 2.00% | 8.67% |
| PV-39.5 | PV-39   | Izquierdo | 80.03            | 76.23             | 43.84    | 0.084                     | 0.000      | 0.057          | 0.872 | 8.67%  | 5.00  | 175.98 | 60.02   | 2.00% | 8.67% |
| PV-40   | PV-41   | Derecho   | 80.36            | 77.74             | 49.69    | 0.042                     | 0.000      | 0.033          | 0.871 | 5.27%  | 7.00  | 166.70 | 30.25   | 2.00% | 5.27% |
| PV-40   | PV-41   | Izquierdo | 80.36            | 77.74             | 49.69    | 0.051                     | 0.000      | 0.040          | 0.871 | 5.27%  | 7.00  | 166.70 | 36.86   | 2.00% | 5.27% |
| PV-41   | PV-28   | Derecho   | 77.74            | 75.67             | 63.95    | 0.070                     | 0.000      | 0.041          | 0.873 | 3.24%  | 9.00  | 168.23 | 42.46   | 2.00% | 3.24% |
| PV-41   | PV-28   | Izquierdo | 77.74            | 75.67             | 63.95    | 0.056                     | 0.000      | 0.047          | 0.871 | 3.24%  | 9.00  | 168.23 | 39.55   | 2.00% | 3.24% |
| PV-39.4 | PV-39.3 | Derecho   | 83.68            | 79.93             | 44.73    | 0.066                     | 0.000      | 0.064          | 0.871 | 8.38%  | 5.50  | 173.57 | 50.39   | 2.00% | 8.38% |
| PV-39.4 | PV-39.3 | Izquierdo | 83.68            | 79.93             | 44.73    | 0.087                     | 0.000      | 0.059          | 0.872 | 8.38%  | 5.50  | 173.57 | 61.59   | 2.00% | 8.38% |
| PV-39.3 | PV-39.2 | Derecho   | 79.93            | 79.29             | 72.42    | 0.123                     | 0.000      | 0.029          | 0.876 | 0.88%  | 11.00 | 150.48 | 55.50   | 2.00% | 0.88% |
| PV-39.3 | PV-39.2 | Izquierdo | 79.93            | 79.29             | 72.42    | 0.113                     | 0.000      | 0.029          | 0.876 | 0.88%  | 11.00 | 150.48 | 51.93   | 2.00% | 0.88% |
| PV-39.2 | PV-39.1 | Derecho   | 79.29            | 77.67             | 70.07    | 0.156                     | 0.000      | 0.035          | 0.876 | 2.31%  | 10.00 | 154.27 | 71.48   | 2.00% | 2.31% |
| PV-39.2 | PV-39.1 | Izquierdo | 79.29            | 77.67             | 70.07    | 0.129                     | 0.000      | 0.035          | 0.876 | 2.31%  | 10.00 | 154.27 | 61.38   | 2.00% | 2.31% |
| PV-39.1 | PV-39   | Derecho   | 77.67            | 76.23             | 67.87    | 0.091                     | 0.000      | 0.027          | 0.876 | 2.12%  | 10.00 | 154.27 | 58.22   | 2.00% | 2.12% |
| PV-39.1 | PV-39   | Izquierdo | 77.67            | 76.23             | 67.87    | 0.091                     | 0.000      | 0.027          | 0.876 | 2.12%  | 10.00 | 154.27 | 44.44   | 2.00% | 2.12% |
| PV-40.3 | PV-40.2 | Derecho   | 84.28            | 84.57             | 70.02    | 0.143                     | 0.000      | 0.032          | 0.876 | 0.41%  | 12.00 | 146.85 | 62.43   | 2.00% | 0.41% |
| PV-40.3 | PV-40.2 | Izquierdo | 84.28            | 84.57             | 70.02    | 0.119                     | 0.000      | 0.032          | 0.876 | 0.41%  | 12.00 | 146.85 | 53.98   | 2.00% | 0.41% |
| PV-40.2 | PV-40.1 | Derecho   | 84.57            | 82.08             | 69.98    | 0.153                     | 0.000      | 0.035          | 0.876 | 3.56%  | 8.00  | 162.37 | 74.26   | 2.00% | 3.56% |
| PV-40.2 | PV-40.1 | Izquierdo | 84.57            | 82.08             | 69.98    | 0.123                     | 0.000      | 0.035          | 0.876 | 3.56%  | 8.00  | 162.37 | 62.30   | 2.00% | 3.56% |
| PV-40.1 | PV-40   | Derecho   | 82.08            | 80.36             | 65.52    | 0.101                     | 0.000      | 0.025          | 0.876 | 2.63%  | 9.00  | 158.23 | 48.44   | 2.00% | 2.63% |
| PV-40.1 | PV-40   | Izquierdo | 82.08            | 80.36             | 65.52    | 0.092                     | 0.000      | 0.025          | 0.875 | 2.63%  | 9.00  | 158.23 | 41.11   | 2.00% | 2.63% |
| PV-40.8 | PV-40.7 | Derecho   | 97.77            | 94.13             | 65.98    | 0.114                     | 0.000      | 0.028          | 0.876 | 5.52%  | 6.50  | 188.94 | 58.62   | 2.00% | 5.52% |
| PV-40.8 | PV-40.7 | Izquierdo | 97.77            | 94.13             | 65.98    | 0.111                     | 0.000      | 0.028          | 0.876 | 5.52%  | 6.50  | 188.94 | 57.51   | 2.00% | 5.52% |
| PV-40.7 | PV-40.6 | Derecho   | 94.13            | 90.75             | 68.60    | 0.106                     | 0.000      | 0.027          | 0.876 | 4.93%  | 7.00  | 166.70 | 53.87   | 2.00% | 4.93% |
| PV-40.7 | PV-40.6 | Izquierdo | 94.13            | 90.75             | 68.60    | 0.105                     | 0.000      | 0.027          | 0.876 | 4.93%  | 7.00  | 166.70 | 53.23   | 2.00% | 4.93% |
| PV-40.6 | PV-40.5 | Derecho   | 90.75            | 88.34             | 66.8     | 0.101                     | 0.000      | 0.025          | 0.876 | 3.64%  | 8.00  | 162.37 | 49.78   | 2.00% | 3.64% |
| PV-40.6 | PV-40.5 | Izquierdo | 90.75            | 88.34             | 66.8     | 0.103                     | 0.000      | 0.025          | 0.876 | 3.64%  | 8.00  | 162.37 | 50.90   | 2.00% | 3.64% |
| PV-40.5 | PV-40.4 | Derecho   | 88.34            | 85.58             | 69.16    | 0.144                     | 0.000      | 0.034          | 0.876 | 3.99%  | 8.00  | 162.37 | 70.35   | 2.00% | 3.99% |
| PV-40.5 | PV-40.4 | Izquierdo | 88.34            | 85.58             | 69.16    | 0.142                     | 0.000      | 0.034          | 0.876 | 3.99%  | 8.00  | 162.37 | 69.40   | 2.00% | 3.99% |
| PV-40.4 | PV-40   | Derecho   | 85.58            | 80.36             | 79.13    | 0.129                     | 0.000      | 0.059          | 0.874 | 6.60%  | 6.00  | 171.23 | 78.05   | 2.00% | 6.60% |
| PV-40.4 | PV-40   | Izquierdo | 85.58            | 80.36             | 79.13    | 0.133                     | 0.000      | 0.059          | 0.874 | 6.60%  | 6.00  | 171.23 | 79.89   | 2.00% | 6.60% |
| PV-41.2 | PV-41.1 | Derecho   | 77.64            | 77.72             | 37.49    | 0.091                     | 0.442      | 0.022          | 0.545 | 0.21%  | 16.00 | 133.72 | 12.28   | 2.00% | 0.21% |
| PV-41.2 | PV-41.1 | Izquierdo | 77.64            | 77.72             | 37.49    | 0.094                     | 0.328      | 0.022          | 0.569 | 0.21%  | 15.00 | 166.81 | 95.96   | 2.00% | 0.21% |
| PV-41.1 | PV-41   | Derecho   | 77.72            | 77.74             | 36.85    | 0.066                     | 0.000      | 0.008          | 0.878 | 0.05%  | 12.00 | 146.85 | 26.32   | 2.00% | 0.05% |
| PV-41.1 | PV-41   | Izquierdo | 77.72            | 77.74             | 36.85    | 0.042                     | 0.000      | 0.008          | 0.877 | 0.05%  | 12.00 | 146.85 | 17.83   | 2.00% | 0.05% |

Continuación de la tabla XXI.

| De pozo | A pozo  | Lado      | T<br>(m) | y<br>(m) | Q <sub>a</sub><br>(L/s) | Q/L<br>(m/m) | L <sub>a</sub><br>(m) | e/y<br>(m/m) | Eficiencia | L <sub>a</sub> utilizar<br>(m) | L/L <sub>a</sub><br>(m/m) | #tragantes | Tipo de tragante | Q <sub>estrante</sub> |       |
|---------|---------|-----------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|------------------|-----------------------|-------|
|         |         |           |          |          |                         |              |                       |              |            |                                |                           |            |                  | (L/s)                 | (L/s) |
| PV-38   | PV-39   | Derecho   | 155      | 0.031    | 29.91                   | 0.049        | 0.64                  | 3.879        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-38   | PV-39   | Izquierdo | 179      | 0.036    | 43.94                   | 0.050        | 0.879                 | 3.357        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.5 | PV-39   | Derecho   | 149      | 0.030    | 35.98                   | 0.048        | 0.744                 | 4.038        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.5 | PV-39   | Izquierdo | 181      | 0.036    | 60.64                   | 0.050        | 1.20                  | 3.320        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40   | PV-41   | Derecho   | 153      | 0.031    | 39.56                   | 0.049        | 0.629                 | 3.911        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40   | PV-41   | Izquierdo | 165      | 0.033    | 37.24                   | 0.049        | 0.756                 | 3.631        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41   | PV-28   | Derecho   | 191      | 0.038    | 42.90                   | 0.051        | 0.846                 | 3.143        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41   | PV-28   | Izquierdo | 186      | 0.037    | 39.96                   | 0.050        | 0.793                 | 3.228        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.4 | PV-39.3 | Derecho   | 170      | 0.034    | 50.92                   | 0.050        | 1.028                 | 3.523        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.4 | PV-39.3 | Izquierdo | 184      | 0.037    | 62.24                   | 0.050        | 1.238                 | 3.267        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.3 | PV-39.2 | Derecho   | 2.69     | 0.054    | 58.08                   | 0.055        | 1.07                  | 2.228        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.3 | PV-39.2 | Izquierdo | 2.63     | 0.053    | 52.47                   | 0.055        | 0.958                 | 2.285        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.2 | PV-39.1 | Derecho   | 2.47     | 0.049    | 72.22                   | 0.054        | 1.341                 | 2.427        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.2 | PV-39.1 | Izquierdo | 2.33     | 0.047    | 62.02                   | 0.053        | 1.168                 | 2.570        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.1 | PV-39   | Derecho   | 2.33     | 0.047    | 58.83                   | 0.053        | 1.109                 | 2.579        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-39.1 | PV-39   | Izquierdo | 2.10     | 0.042    | 44.91                   | 0.052        | 0.867                 | 2.854        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.3 | PV-40.2 | Derecho   | 3.24     | 0.065    | 63.08                   | 0.058        | 1.081                 | 1.850        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.3 | PV-40.2 | Izquierdo | 3.07     | 0.061    | 54.54                   | 0.057        | 0.951                 | 1.953        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.2 | PV-40.1 | Derecho   | 2.31     | 0.046    | 75.03                   | 0.053        | 1.47                  | 2.594        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.2 | PV-40.1 | Izquierdo | 2.17     | 0.043    | 62.95                   | 0.052        | 1.207                 | 2.771        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.1 | PV-40   | Derecho   | 2.09     | 0.042    | 48.94                   | 0.052        | 0.947                 | 2.876        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.1 | PV-40   | Izquierdo | 1.96     | 0.039    | 41.54                   | 0.051        | 0.815                 | 3.058        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.8 | PV-40.7 | Derecho   | 1.95     | 0.039    | 59.24                   | 0.051        | 1.163                 | 3.077        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.8 | PV-40.7 | Izquierdo | 1.94     | 0.039    | 58.11                   | 0.051        | 1.143                 | 3.099        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.7 | PV-40.6 | Derecho   | 1.93     | 0.039    | 54.44                   | 0.051        | 1.071                 | 3.110        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.7 | PV-40.6 | Izquierdo | 1.92     | 0.038    | 53.79                   | 0.051        | 1.060                 | 3.124        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.6 | PV-40.5 | Derecho   | 1.98     | 0.040    | 50.30                   | 0.051        | 0.984                 | 3.027        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.6 | PV-40.5 | Izquierdo | 2.00     | 0.040    | 51.43                   | 0.051        | 1.005                 | 3.002        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.5 | PV-40.4 | Derecho   | 2.22     | 0.044    | 71.08                   | 0.052        | 1.356                 | 2.705        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.5 | PV-40.4 | Izquierdo | 2.21     | 0.044    | 70.13                   | 0.052        | 1.339                 | 2.718        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.4 | PV-40   | Derecho   | 2.10     | 0.042    | 78.87                   | 0.052        | 1.524                 | 2.858        | 1000       | 1.55                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-40.4 | PV-40   | Izquierdo | 2.12     | 0.042    | 80.72                   | 0.052        | 1.556                 | 2.834        | 1000       | 1.60                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.2 | PV-41.1 | Derecho   | 4.58     | 0.092    | 113.45                  | 0.066        | 1.708                 | 1.311        | 1000       | 1.75                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.2 | PV-41.1 | Izquierdo | 4.32     | 0.086    | 96.96                   | 0.065        | 1.496                 | 1.390        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.1 | PV-41   | Derecho   | 3.43     | 0.069    | 26.60                   | 0.059        | 0.447                 | 1.747        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.1 | PV-41   | Izquierdo | 2.97     | 0.059    | 18.01                   | 0.057        | 0.317                 | 2.022        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | Deventana        | 0.000                 | 0.000 |

Continuación de la tabla XXI.

| Depozo   | A pozo | Lado      | Elevación        |                   | Longitud | Área (Ha)                 |            |                | C     | SL (%) | tc<br>(minuto) | i<br>(mm/h) | Q (cia)<br>(L/s) | Sx<br>(%) | Sl<br>(%) |
|----------|--------|-----------|------------------|-------------------|----------|---------------------------|------------|----------------|-------|--------|----------------|-------------|------------------|-----------|-----------|
|          |        |           | salida<br>(msnm) | entrada<br>(msnm) |          | Área techada/<br>concreto | Área verde | Área asfaltada |       |        |                |             |                  |           |           |
| PV-417   | PV-416 | Derecho   | 98.48            | 93.66             | 66.27    | 0.15                      | 0.000      | 0.042          | 0.875 | 7.27%  | 6.00           | 171.23      | 65.36            | 2.00%     | 7.27%     |
| PV-417   | PV-416 | Izquierdo | 98.48            | 93.66             | 66.27    | 0.14                      | 0.000      | 0.042          | 0.875 | 7.27%  | 6.00           | 171.23      | 65.00            | 2.00%     | 7.27%     |
| PV-416   | PV-415 | Derecho   | 93.66            | 90.72             | 68.55    | 0.16                      | 0.000      | 0.039          | 0.875 | 4.29%  | 8.00           | 162.37      | 57.33            | 2.00%     | 4.29%     |
| PV-416   | PV-415 | Izquierdo | 93.66            | 90.72             | 68.55    | 0.19                      | 0.000      | 0.039          | 0.875 | 4.29%  | 8.00           | 162.37      | 58.21            | 2.00%     | 4.29%     |
| PV-415.1 | PV-415 | Derecho   | 90.91            | 90.72             | 46.30    | 0.037                     | 0.000      | 0.038          | 0.870 | 0.41%  | 2.00           | 146.85      | 28.88            | 2.00%     | 0.41%     |
| PV-415.1 | PV-415 | Izquierdo | 90.91            | 90.72             | 46.30    | 0.044                     | 0.000      | 0.038          | 0.871 | 0.41%  | 2.00           | 146.85      | 29.39            | 2.00%     | 0.41%     |
| PV-415   | PV-414 | Derecho   | 90.72            | 86.97             | 90.18    | 0.151                     | 0.000      | 0.055          | 0.875 | 4.16%  | 8.00           | 162.37      | 81.29            | 2.00%     | 4.16%     |
| PV-415   | PV-414 | Izquierdo | 90.72            | 86.97             | 90.18    | 0.167                     | 0.000      | 0.055          | 0.875 | 4.16%  | 8.00           | 162.37      | 83.88            | 2.00%     | 4.16%     |
| PV-414   | PV-413 | Derecho   | 86.97            | 83.17             | 61.05    | 0.18                      | 0.000      | 0.041          | 0.875 | 6.22%  | 6.50           | 188.94      | 63.50            | 2.00%     | 6.22%     |
| PV-414   | PV-413 | Izquierdo | 86.97            | 83.17             | 61.05    | 0.141                     | 0.000      | 0.041          | 0.875 | 6.22%  | 6.50           | 188.94      | 74.90            | 2.00%     | 6.22%     |
| PV-413   | PV-41  | Derecho   | 83.17            | 77.74             | 63.11    | 0.076                     | 0.000      | 0.025          | 0.875 | 8.60%  | 5.00           | 175.98      | 43.20            | 2.00%     | 8.60%     |
| PV-413   | PV-41  | Izquierdo | 83.17            | 77.74             | 63.11    | 0.18                      | 0.000      | 0.025          | 0.877 | 8.60%  | 5.00           | 175.98      | 61.18            | 2.00%     | 8.60%     |
| PV-N     | PV-O   | Derecho   | 65.28            | 66.65             | 65.8     | 0.099                     | 0.000      | 0.026          | 0.876 | 2.10%  | 10.00          | 154.27      | 46.62            | 2.00%     | 2.10%     |
| PV-N     | PV-O   | Izquierdo | 65.28            | 66.65             | 65.8     | 0.122                     | 0.000      | 0.026          | 0.877 | 2.10%  | 10.00          | 154.27      | 55.33            | 2.00%     | 2.10%     |
| PV-N.4   | PV-N.3 | Derecho   | 70.62            | 71.15             | 37.65    | 0.089                     | 0.000      | 0.019          | 0.876 | 1.41%  | 11.00          | 150.48      | 39.59            | 2.00%     | 1.41%     |
| PV-N.4   | PV-N.3 | Izquierdo | 70.62            | 71.15             | 37.65    | 0.053                     | 0.000      | 0.019          | 0.875 | 1.41%  | 11.00          | 150.48      | 26.46            | 2.00%     | 1.41%     |
| PV-N.2   | PV-N.1 | Derecho   | 66.90            | 65.30             | 63.47    | 0.16                      | 0.000      | 0.069          | 0.873 | 2.52%  | 9.00           | 158.23      | 71.26            | 2.00%     | 2.52%     |
| PV-N.2   | PV-N.1 | Izquierdo | 66.90            | 65.30             | 63.47    | 0.270                     | 0.000      | 0.069          | 0.876 | 2.52%  | 9.00           | 158.23      | 130.81           | 2.00%     | 2.52%     |
| PV-N.1   | PV-N   | Derecho   | 65.30            | 65.28             | 70.85    | 0.17                      | 0.000      | 0.025          | 0.876 | 0.03%  | 2.00           | 146.85      | 51.04            | 2.00%     | 0.03%     |
| PV-N.1   | PV-N   | Izquierdo | 65.30            | 65.28             | 70.85    | 0.126                     | 0.000      | 0.057          | 0.874 | 0.03%  | 2.00           | 146.85      | 64.93            | 2.00%     | 0.03%     |
| PV-M     | PV-N   | Derecho   | 70.45            | 65.28             | 49.83    | 0.077                     | 0.000      | 0.044          | 0.873 | 1.38%  | 4.50           | 178.44      | 52.23            | 2.00%     | 1.38%     |
| PV-M     | PV-N   | Izquierdo | 70.45            | 65.28             | 49.83    | 0.082                     | 0.000      | 0.044          | 0.873 | 1.38%  | 4.50           | 178.44      | 54.46            | 2.00%     | 1.38%     |
| PV-N.3   | PV-M   | Derecho   | 70.62            | 70.45             | 49.96    | 0.055                     | 0.000      | 0.018          | 0.875 | 0.34%  | 2.00           | 146.85      | 26.21            | 2.00%     | 0.34%     |
| PV-N.3   | PV-M   | Izquierdo | 70.62            | 70.45             | 49.96    | 0.073                     | 0.000      | 0.018          | 0.876 | 0.34%  | 2.00           | 146.85      | 32.47            | 2.00%     | 0.34%     |
| PV-M.2.1 | PV-M.2 | Derecho   | 70.47            | 70.01             | 65.67    | 0.126                     | 0.000      | 0.030          | 0.876 | 0.70%  | 11.00          | 150.48      | 57.16            | 2.00%     | 0.70%     |
| PV-M.2.1 | PV-M.2 | Izquierdo | 70.47            | 70.01             | 65.67    | 0.128                     | 0.000      | 0.030          | 0.876 | 0.70%  | 11.00          | 150.48      | 58.02            | 2.00%     | 0.70%     |
| PV-K     | PV-L   | Derecho   | 76.70            | 74.90             | 41.32    | 0.039                     | 0.000      | 0.032          | 0.871 | 4.36%  | 8.00           | 162.37      | 27.82            | 2.00%     | 4.36%     |
| PV-K     | PV-L   | Izquierdo | 76.70            | 74.90             | 41.32    | 0.034                     | 0.000      | 0.021          | 0.872 | 4.36%  | 8.00           | 162.37      | 21.32            | 2.00%     | 4.36%     |
| PV-L     | PV-M   | Derecho   | 74.90            | 70.45             | 53.97    | 0.044                     | 0.000      | 0.040          | 0.870 | 8.25%  | 5.50           | 173.57      | 35.44            | 2.00%     | 8.25%     |
| PV-L     | PV-M   | Izquierdo | 74.90            | 70.45             | 53.97    | 0.045                     | 0.000      | 0.033          | 0.872 | 8.25%  | 5.50           | 173.57      | 32.40            | 2.00%     | 8.25%     |
| PV-G     | PV-H   | Derecho   | 76.47            | 72.33             | 54.86    | 0.113                     | 0.000      | 0.037          | 0.875 | 7.55%  | 5.50           | 173.57      | 58.02            | 2.00%     | 7.55%     |
| PV-G     | PV-H   | Izquierdo | 76.47            | 72.33             | 54.86    | 0.123                     | 0.000      | 0.040          | 0.875 | 7.55%  | 5.50           | 173.57      | 69.00            | 2.00%     | 7.55%     |
| PV-I     | PV-J   | Derecho   | 74.56            | 71.05             | 67.93    | 0.118                     | 0.000      | 0.045          | 0.874 | 5.17%  | 7.00           | 166.70      | 61.89            | 2.00%     | 5.17%     |
| PV-I     | PV-J   | Izquierdo | 74.56            | 71.05             | 67.93    | 0.121                     | 0.000      | 0.045          | 0.875 | 5.17%  | 7.00           | 166.70      | 67.23            | 2.00%     | 5.17%     |

Continuación de la tabla XXI.

| De pozo   | A pozo  | Lado      | T<br>(m) | Y<br>(m) | Q <sub>a</sub><br>(L/s) | Q/L<br>(m/m) | L <sub>a</sub><br>(m) | a/y<br>(m/m) | Eficiencia | L <sub>a</sub> utilizar<br>(m) | L/L <sub>a</sub><br>(m/m) | #tragantes | Tipo de tragante | Q <sub>obstante</sub> |       |
|-----------|---------|-----------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|------------------|-----------------------|-------|
|           |         |           |          |          |                         |              |                       |              |            |                                |                           |            |                  | (L/s)                 | (L/s) |
| PV-41.7   | PV-41.6 | Derecho   | 1.93     | 0.039    | 66.04                   | 0.051        | 1300                  | 3.12         | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.7   | PV-41.6 | Izquierdo | 1.92     | 0.038    | 65.68                   | 0.051        | 1233                  | 3.18         | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.6   | PV-41.5 | Derecho   | 2.03     | 0.041    | 57.93                   | 0.051        | 128                   | 2.960        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.6   | PV-41.5 | Izquierdo | 2.04     | 0.041    | 58.81                   | 0.051        | 144                   | 2.943        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.5.1 | PV-41.5 | Derecho   | 2.37     | 0.047    | 27.6                    | 0.053        | 0.50                  | 2.532        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.5.1 | PV-41.5 | Izquierdo | 2.45     | 0.049    | 29.69                   | 0.054        | 0.552                 | 2.449        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.5   | PV-41.4 | Derecho   | 2.32     | 0.046    | 82.4                    | 0.053        | 1549                  | 2.582        | 1000       | 1.55                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.5   | PV-41.4 | Izquierdo | 2.35     | 0.047    | 84.75                   | 0.053        | 1593                  | 2.552        | 1000       | 1.60                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.4   | PV-41.3 | Derecho   | 1.96     | 0.039    | 64.7                    | 0.051        | 1258                  | 3.055        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.4   | PV-41.3 | Izquierdo | 2.09     | 0.042    | 75.68                   | 0.052        | 1464                  | 2.872        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.3   | PV-41   | Derecho   | 1.80     | 0.032    | 43.65                   | 0.049        | 0.891                 | 3.750        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-41.3   | PV-41   | Izquierdo | 1.82     | 0.036    | 61.82                   | 0.050        | 1231                  | 3.292        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N      | PV-O    | Derecho   | 2.74     | 0.043    | 47.0                    | 0.052        | 0.906                 | 2.798        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N      | PV-O    | Izquierdo | 2.29     | 0.046    | 55.90                   | 0.053        | 1058                  | 2.624        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N4     | PV-N3   | Derecho   | 2.7      | 0.043    | 40.00                   | 0.052        | 0.767                 | 2.760        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N4     | PV-N3   | Izquierdo | 1.87     | 0.037    | 26.74                   | 0.050        | 0.530                 | 3.20         | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N2     | PV-N1   | Derecho   | 2.43     | 0.049    | 72.00                   | 0.054        | 1342                  | 2.470        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N1     | PV-N    | Derecho   | 3.05     | 0.061    | 82.7                    | 0.057        | 2.30                  | 1.966        | 0.839      | 2.10                           | 0.91                      | 100        | De ventana       | 7.938                 | 0.000 |
| PV-N1     | PV-N    | Izquierdo | 4.98     | 0.100    | 5.157                   | 0.069        | 0.748                 | 1.206        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N1     | PV-N    | Derecho   | 5.45     | 0.109    | 73.55                   | 0.072        | 1.023                 | 1.101        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-M      | PV-N    | Derecho   | 1.66     | 0.033    | 52.77                   | 0.049        | 1070                  | 3.678        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-M      | PV-N    | Izquierdo | 1.68     | 0.034    | 55.02                   | 0.049        | 1.113                 | 3.561        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N3     | PV-M    | Derecho   | 2.43     | 0.049    | 26.49                   | 0.054        | 0.494                 | 2.468        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-N3     | PV-M    | Izquierdo | 2.63     | 0.053    | 32.81                   | 0.055        | 0.589                 | 2.278        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-M2.1   | PV-M2   | Derecho   | 2.84     | 0.057    | 57.75                   | 0.056        | 1031                  | 2.10         | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-M2.1   | PV-M2   | Izquierdo | 2.86     | 0.057    | 58.62                   | 0.056        | 1045                  | 2.088        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-K      | PV-L    | Derecho   | 1.54     | 0.031    | 28.11                   | 0.049        | 0.578                 | 3.894        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-K      | PV-L    | Izquierdo | 1.39     | 0.028    | 2.154                   | 0.048        | 0.450                 | 4.302        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-L      | PV-M    | Derecho   | 1.50     | 0.030    | 35.81                   | 0.048        | 0.740                 | 4.007        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-L      | PV-M    | Izquierdo | 1.45     | 0.029    | 32.73                   | 0.048        | 0.680                 | 4.145        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-G      | PV-H    | Derecho   | 1.84     | 0.037    | 59.63                   | 0.050        | 1.165                 | 3.255        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-G      | PV-H    | Izquierdo | 1.95     | 0.039    | 69.72                   | 0.051        | 1.368                 | 3.070        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-I      | PV-J    | Derecho   | 2.01     | 0.040    | 62.54                   | 0.051        | 1.219                 | 2.979        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |
| PV-I      | PV-J    | Izquierdo | 2.08     | 0.042    | 67.93                   | 0.052        | 1.315                 | 2.888        | 1000       | 1.50                           | 1.00                      | 100        | De ventana       | 0.000                 | 0.000 |

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.6. Presupuesto**

Es un plan de las actividades y recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Para realizarlo, se tomaron en cuenta cada uno de los aspectos y especificaciones que se establecieron en el diseño.

- Integración de precios unitarios

Se trata del desglose de cada actividad y material necesario para completar una determinada unidad de trabajo; considerando maquinaria y equipo, materiales y mano de obra. En la tabla XXII, se puede apreciar un ejemplo de precio unitario.

- Cantidades estimadas de trabajo

En la tabla XXIII, se presenta el cuadro de resumen general que especifica la cantidad y los precios unitario y total de cada renglón, así como el costo total del proyecto.

- Cronograma de ejecución física y financiera

Hace las veces de agenda. Se definió a través del tiempo, ejecución y control físico y financiero de la obra. Se prevé finalizar la obra en un periodo de seis meses. Sin embargo, este lapso de tiempo podría ser mayor debido a que durante la planificación, diseño y ejecución de cualquier proyecto de ingeniería civil, se está sujeto a fuerzas mayores pueden alargar el tiempo necesario para completar la obra. El cronograma de ejecución física y financiera se puede observar en la tabla XXIV.

Tabla XXII. Ejemplo de integración de precio unitario del alcantarillado pluvial

|   |                 |                |                      |                 |
|---|-----------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | 1,00            | ml             | Q 585,70             | Q 585,70        |
| <i>Nota:</i>  |                 |                |                      |                 |
| <b>Descripción de maquinaria y equipo</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b> |
| Camión de volteo (20 kilómetros)  | 0,031           | Viaje          | Q 417,50             | Q 12,94         |
| Retroexcavadora CAT 416 (excavación)  | 0,135           | Hora           | Q 335,00             | Q 45,09         |
| Retroexcavadora CAT 416 (carga de material sobrante)  | 0,008           | Hora           | Q 335,00             | Q 2,60          |
| Bailarina   | 0,129           | Hora           | Q 135,00             | Q 17,44         |
| Cisterna  | 0,005           | Viaje          | Q 300,00             | Q 1,45          |
| Transporte de maquinaria y/o equipo   | 1,000           | global         | Q 1,30               | Q 1,30          |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 80,83</b>  |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 72,17</b>  |
| <b>Descripción de combustible y lubricantes</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b> |
| Combustible regular   | 0,016           | gal            | Q 20,58              | Q 0,33          |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 0,33</b>   |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 0,30</b>   |
| <b>Descripción de materiales</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b> |
| Tubo PVC de 10" con campana y anillos de hule norma ASTM D3034  | 0,17            | unidad         | Q 1 735,59           | Q 297,94        |
| Selecto   | 0,23            | m <sup>3</sup> | Q 75,00              | Q 17,10         |
| Lubricante para juntas de hule (jabón)  | 0,02            | unidad         | Q 10,00              | Q 0,17          |
| Transporte de material  | 1,00            | global         | Q 15,76              | Q 15,76         |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 330,97</b> |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 295,51</b> |
| <b>Descripción de mano de obra</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b> |
| Trazo de niveles  | 1,00            | ml             | Q 0,71               | Q 0,71          |
| Colocación de niveles   | 1,00            | ml             | Q 1,15               | Q 1,15          |
| Tallado y nivelación  | 0,70            | m <sup>2</sup> | Q 2,77               | Q 1,94          |
| Colocación del material de relleno (selecto + suelo)  | 1,11            | m <sup>3</sup> | Q 3,75               | Q 4,17          |
| Compactación de suelos con bailarina  | 5,81            | m <sup>2</sup> | Q 1,00               | Q 5,79          |
| Compactación de suelos (manual)   | 0,06            | m <sup>3</sup> | Q 10,71              | Q 0,64          |
| Colocación de tubería 10" PVC con campana y anillos de hule   | 1,00            | ml             | Q 3,48               | Q 3,48          |
| <b>Porcentaje de ayudante (Mano de obra)</b>  |                 |                | 30,00 %              | Q 5,36          |
| <b>Prestaciones (Mano de obra + porcentaje de ayudante)</b>   |                 |                | 86,33 %              | Q 20,05         |
|   |                 |                | <b>Total</b>         | <b>Q 43,28</b>  |
| <b>HERRAMIENTA (mano de obra)</b>   |                 |                | 5%                   | <b>Q 2,16</b>   |
| <b>COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra + herramientas)</b>   |                 |                |                      | <b>Q 457,58</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>  |                 |                | 28,00 %              | <b>Q 128,12</b> |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>   |                 |                |                      | <b>Q 585,70</b> |
| <b>IVA</b>  |                 |                | 0%                   | <b>Q -</b>      |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |                 |                |                      | <b>Q 585,70</b> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Presupuesto del alcantarillado pluvial

| IDENTIFICACIÓN PROYECTO: Construcción de drenaje pluvial   |  |                  |              |   |                |                      |
|--|--|------------------|--------------|---|----------------|----------------------|
| UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: Colonia Eterna Primavera, zona 4 |  |                  |              |   |                |                      |
| NOMBRE DE SOLICITANTE: Municipalidad de Villa Nueva        |  |                  |              |   | Núm. Proyecto: |                      |
| LONGITUD ALCANTARILLADO: 5434,14 ml                        |  |                  |              |   | FECHA: nov-16  |                      |
| Núm.   | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN   | UNIDAD           | CANTIDAD     | COSTO UNITARIO  | COSTO RENGLÓN  |                      |
| <b>1,00</b>  | <b>TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES</b>   |                  |              |   |                |                      |
| 1,01   | Trabajos de topografía, trazo y nivelación   | ml               | 5 434,14     | Q 2,27  | Q 12 348,39    |                      |
| 1,02   | Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo)  | m²               | 5 128,20     | Q 12,75   | Q 65 408,49    |                      |
| 1,03   | Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente  | Ton-m            | 879,49       | Q 1 530,82  | Q 1 346 337,36 |                      |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |                  |              |   | <b>Q</b>       | <b>1 424 094,24</b>  |
| <b>2,00</b>  | <b>LÍNEA DE ALCANTARILLADO</b>   |                  |              |   |                |                      |
| 2,01   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante      | ml               | 1985,606     | Q 585,70  | Q 1 162 973,57 |                      |
| 2,02   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante      | ml               | 412,088      | Q 785,27  | Q 323 598,73   |                      |
| 2,03   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante      | ml               | 507,252      | Q 1 097,75  | Q 556 837,97   |                      |
| 2,04   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 16" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante      | ml               | 340,739      | Q 1 288,57  | Q 439 065,54   |                      |
| 2,05   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante      | ml               | 643,364      | Q 1 662,68  | Q 1 069 707,63 |                      |
| 2,06   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 21" norma AASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante     | ml               | 170,655      | Q 1 716,65  | Q 292 955,05   |                      |
| 2,07   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma AASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante     | ml               | 482,319      | Q 1 759,66  | Q 848 715,34   |                      |
| 2,08   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 30" norma AASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante     | ml               | 337,015      | Q 2 978,72  | Q 1 003 874,74 |                      |
| 2,09   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 36" norma AASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante     | ml               | 64,782       | Q 3 794,85  | Q 245 837,88   |                      |
| 2,10   | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 42" norma AASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante     | ml               | 335,470      | Q 4 946,64  | Q 1 659 448,58 |                      |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |                  |              |   | <b>Q</b>       | <b>7 603 015,03</b>  |
| <b>3,00</b>  | <b>CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE</b>   |                  |              |   |                |                      |
| 3,01   | Conexión tragante - pozo. Tubería PVC Ø 10" norma ASTM D-3034 (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación) | ml               | 4064,717     | Q 664,23  | Q 2 699 921,74 |                      |
| 3,02   | Construcción de tragante tipo R (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)                               | unidad           | 178,000      | Q 8 920,62  | Q 1 587 869,69 |                      |
| 3,03   | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034)            | unidad           | 12,000       | Q 3 477,94  | Q 41 735,24    |                      |
| 3,04   | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034)            | unidad           | 2,000        | Q 7 012,65  | Q 14 025,30    |                      |
| 3,05   | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 16" norma ASTM D3034)            | unidad           | 1,000        | Q 8 325,04  | Q 8 325,04     |                      |
| 3,06   | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034)            | unidad           | 2,000        | Q 11 094,40   | Q 22 188,80    |                      |
| 3,07   | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45° (tubería PVC Ø 21" norma AASHTO M304)           | unidad           | 1,000        | Q 10 444,43   | Q 10 444,43    |                      |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |                  |              |   | <b>Q</b>       | <b>4 384 510,24</b>  |
| <b>4,00</b>  | <b>POZOS DE VISITA</b>   | <b>Hprom [m]</b> | <b>Ø [m]</b> |   |                |                      |
| 4,01   | Construcción de pozo de visita tipo 1  | 1,758            | 1,50         | unidad 80,00  | Q 9 353,64     | Q 748 291,41         |
| 4,02   | Construcción de pozo de visita tipo 2  | 2,664            | 1,75         | unidad 17,00  | Q 14 026,07    | Q 238 443,12         |
| 4,03   | Construcción de pozo de visita tipo 3  | 2,922            | 2,00         | unidad 10,00  | Q 20 982,68    | Q 209 826,77         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |                  |              |   | <b>Q</b>       | <b>1 196 561,30</b>  |
| <b>COSTO ESTIMADO TOTAL</b>                                |  |                  |              |   | <b>Q</b>       | <b>14 608 180,81</b> |
| Presupuesto realizado por: Rodolfo Estrada                 |  | En letras:       |              | Catorce millones seiscientos ocho mil ciento ochenta quetzales con 81/100 centavos. |                |                      |

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXIV. Cronograma de ejecución física y financiera del drenaje pluvial

| Núm. Item | DESCRIPCIÓN DE REGIÓN   | UNIDAD         | CANTIDAD | COSTO REGIÓN | MESES           |               |               |   |   |   |  |  |
|-----------|---|----------------|----------|--------------|-----------------|---------------|---------------|---|---|---|--|--|
|           |   |                |          |              | 1               | 2             | 3             | 4 | 5 | 6 |  |  |
| 1.00      | TRABAJOS PRELIMINARES FINALES   |                |          |              | 5,434.14        |               |               |   |   |   |  |  |
| 1.01      | Trabajos de topografía, trazo y nivelación  | m <sup>2</sup> | 5,434.14 | 12,348.30    | 5,434.14        |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 2,348.30     |               |               |   |   |   |  |  |
| 1.02      | Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo)   | m <sup>2</sup> | 5,128.20 | 65,408.49    |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 65,408.49    |               |               |   |   |   |  |  |
| 1.03      | Suministro y colocación de macada asfáltica en caliente   | Ton-m          | 879.49   | 1,346,337.36 |                 |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.00      | LINEA DE ALCANTARILLADO   |                |          |              |                 |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.01      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | m              | 1,985.81 | 1,162,975.57 |                 | 1,134.63      | 850.97        |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 664,556.33   | Q. 488,417.24 |               |   |   |   |  |  |
| 2.02      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | m              | 412.09   | 323,596.73   |                 | 206.04        | 206.04        |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 161,799.37   | Q. 161,796.37 |               |   |   |   |  |  |
| 2.03      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | m              | 507.25   | 556,837.97   |                 | 253.63        | 253.63        |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 278,419.99   | Q. 278,418.99 |               |   |   |   |  |  |
| 2.04      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 16" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | m              | 340.74   | 439,065.54   |                 | 170.37        | 170.37        |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 219,532.77   | Q. 219,532.77 |               |   |   |   |  |  |
| 2.05      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante   | m              | 643.36   | 1,069,707.63 |                 | 321.682       | 321.68        |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 534,853.82   | Q. 534,853.82 |               |   |   |   |  |  |
| 2.06      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 21" norma AAASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | m              | 170.66   | 292,955.05   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 292,955.05   |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.07      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma AAASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | m              | 482.32   | 848,715.34   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 848,715.34   |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.08      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 30" norma AAASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | m              | 337.02   | 1,003,874.74 |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 1,003,874.74 |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.09      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 36" norma AAASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | m              | 64.78    | 245,837.88   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 245,837.88   |               |               |   |   |   |  |  |
| 2.10      | Suministro e instalación de tubería PVC Ø 42" norma AAASHTO M304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante | m              | 335.47   | 1,659,446.59 |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 829,724.29   | Q. 829,724.29 |               |   |   |   |  |  |
| 3.00      | CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE   |                |          |              |                 |               |               |   |   |   |  |  |
| 3.01      | Conexión tragante - pozo, Tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación | m              | 4,064.72 | 2,689,921.74 |                 | 389.52        | 1,478.08      |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 245,447.43   | Q. 981,789.72 | Q. 981,789.72 |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | 16.2            | 64.7          | 64.7          |   |   |   |  |  |
| 3.02      | Construcción de tragante tipo R (incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)                            | unidad         | 178.00   | 1,587,865.69 |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 144,351.79   | Q. 577,407.16 | Q. 577,407.16 |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | 3.00            |               |               |   |   |   |  |  |
| 3.03      | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45" (tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034)         | unidad         | 12.00    | 41,735.24    |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 31,304.43    | Q. 10,433.81  |               |   |   |   |  |  |
| 3.05      | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45" (tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034)         | unidad         | 2.00     | 14,025.30    |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 7,012.65     | Q. 7,012.65   |               |   |   |   |  |  |
| 3.06      | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45" (tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034)         | unidad         | 1.00     | 8,325.04     |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 8,325.04     |               |               |   |   |   |  |  |
| 3.07      | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45" (tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034)         | unidad         | 2.00     | 22,188.80    |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 11,094.40    | Q. 11,094.40  |               |   |   |   |  |  |
| 3.08      | Disipador de energía para pozos, tipo bifurcación con codo a 45° y yee a 45" (tubería PVC Ø 21" norma AAASHTO M304)       | unidad         | 1.00     | 10,444.43    |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 10,444.43    |               |               |   |   |   |  |  |
| 4.00      | POZOS DE VISITA   |                |          |              |                 |               |               |   |   |   |  |  |
| 4.01      | Construcción de pozo de visita tipo 1   | unidad         | 80.00    | 748,291.41   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 187,072.85   | Q. 561,218.56 |               |   |   |   |  |  |
| 4.02      | Construcción de pozo de visita tipo 2   | unidad         | 17.00    | 238,443.12   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 119,221.56   | Q. 119,221.56 |               |   |   |   |  |  |
| 4.03      | Construcción de pozo de visita tipo 3   | unidad         | 10.00    | 238,443.12   |                 |               |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 119,221.56   | Q. 119,221.56 |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | 5.00            | 5.00          |               |   |   |   |  |  |
|           |   |                |          |              | Q. 119,221.56   | Q. 119,221.56 |               |   |   |   |  |  |

Fuente: elaboración propia.

## **2.3.7. Análisis socioeconómico**

### **2.3.7.1. Valor presente neto**

Es la suma algebraica de los flujos de caja netos anuales actualizados menos la inversión inicial. Este valor indica el dinero actualizado al día de hoy, que recibirá el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y en un periodo determinado. Para el caso del drenaje pluvial, se empleó como tasa de interés la tasa de interés promedio ponderada para créditos al sector construcción, en moneda nacional al 31 de agosto de 2016, la cual es igual a 9,0 %. El periodo que se analizó fue el periodo de diseño del proyecto que es igual a 22 años.

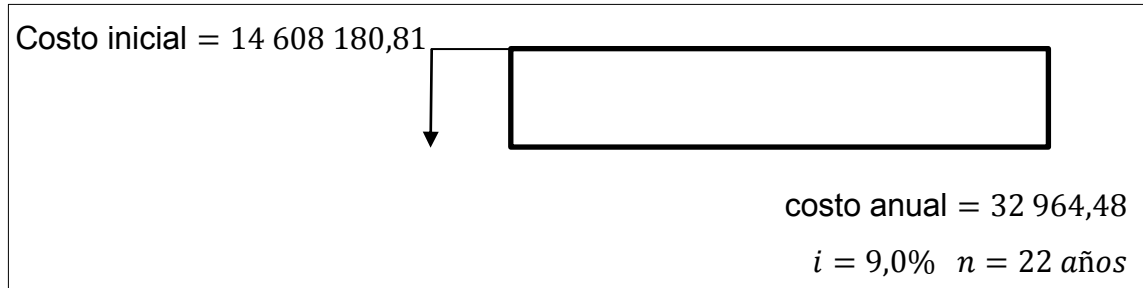
Habrà una cuota para limpieza del drenaje que equivale al salario mínimo de una persona, es decir, Q 2 747,04 mensuales.

Tabla XXV. **Información para valor presente neto**

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Costo inicial   | Q 14 608 180,81 |
| Ingreso inicial | Q 0,00          |
| Costo anual     | Q 32 964,48     |
| Ingreso anual   | Q 0,00          |
| Vida útil       | 22 años         |

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Valor presente neto**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = \text{Ingreso inicial} - \text{costo inicial} + \text{Ingreso anual} \times \frac{[1 - (1 + i)^{-n}]}{i} - \text{costo anual} \times \frac{[1 - (1 + i)^{-n}]}{i}$$

$$VPN = 0 - 14\,608\,180,81 + 0 \times \frac{[1 - (1 + 0,09)^{-22}]}{0,09} - 32\,964,48 \times \frac{[1 - (1 + 0,09)^{-22}]}{0,09} = -Q\,14\,919\,445,40$$

El VPN es negativo porque la inversión inicial es muy alta, los ingresos inicial y anual, nulos. Sin embargo, al ser una obra de tipo social, los beneficios se verán reflejados en la mejora de la calidad de vida de las personas y la prevención del deterioro del medio ambiente.

### 2.3.7.2. **Tasa interna de retorno**

Como no habrá ingresos mensuales ni anuales, el proyecto no presentó tasa interna de retorno.

### 2.3.8. **Evaluación de impacto ambiental**

El impacto ambiental que presenta la construcción del sistema de alcantarillado pluvial es prácticamente igual que el correspondiente al sistema de alcantarillado sanitario, puesto que el proceso constructivo es de la misma naturaleza.

Esta fase es de vital importancia en la planificación y diseño de cualquier proyecto de alcantarillado, ya que se identifican, predicen, evalúan los efectos físicos y sociales que este tenga sobre el sector donde se desarrollará. También, se plantean medidas de mitigación de estos efectos.

Este estudio establece principalmente los potenciales problemas ambientales y define las medidas pertinentes para paliar los efectos adversos que estos tengan. Los principales objetivos de esta evaluación son: brindar información sobre las consecuencias del proyecto a las personas adecuadas, facilitar la toma de decisiones respecto a su ejecución y producir efectos regulados ambientalmente.

- Impacto ambiental

Son aquellas alteraciones producidas por los procesos constructivos en el área de influencia definida.

- Aire

La excavación y movimiento de tierras provocará un aumento en las partículas de polvo que pueden provocar afecciones respiratorias a las personas de la localidad. Asimismo, la maquinaria emana gases nocivos para la salud.

- Desechos sólidos/líquidos

El desecho sólido representa el producto de la excavación y movimiento de tierras y de la basura generada por la mano de obra.

- Geología/geomorfología

El suelo será modificado estructuralmente cuando se excaven zanjas para la colocación de la tubería, conexiones domiciliarias y pozos de visita. La vibración que la maquinaria pesada empleada provoca el mismo efecto.

- Ruido/vibraciones

El control del ruido dentro de este tipo de proyectos es laxo ya que la mayor parte de las excavaciones se harán con la mano de obra y no con la maquinaria.

- Planes de contingencia

Son el conglomerado de medidas que se toman para prevenir, reducir, corregir o restaurar la magnitud de los impactos negativos producidos al medio ambiente.

- Aire

El control de la humedad de las mezclas y del suelo, es un atenuante de las nubes de polvo provocados por los movimientos de materiales y del suelo. También, las maquinarias deben encontrarse en óptimas condiciones para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

- Desechos sólidos/líquidos

Se programarán jornadas de limpieza y se instalarán depósitos de basura para evitar que la mano de obra contamine el sector. Las tuberías utilizadas en

el proyecto están normadas y respaldadas por diferentes instituciones, pese a eso, antes de la instalación se revisará tanto el tubo como los acoples.

También, se deberá ensayar su eficiencia y absorción de agua. Para este efecto, se verterá determinada cantidad de agua sobre cada sección y aguas abajo, se verificará que aún se tenga el 90 % o más del líquido.

- Geología/geomorfología

El relleno se colocará en capas de 0,20 metros para lograr que la compactación sea uniforme y deberá alcanzar una compactación del 95 % de Proctor estándar para evitar asentamientos.

- Ruido/vibraciones

Se procurará que las actividades que involucren maquinaria pesada se realicen en las jornadas matutina y vespertina para mitigar el ruido y las vibraciones.

### 3. CAPÍTULO III

#### 3.1. Diseño de pavimentación del acceso a cementerio Las Nubes y colonias 20 de Octubre y Los Olivos, zona 3, Villa Nueva

El proyecto consiste en el replanteo geométrico y el diseño de la pavimentación de la ruta que comunica a Bárcenas, Villa Nueva con el cementerio Las Nubes y las colonias 20 de Octubre y Los Olivos. El camino se bifurca a la altura del cementerio, un trayecto va hacia la colonia 20 de octubre y el otro, hacia la colonia Los Olivos. Ambos tramos suman 4 176,17 m. Se plantea un mejoramiento vial a través de la colocación de pavimento rígido, diseñado con el método de la *Portland Cement Association*. Adicionalmente, se planea incluir canales hidráulicos capaces de recibir, conducir y evacuar las aguas pluviales y una banqueta que permita la correcta movilidad de los peatones y ciclistas.

Es una calle arterial, con una afluencia vehicular de 3 892 automotores y pendiente promedio de 5,20 %, es decir, tiene un terreno ondulado. Con la descripción anterior, la pavimentación de la carretera se clasificó en tipo A, con terreno ondulado, y velocidad de diseño de 60 km/h. Sin embargo, en algunos tramos se emplearon velocidades menores y secciones típicas tipo B y C ya que se consideró que la afluencia vehicular es menor en esos sectores del proyecto. Estas clasificaciones corresponden a las presentadas en la tesis *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras* de Héctor Amilcar Arreaga España. No obstante, ya que el tramo está definido, existen varios parámetros de diseño difíciles de alcanzar, debido a que hacerlo representaría

un cambio drástico a la topografía del lugar y en la distribución de las comunidades.

### **3.1.1. Preliminar de campo**

#### **3.1.1.1. Levantamiento topográfico de preliminar**

El levantamiento topográfico es una huella, una representación gráfica y compacta de una superficie terrestre. Se realiza a través de instrumentos especializados delimitan y definen sus formas y detalles, tanto naturales y artificiales. En este proyecto en particular, se utilizó una estación total, herramienta con la cual se realizaron mediciones electrónicas de las distancias y elevaciones del terreno. Los resultados se pueden apreciar en el plano de planta general.

##### **3.1.1.1.1. Planimetría**

La planimetría abarcó la determinación precisa de cada uno de los elementos encontrados en el área de trabajo. Y permitió representar a escala y de manera horizontal líneas, curvas y otros elementos sin considerar su elevación.

El trazo del tramo carretero consistió en una poligonal abierta, dibujada por el método de conservación de azimut, con vuelta de campana. En el proceso empleado, el azimut de la primera estación fue conservado, para que, a partir de su orientación, se midiera el azimut de la segunda estación y así sucesivamente hasta finalizar el tramo. La estación total destinada a este proyecto fue una Topcon modelo GTS 263W registró las medidas azimutales y cenitales, así como de las distancias a los puntos con la asistencia de prismas



que reflejaron el infrarrojo del dispositivo, se compiló de manera automática la información mencionada anteriormente.

#### **3.1.1.1.2. Altimetría**

Su función fue brindarles elevación o nivel a los puntos tomados en la planimetría. La estación total, previamente mencionada, utilizó el método de nivelación geométrica o directa compuesta. Se determinó el desnivel existente entre puntos de cada estación y los intermedios entre estas, respecto a un punto referencial, mediante visuales horizontal hacia los prismas que se ubican en posición vertical sobre los puntos radiados.

#### **3.1.1.1.3. Secciones transversales**

El seccionamiento transversal de la carretera se hizo en estacionamientos a cada 20 m longitudinalmente, se identificó de esta manera la configuración de los elementos que conforman la carretera en determinado punto y con el terreno natural. Este procedimiento se realizó mediante el *software* AutoCAD Civil 3D 2014.

### **3.1.2. Diseño geométrico**

El diseño geométrico de la carretera está en función de factores como la topografía del terreno, la geología y las características del suelo, la hidrología del sector, los accidentes geográficos y la infraestructura cercana a la carretera, el tránsito a circular y la velocidad de diseño. Estos elementos supeditan el trazo y las características del tramo carretero que debe cumplir con la seguridad y comodidad de los usuarios; además, debe ser viable económicamente.

Una situación importante en este proyecto es que debido a que el trazo de la ruta ya existe, el replanteo geométrico que se hará tendrá que ajustarse lo máximo posible al existente, con el objetivo de evitar cambios drásticos a la topografía del sector, invasión a terrenos y masivos cortes y rellenos. Según todo lo anterior, se procuró cumplir con todos los criterios técnicos de construcción, sin embargo, no todos fueron alcanzados.

### **3.1.2.1. Alineamiento horizontal**

Es la proyección de la línea central del tramo sobre un plano horizontal. Su diseño se basó en el planteamiento de tangentes, también conocidas como rectas, y curvas que articularán las anteriores cumpliendo con parámetros de diseño establecidos. Al ser de una ruta existente, se adecuaron y optimizaron los espacios disponibles para mejorar el flujo vehicular.

#### **3.1.2.1.1. Diseño de localización**

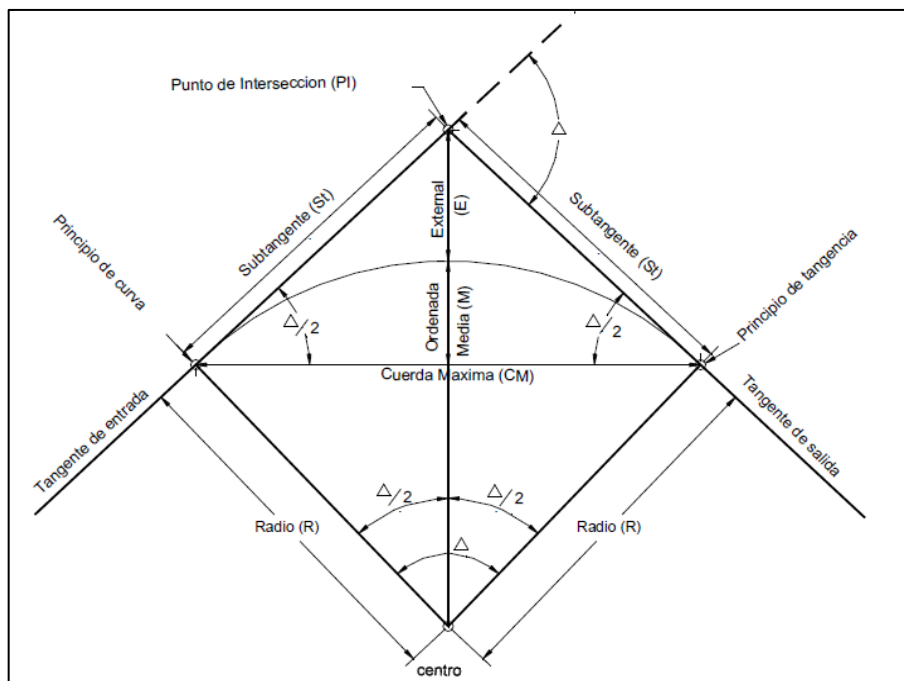
Consistió en diseñar la línea final o línea de localización para el proyecto, proporcionando todos los datos que surjan de esta la brigada de campo para que se proceda a ubicarla en el área de trabajo. Fue un proceso iterativo y de comparaciones. Lo primordial de esta etapa del diseño es garantizar la seguridad en el tránsito, por tanto, no debían existir tangentes extremadamente largas.

Se evitó pasar por ríos ya que la construcción de estructuras mayores eleva el costo del proyecto. Asimismo, la topografía condicionó los radios de curvatura y velocidad de diseño que hizo que se considerara la distancia de visibilidad, ya que con frecuencia esto requiere de radios mayores que la velocidad de diseño en sí.

### 3.1.2.1.2. Elementos de curva horizontal

Las curvas horizontales son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir tangentes consecutivas. Para su cálculo, fue imperativo saber las deflexiones entre tangentes y el grado de curvatura. Dichos parámetros están en función de la velocidad de diseño de la carretera. Entre mayor sea la velocidad, menor será el grado de curvatura de la curva. Los elementos que forman parte de una curva horizontal se presentan a continuación:

Figura 20. Elementos de una curva horizontal simple



Fuente: PÉREZ GARCÍA, Rafael. *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea El Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa*. p. 25.

Donde:

- PI = punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC = punto donde comienza la curva
- PT = punto en donde termina la curva
- ST = subtangente de curva
- R = radio de curva
- LC = longitud de curva, distancia del PC al PT
- E = externa
- M = ordenada media
- CM = cuerda máxima
- C = centro
- $\Delta$  = ángulo central de curva
- Grado de curvatura

Es el ángulo central que subtiende un arco de 20 m de longitud y se calculó a través de la siguiente expresión:

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

Por ejemplo, en la curva cuyo punto de intersección entre tangentes está ubicado en el estacionamiento 1+243,60 del tramo que lleva a la colonia Los Olivos, se tienen los siguientes datos:

- $\Delta = 91,129^\circ$
- R = 40,00 m

Por tanto, el grado de curvatura es igual a:

$$G = \frac{1145,9156}{40,00} = 28,65^\circ$$

- Subtangente

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI); es de la misma magnitud que la existente entre el PI y el punto final de la curva (PT). Su magnitud se encontró como sigue:

$$ST = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Con los datos de la curva que sirvió de ejemplo en el cálculo anterior, se tiene:

$$ST = 40,00 \times \tan\left(\frac{91,129}{2}\right) = 40,80 \text{ m}$$

- Longitud de curva

Es la distancia del arco existente entre el principio de curva (PC) y el final de la curva (PT).

$$LC = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

Con los datos de la curva ejemplo, se obtiene:

$$LC = \frac{20 \times 91,129}{28,65} = 63,62 \text{ m}$$

- Externa

Es la distancia entre el punto de intersección (PI) y el punto medio de la curva. Su valor fue determinado a través de la siguiente fórmula:

$$E = R \times \left[ \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right]$$

Aplicando dentro de esta expresión matemática el radio y el delta de la curva de ejemplo:

$$E = 40,00 \times \left[ \sec\left(\frac{91,129}{2}\right) - 1 \right] = 17,13 \text{ m}$$

- Ordenada media

Es la longitud de la flecha del punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima (CM). Su magnitud se calculó por medio de esta expresión:

$$M = R \times \left[ 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

Utilizando el radio y el delta de la curva de ejemplo, se encontró lo siguiente:

$$M = 40,00 \times \left[ 1 - \cos\left(\frac{91,129}{2}\right) \right] = 12,00 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

Es la distancia en línea recta entre el principio de la curva (PC) y su final (PT). La fórmula para encontrar su valor fue la siguiente:

$$CM = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Haciendo uso, nuevamente, de los datos de la curva de ejemplo, se tiene:

$$CM = 2 \times 40,00 \times \sin\left(\frac{91,129}{2}\right) = 57,12 \text{ m}$$

### 3.1.2.1.3. Curvas de transición

La transición de un vehículo de un tramo tangente a una curva debe ser gradual, procurando mantener un balanceado cambio de dirección, sobreelevación y ampliación. Para lograr estos objetivos, se diseñaron las curvas de transición.

La curva de transición es aquella que une una tangente con una curva horizontal simple; su característica más importante es que a lo largo esta, y manera continua, existe un cambio en el valor del grado de curvatura, desde infinito en la tangente hasta el correspondiente a cada curva circular. De la misma manera, este elemento contribuye al cambio de pendiente desde una sección transversal con bombeo hasta una con peralte.

El cálculo de la longitud necesaria para una curva de transición se realizó tomando en cuenta la variación de la aceleración centrífuga:

$$LT = \frac{V^3}{28 \times R} \quad (1)$$

Donde:

- LT = longitud de la curva de transición (en metros)
- V = velocidad de diseño (en kilómetros por hora)
- R = radio de la curva circular (en metros)

En la curva cuyo punto de intersección (PI) está ubicado en el estacionamiento 1+243,60 del tramo que conduce a la colonia Los Olivos, se tiene un radio de 40,00 m y una velocidad de diseño de 40 km/h, por tanto:

$$LT = \frac{40^3}{28 \times 40} = 57,14 \text{ m}$$

#### 3.1.2.1.4. Peralte

Es la inclinación brindada a la parte superficial, o corona, de una carretera, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre el vehículo en movimiento.

$$e = \frac{V^2}{127 \times R} \quad (2)$$

---

1 CALDERÓN RAMÍREZ, Erick Roger. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de las colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez, zona 2 y diseño de pavimentación de la carretera de acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia vía La Selva y El Calvario, zona 8, Villa Nueva, Guatemala.* p. 103.

2 LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano: normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.* p. 4-33.



Donde:

- e = peralte (en metros sobre metro)
- V = velocidad de diseño (en kilómetros por hora)
- R = radio de la curva circular (en metros)

En el tramo de ejemplo, se tiene un radio de 40,00 m y una velocidad de diseño de 40 km/h, por lo que:

$$e = \frac{40^2}{127 \times 40} = 0,3150 = 31,50 \%$$

Sin embargo, al ser un peralte demasiado grande se empleará el peralte máximo recomendado para rutas urbanas, el cual es igual a 4 %.<sup>3</sup>

### 3.1.2.1.5. Sobreancho

El vehículo, al transitar sobre la curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que al que cubre en una recta. La razón de esto es que el eje trasero, debido a la rigidez y dimensiones del automotor, sigue una trayectoria distinta al eje delantero complicando así, su permanencia sobre el eje de circulación determinado.

Para compensar este efecto físico y proporcionar las condiciones de operación del tránsito, la calzada en la curva debe ensancharse. A esta ampliación se le conoce como sobreancho de la curva. Para conocer este dato,

---

<sup>3</sup> LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano: normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. p. 4-36.

se precisó saber el tipo de vehículo que circulará por la ruta. El sobreebancho se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$S = n \times \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \times \sqrt{R}} \quad (4)$$

Donde:

- S = sobreebancho (en metros)
- n = número de carriles
- R = radio de la curva circular (en metros)
- L = longitud desde la parte frontal a la posterior del vehículo
- V = velocidad de diseño (en kilómetros por hora)

Para la curva que ha servido de ejemplo, se tiene un solo carril por sentido, un radio de curva de 40,00 m, una longitud promedio de vehículos livianos de 8 m y una velocidad de diseño de 40 km/h, por lo que:

$$S = 1 \times \left( 40 - \sqrt{40^2 - 8^2} \right) + \frac{40}{10 \times \sqrt{40}} = 1,44 \text{ m}$$

En las tablas XXVI y XXVII se puede observar el resumen de los elementos geométricos de las curvas horizontales de los tramos que conducen a las colonias Los Olivos y 20 de Octubre, respectivamente.

---

<sup>4</sup> LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano: normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. p. 4-50.

**Tabla XXVI. Curvas horizontales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia Los Olivos**

| Núm curva | Est PC   | Est PI   | Est PT   | R (m)  | G (°) | Δ (°)   | Δ (Rad) | LC (m) | St (m) | E (m)  | OM (m) | CM (m) | Sa (m) | e (%)  | Lt (m) |
|-----------|----------|----------|----------|--------|-------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 0+073,30 | 0+073,69 | 0+074,08 | 120,00 | 9,55  | 0,373   | 0,0065  | 0,78   | 0,39   | 0,001  | 0,001  | 0,78   | 1,08   | 4,00 % | 64,29  |
| 2         | 0+148,43 | 0+148,90 | 0+148,58 | 120,00 | 9,55  | 0,071   | 0,0012  | 0,15   | 0,07   | 0,000  | 0,000  | 0,15   | 1,08   | 4,00 % | 64,29  |
| 3         | 0+342,34 | 0+342,77 | 0+343,20 | 120,00 | 9,55  | -0,411  | -0,0072 | 0,86   | 0,43   | 0,001  | 0,001  | 0,86   | 1,08   | 4,00 % | 64,29  |
| 4         | 0+458,75 | 0+459,30 | 0+459,90 | 120,00 | 9,55  | 0,547   | 0,0095  | 1,15   | 0,57   | 0,001  | 0,001  | 1,15   | 1,08   | 4,00 % | 64,29  |
| 5         | 0+824,50 | 0+824,51 | 0+824,52 | 120,00 | 9,55  | 0,012   | 0,0002  | 0,03   | 0,01   | 0,000  | 0,000  | 0,03   | 1,08   | 4,00 % | 64,29  |
| 6         | 1+021,73 | 1+025,99 | 1+030,25 | 115,00 | 9,96  | 4,245   | 0,0741  | 8,52   | 4,26   | 0,079  | 0,079  | 8,52   | 0,84   | 4,00 % | 67,08  |
| 7         | 1+064,31 | 1+068,21 | 1+072,10 | 115,00 | 9,96  | -3,879  | -0,0677 | 7,79   | 3,89   | 0,066  | 0,066  | 7,79   | 0,84   | 4,00 % | 67,08  |
| 8         | 1+147,69 | 1+148,09 | 1+148,43 | 115,00 | 9,96  | -0,367  | -0,0064 | 0,74   | 0,37   | 0,001  | 0,001  | 0,74   | 0,84   | 4,00 % | 67,08  |
| 9         | 1+190,13 | 1+194,06 | 1+197,99 | 115,00 | 9,96  | -3,911  | -0,0683 | 7,85   | 3,93   | 0,067  | 0,067  | 7,85   | 0,84   | 4,00 % | 67,08  |
| 10        | 1+202,81 | 1+243,6  | 1+266,43 | 40,00  | 28,65 | 91,129  | 1,5905  | 63,62  | 40,80  | 17,134 | 11,996 | 57,12  | 1,44   | 4,00 % | 57,14  |
| 11        | 1+371,38 | 1+372,82 | 1+374,27 | 70,00  | 16,37 | 2,362   | 0,0412  | 2,89   | 1,44   | 0,015  | 0,015  | 2,89   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 12        | 1+405,59 | 1+476,92 | 1+516,86 | 70,00  | 16,37 | -91,074 | -1,5895 | 111,27 | 71,32  | 29,936 | 20,969 | 99,92  | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 13        | 1+546,15 | 1+547,83 | 1+549,50 | 70,00  | 16,37 | 2,744   | 0,0479  | 3,35   | 1,68   | 0,020  | 0,020  | 3,35   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 14        | 1+636,13 | 1+636,53 | 1+636,93 | 70,00  | 16,37 | -0,661  | -0,0115 | 0,81   | 0,40   | 0,001  | 0,001  | 0,81   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 15        | 2+549,63 | 2+550,21 | 2+550,78 | 70,00  | 16,37 | -0,940  | -0,0164 | 1,15   | 0,57   | 0,002  | 0,002  | 1,15   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 16        | 2+599,04 | 2+599,52 | 1+599,99 | 70,00  | 16,37 | 0,779   | 0,0136  | 0,95   | 0,48   | 0,002  | 0,002  | 0,95   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |
| 17        | 2+663,16 | 2+664,64 | 2+666,12 | 70,00  | 16,37 | 2,417   | 0,0422  | 2,95   | 1,48   | 0,016  | 0,016  | 2,95   | 1,06   | 4,00 % | 63,78  |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXVII. Curvas horizontales del tramo de acceso a cementerio Las Nubes y colonia 20 de Octubre**

| Núm curva | Est PC   | Est PI   | Est PT   | R (m) | G (°) | Δ (°)  | Δ (Rad) | LC (m) | St (m) | E (m) | OM (m) | CM (m) | Sa (m) | e (%)  | Lt (m) |
|-----------|----------|----------|----------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 0+171,79 | 0+191,70 | 0+203,11 | 20    | 57,30 | -89,73 | -1,57   | 31,32  | 19,90  | 8,217 | 5,824  | 28,22  | 2,34   | 4,00 % | 48,21  |
| 2         | 0+444,26 | 0+466,65 | 0+475,94 | 20    | 57,30 | 90,75  | 1,58    | 31,68  | 20,26  | 8,472 | 5,951  | 28,47  | 2,34   | 4,00 % | 48,21  |
| 3         | 0+694,18 | 0+696,21 | 0+698,24 | 120   | 9,55  | -1,22  | -0,02   | 2,55   | 1,27   | 0,007 | 0,007  | 2,55   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |
| 4         | 0+937,37 | 0+939,02 | 0+940,67 | 120   | 9,55  | 0,85   | 0,01    | 1,79   | 0,89   | 0,003 | 0,003  | 1,79   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |
| 5         | 1+055,50 | 1+057,68 | 1+059,86 | 120   | 9,55  | -2,08  | -0,04   | 4,36   | 2,18   | 0,020 | 0,020  | 4,36   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |
| 6         | 1+110,73 | 1+112,04 | 1+113,35 | 120   | 9,55  | 1,25   | 0,02    | 2,62   | 1,31   | 0,007 | 0,007  | 2,62   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |
| 7         | 1+344,84 | 1+345,05 | 1+345,25 | 120   | 9,55  | -0,20  | 0,00    | 0,41   | 0,21   | 0,000 | 0,000  | 0,41   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |
| 8         | 1+432,81 | 1+437,16 | 1+441,51 | 120   | 9,55  | 4,16   | 0,07    | 8,70   | 4,35   | 0,079 | 0,079  | 8,70   | 0,81   | 4,00 % | 64,29  |

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2.2. Alineamiento vertical**

El trazo vertical de una carretera es la proyección del eje real de la vía sobre la superficie del terreno vertical, paralela al mismo. Así como el alineamiento horizontal, está compuesto por tangentes y curvas. Las primeras se caracterizan porque su pendiente se utiliza para delimitar el diseño de la subrasante. La línea de referencia para el trazo es la rasante que demarca el alineamiento en conjunto con otros factores: topografía, seguridad, velocidad, visibilidad y tráfico.

#### **3.1.2.2.1. Subrasante y pendientes**

La subrasante es una línea trazada en el perfil que delimita las zonas de corte y relleno que conformarán las pendientes del terreno a lo largo del tramo. Sirve de apoyo de la base y la carpeta de rodadura. Debido a que define el volumen de movimiento de tierras que es un renglón del presupuesto que tiene una gran participación en el costo del proyecto, la subrasante fue diseñada de manera que sea óptima técnica y económicamente hablando.

La subrasante estuvo restringida por los parámetros de pendientes mínimas y máximas. Las primeras sirvieron para garantizar que las aguas precipitadas sobre la ruta serán drenadas y las segundas, se establecieron procurando que transitar sobre la vía sea cómodo. En este proyecto, se tiene una pendiente mínima de 0,55 % y una máxima de 17,11 %. Esta última solamente se presentó en los últimos 33,04 metros finales del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos.

Las pendientes pueden ser clasificadas como positivas y negativas. Las primeras son aquellas en las que hay un cambio de altura positivo, es decir, que

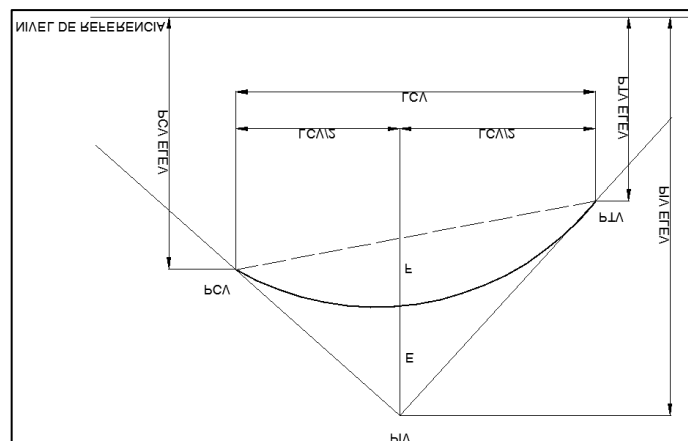
aumenta la elevación respecto al punto anterior. En las segundas, por otra parte, la posición vertical va disminuyendo conforme se avanza longitudinalmente sobre la vía.

### 3.1.2.2.2. Curvas verticales y correcciones

Una curva vertical es un arco de parábola con eje vertical que une tangentes del alineamiento vertical, puede ser cóncava o convexa. Las convexas son conocidas como curvas verticales en columpio y las cóncavas, como curvas verticales en cresta.

El correcto diseño de curvas verticales es fundamental para la funcionalidad y uso de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir con los criterios de seguridad, comodidad, apariencia y drenaje. En la figura 21 se muestran los elementos de esta parte del diseño geométrico de carreteras.

Figura 21. Elementos de una curva vertical



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Donde:

- PIV = punto de intersección de curva vertical
- PCV = principio de curva vertical
- PTV = principio de tangente vertical
- LCV = longitud de curva vertical
- PIV ELEV = elevación de punto de intersección de curva vertical
- PCV ELEV = elevación de principio de curva vertical
- PVT ELEV = elevación de principio de tangente vertical
- F = flecha
- E = externa
  
- Criterio de seguridad

La longitud de la curva debe proporcionar una transición suave entre tangentes, sin producir cambios bruscos de curvatura, para lo cual se establecen longitudes mínimas. Existe una expresión matemática para encontrar esta medida:

$$LCV = K \times A$$

Donde:

- LCV = longitud mínima de curva vertical (en metros)
- K = constante que depende de las distancias de visibilidad y las características geométricas de la curva
- A = diferencia de pendientes de tangentes (en porcentaje)

- Criterio de comodidad

La comodidad experimentada al conducir por una vía es un reflejo de la calidad del diseño de la ruta por la que cual se transita. Se deben evadir los cambios bruscos de pendiente porque estos producen que las fuerzas de gravedad y peso, vayan en el mismo sentido que generen una mayor fuerza centrífuga vertical. Para lo cual se desarrolló la siguiente restricción:

$$k = \frac{LCV_c}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

O bien,

$$LCV_c \geq \frac{A \times V^2}{395}$$

Donde:

- $LCV_c$  = longitud mínima de curva vertical según criterio de comodidad (en metros).
- $A$  = diferencia de pendientes de tangentes (en porcentaje).
- $V$  = velocidad de diseño (en kilómetros por hora).
- Criterio de apariencia

Una correcta visibilidad del tramo de vía mejorará el tiempo de maniobra del usuario. Este criterio se estableció a través de la siguiente expresión:

$$k = \frac{LCV_a}{A} \geq 30$$

O bien,

$$LCV_a \geq 30 \times A$$

Donde:

- $LCV_a$  = longitud mínima de curva vertical según criterio de apariencia (en metros).
- $A$  = diferencia de pendientes de tangentes (en porcentaje).
- Criterio de drenaje

Para que las curvas verticales garanticen la correcta circulación del agua que se precipita sobre la ruta, se debía cumplir la siguiente restricción:

$$k = \frac{LCV_d}{A} \leq 43$$

O bien:

$$LCV_d \leq 43 \times A$$

Donde:

- $LDV_d$  = longitud máxima de curva vertical según el criterio de drenaje (en metros).



- A = diferencia de pendientes de tangentes (en porcentaje).

La constante K está en función de la velocidad de diseño, el tipo de concavidad de la curva y el tipo de sección transversal que se tiene. En la tabla XXVIII se presenta el resumen de estos criterios de diseño.

Tabla XXVIII. **Valor de constante K para curvas verticales**

| Tipo de carretera          | K      |          |        |          |        |          |        |          |        |          |
|----------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|                            | A      |          | B      |          | C      |          | D      |          | E      |          |
| Velocidad de diseño (km/h) | Cresta | Columpio | Cresta | Columpio | Cresta | Columpio | Cresta | Columpio | Cresta | Columpio |
| 30                         | ---    | ---      | ---    | ---      | ---    | ---      | 3      | 3        | 4      | 4        |
| 40                         | ---    | ---      | ---    | ---      | 4      | 7        | 4      | 7        | 7      | 7        |
| 50                         | ---    | ---      | 6      | 10       | 6      | 10       | 9      | 10       | 12     | 10       |
| 60                         | 14     | 15       | 14     | 15       | 14     | 15       | 14     | 15       | 23     | 15       |
| 70                         | 20     | 20       | 20     | 20       | 30     | 20       | 20     | 20       | 36     | 20       |
| 80                         | 31     | 25       | 31     | 25       | 31     | 25       | ---    | ---      | ---    | ---      |
| 90                         | 43     | 31       | 43     | 31       | 43     | 31       | ---    | ---      | ---    | ---      |
| 100                        | 57     | 37       | 57     | 37       | 57     | 37       | ---    | ---      | ---    | ---      |
| 110                        | 72     | 43       | 72     | 43       | ---    | ---      | ---    | ---      | ---    | ---      |

Fuente: ARREAGA ESPAÑA, Héctor Amilcar. *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras*. p. 2.

Se tomará como ejemplo la curva vertical que tiene como punto de intersección vertical (PIV) ubicado en el estacionamiento 0+170,00 del tramo de carretera que se dirige a la colonia Los Olivos. Se tiene un tipo de ruta A, con una velocidad de diseño de 60 km/h y un tipo de curva de columpio. Con base en los anteriores datos, se determinó que el coeficiente K de esta curva es igual a 15. La pendiente de entrada es igual a 3,12 % y la de salida es igual a 7,40 %. Con estas referencias se determinaron las longitudes de curva vertical correspondientes a cada criterio.

- Seguridad

$$LCV = 15 \times (7,40 - 3,12) = 64,20 \text{ m}$$

- Comodidad

$$LCV_c \geq \frac{(7,40 - 3,12) \times 60^2}{395} = 39,01 \text{ m}$$

- Apariencia

$$LCV_a \geq 30 \times (7,40 - 3,12) = 128,40 \text{ m}$$

- Drenaje

$$LCV_d \leq 43 \times (7,40 - 3,12) = 184,04 \text{ m}$$

Si se toman en cuenta todos los criterios, la longitud de curva debía estar entre 128,40 y 184,04 m. Sin embargo, debido al costo que esto significaría y al cambio drástico que produciría en la subrasante existente, se tomó como válido un valor igual a la longitud de curva mínima obtenida mediante el criterio de seguridad. Esta es igual a 64,20 m. Se redondeará a 65,00 m.

- Correcciones

Teniendo la longitud de curva vertical, se procedió a calcular las correcciones de la línea de subrasante diseñada. Estas modificaciones en las cotas o elevaciones son consecuencia de los cambios en las pendientes que sufrirá el terreno natural. Se usó la siguiente expresión:

$$y = \frac{A \times L^2}{200 \times LCV}$$

Donde:

- $y$  = corrección (en metros).
- $A$  = diferencia de las pendientes de las tangentes (en porcentaje).
- $L$  = distancia horizontal del PVC al punto de corrección o bien, del PTV al punto de corrección (en metros).
- $LCV$  = longitud de la curva vertical (en metros).

Utilizando como ejemplo ilustrativo, la misma curva vertical, se tomará la corrección correspondiente a la mitad de la curva vertical. Es decir, la distancia horizontal es de 32,50 m. La pendiente de entrada es igual a 3,12 % y la de salida, a 7,40 %. La longitud de la curva vertical es de 65,00 m. Por consiguiente:

$$y = \frac{(7,40 - 3,12) \times 32,50^2}{200 \times 65,00} = 0,35 \text{ m}$$

En las tablas XXIX y XXX, se puede observar el resumen de los elementos geométricos de las curvas verticales de las rutas que conducen a las colonias Los Olivos y 20 de Octubre, respectivamente.

**Tabla XXIX. Curvas verticales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia Los Olivos**

| Núm.o curva | Est PCV  | Est PIV  | Est PTV  | Pendiente de entrada (%) | Pendiente de salida (%) | Diferencia de pendientes (%) | Forma de curva | Constante K efectiva | LCV (m) | Flecha (m) |
|-------------|----------|----------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------------|---------|------------|
| 1           | 0+137,50 | 0+170,00 | 0+202,50 | 3,12                     | 7,40                    | 4,28                         | Columpio       | 15,19                | 65      | 0,348      |
| 2           | 0+320,00 | 0+340,00 | 0+360,00 | 7,40                     | 4,84                    | 2,56                         | Cresta         | 15,63                | 40      | 0,128      |
| 3           | 0+468,00 | 0+478,00 | 0+488,00 | 4,84                     | 3,43                    | 1,41                         | Cresta         | 14,18                | 20      | 0,035      |
| 4           | 0+729,50 | 0+732,00 | 0+734,50 | 3,43                     | 3,25                    | 0,18                         | Cresta         | 27,78                | 5       | 0,001      |
| 5           | 0+877,50 | 0+890,00 | 0+902,50 | 3,25                     | 4,75                    | 1,50                         | Columpio       | 16,67                | 25      | 0,047      |
| 6           | 1+097,50 | 1+120,00 | 1+142,50 | 4,75                     | 7,61                    | 2,86                         | Columpio       | 15,73                | 45      | 0,161      |
| 7           | 1+210,00 | 1+240,00 | 1+270,00 | 7,61                     | -7,34                   | 14,95                        | Cresta         | 4,01                 | 60      | 1,121      |
| 8           | 1+440,00 | 1+450,00 | 1+460,00 | -7,34                    | 6,69                    | 14,03                        | Columpio       | 1,43                 | 20      | 0,351      |
| 9           | 1+681,50 | 1+684,00 | 1+686,50 | 6,69                     | 6,62                    | 0,07                         | Cresta         | 71,43                | 5       | 0,000      |
| 10          | 1+827,50 | 1+830,00 | 1+832,50 | 6,62                     | 6,71                    | 0,09                         | Columpio       | 55,56                | 5       | 0,001      |
| 11          | 2+067,50 | 2+070,00 | 2+072,50 | 6,71                     | 6,84                    | 0,13                         | Columpio       | 38,46                | 5       | 0,001      |
| 12          | 2+285,00 | 2+290,00 | 2+295,00 | 6,84                     | 5,23                    | 1,61                         | Cresta         | 6,21                 | 10      | 0,020      |
| 13          | 2+407,50 | 2+430,00 | 2+452,50 | 5,23                     | 9,56                    | 4,33                         | Columpio       | 10,39                | 45      | 0,244      |
| 14          | 2+527,50 | 2+540,00 | 2+552,50 | 9,56                     | 11,96                   | 2,40                         | Columpio       | 10,42                | 25      | 0,075      |
| 15          | 2+648,50 | 2+676,00 | 2+703,50 | 11,96                    | 17,11                   | 5,15                         | Columpio       | 10,68                | 55      | 0,354      |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXX. Curvas verticales del tramo de acceso al cementerio Las Nubes y colonia 20 de Octubre**

| Núm. curva | Est PCV  | Est PIV  | Est PTV  | Pendiente de entrada (%) | Pendiente de salida (%) | Diferencia de pendientes (%) | Forma de curva | Constante K efectiva | LCV (m) | Flecha (m) |
|------------|----------|----------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------------|---------|------------|
| 1          | 0+075,00 | 0+100,00 | 0+125,00 | 6,65                     | 3,20                    | 3,45                         | Cresta         | 14,49                | 50,00   | 0,216      |
| 2          | 0+270,00 | 0+290,00 | 0+310,00 | 3,20                     | 0,55                    | 2,65                         | Cresta         | 15,09                | 40,00   | 0,133      |
| 3          | 0+460,00 | 0+490,00 | 0+520,00 | 0,55                     | 4,34                    | 3,79                         | Columpio       | 15,83                | 60,00   | 0,284      |
| 4          | 0+685,00 | 0+700,00 | 0+715,00 | 4,34                     | 6,34                    | 2,00                         | Columpio       | 15,00                | 30,00   | 0,075      |
| 5          | 0+945,00 | 0+950,00 | 0+955,00 | 6,34                     | 6,85                    | 0,51                         | Columpio       | 19,61                | 10,00   | 0,006      |
| 6          | 1+205,00 | 1+230,00 | 1+255,00 | 6,85                     | 10,14                   | 3,29                         | Columpio       | 15,20                | 50,00   | 0,206      |
| 7          | 1+347,50 | 1+360,00 | 1+372,50 | 10,14                    | 8,58                    | 1,56                         | Cresta         | 16,03                | 25,00   | 0,049      |

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.3. Movimiento de tierras**

Consiste en trasladar volúmenes de material para modificar la configuración de la superficie del terreno. En este caso particular, se veló porque la nueva distribución se adecuará lo más posible al perfil existente. A pesar de esto, al tener el tramo actual imperfecciones, prevaleció el corte en el proyecto.

#### **3.1.3.1. Cálculo de áreas de secciones transversales**

Las dimensiones finales de la sección trasversal de la carretera están explicadas por los estudios previamente realizados que reúnen factores relacionados con la capacidad de la vía, su seguridad y las limitaciones económicas de la obra civil.

La sección transversal es un plano cuyo punto central es el alineamiento horizontal. Está conformada por el derecho de vía, el ancho de calzada, el bombeo, las cunetas y los taludes naturales.

- Ancho de calzada

Está en función de la capacidad y el nivel de servicio de la ruta. Asimismo, se ve restringido por el tipo de vía, las condiciones topográficas y del entorno. Adicionalmente, su dimensionamiento puede variar en las curvas ya que en estos casos se necesita un mayor radio de giro.

Para el mejoramiento de la ruta de acceso al cementerio y a las colonias, se plantearon anchos de calzadas variables en función del volumen de

vehículos que circularán en el trayecto y, principalmente, de las anchuras actuales del recorrido. Estas medidas varían desde 6,29 m distribuidos en dos carriles, es decir, 3,145 m por carril en el tramo inicial de la carretera que conduce a la colonia Los Olivos hasta 3,05 m en el tramo final de la misma ruta. Este último cuenta con un solo carril.

- Bombeo

La sección transversal debe drenar lateralmente el agua de lluvia para lo cual dispone de inclinación lateral en la plataforma con el objetivo de que la precipitación pluvial escurra hacia los lados de la ruta en donde será recolectada por el drenaje longitudinal.

La pendiente transversal de la vía puede ser de 2 % o 3 %, de acuerdo al tipo de carretera. En este caso particular, se utilizó una inclinación lateral de 2 % con la cual se evacuará el agua precipitada evitando así, filtraciones hacia las capas inferiores a la carpeta de rodadura.

- Cunetas

Son el sistema de drenaje longitudinal cuyo fin es recolectar, transportar y disponer las aguas pluviales. Sus dimensiones dependen de su diseño hidráulico. Se emplearon cunetas trapezoidales.

- Taludes laterales

Son líneas oblicuas ubicadas en los extremos de las secciones transversales. Delimitan el corte o relleno de una sección en particular. La pendiente de los taludes depende de la altura de corte o relleno, la cual

depende del terreno natural. El criterio para definir estos valores, se encuentra en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. **Relaciones de corte y relleno de taludes**

| Corte      |       | Relleno    |       |
|------------|-------|------------|-------|
| Altura (m) | H-V   | Altura (m) | H-V   |
| 0 – 3      | 1 – 1 | 0 – 3      | 2 – 1 |
| 3 – 7      | 1 – 2 | > 3        | 3 – 2 |
| > 7        | 1 – 3 |            |       |

Fuente: CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 402.

Por ejemplo, en la estación 0+020,00 del tramo que conduce a la Colonia Los Olivos, hay una altura de relleno de 0,02 m. Por consiguiente, le corresponde una relación de H-V igual a 2-1 para el talud lateral.

El seccionamiento transversal de la carretera se realizó con estacionamiento a cada 20 m longitudinalmente. En cada uno se definió la disposición de los elementos que conforman la carretera y sus diferencias con el terreno natural. Este procedimiento fue hecho con el *software* AutoCAD Civil 3D 2014. El método gráfico tradicional es por medio del planímetro polar. En caso de contar con uno, se asignan coordenadas totales convenientemente a cada uno de los puntos de las secciones transversales y se utiliza el método de determinantes para calcular las áreas.

### 3.1.3.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

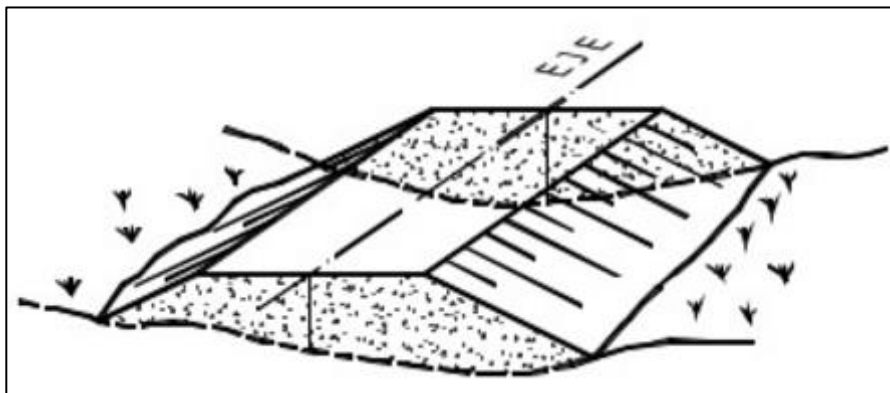
Las áreas calculadas constituyen un lado del prisma del terreno a rellenar o cortar (figuras 22 y 23). El volumen se obtiene al multiplicarlas por la longitud entre secciones consecutivas y uniformes.

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$$

Donde:

- Vol = volumen de corte o relleno (en metros cúbicos)
- A1 = área de sección transversal 1 (en metros cuadrados)
- A2 = área de sección transversal 2 (en metros cuadrados)
- L = longitud entre secciones (en metros)

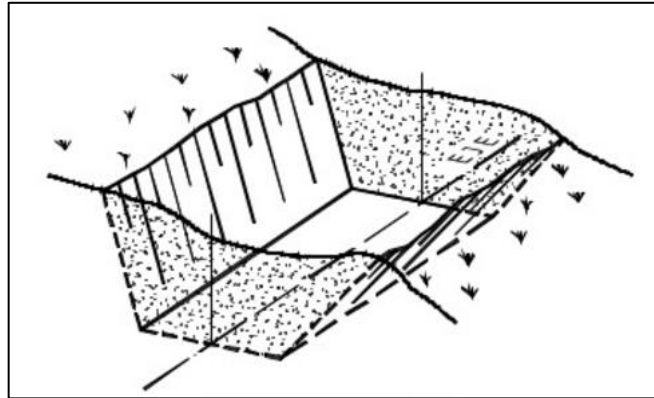
Figura 22. Secciones consecutivas de relleno



Fuente: URRIOLA, Ricardo. *Dibujo topográfico* p. 50.



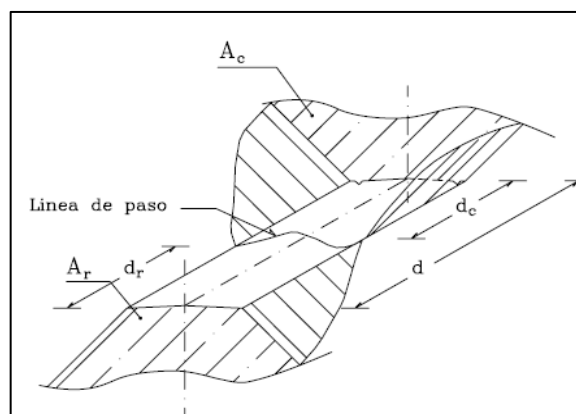
Figura 23. **Secciones consecutivas de corte**



Fuente: URRIOLOA, Ricardo. *Dibujo topográfico* p. 50.

También, existen secciones no consecutivas, es decir, en un extremo se tiene área de corte y en el otro lado, área de relleno. También, puede suceder que haya una combinación de corte y relleno en uno o en ambos lados del prisma (Figura 24).

Figura 24. **Secciones de volumen**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 30.

Para estos casos, se emplean las siguientes ecuaciones:

$$V_R = \frac{A_R}{2} \times d_R$$

$$V_C = \frac{A_C}{2} \times d_C$$

$$d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} \times L$$

$$d_C = \frac{A_C}{A_R + A_C} \times L$$

Donde:

- $V_R$  = volumen de relleno (en metros cúbicos)
- $A_R$  = área de relleno (en metros cuadrados)
- $d_R$  = distancia de relleno (en metros)
- $V_C$  = volumen de corte (en metros cúbicos)
- $A_C$  = área de corte (en metros cuadrados)
- $d_C$  = distancia de corte (en metros)
- $L$  = longitud entre secciones (en metros)

Sin embargo, con el fin de agilizar el proceso de cálculo, se utilizó el *software* AutoCAD Civil 3D 2014 que emplea un método que incluye una interpolación extra entre secciones. La fórmula matemática es la siguiente:

$$\text{Vol} = \frac{L}{3} \times (A_1 + \sqrt{A_1 \times A_2} + A_2)$$

Donde:

- Vol = volumen de corte o relleno (en metros cúbicos).
- L = longitud entre secciones transversales (en metros).
- $A_1$  = área de corte o relleno de sección transversal 1 (en metros cuadrados).
- $A_2$  = área de corte o relleno de sección transversal 2 (en metros cuadrados).

Es necesario resaltar que estos métodos de cálculo aplicados por el software antes mencionado, tomaron como referencia las superficies del terreno y de la sección de la vía a través de los 20 m que separan cada sección. Como consecuencia, los resultados fueron obtenidos con base en cualquier diferenciación de terreno, resultando en datos confiables.

Se toma como ejemplo el tramo entre las secciones 0+020,00 y 0+040,00 de la ruta de acceso a la colonia Los Olivos. En estas se tiene:

- Datos estación 0+020,00:
  - Área de relleno = 0,58 m<sup>2</sup>
  - Área de corte = 2,39 m<sup>2</sup>
- Datos estación 0+040,00:
  - Área de relleno = 2,98 m<sup>2</sup>
  - Área de corte = 2,62 m<sup>2</sup>

$$\text{Vol}_{\text{Relleno}} = \frac{20}{3} \times (0,58 + \sqrt{0,58 \times 2,98} + 2,98) = 32,50 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol}_{\text{Corte}} = \frac{20}{3} \times (2,39 + \sqrt{2,39 \times 2,62} + 2,62) = 50,08 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.3. Curva de balance

La curva de balance sirve para establecer la cantidad de tierra que se movilizará y, según este dato, calcular el costo de esta operación. Por lo tanto, aplicar un buen criterio para obtener esta línea influye en la optimización de los recursos en el proyecto.

Lo que se pretende es reutilizar el material de corte para puntos en donde se necesite relleno, acarreado los materiales la menor distancia posible y preferiblemente, cuesta abajo.

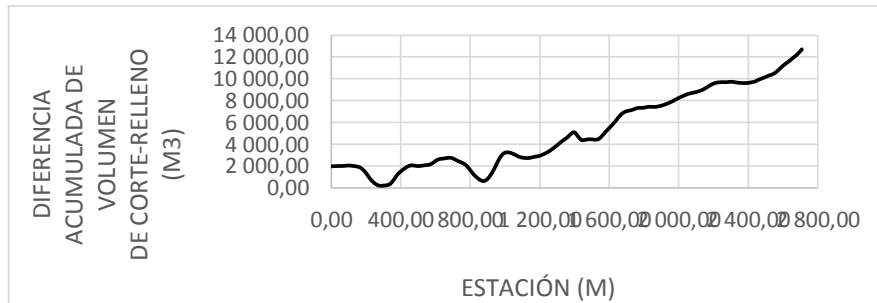
En el proyecto, el corte predomina en el movimiento de tierras. En las figuras 25 y 26, se puede observar la curva de balance de los tramos hacia las colonias Los Olivos y 20 de Octubre, respectivamente.

Del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos, se puede observar que predomina el corte. Mientras que en el que lleva hacia la colonia 20 de Octubre, hay más relleno que corte.

El eje vertical de estas figuras es la suma acumulada de la diferencia entre corte y relleno. Se observa que después de realizar la agregación global de ambos tramos del proyecto, hay un exceso de volumen de corte por lo cual, se debe considerar el retiro del material sobrante.

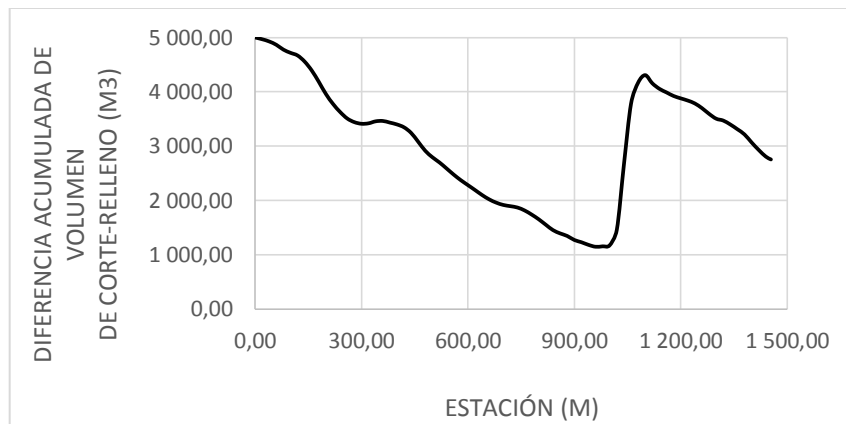
La Municipalidad de Villa Nueva planteó la utilización de este material en un proyecto de relleno cuya ubicación aún queda por definir.

Figura 25. **Curva de balance de ruta de acceso a Colonia Los Olivos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Curva de balance de ruta de acceso a colonia 20 de Octubre**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.4. **Mecánica de suelos**

Previo al diseño y ejecución de todo proyecto de ingeniería civil, se debe hacer una investigación geotécnica del espacio físico que incluye las características geológicas y de mecánica de suelos.

### **3.1.4.1. Ensayos de laboratorio**

Los estudios de laboratorio de suelos tienen como objetivo determinar las características físicas y mecánicas del material del área en donde se realizará un proyecto de ingeniería civil. Los resultados de las pruebas son fundamentales en el diseño de una carretera ya que se establecen la composición del suelo en sus distintos estratos y los asentamientos que este sufre al aplicarle una carga específica.

- **Granulometría**

El análisis granulométrico de suelos permitió conocer su clasificación que es un criterio relevante en la aceptabilidad de suelos para carreteras.

La granulometría se refiere a la determinación de la cantidad, en porcentaje, de las proporciones relativas de las partículas que conforman el suelo. Para este efecto, una muestra representativa de la masa del suelo fue pasada a través de una serie de tamices normados con aberturas de tamaños distintos. Posteriormente, se dividió la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra. La norma correspondiente a este ensayo es la ASTM D6913-04.

Según en los porcentajes de finos y grava que el suelo posee, se clasificó y nombró. Se categorizó con base en los criterios del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) o el de la AASHTO.

- **Límites de Atterberg**

Sirven para encontrar las propiedades plásticas de los suelos cuando están en contacto con humedad o directamente con el agua. Son límites de consistencia de suelos y su valor es el contenido de humedad en porcentaje del peso seco. Estos son:

- Límite líquido

Es el punto entre el estado casi líquido y el estado plástico de un suelo. En este estado el suelo se comporta como una pasta líquida. Este ensayo es una medida de la resistencia al corte del material cuando tiene un grado de humedad específico. Las investigaciones han encontrado evidencia de que el límite líquido es más alto mientras más pequeñas sean las partículas, es decir, un suelo con alto contenido de finos posee un mayor límite líquido que otro cuyo contenido de finos sea bajo.

Para realizar este ensayo, se empleó un mecanismo llamado copa de Casagrande, en donde el suelo, humedecido con cierta cantidad de agua, es colocado, separado por la mitad y sujeto a un determinado número de golpes para cerrar dicha abertura. Esta cantidad de golpes depende del grado de humedad suministrado. El procedimiento analítico para la determinación del límite líquido está basado en la norma AASHTO T-89.

- Límite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad en el cual el material pasa de un estado semisólido a uno plástico. En este estado el suelo presenta una consistencia viscosa.

Esta propiedad está definida como el grado de humedad, medido como el porcentaje del peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de tres milímetros de

diámetro, al moldearse con la palma de la mano. El procedimiento analítico puede consultarse en la norma AASHTO-T90.

- Índice de plasticidad

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Define el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para permanecer en estado plástico, estableciendo los parámetros de asentamiento del material y su expansividad potencial.

Está en función de la cantidad de arcilla en el suelo ensayado. En la tabla XXXII, se encuentra la clasificación de un suelo según su índice de plasticidad. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP = índice de plasticidad (en porcentaje)
- LL = límite líquido (en porcentaje)
- LP = límite plástico (en porcentaje)

Tabla XXXII. **Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad**

| Índice de plasticidad | Clasificación          |
|-----------------------|------------------------|
| 0                     | No plástico            |
| 0-7                   | De baja plasticidad    |
| 7-17                  | De mediana plasticidad |
| >17                   | Altamente plástico     |

Fuente: elaboración propia.



Para la muestra ensayada, se determina que es un suelo no plástico ya que no presentó límites líquido ni plástico.

- Ensayo de compactación (Proctor modificado)

Su beneficio fue obtener la humedad óptima, la densidad máxima seca y la máxima compactación del suelo. Consistió en definir el peso por unidad de volumen de un suelo que había sido compactado por un procedimiento establecido, para diferentes contenidos de humedad.

Para cierto contenido de humedad, conocido como humedad óptima, el suelo alcanzó su densidad máxima. Al llegar a este punto, se reducen los vacíos y la capacidad de absorber agua. Asimismo, aumenta la capacidad del suelo para soportar cargas mayores. El procedimiento analítico de este ensayo puede consultarse en la norma AASHTO T-180.

- Ensayo de valor soporte

También llamado CBR (*Californian bearing ratio*), es un índice de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, bajo condiciones controladas de compactación y humedad. Este fue dado en porcentaje de carga necesaria para alcanzar la misma penetración que en una muestra estándar de piedra triturada por un pistón, proceso establecido en la norma AASHTO T-193

El CBR utilizado para el diseño de pavimentos establece que a menor valor de CBR de la subrasante, mayores son los espesores requeridos para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito. En la tabla XXXIII se presentan los parámetros mínimos que deben cumplir las capas de la estructura del pavimento, de acuerdo a las *Especificaciones generales para la*

construcción de carreteras y puentes, libro azul de la Dirección General de Caminos.

Tabla XXXIII. **Porcentajes mínimos de CBR según el uso del suelo**

| Uso del suelo               | C<br>BR (%) |
|-----------------------------|-------------|
| Subrasante estabilizada     | 2<br>0      |
| Subbase común               | 3<br>0      |
| Subbase granular            | 4<br>0      |
| Base granular               | 7<br>0      |
| Subbase de piedra triturada | 5<br>0      |
| Base de piedra triturada    | 9<br>0      |

Fuente: elaboración propia.

- **Análisis de resultados**

Los resultados completos y las gráficas de los ensayos realizados a la muestra representativa pueden ser consultados en el apéndice. A continuación, se muestra, de forma resumida, lo extraído de las pruebas.

- Descripción del suelo: arena con grava color café grisáceo
- Porcentajes de partículas: grava: 13,90, arena: 78,02, finos: 8,08
- Clasificación: S.C.U.: SW-SC, P.R.A: A-1-b
- Límite líquido: no tiene
- Límite plástico: no tiene
- Índice de plasticidad: 0
- Densidad seca máxima: 1 784,63 kg/m<sup>3</sup>
- Humedad óptima: 7,80 %
- CBR al 95 % de compactación: 68,16 %

Con base en estos datos, se definió a la muestra como un material compuesto primordialmente por gravas y arenas y con poca presencia de finos. Esta composición es apta para su utilización como subrasante ya que tiene un CBR mayor al mínimo recomendado por el Libro Azul de la Dirección General de Caminos para este fin. Adicionalmente, se puede decir que la poca participación de los materiales finos en el total de la muestra representativa, explica el hecho de que esta no haya presentado límites plástico y líquido.

### **3.1.5. Diseño de pavimento**

Dentro del diseño de pavimentos rígidos, se deben analizar cuidadosamente los componentes de la losa ya que, si estos son proporcionados de la manera adecuada, el producto terminado será fuerte y durable. El concreto es formado por la interacción mecánica y química de una serie de materiales constituyentes.

Sobre estos materiales es fundamental saber las funciones que cumple cada uno antes de pensar en el concreto como resultado final. El ingeniero civil debe formar la capacidad de seleccionar correctamente los materiales de construcción para dosificarlos de manera que se obtenga un concreto eficiente que satisfaga los requisitos de resistencia y condiciones de servicio.

Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la base ya que mejoran la estructura del pavimento rígido.

Los elementos del pavimento tienen como objetivo principal distribuir las cargas unitarias de tránsito sobre el suelo que brinda al mismo tiempo, una superficie cómoda para la circulación vehicular.

### **3.1.5.1. Tipos de pavimentos**

El pavimento es una estructura cuya utilidad más importante es distribuir suficientemente las cargas concentradas en las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo no sufra deformaciones excesivas o fallas. Las características del pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, resistente a la intemperie y la capacidad de proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades mecánicas, a causa del frío, el sol y las lluvias.

De acuerdo con la forma como se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se puede clasificar a los pavimentos en tres tipos: rígidos, flexibles y semiflexibles.

- Pavimentos rígidos

Formados por losas de concreto, son aquellos que, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir las cargas en un área de suelo relativamente extensa. En estos, la mayor parte de la capacidad estructural es otorgada por la losa de concreto.

Las variables que influyen en el espesor de un pavimento rígido son principalmente el nivel de carga que tendrá que soportar, es decir, el tipo y cantidad de vehículos que pasaron sobre él, el módulo de reacción del suelo subyacente y las propiedades mecánicas del concreto. Generalmente, el pavimento rígido consta de dos capas: la base y la losa o superficie de rodadura de concreto hidráulico.

- Pavimentos flexibles

Constituidos por asfaltos. En estos, la carpeta de rodadura genera una mínima distribución de cargas, tarea hecha principalmente por el contacto de partícula con partícula en todo el espesor del pavimento. La capacidad estructural es brindada por las capas de base, subbase y subrasante.

Los materiales bituminosos empleados en la fabricación de pavimentos, son el alquitrán y el asfalto, en los cuales las cargas se distribuyen a través de las diferentes capas, de tal forma que los esfuerzos en el suelo de la subrasante sean los mínimos aceptables. En la construcción de esta clase de pavimentos, se usan los asfaltos de fraguado lento (S.C.), fraguado medio (M.C.) y fraguado rápido (R.C.).

- Pavimentos semiflexibles

Son del tipo adoquín, llamados semiflexibles por la forma como se distribuyen las cargas en capas inferiores a la carpeta de rodadura.

El sistema de pavimentos de adoquín de concretos tiene algunas ventajas: costo de ejecución menor comparado con asfalto o losas tradicionales de concreto, costo de mantenimiento considerablemente menor respecto a los otros tipos de pavimento, superficie de rodadura adecuada y suave a cualquier tipo de vehículo, fabricación y colocación simple con personal poco calificado, facilidad para realizar reparaciones.

Los elementos que constituyen el pavimento adoquinado son: la subrasante, la subbase, la base, la cama de asiento y la carpeta de rodadura.

- Justificación para el diseño de un pavimento rígido

La razón fundamental, es que los tramos no son tan grandes como para trasladar la maquinaria pesada necesaria para la construcción de un proyecto de pavimento flexible. Además, no se encuentran cerca del lugar de la obra, los materiales constituyentes del asfalto.

Otras causas de la elección de este tipo de pavimento son: excesivo cuidado que requiere el manejo de las mezclas asfálticas, la menor porosidad del concreto; que protege a la ruta de daños por acumulación de humedad producto de filtraciones hacia las capas inferiores a la carpeta de rodadura, una mayor reflexión de la luz natural o artificial; necesita entonces, una menor cantidad de alumbrado eléctrico.

### **3.1.5.2. Análisis de cargas**

En el método de la *Portland Cement Association* tradicional, se hacen cálculos separados del consumo fatiga y del daño por erosión, para cada uno de los incrementos de cargas por eje simple y tándem del camión o los camiones utilizados para el diseño del pavimento rígido. Esto implica que el detalle de los datos de carga por eje debe haber sido tomado de estaciones representativas de pesado de camiones, estudios de peso en movimiento u otras fuentes.

Sin embargo, muchas veces estos datos específicos no están disponibles. Para estos casos se utiliza el método simplificado de la *Portland Cement Association* que emplea tablas basadas en distribuciones compuestas de carga por eje, que representan diferentes categorías de carreteras y calles.

- Módulo de ruptura

Este valor se usa en el diseño del pavimento rígido, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamiento en los pavimentos.

La deformación sufrida por el pavimento de concreto por efecto de las cargas hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy débil, como para incidir en el diseño del espesor de losa. La relación con la tensión y la flexión es mucho más importante, por tanto, estos esfuerzos sí son relevantes para el dimensionamiento de la capa de rodadura. De lo anterior se concluye que los esfuerzos y la resistencia a la flexión (módulo de ruptura) son factores determinantes fundamentales en el diseño de pavimentos rígidos.

El uso de hombros de concreto o asfalto adheridos al pavimento permite contrarrestar los esfuerzos de flexión y las deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas.

Para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, es necesaria la implementación de bases estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mayor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento.

- Criterio de erosión

Su función es limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento, también, para tener control sobre la erosión que crea en la base o subrasante y los materiales constituyentes de los hombros.

### **3.1.5.3. Subrasante**

Es el suelo natural sobre el que se construirá el pavimento, y que se extiende hasta la profundidad en la cual ya no afecta la carga vehicular que soportará la estructura prevista. Actúa como soporte después de haber sido estabilizada, homogenizada y compactada. La calidad de esta capa es muy importante en el espesor de la carpeta de rodadura. Por esta razón, el material de la subrasante debe cumplir con los parámetros de resistencia, incompresibilidad y una buena respuesta a la expansión y contracción debido a la humedad. Los anteriores parámetros fueron probados en los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y valor soporte.

La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de  $\pm 3$  % de la humedad óptima, hasta conseguir el 95 % de compactación respecto a la densidad máxima, según la norma AASHTO T-180, y una expansión máxima del 5 %.

Cuando la subrasante no cumple con estos criterios, es necesario incluir materiales estabilizadores para mejorar sus características mecánicas y su función como cimiento de la estructura de pavimento. En este caso, el material ya estabilizado debe tener un CBR mínimo de 20 %, obtenido de una muestra saturada al 95 % de compactación y un hinchamiento máximo de 1 %. Sin



embargo, en el caso de la subrasante del proyecto, esta cumple y excede los requerimientos mínimos de caminos, ya que tiene un porcentaje de 68,16 % de CBR a 95 % de compactación, convirtiéndola en una subrasante capaz de sobrellevar las cargas vehiculares.

#### **3.1.5.4. Base**

Esta capa tiene como cometido distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito a la subrasante. Tradicionalmente, se utilizan bases granulares hechas de una combinación de grava, arena y suelo en su estado natural. Debe estar libre de impurezas como basura, materia orgánica, terrones de arcilla, etc.

Debe tener una CBR mínimo de 70 % a una compactación del 95 %, un hinchamiento máximo de 0,5 %, un índice de plasticidad no mayor de 6, y un límite líquido no mayor a 6, según lo establece las normas AASHTO T-193, T-180, T-90 Y T-89, respectivamente.

#### **3.1.5.5. Diseño de capa de rodadura**

La capa o carpeta de rodadura es sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito, se coloca sobre la base y, en el caso de los pavimentos rígidos, está formada por una losa de concreto hidráulico. Esta capa protege a las inferiores de los efectos del sol, la lluvia y las heladas, además resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por la carga vehicular.

- Tránsito promedio diario

Uno de los factores más relevantes en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que fluye sobre este. Este se define como la media de vehículos que circula durante un día en un periodo y punto determinados. De acuerdo al periodo que se utilice en el análisis, este puede ser tránsito promedio diario anual, TPDA; tránsito promedio diario mensual, TPDM; o tránsito promedio diario semanal, TPDS.

Para este proyecto, se tomaron datos durante una semana, mientras se realizaba la topografía. Se contabilizaron 2 162 vehículos por día, de los cuales el 86,96 % correspondía al tráfico liviano y 13,04 %, al transporte pesado. Se proyectó un crecimiento anual de 6 %, debido a que esta zona aún cuenta con muchos terrenos destinados a la agricultura, los cuales ante el crecimiento poblacional del municipio serán convertidos en áreas de vivienda y, por tanto, habrá un gran aumento del tráfico vehicular. El periodo de diseño es de 20 años y, por consiguiente, el tránsito promedio diario proyectado es de 3 892 vehículos. De este flujo, se consideró que 508 correspondería a camiones.

#### **3.1.5.5.1. Método de la *Portland Cement Association***

La Portland Cement Association, PCA, ha creado dos métodos para determinar el espesor necesario de las diferentes capas del pavimento para que este resista las cargas vehiculares.

- Método de capacidad

Este método se utiliza cuando es posible obtener datos precisos de carga del tránsito.

- Método simplificado

Este reduce considerablemente el espesor de la losa. Para este método fueron realizadas varias tablas de diseño, basadas en la distribución de los ejes de carga que representan las diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Estas tablas muestran datos, para periodos de diseño de 20 años, también, muestran los esfuerzos combinados que ejercen la subrasante y la base ya que mejoran la estructura del pavimento. Debido a la dificultad que representaba obtener los datos exactos de las cargas vehiculares, se seleccionó este procedimiento de cálculo, en el diseño del pavimento rígido del presente proyecto.

Los pasos para del diseño por este método son:

- Estimar el tránsito promedio diario pesado, en dos direcciones (ADTT), excluyendo los camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Seleccionar la categoría del eje de carga, según la tabla XXXIV.
- Encontrar el espesor de la base, según la tabla XXXVI.
- Encontrar el espesor de la losa de concreto requerida, según la tabla XXXVII.

### **3.1.5.5.2. Diseño del pavimento rígido de la carretera de acceso de Bárcenas hacia colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3**

- El periodo de diseño de la carretera es de 20 años. En primer lugar, se estableció la categoría de la vía, para esto se debe contar con el dato del tránsito promedio diario. Este fue realizado por la Municipalidad de Villa Nueva, por medio de conteo en tiempos de 24 horas, durante una semana. El resultado se proyectó después para el periodo de diseño, con una tasa de crecimiento del tránsito de 6 % anual. La cantidad de vehículos obtenida fue de 3 892. De acuerdo con esta cantidad de flujo vial, según la tabla XXXIV, la vía es de categoría 3 que corresponde a las calles arteriales y carreteras primarias, supercarreteras interestatales urbanas y rurales, con un tránsito promedio diario, TPD, entre 3 000 y 12 000 vehículos y un tránsito promedio diario de camiones, TPDC, entre 500 y 5 000, con una carga máxima por eje sencillo de 30 KIPS y de 52 KIPS, por eje tándem.
- Para establecer el módulo de ruptura del concreto, se estimó que este es igual al 15 % de la resistencia a compresión de dicho material. Como se propuso un concreto de 4 000 Psi de resistencia, el módulo de ruptura será de 600 Psi.
- Con la figura 27, se ubicó el valor de CBR de la muestra representativa del suelo. Esta fue igual a 68,16 %, fue válido aproximarla a 70 % para efectos de simplificación de este procedimiento. Después, se siguió la línea vertical para este dato de valor soporte hasta la línea horizontal

correspondiente al módulo de reacción  $K$  de la subrasante, se observa que la lectura que se hizo de esta propiedad fue de  $K = 630 \text{ lb/plg}^3$ .

- En la tabla XXXV se obtuvo la descripción del tipo de suelo con el uso del criterio el valor  $K = 630 \text{ lb/plg}^3$  del inciso anterior. Se puede observar que esta magnitud es superior a  $400 \text{ lb/plg}^3$ , es decir, está por encima de los rangos establecidos en esta tabla, por consiguiente, se concluyó que el valor soporte es muy alto y se describe al suelo como uno con cualidades de subbase tratada con cemento.
- Posteriormente, se establece el espesor de la base. Para esto, se ubica el valor de  $K$  de la subrasante, obtenido en la figura 18, en la primera columna de izquierda a derecha de la Tabla XXXVI. Se emplea esta tabla porque la base que se construirá se conformará con suelo granular. Después, se encuentra el valor de  $K_s$  sobre la base en las otras columnas. La interpretación de esta tabla es que una base de determinado espesor en pulgadas elevará el valor soporte de la subrasante desde el dato de la primera columna de la tabla XXXVI hasta al correspondiente al espesor propuesto. En este caso, se observa que el valor soporte de la subrasante encontrado en el inciso c de  $630 \text{ lb/plg}^3$  es superior al máximo encontrado en la tabla XXXVI de  $300 \text{ lb/plg}^3$ . Por tanto, se utilizará el espesor de base mínimo recomendado por el libro *Especificaciones técnicas para diseño de carreteras* de la Dirección General de Caminos de Guatemala, el cual es de 10 cm.
- Según lo anterior, se utilizó la tabla XXXVII de TPDC permisible, carga por eje categoría 3 para pavimentos con juntas de agregados de trabe, ya que estas serán las que se implementarán en este proyecto. A pesar de que se tiene prevista la inclusión de bordillos y banquetas, estos no

serán fundidos monolíticamente con la carpeta de rodadura. Por la situación anterior, se utilizó el lado izquierdo de la tabla. Se ubicó la columna correspondiente a un valor soporte subrasante y subbase igual a muy alto. Después, se identificaron las celdas relativas a un módulo de ruptura  $MR = 600$  Psi. Por último, se encontró la celda con el rango de TPDC permisible en el cual se ubica el de este proyecto. Como este valor es igual a 508, entonces, el intervalo correspondiente fue de 310 a 1 300. Como el dato de TPDC está más cercano a 310, entonces se definió que el espesor requerido de la losa de concreto es igual a 8 pulgadas, es decir, 20 cm.

Con base en el procedimiento anterior, el diseño del pavimento rígido quedó de la siguiente manera:

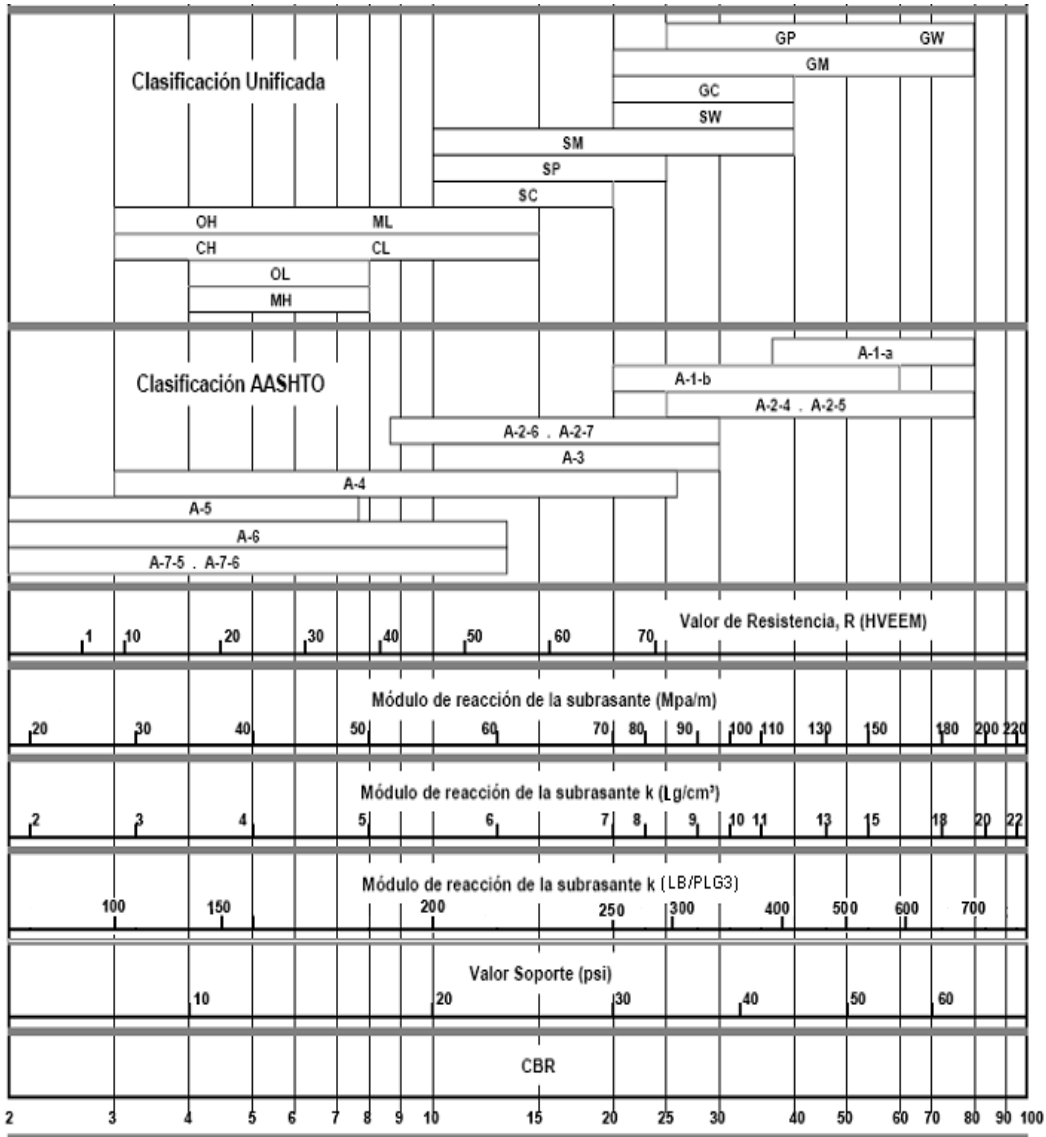
- Espesor de losa: 20 cm
- Espesor de base: 10 cm
- Espesor total de pavimento: 30 cm

Tabla XXXIV. Categorías de carga por eje

| CARGA<br>POR EJE<br>CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN   | TRÁFICO   |        |                | MÁXIMA<br>CARGA POR<br>EJE, KIPS |               |
|-------------------------------|---|---|--------|----------------|----------------------------------|---------------|
|                               |   | TPD   | TPDC   |                | Eje<br>sencillo                  | Eje<br>tandem |
|                               |   |   | %      | Por día        |                                  |               |
| 1                             | Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)   | 200 a 800   | 1 a 3  | Arriba de 25   | 22                               | 36            |
| 2                             | Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)        | 700 a 5000  | 5 a 18 | De 40 a 1000   | 26                               | 44            |
| 3                             | Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio) | 3000 a 12000<br>2 carriles<br>3000 a 50000<br>4 carriles o más. | 8 a 30 | De 500 a 5000  | 30                               | 52            |
| 4                             | Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)    | 3000 a 20000<br>2 carriles<br>3000 a 15000<br>4 carriles o más. | 8 a 30 | De 1500 a 8000 | 34                               | 60            |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 69.*

Figura 27. **Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte**



Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa.* p. 70.



Tabla XXXV. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

| TIPOS DE SUELOS   | S<br>OPORTE  | RANGO<br>DE<br>VALOR<br>ES DE K |
|---|--------------|---------------------------------|
| Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina. | jo Ba        | 75-120                          |
| Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.  | edio M       | 130-170                         |
| Arena y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.                     | o Alto       | 180-220                         |
| Sub base tratadas con cemento.  | M<br>uy alto | 250-400                         |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 71.*

Tabla XXXVI. **Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA)**

| Valor de K de la subrasante lb/pl | Valores de Ks sobre la base lb./plg <sup>3</sup> |                 |                 |                  |
|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|------------------|
|                                   | Espesor 4 pulg.                                  | Espesor 6 pulg. | Espesor 9 pulg. | Espesor 12 pulg. |
| 50                                | 65   | 75              | 85              | 110              |
| 100                               | 130  | 140             | 160             | 190              |
| 200                               | 220  | 230             | 270             | 320              |
| 300                               | 320  | 330             | 370             | 430              |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 72.*

Tabla XXXVII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas con agregados de trabe**

| Espesor de losa pulg. | Concreto sin hombros o bordillo |       |      |          | Concreto con hombros o bordillo |                              |       |      |          |
|-----------------------|---------------------------------|-------|------|----------|---------------------------------|------------------------------|-------|------|----------|
|                       | Soporte Subrasante -sub-base    |       |      |          | Espesor de losa pulg.           | Soporte Subrasante -sub-base |       |      |          |
|                       | BAJO                            | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |                                 | BAJO                         | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| 7,5                   |                                 |       | 60   | 250      | 7,5                             | 320                          | 220   | 510  | 750      |
| 8                     |                                 |       |      |          | 8                               | 610                          | 1100  | 1500 | 2500     |
| 8,5                   | 160                             | 130   | 350  | 830      | 8,5                             | 950                          | 1900  | 2700 | 4700     |
| 9                     | 680                             | 1000  | 1300 | 2000     | 9                               | 1500                         | 2900  | 4600 |          |
| 9,5                   | 960                             | 1500  | 2000 | 2900     | 9,5                             | 2300                         | 4700  | 8000 | 8700     |
| 10                    | 1300                            | 2100  | 2800 | 4300     | 10                              | 3500                         |       |      |          |
| 10,5                  | 1800                            | 2900  | 4000 | 6300     | 10,5                            | 5300                         | 7700  |      |          |
| 11                    | 2500                            | 4000  | 5700 |          |                                 |                              |       |      |          |
| 11,5                  | 3300                            | 5500  | 7900 | 9200     | 11                              | 8100                         |       |      |          |
| 12                    | 4400                            | 7500  |      |          |                                 |                              |       |      |          |
| 8                     |                                 |       | 73   | 310      | 7                               |                              |       | 120  | 440      |
| 8,5                   |                                 | 140   | 380  | 1300     | 7,5                             | 67                           | 270   | 680  | 1400     |
| 9                     | 160                             | 640   | 1300 | 2000     | 8                               | 370                          | 1100  | 1500 | 2500     |
| 9,5                   | 630                             | 1500  | 2000 | 2900     | 8,5                             | 950                          | 1800  | 2700 | 4700     |
| 10                    | 1300                            | 2100  | 2800 | 4300     | 9                               | 1500                         | 2900  | 4600 |          |
| 10,5                  | 1800                            | 2900  | 4000 | 6300     | 9,5                             | 2300                         | 4700  | 8000 | 8700     |
| 11                    | 2500                            | 4000  | 5700 |          | 10                              | 3500                         |       |      |          |
| 11,5                  | 3300                            | 5500  | 7900 | 9200     | 10,5                            | 5300                         | 7700  |      |          |
| 12                    | 4400                            | 7500  |      |          | 11                              | 8100                         |       |      |          |
| 8                     |                                 |       |      | 56       | 7                               |                              |       |      | 82       |
| 8,5                   |                                 |       | 70   | 300      | ,5                              |                              |       | 130  | 480      |
| 9                     |                                 | 120   | 340  | 1300     | 8                               | 67                           | 270   | 670  | 2300     |
| 9,5                   | 120                             | 620   | 1300 | 2000     | 8,5                             | 330                          | 1200  | 2700 | 4700     |
| 10                    | 460                             | 1900  | 2800 | 4300     | 9                               | 1400                         | 2900  | 4600 |          |
| 10,5                  | 1600                            | 2900  | 4000 | 6300     | 9,5                             | 2300                         | 4700  | 8000 | 8700     |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 77.*

### 3.1.5.5.3. Diseño de juntas

Se realizan las juntas para reducir los efectos de la expansión y contracción, facilitar el colado del cemento y para dejar espacio para la liga de las losas colindantes. Pueden ser transversales a la línea central de la carretera y, dependiendo de la función que se les destine, longitudinales a esta.

- Juntas transversales de expansión

La función principal de este tipo de juntas, en un pavimento rígido, es permitir el movimiento de la losa debido a los cambios de temperatura, puesto

que, cuando esta aumenta, también lo hace la longitud de la losa que provoca esfuerzos de compresión en el concreto. Si no se colocaran este tipo de juntas la losa, según su longitud, podría abombarse o reventarse.

Las juntas deben incorporar dispositivos apropiadas para la transferencia de carga. En estas, se debe colocar material de relleno. Este puede ser caucho, betumen o corcho que permita la expansión de la losa y evite la penetración de suciedad.

- Juntas transversales de contracción

Se colocan este tipo de juntas para limitar los efectos de los esfuerzos de tensión en la losa de concreto, provocados por las disminuciones en la temperatura. El objetivo es debilitar la losa, de modo que si las fuerzas de tensión son suficientemente grandes para agrietarla, las grietas se forman en las juntas. En general, la profundidad de este tipo de juntas es de un cuarto a un tercio del espesor de la losa. Sin embargo, cuando se diseñan y espacian de manera correcta, estas minimizan el agrietamiento fuera de las juntas.

Las juntas de contracción se pueden hacer aserrando el concreto endurecido, colocando insertos de plástico en los lugares de las juntas antes de colocar el concreto, o bien, trabajando el concreto después de haber sido colado, pero antes de que este haya sido endurecido por completo.

- Juntas longitudinales

Estas se realizan paralelamente a la dirección de la línea central de la carretera para facilitar la construcción de los carriles y prevenir la propagación

de grietas longitudinales irregulares. Estas se pueden acuñar, juntar a tope, formar mecánicamente o ranurar con sierra.

- Juntas de construcción

Cuando se interrumpe el colado del concreto para una losa, resulta conveniente una junta de este tipo en la junta fría entre las dos secciones de esa losa. Como preparación para la interrupción, se forma una cara vertical con un travesaño de madera o se usa una costanera como arrastre en el extremo de la losa que se está colando.

- Dimensionamiento de las juntas

Siguiendo los criterios de diseño de la tesis *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*, de Jorge Mynor Hernández Monzón, la profundidad de las juntas transversales no debe ser menor a un tercio del espesor de la losa de concreto. Como este espesor es igual a 0,20 m, entonces:

$$\text{Espesor mínimo de junta transversal} = \frac{0,20}{3} = 0,067 \text{ m}$$

Se propuso una profundidad de junta transversal igual a 0,07 m. La misma profundidad se empleará en las juntas longitudinales.

La separación máxima entre juntas transversales, en pies, es igual al doble del espesor de la losa, en pulgadas. En este caso en particular, se tiene una losa de concreto de 0,20 m o, lo que es lo mismo, 7,874 pulgadas. Por tanto:

Separación máxima entre juntas =  $2 \times 7,874 = 15,75 \text{ ft} = 4,80 \text{ m}$

Para este proyecto, se propusieron losas de concreto de  $2,00 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}$ , por lo que la separación entre juntas es menor a la mínima recomendada.

#### **3.1.5.5.4. Diseño de mezcla**

En el diseño de la mezcla de concreto, se emplearon tablas, que son resultado de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con características deseadas (ver tablas de la XXXVIII a la XLI). A continuación, se describen los pasos necesarios para el diseño de mezcla.

- Se debía chequear el revenimiento máximo de la mezcla en la Tabla XXXVIII, según la estructura que se está diseñando. Se observa que para losas o pavimentos este es igual a 8 cm.
- Después, se utilizó la tabla XXXIX para encontrar la relación agua-cemento correspondiente a la resistencia a la compresión del concreto.
- En este caso, se empleó un concreto de 4 000 Psi de resistencia ( $281 \text{ kg/cm}^2$ ) a los 28 días de curado, la tabla indicaba que se debía emplear una relación agua-cemento de 0,44.
- Se propuso un tamaño máximo de agregado grueso de 1 pulgada. Ubicando la columna propia de este dato en la tabla XL e intersectándola con la fila del rango del revenimiento máximo del concreto, 8-10 cm, se determinó que la cantidad de agua por metro cúbico de concreto era de  $195 \text{ lt/m}^3$ .

- Subsiguientemente, se encontró en la tabla XLI cuál es el porcentaje de agregado fino, arena, del agregado total que llevará la mezcla. Para esto se empleó el tamaño máximo de agregado grueso, 1 pulgada, y se encontró que el 42 % del agregado será arena.
- Según los datos anteriores, se pudo calcular la cantidad de cemento por un metro cúbico de concreto, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico con la relación agua-cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{195}{0,44} = 443,18 \text{ Kg/m}^3$$

- Posteriormente, se calculó la cantidad de agregado total, restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto. Es necesario señalar que se consideró que la densidad del concreto es de 2 400 kg/m<sup>3</sup> y que el agua pesa 1 kilogramo por litro. Entonces:

$$\text{Agregado total} = 2\,400 - 195 - 443,18 = 1\,761,82 \text{ Kg/m}^3$$

- La cantidad de arena, se obtuvo multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena determinado según la Tabla XLI:

$$\text{Arena} = 1\,761,82 \times 42\% = 739,96 \text{ Kg/m}^3$$

- La cantidad de piedrín será, el peso del agregado total menos la cantidad de arena.

$$\text{Piedrín} = 1\,761,82 - 739,96 = 1\,021,86 \text{ Kg/m}^3$$

- La proporción final de materiales se estableció dividiendo al peso del cemento, la arena y el pedrín dentro del peso del primero de estos.

$$\text{Cemento} = \frac{443,18}{443,18} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{739,96}{443,18} = 1,67$$

$$\text{Pedrín} = \frac{1\,021,86}{443,18} = 2,31$$

Por tanto, se concluyó que la proporción final de la mezcla de concreto será: 1:1,67:2,31

Sin embargo, en el campo, las proporciones se establecen volumétricamente. Por tanto, se procederá a transformar las cantidades de los materiales constituyentes del concreto a volumen. Para esto, se tomarán pesos volumétricos acordes a los materiales existentes en el medio nacional: 1 482,08 kg/m<sup>3</sup> para el cemento, 1 450 kg/m<sup>3</sup> para la arena y 1 600 kg/m<sup>3</sup> para el pedrín.

Estas relaciones se deben dividir entre las cantidades, en peso, necesarias para fundir 1 metro cúbico de concreto. Entonces:

$$\text{Cemento} = \frac{443,18}{1482,08} = 0,299 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{739,96}{1450} = 0,510 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{1021,86}{1600} = 0,639 \text{ m}^3$$

Por último, se dividen estas cantidades dentro del volumen necesario de cemento para elaborar 1 metro cúbico de concreto:

$$\text{Cemento} = \frac{0,299}{0,299} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{0,510}{0,299} = 1,71$$

$$\text{Piedrín} = \frac{0,639}{0,299} = 2,14$$

Por consiguiente, se define la proporción volumétrica de la mezcla de concreto será: 1:1,71:2,14

Tabla XXXVIII. **Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto**

| ESTRUCTURA                         | ASENTAMIENTO<br>(REVENIMIENTO) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Cimiento, muros<br>Columnas, vigas | 10 cm.                         |
| Pavimentos<br>Losas                | 8 cm.                          |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa.* p. 82.



Tabla XXXIX. **Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias**

| <b>RESISTENCIA ( Kg/cm2)</b> | <b>RELACIÓN AGUA - CEMENTO</b> |
|------------------------------|--------------------------------|
| 352                          | 0,30                           |
| 316                          | 0,38                           |
| 281                          | 0,44                           |
| 246                          | 0,51                           |
| 211                          | 0,58                           |
| 176                          | 0,67                           |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 82.*

Tabla XL. **Relación asentamiento-agua-tamaño de agregado grueso**

| <b>ASENTAMIENTO (CM.)</b> | <b>Lts. De agua por m3</b> |             |             |           |             |
|---------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
|                           | <b>3/8"</b>                | <b>1/2"</b> | <b>3/4"</b> | <b>1"</b> | <b>1 ½"</b> |
| 3 – 5                     | 205                        | 200         | 185         | 180       | 175         |
| 8 - 10                    | 225                        | 215         | 200         | 195       | 180         |
| 15- 18                    | 240                        | 230         | 210         | 205       | 200         |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 83.*

Tabla XLI. **Relación tamaño máximo de agregado grueso-% de arena del peso del agregado total**

| <b>TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO</b> | <b>% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL</b> |
|--------------------------------------|--|
| 3/8"                                 | 48                                     |
| 1/2"                                 | 46                                     |
| 3/4"                                 | 44                                     |
| 1"                                   | 42                                     |
| 1 ½"                                 | 40                                     |

Fuente: PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. p. 83.*

### **3.1.6. Drenajes**

Los drenajes en las carreteras cumplen con el propósito de captar el agua pluvial y trasladarla a una salida lo más pronto posible, reduciendo así, la cantidad de lluvia que llega a la superficie de la vía. Dada la primicia de que la humedad es uno de los factores que más deterioran el pavimento, el adecuado diseño de drenajes es vital para prolongar la vida útil de la ruta, facilitar el mantenimiento de esta y reducir el costo que esto conlleva.

El drenaje en caminos puede clasificarse en dos: el primero es el drenaje mayor, se presenta cuando es necesaria la construcción de puentes o de drenajes de grandes luces, como bóvedas; el otro es el drenaje menor, que está

compuesto por drenaje superficial y subterráneo. En el caso particular de este proyecto, se diseñó únicamente drenaje menor.

#### **3.1.6.1. Estudio hidrológico, método racional, para la determinación de caudales de diseño**

Las generalidades y principios hidrológicos en los que se fundamentó el diseño de drenajes en carreteras son los mismos que los que se utilizaron en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, aunque también interviene el cálculo del área de la cuenca que aporta al sector. Se utilizó el método racional para determinar los caudales de diseño, según el tiempo de concentración, la intensidad de lluvia, el coeficiente de rugosidad, el caudal de diseño y el caudal máximo.

#### **3.1.6.2. Diseño de cunetas y canales de desfogue**

Estos componentes del drenaje longitudinal canalizan las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, depositándolas en sus canales naturales. Para este efecto, se emplean cunetas, colectores, tragantes y bajantes.

Para el presente proyecto, dada la capacidad hidráulica requerida, se diseñaron cunetas de sección trapezoidal. El caudal que llega a cada punto de análisis fue determinado por medio del método racional.

El área que drena a cada punto fue obtenida a través del análisis hidrográfico de mapas a escala 1:50 000 que se presentan en las figuras 28, 29, 30 y 31. Es importante anotar que estas áreas tributarias fueron divididas en

dos para el análisis debido a que en este proyecto, habrá cuneta a ambos lados de la ruta, durante todo el recorrido.

El periodo de retorno fue de 25 años. Se utilizó la curva de intensidad, duración y frecuencia de la estación INSIVUMEH porque es la más cercana al lugar.

Como ejemplo, se muestra el segmento entre las estaciones 0+000 y 1+260 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos. El punto de aforo fue la estación 0+000 ya que este es el punto más bajo. La sección transversal diseñada para esta parte de la ruta se puede observar en la figura 32.

El primer paso para el cálculo del caudal que llega al punto de análisis, es la obtención del área tributaria. Esto se hizo por medio del trazo de la cuenca en el plano a escala 1:50 000 presentado en la figura 28. Esta área fue igual a 26,84 hectáreas. Sin embargo, como el tramo tendrá cunetas a ambos lados de la ruta, entonces, a cada extremo le corresponde la mitad del área tributaria total, es decir, 13,42 hectáreas.

Después, se encuentra el coeficiente de escorrentía con el método establecido en el capítulo anterior. En este caso, se consideró que el 5 % del área de la cuenca tiene un tipo de suelo de concreto o techo y el 95 % restante, está compuesto por pastizales, con pendientes mayores al 7 %. Tomando en cuenta que el periodo de retorno es de 25 años y empleando la tabla XIV del presente informe, se determinó que para la primera superficie el coeficiente de escorrentía es de 0,88 y para la segunda, de 0,46. Por tanto:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{Total}}}$$

$$= \frac{0,05 \times 13,42 \times 0,88 + 0,95 \times 13,42 \times 0,46}{13,42} = 0,481$$

Posteriormente, se encuentra la intensidad de lluvia con la misma ecuación del capítulo anterior. Siguiendo el procedimiento del capítulo precedente, es necesario calcular primero el tiempo de concentración. En este caso, se empleará la ecuación desarrollada por Kirpich en 1940 ya que el libro *Hidrología aplicada* de Ven Te Chow la recomienda para cuencas de áreas rurales con pendientes entre 3 % y 10 %, como la que está siendo objeto de análisis en este apartado:

$$t_c = 0,02 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

Donde:

- $t_c$  = tiempo de concentración (en minutos)
- $L$  = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (en metros)
- $S$  = pendiente promedio de la cuenca (en metro sobre metro)

En este caso, la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida es de 1 260 metros y la pendiente promedio de la cuenca, de 0,0463. Por tanto:

$$t_c = 0,02 \times 1\,260^{0,77} \times 0,0463^{-0,385} = 15,93 \text{ min}$$

Con el dato obtenido y el empleo de la ecuación descrita en el capítulo anterior, es posible encontrar la intensidad de lluvia. El periodo de retorno es de 25 años y la estación correspondiente al lugar del proyecto es la del Insivumeh. Los valores asignados a los parámetros de la fórmula matemática se pueden verificar en la tabla XV:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n} = \frac{39\,060}{(45 + 15,93)^{1,381}} = 133,93 \text{ mm/hr}$$

Con el área de la cuenca, la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía de este tramo de drenaje transversal, se procede a calcular el caudal con la ecuación del método racional:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,481 \times 133,93 \times 13,42}{360} = 2,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con la fórmula de Manning, se chequeó si la sección propuesta para este tramo, presentada en la Figura 32, era suficiente para poder recolectar, trasladar y depositar al cauce natural, el caudal que recibirá. La fórmula de Manning es la siguiente:

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

Donde:

- Q = caudal de diseño de la cuneta (en metros cúbicos por segundo)
- n = coeficiente de rugosidad
- A = área hidráulica (en metros cuadrados)
- R = radio hidráulico (en metros)
- S = pendiente longitudinal del tramo (en metro sobre metro)

Para determinar el área y el radio hidráulico se emplearon ecuaciones que dependen de la geometría del canal. Para el caso de los trapecoidales, estas son:

$$A = (b + zy) \times y$$

$$R = \frac{(b + z \times y) \times y}{b + 2 \times y \times \sqrt{1 + z^2}}$$

Donde:

- A = área hidráulica (en metros cuadrados)
- b = ancho de fondo (en metros)
- z = talud interior (en decimales H/V)
- y = tirante o profundidad (en metros)
- R = radio hidráulico (en metros)

En el tramo de ejemplo, se tiene una cuneta trapezoidal de 0,45 m de base, un talud interior de 0,50, y un tirante de 0,55 m. Además, el coeficiente de rugosidad del concreto es de 0,013 y la pendiente longitudinal del tramo es de 0,0463. Por tanto:

$$A = (0,45 + 0,50 \times 0,55) \times 0,55 = 0,40 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{(0,45 + 0,50 \times 0,55) \times 0,55}{0,45 + 2 \times 0,55 \times \sqrt{1 + 0,50^2}} = 0,24 \text{ m}$$

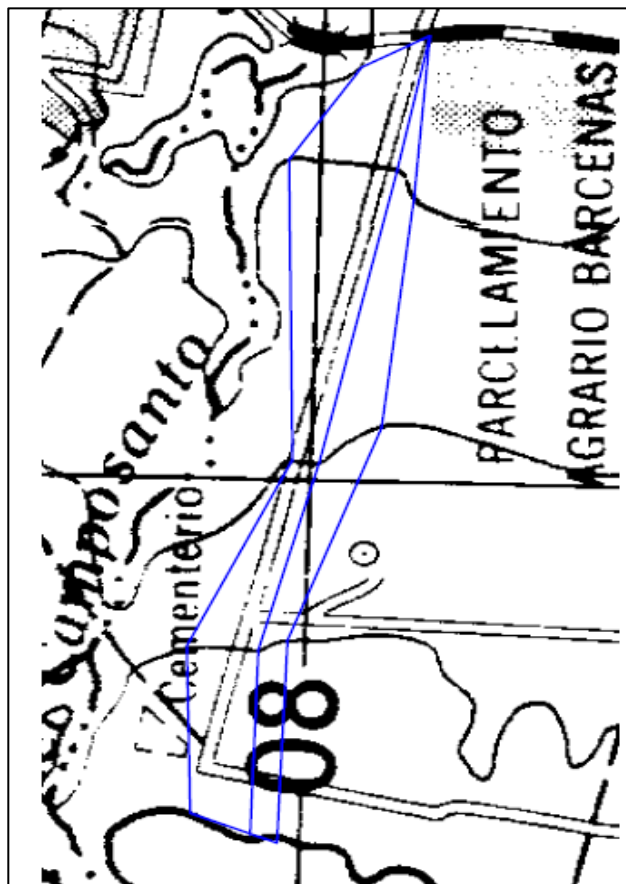
$$Q = \frac{1}{0,013} \times 0,40 \times 0,24^{2/3} \times 0,0463^{1/2} = 2,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$2,53 \text{ m}^3/\text{s} > 2,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se observó que el caudal de diseño de la cuneta es mayor que el caudal crítico del tramo, por lo tanto, se concluyó que la sección de la cuneta es suficiente para cumplir las demandas hidráulicas del sector.

De manera similar, se comprobó que las secciones presentadas en las figuras 33, 34 y 35 eran suficientes para recolectar, trasladar y depositar el caudal que llega al punto de aforo correspondiente.

Figura 28. **Área tributaria entre las estaciones 0+000 y 1+260 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos**



Fuente: elaboración propia.

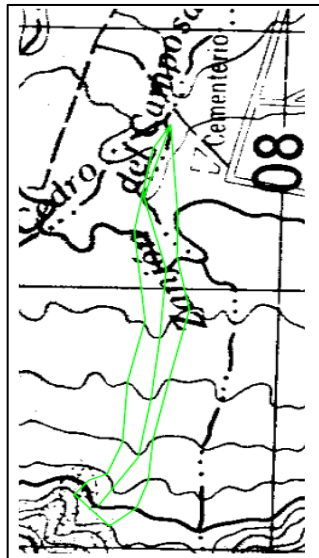


Figura 29. **Área tributaria entre las estaciones 1+260 y 1+436 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos**



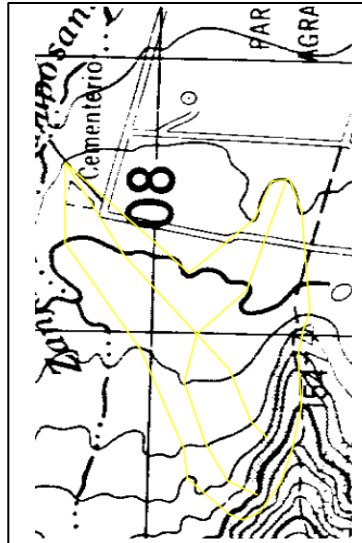
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Área tributaria entre las estaciones 1+436 y 2+709,04 del tramo que conduce hacia la colonia Los Olivos**



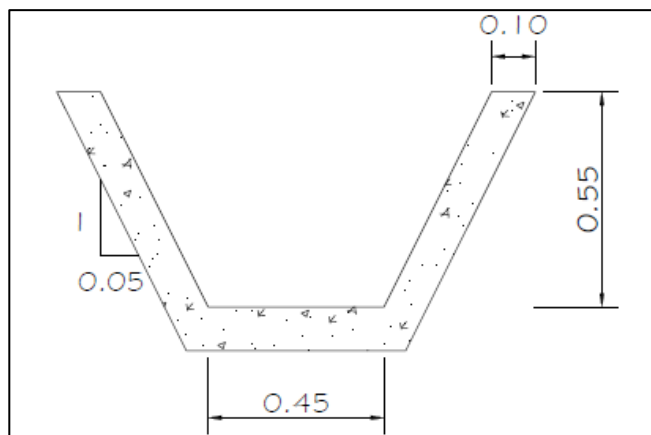
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Área tributaria entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre**



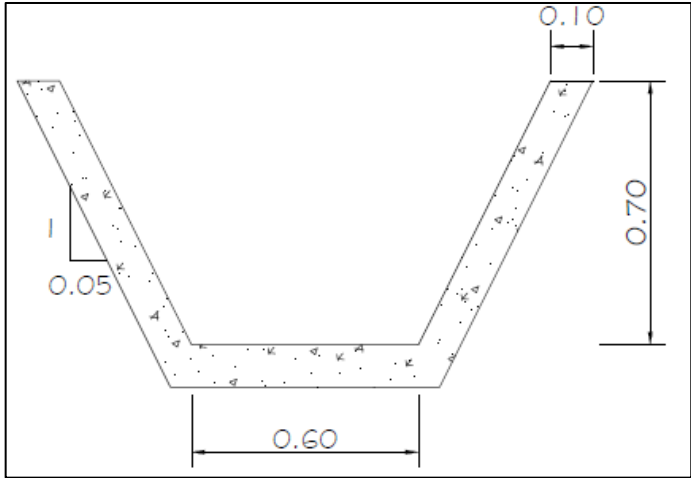
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+260 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos**



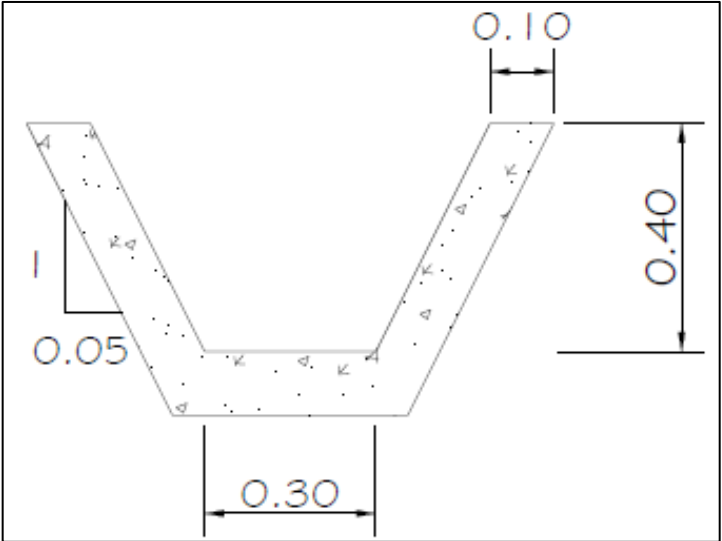
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 33. **Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 1+260 y 1+436 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos**



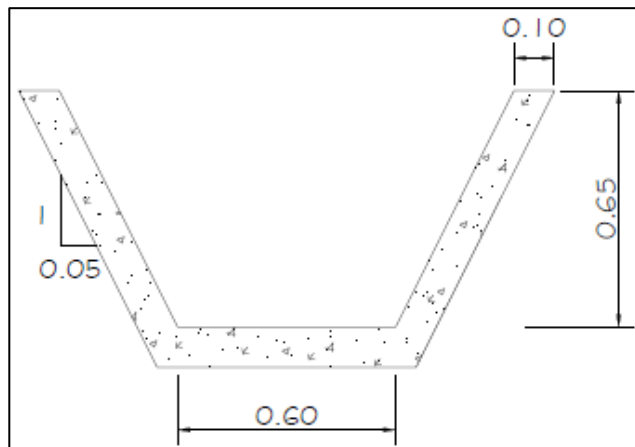
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 34. **Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 1+436 y 2+709,04 del tramo que conduce hacia colonia Los Olivos**



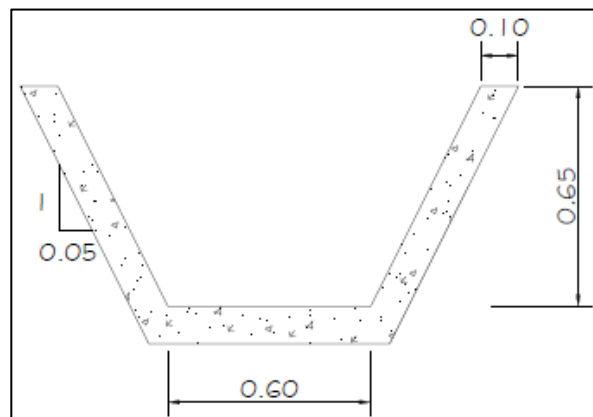
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 35. **Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 36. **Cuneta de sección trapezoidal entre las estaciones 0+000 y 1+454,51 del tramo que conduce hacia colonia 20 de Octubre**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

### 3.1.6.3. Diseño de drenajes transversales

Tienen como objetivo evacuar convenientemente el agua superficial que intercepta el sistema de drenajes longitudinales. El elemento básico del drenaje transversal es la alcantarilla que es una estructura menor; la cantidad a lo largo de la ruta resulta muy importante e impacta en los costos, debido a esto, se debe prestar atención a su diseño.

Estos drenajes se colocan perpendicularmente a la carretera. Se recomienda instalarlos con una separación máxima de 150 a 200 metros, cuando la capacidad hidráulica de los drenajes longitudinales sea superada, en puntos bajos y en zonas propensas a estancamientos de agua. En este proyecto, sin embargo, se plateó solo un tramo de drenaje transversal debido a que la carretera tiene fábricas, viviendas, cultivos y un cementerio a sus extremos; situación que dificulta la evacuación del agua pluvial hacia los costados.

Los drenajes transversales requieren un diseño de tubería circular. Cada tramo del drenaje longitudinal conduce un caudal hacia un desfogue o un drenaje transversal. El diámetro requerido de la sección de drenaje transversal se calculó como sigue:

$$\emptyset = \left( \frac{Q \times 4^{5/3} \times n}{S^{1/2} \times \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

- $\emptyset$  = diámetro requerido (en metros)
- Q = caudal (en metros cúbicos por segundo)

- n = coeficiente de rugosidad
- S = pendiente de la tubería (en decimales)

Para calcular el caudal correspondiente al único tramo de drenaje transversal de la ruta, se utilizó el método racional. Este emplea la ecuación presentada en la sección anterior.

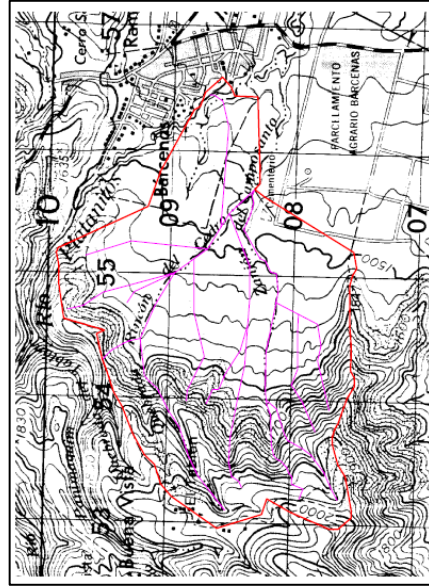
El primer paso, es obtener el área de la cuenca que drena al punto de aforo, lo cual se hizo a través de un estudio hidrográfico, empleando el mapa a escala 1:50 000 de la zona en donde se encuentra el proyecto. Se utilizaron curvas de nivel a cada 20 metros. El trazo se puede observar en la figura 36. Como resultado se tuvo que la cuenca abarca 528,93 hectáreas.

Después, se encuentra el coeficiente de escorrentía con el método establecido en la sección anterior. En este caso, se consideró que el 5 % del área de la cuenca tiene un tipo de suelo de concreto o techo y el 95 % restante, está compuesto por pastizales, con pendientes mayores al 7 %. También, se definió que el periodo de retorno es de 25 años. Empleando la tabla XIV del presente informe, se determinó que para la primera superficie el coeficiente de escorrentía es de 0,88 y para la segunda, de 0,46. Por tanto:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{Total}}}$$

$$= \frac{0,05 \times 528,93 \times 0,88 + 0,95 \times 528,93 \times 0,46}{528,93} = 0,481$$

Figura 37. Delimitación de la cuenca que drena al drenaje transversal



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se encuentra la intensidad de lluvia con la misma ecuación de la sección anterior. Siguiendo el procedimiento del capítulo precedente, es necesario calcular primero el tiempo de concentración. En este caso, al igual que para el cálculo del caudal crítico de las cunetas, se hará uso de la ecuación desarrollada por Kirpich:

$$t_c = 0,02 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

En este caso, la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida es de 3 109,09 metros y la pendiente promedio de la cuenca, de 0,1801. Por tanto:

$$t_c = 0,02 \times 3\,109,09^{0,77} \times 0,1801^{-0,385} = 18,92 \text{ min}$$

Con el dato obtenido y el empleo de la ecuación descrita en el capítulo anterior, es posible encontrar la intensidad de lluvia. El periodo de retorno es de 25 años y la estación correspondiente al lugar del proyecto es la del Insivumeh. Los valores asignados a los parámetros de la fórmula matemática se pueden verificar en la tabla XV:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n} = \frac{39\,060}{(45 + 18,92)^{1,381}} = 125,35 \text{ mm/hr}$$

Teniendo el área de la cuenca, la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía de este tramo de drenaje transversal, se procede a calcular el caudal con la ecuación del método racional:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,481 \times 125,35 \times 528,93}{360} = 88,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por último, con el caudal del tramo, el coeficiente de rugosidad y la pendiente de la tubería, se determina el diámetro necesario. Se propuso una tubería de PVC, por lo cual el coeficiente de rugosidad es de 0,009. La pendiente es de 0,1923 (esto puede observarse en los planos presentados en los anexos).

Por tanto:

$$\emptyset = \left( \frac{88,59 \times 4^{5/3} \times 0,009}{0,1923^{1/2} \times \pi} \right)^{3/8} = 1,96 \text{ m} = 78''$$

Por lo tanto, se propone colocar dos tuberías de 42”.



#### **3.1.6.4. Contra cunetas**

Las contra cunetas son zanjas que se construyen paralelamente a la ruta, generalmente con sección trapezoidal, con plantilla de 50 cm y taludes adecuados a la topografía del sector. Su función es evitar que llegue un exceso de agua o humedad a la carretera. En la práctica, se ha comprobado que no es muy conveniente instalarlas, puesto que, al estar construidas aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, tomando la mayor distancia posible de los taludes y zampeándolas en algunos casos para evitar filtraciones.

En este proyecto en particular, no se contempló la construcción de contra cunetas. Además, procurar evadir las dificultades relativas a su instalación, no se colocarán por la falta de espacio.

#### **3.1.7. Presupuesto**

Es plan de los recursos y las actividades necesarios para llevar a cabo el proyecto. Por lo tanto, se requirió considerar cada uno de los aspectos y especificaciones que se establecieron durante su diseño.

##### **3.1.7.1. Integración de precios unitarios**

La integración de precios unitarios se refiere al desglose de cada actividad y material requerido para desarrollar una unidad de trabajo. Se debió tomar en cuenta la maquinaria y equipo, los materiales y la mano de obra.

Un ejemplo de integración de precios unitarios puede ser observado en la tabla XLII.

### 3.1.7.2. Resumen presupuesto

En el cuadro de resumen general del presupuesto se deben presentar la cantidad, el precio unitario y total de cada renglón, así como el costo total del proyecto. Dicho resumen se muestra en la tabla XLIII.

### 3.1.8. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma actúa como una agenda la cual se define a través del tiempo, ejecución y control físico y financiero de la obra. Se estima que la obra se realizará en un total de seis meses (ver tabla XLIV).

Tabla XLII. Ejemplo de integración de precios unitarios de la carretera

| Descripción del renglón  | Cantidad        | Unidad        | PU                   | Total            |
|--|-----------------|---------------|----------------------|------------------|
| Conformación y compactación de la base de material natural (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material) | 1,00            | M3            | Q 188,33             | Q 188,33         |
| <i>Nota:</i>   |                 |               |                      |                  |
| <b>Descripción de maquinaria y equipo</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b>  |
| Motoniveladora Patrol 120 G  | 0,059           | horas         | Q 446,25             | Q 26,44          |
| Rodocompactor  | 0,004           | horas         | Q 290,00             | Q 1,16           |
| Cisterna 2000  | 0,025           | viajes        | Q 300,00             | Q 7,50           |
| Transporte de maquinaria y/o equipo  | 1,00            | global        | Q 0,55               | Q 0,55           |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 35,66</b>   |
| <b>Descripción de combustible y lubricantes</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b>  |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de materiales</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Material natural especial para base  | 1,00            | m3            | Q 101,44             | Q 101,44         |
| Transporte de material   | 1,00            | global        | Q 5,07               | Q 5,07           |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 106,51</b>  |
| <b>Descripción de mano de obra</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>         | <b>Subtotal</b>  |
| Ayudante de maquinaria   | 0,018           | jornadas      | Q 74,97              | Q 1,38           |
|  |                 |               | <b>Subtotal</b>      | <b>Q 1,38</b>    |
| Porcentaje de ayudante (mano de obra)  |                 |               | 30,00 %              | Q 0,41           |
| Prestaciones (mano de obra + porcentaje de ayudante)   |                 |               | 86,33 %              | Q 1,55           |
|  |                 |               | <b>Total</b>         | <b>Q 4,73</b>    |
| <b>HERRAMIENTA</b>   |                 |               | 5%                   | Q 0,24           |
| <b>COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra + herramientas)</b>  |                 |               |                      | <b>Q 147,14</b>  |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>   |                 |               | 28,00 %              | <b>Q 41,20</b>   |
| <b>COSTO TOTAL</b>   |                 |               |                      | <b>Q 188,33</b>  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Presupuesto de la carretera de acceso

| IDENTIFICACIÓN PROYECTO:                                 |  | CONSTRUCCIÓN ASFALTO  |                |   |                        |
|--|--|---|----------------|---|------------------------|
| UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:                                |  | 1 CALLE Y 0 CALLE DESDE LA 1 AVENIDA, CAMINO A CEMENTERIO LAS NUBES |                |   |                        |
| NOMBRE DE SOLICITANTE:                                   |  | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  | Núm. Proyecto: | 182-ASF-14  |                        |
| ÁREA DE CONSTRUCCIÓN:                                    |  | ÁREA m <sup>2</sup> : 50 367,82                                     | FECHA:         | jul-17  |                        |
| Núm.   | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN   | UNIDAD  | CANTIDAD       | COSTO UNITARIO  | COSTO RENGLÓN          |
| 1.00   | <b>TRABAJOS PREPARATIVOS</b>   |   |                |   |                        |
| 1.01   | Replanteo topográfico (incluye trazo del alineamiento horizontal y vertical)                               | Km  | 4,16           | Q 2 299,71  | Q 9 574,96             |
| 1.02   | Excavación no clasificada de desperdicio   | M <sup>3</sup>  | 8 456,57       | Q 24,92   | Q 210 735,46           |
| 1.03   | Excavación no clasificada  | M <sup>3</sup>  | 14 181,52      | Q 66,77   | Q 946 900,09           |
| 1.04   | Acarreo  | M <sup>3</sup> -km  | 109 935,41     | Q 6,13  | Q 673 618,98           |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |   |                |   | <b>Q 1 840 829,49</b>  |
| 2.00   | <b>PAVIMENTACIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>   |   |                |   |                        |
| 2.01   | Conformación y reacondicionamiento de la subrasante. (Espesor = 0,20 m)                                    | M <sup>2</sup>  | 33 101,83      | Q 9,71  | Q 321 559,91           |
| 2.02   | Conformación y compactación de la base de material natural (Espesor = 0,10 m, incluye acarreo de material) | M <sup>3</sup>  | 3 310,18       | Q 188,33  | Q 623 421,30           |
| 2.03   | Pavimento hidráulico, espesor 0,20 m, resistencia 4000 psi   | M <sup>3</sup>  | 6 620,37       | Q 2 216,34  | Q 14 672 954,68        |
| 2.04   | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,60 m y tirante = 0,65 m (fc = 3000 psi)                     | ML  | 2 909,02       | Q 366,76  | Q 1 066 918,47         |
| 2.05   | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,45 m y tirante = 0,55 m (fc = 3000 psi)                     | ML  | 2 520,00       | Q 317,26  | Q 799 498,70           |
| 2.06   | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,60 m y tirante = 0,70 m (fc = 3000 psi)                     | ML  | 352,00         | Q 383,05  | Q 134 832,53           |
| 2.07   | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,30 m y tirante = 0,40 m (fc = 3000 psi)                     | ML  | 2 571,32       | Q 235,08  | Q 604 464,72           |
| 2.08   | Construcción de banquetta de adoquín modular de 0,10m*0,20m*0,08m  | M <sup>2</sup>  | 6 996,26       | Q 188,63  | Q 1 319 694,82         |
| 2.09   | Excavación para drenaje transversal  | M <sup>3</sup>  | 257,15         | Q 113,10  | Q 29 084,44            |
| 2.10   | Instalación y suministro de tubería PVC AASHTO M304 de 42"   | ML  | 14,85          | Q 6 523,38  | Q 96 872,14            |
| 2.11   | Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida de drenaje transversal                           | M <sup>3</sup>  | 17,17          | Q 1 371,54  | Q 23 549,08            |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |   |                |   | <b>Q 19 692 850,78</b> |
| <b>COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO</b>                       |  |   |                |   | <b>Q 21 533 680,26</b> |
| Presupuesto realizado por: Rodolfo José Estrada González |  | En letras:  |                | Veintitún millones quinientos treinta y tres mil seiscientos ochenta quetzales con 26/100 |                        |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. Cronograma de ejecución física y financiera de la carretera

| Núm. | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN   | UNIDAD             | CANTIDAD   | COSTO RENGLÓN   | MESES       |              |                |                |                |   |  |
|------|--|--------------------|------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---|--|
|      |  |                    |            |                 | 1           | 2            | 3              | 4              | 5              | 6 |  |
| 1.00 | <b>TRABAJOS PREPARATIVOS</b>   |                    |            |                 | 4,16        |              |                |                |                |   |  |
| 1.01 | Replanteo topográfico (incluye trazo del alineamiento horizontal y vertical)                               | Km                 | 4,16       | Q 9 574,96      | Q 9 574,96  |              |                |                |                |   |  |
| 1.02 | Excavación no clasificada de desperdicio   | M <sup>3</sup>     | 8 456,57   | Q 210 735,46    | Q 5 073,94  | Q 3 382,63   | Q 126 441,28   | Q 84 284,18    |                |   |  |
| 1.03 | Excavación no clasificada  | M <sup>3</sup>     | 14 181,52  | Q 946 900,09    | Q 5 508,91  | Q 5 672,61   | Q 568 140,05   | Q 378 760,04   |                |   |  |
| 1.04 | Acarreo  | M <sup>3</sup> -km | 109 935,41 | Q 673 618,98    | Q 65 961,25 | Q 439 74,16  | Q 269 447,59   |                |                |   |  |
| 2.00 | <b>PAVIMENTACIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>   |                    |            |                 | 6 620,37    | 26 481,46    |                |                |                |   |  |
| 2.01 | Conformación y reacondicionamiento de la subrasante. (Espesor = 0,20 m)                                    | M <sup>2</sup>     | 33 101,83  | Q 321 559,91    | Q 64 311,98 | Q 257 247,93 |                |                |                |   |  |
| 2.02 | Conformación y compactación de la base de material natural (Espesor = 0,15 m, incluye acarreo de material) | M <sup>3</sup>     | 3 310,18   | Q 623 421,30    |             |              | Q 3 310,18     |                |                |   |  |
| 2.03 | Pavimento hidráulico, espesor 0,20 m, resistencia 4000 psi   | M <sup>3</sup>     | 6 620,37   | Q 14 672 954,68 |             |              | Q 2 206,79     | Q 4 413,58     |                |   |  |
| 2.04 | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,60 m y tirante = 0,65 m (fc = 3000 psi)                     | ML                 | 2 909,02   | Q 1 066 918,47  |             |              | Q 4 890 984,89 | Q 9 781 969,79 |                |   |  |
| 2.05 | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,45 m y tirante = 0,55 m (fc = 3000 psi)                     | ML                 | 2 520,00   | Q 799 498,70    |             |              | 581,604        | 2 327,22       |                |   |  |
| 2.06 | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,60 m y tirante = 0,70 m (fc = 3000 psi)                     | ML                 | 352,00     | Q 134 832,53    |             |              | Q 213 383,69   | Q 853 534,77   |                |   |  |
| 2.07 | Construcción de cuneta trapezoidal de base = 0,30 m y tirante = 0,40 m (fc = 3000 psi)                     | ML                 | 2 571,32   | Q 604 464,72    |             |              |                | 2 520,00       |                |   |  |
| 2.08 | Construcción de banquetta de adoquín modular de 0,10m*0,20m*0,08m  | M <sup>2</sup>     | 6 996,26   | Q 1 319 694,82  |             |              |                | Q 799 498,70   | 352,00         |   |  |
| 2.09 | Excavación para drenaje transversal  | M <sup>3</sup>     | 257,15     | Q 29 084,44     |             |              |                | Q 134 832,53   |                |   |  |
| 2.10 | Instalación y suministro de tubería PVC AASHTO M304 de 42"   | ML                 | 14,85      | Q 96 872,14     |             |              |                | 2 571,32       |                |   |  |
| 2.11 | Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida de drenaje transversal                           | M <sup>3</sup>     | 17,17      | Q 23 549,08     |             |              |                | Q 604 464,72   |                |   |  |
|      |  |                    |            |                 |             |              |                |                | 6 996,26       |   |  |
|      |  |                    |            |                 |             |              |                |                | Q 1 319 694,82 |   |  |

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.9. Evaluación de impacto ambiental**

La construcción de una carretera supone un impacto sobre el medio natural y el socioeconómico. En términos generales, el paisaje se altera, el trazo modifica permanentemente la superficie sobre la que se asienta y se impacta un gran número de elementos del medio: aire, ruido, clima, geología, hidrología, vegetación, fauna, entre otros.

Lo anterior justifica que se tome en cuenta al medio natural como un factor más en el diseño de la carretera y que no se pase por alto para facilitar los aspectos constructivos y económicos del proyecto.

Para la evaluación del impacto ambiental, se utilizó el cuadro propuesto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de Guatemala, a través de la ventanilla ambiental de esta cartera.

El documento empleado lleva por nombre *Evaluación de Impacto Ambiental Inicial* y se identifica con el número DGGGA-GA-R-001. Fue aprobado por el Acuerdo gubernativo 137-2016: *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*.

El formato de la *Evaluación de impacto ambiental inicial* o EAI se presenta en la tabla XLV.

Tabla XLV. Evaluación de impacto ambiental inicial (EAI)

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN   |
|--|---|
| <p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt</li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul> | <p><b>Núm. Expediente:</b></p> <p><b>Clasificación del Listado Taxativo</b></p> <p><b>Firma y Sello de Recibido</b></p> |
| <p><b>I. INFORMACION LEGAL</b></p>   |   |
| <p><b>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar):</b></p>   |   |
| <p><b>Pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia Colonias 20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, zona 3, Villa Nueva</b></p>  |   |
| <p><b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b></p>   |   |
| <p><b>Pavimentación de carretera de acceso</b></p>   |   |
| <p><b>I.2. Información legal:</b><br/> <b>A) Persona Individual:</b><br/> <b>A.1. Representante Legal:</b></p> <p>_____ Edwin Felipe Escobar</p> <p>Hill _____</p>   |   |
| <p><b>B) De la empresa:</b><br/> <b>Razón social:</b><br/> <b>Nombre Comercial: Municipalidad de Villa Nueva</b><br/> <b>Núm. De Escritura Constitutiva:</b><br/> <b>Fecha de constitución: 1839</b><br/> <b>Patente de Sociedad</b> Registro Núm. _____ Folio Núm. _____ Libro</p> <p><b>Núm.</b> _____</p> <p><b>Patente de Comercio</b> Registro Núm. _____ Folio Núm. _____ Libro</p> <p><b>Núm.</b> _____</p> <p><b>Núm. De Finca</b> _____ Folio Núm. _____ Libro Núm. _____</p>   |   |
| <p>_____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.<br/> <b>Número de Identificación Tributaria (NIT):</b> _____</p>   |   |

Continuación de la tabla XLV.

| INSTRUCCIONES   |  | PARA USO INTERNO DEL MARN   |   |                                     |  |                |  |                |
|---|--|---|---|-------------------------------------|--|----------------|--|----------------|
| <p>I.3 Teléfono <u>1531</u> Correo electrónico: <u>rjoseestrada@gmail.com</u></p>   |  |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>Carretera de acceso de Bárcenas hacia Colonias 20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, zona 3, Municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala</p> <p>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</th> <th>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>14°31'59.94" N</td> </tr> <tr> <td></td> <td>90°37'00.15" O</td> </tr> </tbody> </table> |  |   | Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84 | Coordenadas Geográficas Datum WGS84 |  | 14°31'59.94" N |  | 90°37'00.15" O |
| Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84   | Coordenadas Geográficas Datum WGS84  |   |   |                                     |  |                |  |                |
|   | 14°31'59.94" N   |   |   |                                     |  |                |  |                |
|   | 90°37'00.15" O   |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p><b>3 CALLE 2-71 ZONA 3, SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA</b></p>   |  |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</p> <p>Rodolfo José Estrada González, Ingeniero Civil</p>   |  |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p><b>II. INFORMACION GENERAL</b></p>   |  |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>  |  |   |   |                                     |  |                |  |                |
| <p><b>II.1 Etapa de Construcción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades a realizar: movimiento de tierras, fundición de pavimento hidráulico, banquetas y cunetas, instalación de tubería</li> <li>• Insumos necesarios: selecto, concreto hidráulico, tubería PVC, madera, costaneras.</li> <li>• Maquinaria: rodo compactador, retro excavadora, camiones de palangana, cisterna, cortadora de concreto</li> <li>• Otros de relevancia: combustible para maquinaria</li> </ul>  | <p><b>Operación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades o procesos: mantenimiento preventivo.</li> <li>• Materia prima e insumos: concreto o asfalto para reparaciones, selecto.</li> <li>• Maquinaria: rodo compactador, cortadora de concreto</li> <li>• Productos y Subproductos (bienes y servicios): concreto premezclado, asfalto en frío.</li> <li>• Horario de Trabajo: 22:00-04:00</li> <li>• Otros de relevancia: señalización de obras de mantenimiento</li> </ul> | <p><b>Abandono</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones a tomar en caso de cierre: demolición de pista para evitar circulación, colocación de señalización vertical indicando ruta cerrada.</li> </ul> |   |                                     |  |                |  |                |
| <p>II.3 Area</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>33 101.83</u></p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>38 067.10</u></p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: <u>33 101.83</u></p>   |  |   |   |                                     |  |                |  |                |



Continuación de la tabla XLV.

| CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
|--|---------------------|-----------|--|--|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | Tipo                | Si/<br>No | Cantidad/<br>(mes día y<br>hora)                           | Proveedor                              | Uso  | Especificaciones<br>u observaciones | Forma de<br>almacena<br>miento |
| ua<br>Ag   | Servicio<br>publico |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Pozo                |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Agua<br>especial    | x         | 200 000<br>galones   | Empresa<br>privada de agua             | Riego de<br>subrasante y<br>base, fundición  |                                     | Toneles                        |
|  | Superfici<br>al     |           |  |  |  |                                     |                                |
| Combustible  | Otro                |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Gasolina            | x         | 5<br>000 galones<br>(durante los<br>6 meses de<br>trabajo) | Empre<br>sa privada de<br>combustibles | Combu<br>stible para<br>maquinaria<br>pesada |                                     | oneles T                       |
|  | Diesel              |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Bunker              |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Glp                 |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | Otro                |           |  |  |  |                                     |                                |
| Lubricantes  | Solubles            |           |  |  |  |                                     |                                |
|  | No<br>solubles      |           |  |  |  |                                     |                                |
| Refrigerante<br>s  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
| Otros  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
|  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
|  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
| <p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
| <p>III. IMPACTO AL AIRE</p>  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
| <p><b>GASES Y PARTICULAS</b></p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Sí, se produce polvo durante el movimiento de tierras y al compactar la base de material granular. También vapores durante la fundición.</p> |                     |           |  |  |  |                                     |                                |
| <p><b>MITIGACION</b></p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Para evitar que el polvo sea excesivo se mojará el suelo previo a las tareas mencionadas.</p> <p>Para evitar que los trabajadores sufran daños en su salud, se les proporcionará mascarillas, así se protegerán sus vías respiratorias.</p>                  |                     |           |  |  |  |                                     |                                |



Continuación de la tabla XLV.

| INSTRUCCIONES   | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|---|---------------------------|
| <b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>  |                           |
| <p><b>III.3</b> Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?<br/>Sí.</p> <p><b>III.4</b> En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)<br/>Maquinaria y equipo.</p> <p><b>III.5</b> ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?<br/>La mayoría de actividades se realizarán durante el día, cuando las personas están trabajando fuera del sector.</p>  |                           |
| <b>OLORES</b>   |                           |
| <p><b>III.6</b> Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:<br/>Las actividades no generan olores que afecten sobremanera a los habitantes del lugar.</p> <p><b>III.7</b> Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?<br/>No se tomará ninguna medida para esto.</p>  |                           |
| <b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>   |                           |
| <b>AGUAS RESIDUALES</b>   |                           |
| <b>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>  |                           |
| <p><b>IV.1</b> Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos,<br/>¿Qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p><b>a)</b> Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p><b>b)</b> Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p><b>c)</b> Mezcla de las anteriores</p> <p><b>d)</b> Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____</p> <p><u>El caudal generado por las actividades relacionadas a la obra es ínfimo ya que el agua vertida será absorbida por el suelo de la subrasante y base.</u></p> <p><b>IV.2</b> Indicar el número de servicios sanitarios ____ <u>tres servicios sanitarios móviles (letrinas)</u></p> |                           |

Continuación de la tabla XLV.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO<br>DEL MARN |
|--|------------------------------|
| <p><b><u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u></b><br/> <b>IV.3</b> Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento: no habrá ningún sistema de tratamiento en el lugar<br/> b) Capacidad<br/> c) Operación y mantenimiento<br/> d) Caudal a tratar<br/> e) Etc.</p>   |                              |
| <p><b><u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u></b></p> <p><b>IV. 4</b> Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior: se desconoce</p>  |                              |
| <p><b><u>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</u></b><br/> <b>IV.5</b> Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)<br/> <u>Se permitirá que el agua de lluvia siga su curso natural. El punto de descarga es variable. Los cuerpos de agua en donde son descargadas las aguas pluviales son la Quebrada del Rincón del Cedro y el Zanión del Camposanto. Ambos desembocan en el Río Platanitos. Otra parte del agua de lluvia, terminará en las cunetas existentes en la ruta que comunica la CA-9 Sur y Bárcenas, que también desfogon en el Río Platanitos.</u></p> |                              |
| <p><b><u>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</u></b></p>  |                              |
| <p><b><u>DESECHOS SÓLIDOS</u></b><br/> <b><u>VOLUMEN DE DESECHOS</u></b><br/> <b>V.1</b> Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="text"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p>x b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="text"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="text"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>   |                              |
| <p><b>V.2</b> Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p><u>Basura común (de alimentos, papel higiénico ya utilizado, entre otros), bolsas de cemento y de otros materiales empleados.</u></p>  |                              |
| <p><b>V.3.</b> Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o mas de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p><u>Excretas humanas (biológico infecciosas): aproximadamente 100 libras diarias</u></p>  |                              |
| <p><b>V.4</b> Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos). Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p><u>En el caso de los comunes, son recolectadas en basureros de uso común en la obra y posteriormente, evacuadas hacia un relleno sanitario. Los biológico infecciosos, son trasladados a una empresa que se encarga de darles el tratamiento adecuado.</u></p>   |                              |
| <p><b>V.5</b> Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p><u>Para los de uso común, camiones extractores de basura. Para lo biológico infecciosos, camiones especializados para excretas humanas, residuos hospitalarios, entre otros.</u></p>   |                              |
| <p><b>V.6</b> Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p><u>Sí, la utilización de basureros en todo el trayecto del proyecto y la evacuación periódica de los mismos. Tener a disposición de todos los trabajadores baños portátiles.</u></p>   |                              |
| <p><b>V.7</b> Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p><u>Comunes: relleno sanitario</u><br/> <u>Biológico infecciosos: algún cuerpo de agua, posterior a su tratamiento.</u></p>   |                              |

Continuación de la tabla XLV.

| INSTRUCCIONES   | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|---|---------------------------|
| <b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</b>   |                           |
| <b>CONSUMO</b>  |                           |
| VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) <u>200 kW/mes</u>   |                           |
| VI. 2 Forma de suministro de energía  |                           |
| a) Sistema  |                           |
| público _____   |                           |
| b) Sistema privado  |                           |
| _____   |                           |
| c) generación propia  |                           |
| x   |                           |
| _____   |                           |
| VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?   |                           |
| SI _____ NO <u>x</u> _____  |                           |
| VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?<br>El uso eficiente de la energía eléctrica, empleando equipos en buen estado y no abusando de estos. Procurar que no se trabaje de noche. |                           |
| <b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>  |                           |
| VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:   |                           |
| - Bosques x   |                           |
| - Animales x  |                           |
| - Otros _____   |                           |
| Especificar información <u>En las cercanías del proyecto, existe un bosque sub tropical.</u>  |                           |
| VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?  |                           |
| No.   |                           |
| VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área?      SI ( )      NO ( x )  |                           |
| ) Por qué?  |                           |
| Porque el bosque que está en las cercanías no está dentro del área específica del proyecto.   |                           |
| <b>VIII. TRANSPORTE</b>   |                           |
| VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:   |                           |
| a) Número de vehículos <u>6</u>   |                           |
| b) Tipo de vehículo <u>pick-up de supervisores, rodo compactador, retro excavadora, camión de volteo, moto nivelador, cisterna</u>  |                           |
| c) sitio para estacionamiento y área que ocupa <u>el sitio será variable, según el avance físico de la obra. El área será de 350 metros cuadrados.</u>  |                           |
| d) Horario de circulación vehicular _____ principalmente, _____<br>diurno   |                           |
| e) Vías alternas _____ Calles paralelas al proyecto, hacia el _____<br>oeste  |                           |
| <b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>   |                           |
| <b>ASPECTOS CULTURALES</b>  |                           |
| IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?<br>Ladina  |                           |

Continuación de la tabla XLV.

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL<br>MARN |
|--|------------------------------|
| <p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <p><b>IX.2</b> Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente: _</p> <p>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico<br/> <span style="margin-left: 100px;">No</span></p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico<br/> <span style="margin-left: 100px;">Sí</span></p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico<br/> <span style="margin-left: 100px;">No</span></p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada<br/> Si bien, existen dos riachuelos que colindan con el proyecto, estos no sufrirán ningún daño durante la construcción de la obra. Asimismo, en el bosque subtropical no habrá ninguna modificación.</p> |                              |
| <p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p><b>IX.3.</b> En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO ( x )</p> <p><b>IX.4</b> Qué tipo de molestias?<br/> Ninguna</p> <p><b>IX.5</b> Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?<br/> Trabajar primordialmente durante el día, para no causar ruido, polvo o vapores que afecten al vecino.</p>  |                              |
| <p><b>PAISAJE</b></p> <p><b>IX.6</b> Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué?<br/> No. Lo modifica levemente.</p>   |                              |
| <p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p>   |                              |
| <p><b>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</b></p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> X la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:<br/> Las molestias se pueden deber al ruido, vibraciones o polvo. De la misma manera, el polvo y los vapores significan un riesgo menor para la salud de los vecinos.</p>  |                              |
| <p><b>X.3 riesgos ocupacionales:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> x Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:<br/> Durante las excavaciones para las cunetas y drenaje transversal hay riesgo de soterramiento de los trabajadores.<br/> El manejo de maquinaria pesada es un riesgo tanto para los conductores como para los que realicen actividades cerca de estas.<br/> Los vapores del cemento y los combustibles son tóxicos.<br/> Los ruidos pueden provocar daños a largo plazo en la salud de los trabajadores.</p>                       |                              |

Continuación de la tabla XLV.

|   |
|---|
| <p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( x ) NO ( )</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:<br/>Mascarillas para proteger las vías respiratorias. Cascos y botas con punta de acero para protegerlos de cualquier material que pueda lastimarlos. Orejeras para los operadores de maquinaria pesada. Los trabajadores tendrán chaleco con color llamativo y cinta reflectiva. De esta manera, los operarios de la maquinaria podrán observarlos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?<br/>Para evitar molestias o daños, se procurará que los trabajos que involucren ruido, polvo, vapor o vibración sean realizados durante el día.<br/>Para evitar daños a la salud de los trabajadores, se contará con el equipo adecuado de protección para cada actividad.</p> |
|---|

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de Guatemala. *MARS*. [www.marn.gob.gt/](http://www.marn.gob.gt/). Consulta: 20 de febrero de 2014.



## CONCLUSIONES

1. Se elaboró el diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera, zona 4, y de la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, zona 3, municipio de Villa Nueva, Guatemala. Estos proyectos beneficiarán a 6 462 y 1 818 habitantes, respectivamente.
2. A través de la monografía del municipio, se determinó que las principales necesidades actuales de las comunidades son: el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Primavera, zona 4 y la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3.
3. Se realizó el diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera en base a las normas del Instituto de Fomento Municipal de la República de Guatemala, que tienen una longitud de 5,43 y 6,06 kilómetros, respectivamente.
4. Se realizó el diseño de la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes siguiendo los lineamientos de las especificaciones técnicas para diseño de carreteras de la Dirección General de Caminos. Esta tiene una longitud total de 4,16 kilómetros.

5. A través de la elaboración de los presupuestos de los proyectos, se pudo conocer que la inversión inicial requerida es de Q 22 157 300,80 millones para el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera, zona 3 y de 21 457 437,66 millones, para la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala. A través de la elaboración de los presupuestos de los proyectos, se pudo conocer que la inversión inicial requerida es de Q 22 157 300,80 millones para el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera, zona 3 y de 21 457 437,66 millones, para la pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia las colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio Las Nubes, zona 3, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.



## RECOMENDACIONES

1. Es esencial que se procure la utilización de materiales certificados y la implementación de procesos constructivos adecuados para garantizar el funcionamiento adecuado de los proyectos, por tanto, se hace énfasis en el constante monitoreo y supervisión profesional de la ejecución de las obras, exigiendo, que se cumplan las especificaciones mínimas y se respeten las normas correspondientes.
2. El periodo de diseño de las obras será alcanzado si se brinda el mantenimiento adecuado a estas. Para esto, es necesario contar con programaciones rutinarias de mantenimiento preventivo y correctivo en la extensión total de los proyectos.
3. Se requiere convocar a los vecinos a una reunión informativa en la que se expliquen los beneficios, uso, mantenimiento y cronograma de ejecución de los proyectos puesto que su participación y comprensión es importante en el desarrollo de las obras.
4. Es importante actualizar el presupuesto de la obra ya que este tiene un periodo de vigencia que depende de la fluctuación de los precios de los materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, entre otros.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ARREAGA ESPAÑA, Héctor Amílcar. *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 59 p.
2. CALDERÓN RAMÍREZ, Erick Roger. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de las colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez, zona 2 y diseño de pavimentación de la carretera de acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia vía La Selva y El Calvario, zona 8, Villa Nueva, Guatemala*. p. 103.
3. CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: McGraw-Hill, 1994. 667 p.
4. CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw-Hill, 1994. 584 p.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones técnicas para diseño de carreteras*. Guatemala: Micivi, 1985. 78 p.
6. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Guatemala: Infom, 2001. 30 p.

7. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala*. Guatemala: Insivumeh, 2003. 12 p.
8. LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano: normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. p. 4-33.
9. LÓPEZ, Ricardo. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2004. 546 p.
10. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias*. Colombia: MINVIVIENDA, 2012. 282 p.
11. Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. Guatemala: Anuario del Colegio de Ingenieros, 1988. 13 p.
12. PÉREZ CORADO, Esdras Amílcar. *Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de Sabana Larga, de la Aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la Colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de San Rosa de Lima, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 154 p.

13. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: SIECA, 2002. 289 p.
  
14. Urban Drainage and Flood Control District. *Urban storm drainage. Volume 1*. Estados Unidos: Urban Drainage and Flood Control District, 2001. 413 p.



## **APÉNDICES**

- Apéndice 1. **Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Eterna Primavera**

Fuente: elaboración propia.







| NOMENCLATURA POZOS |                      |        |
|--------------------|----------------------|--------|
| NO. POZOS          | ALTURA TIPO DE POZOS | TIPO   |
| PV-1               | HP=3.00              | TIPO-3 |
| PV-2               | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-3               | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-4               | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-5               | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-6               | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-7               | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-8               | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-9               | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-10              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-11              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-12              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-13              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-14              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-15              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-16              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-17              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-18              | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-19              | HP=1.80              | TIPO-2 |
| PV-20              | HP=1.80              | TIPO-2 |
| PV-21              | HP=2.88              | TIPO-2 |
| PV-22              | HP=4.45              | TIPO-3 |
| PV-23              | HP=2.50              | TIPO-2 |
| PV-24              | HP=2.50              | TIPO-2 |
| PV-25              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-26              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-27              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-28              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-29              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-30              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-31              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-32              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-33              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-34              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-35              | HP=2.28              | TIPO-2 |
| PV-36              | HP=1.50              | TIPO-2 |
| PV-37              | HP=1.40              | TIPO-1 |
| PV-38              | HP=1.80              | TIPO-2 |
| PV-39              | HP=2.00              | TIPO-2 |
| PV-40              | HP=2.10              | TIPO-2 |
| PV-41              | HP=2.00              | TIPO-2 |

| NOMENCLATURA |                                |
|--------------|--------------------------------|
| E- #         | INDICA LAS ESTACIONES          |
| PVC 6"       | TUBERIA DE PVC DE 6 PLG        |
| PV-1         | INDICA POZO DE VISITA          |
| S            | PENDIENTE                      |
| ↑            | INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE |
| □            | VIVIENDAS                      |

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

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II  
 SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: **PLANTA DE CONJUNTO**  
 Hoja: **1** de **5**  
 TIPO: **A**

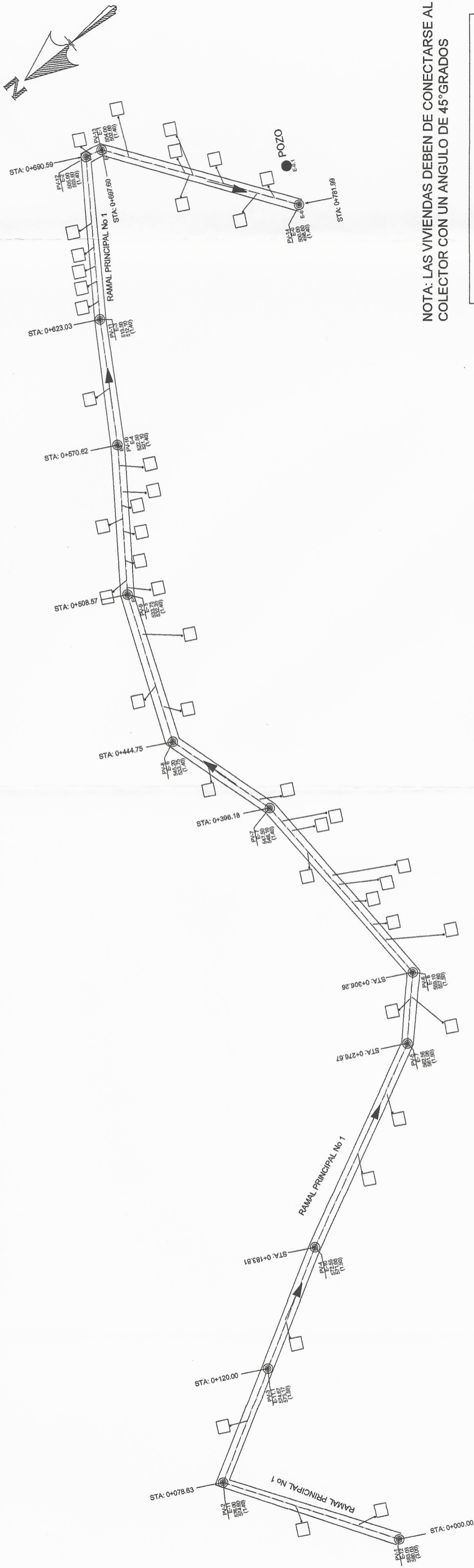
ASESORA: **ING. Merys Gabriela García Sierra**  
 Unidad de Práctica: **Agencia y EPS**

ING. MARYS GABRIELA GARCÍA DE SIERRA

PROFESOR: **RRBD MOSCOSO RIVAS**  
 DIBUJO: **RRBD MOSCOSO RIVAS**  
 ESCALA: **INDICADA**  
 FECHA: **MARZO 2017**

# PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

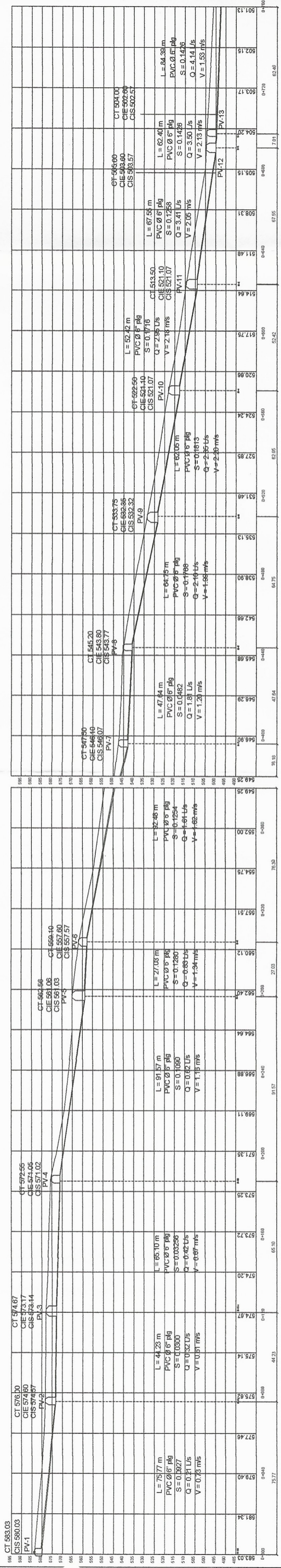
ESCALA: HORIZONTAL 1/1000



NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45° GRADOS

| NOMENCLATURA |                                |
|--------------|--------------------------------|
| E-#          | INDICA LAS ESTACIONES          |
| PVC 6"       | TUBERIA DE PVC DE 6 PLG        |
| PV-1         | INDICA POZO DE VISITA          |
| S            | PENDIENTE                      |
| ↑            | INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE |
| □            | VIVIENDAS                      |

PLANTA RAMAL PRINCIPAL 0+000 A 0+760  
ESCALA HORIZONTAL 1/500



PERFIL RAMAL PRINCIPAL DE PV-1 A PV-14  
ESCALA VERTICAL 1/500  
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

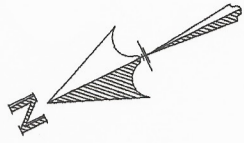
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II  
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: **HOJA** 2 / 5  
**TIPO** A

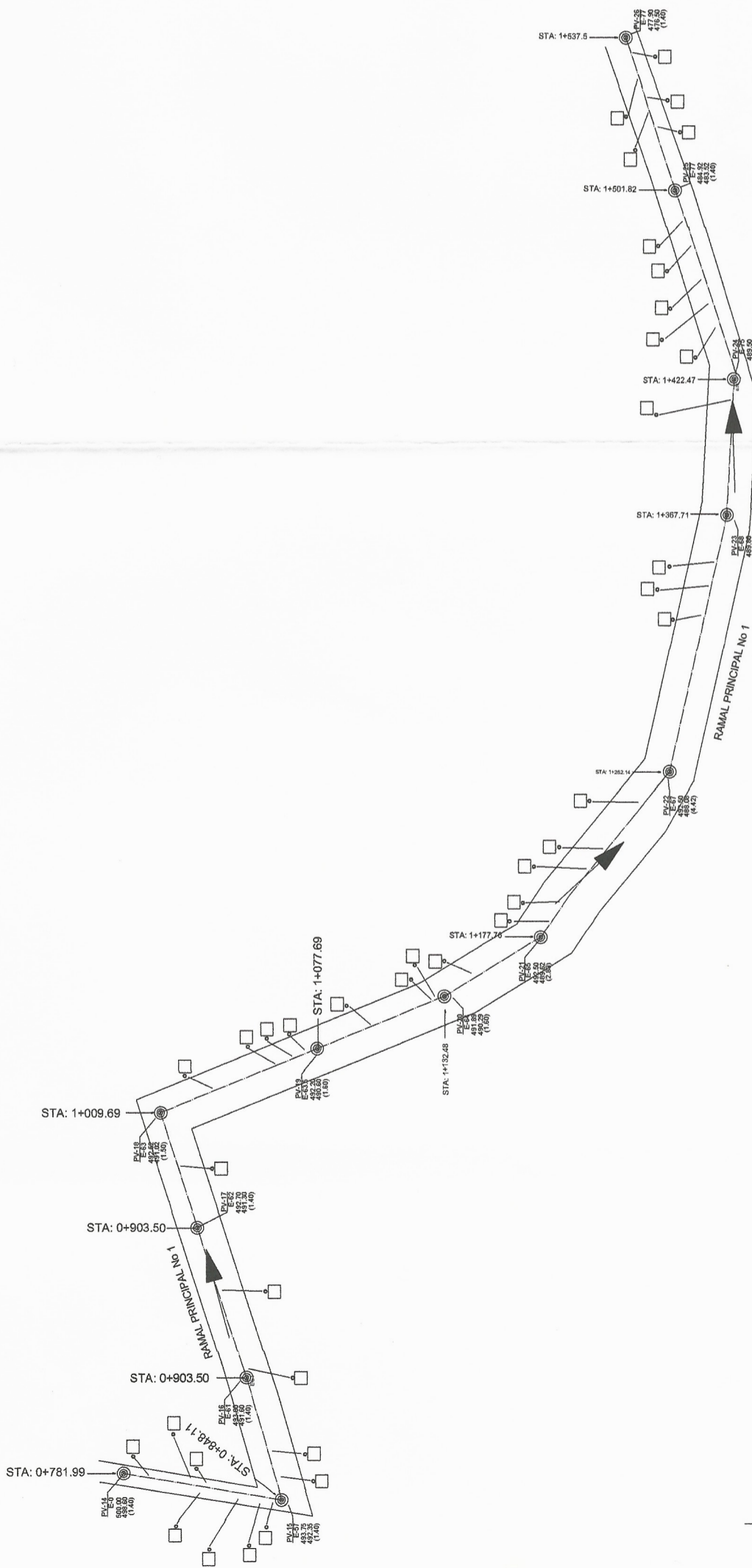
Ramal principal de 0+000 a 0+760  
0+760  
SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Planeación, Ingeniería y EPS

ING. MAYRA RIBECCA GARCIA DE SIERRA  
MARZO 2017



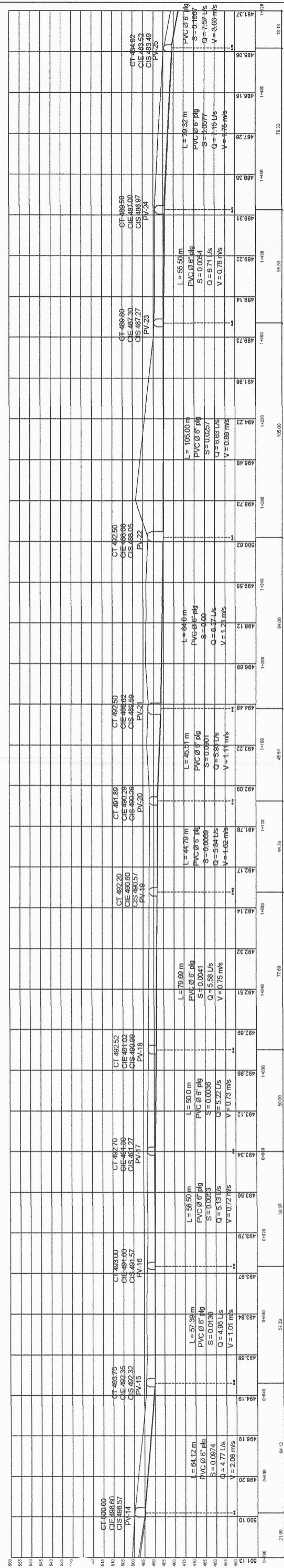
NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45°GRADOS

| NOMENCLATURA |                                |
|--------------|--------------------------------|
| E- #         | INDICA LAS ESTACIONES          |
| PVC 6"       | TUBERIA DE PVC DE 6 PLG        |
| PV-1         | INDICA POZO DE VISITA          |
| S            | PENDIENTE                      |
| ↑            | INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE |
| □            | VIVIENDAS                      |



PLANTA RAMAL PRINCIPAL 0+760 A 1+520

ESCALA HORIZONTAL 1/500



PERFIL RAMAL PRINCIPAL DE PV-14 A PV-26

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II  
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.



CONTIENE: **RAMAL PRINCIPAL DE 0+760 A 1+520**

ASESORA: SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA

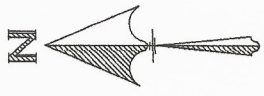
FECHA: MARZO 2017

ESCALA: INDICADA

REVISOR: RIVAS

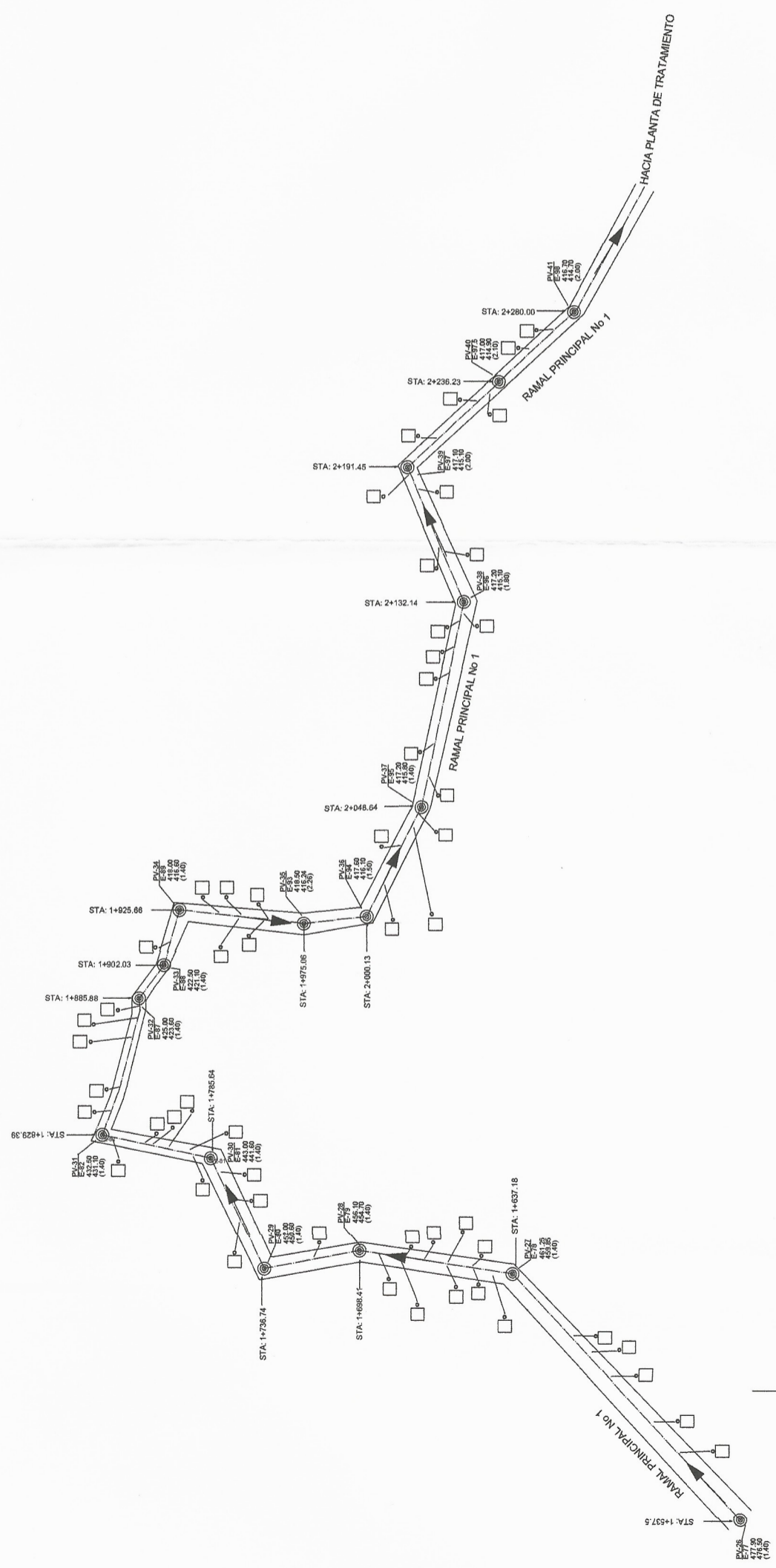
DISEÑADOR: RIVAS

HOJA: 3/5



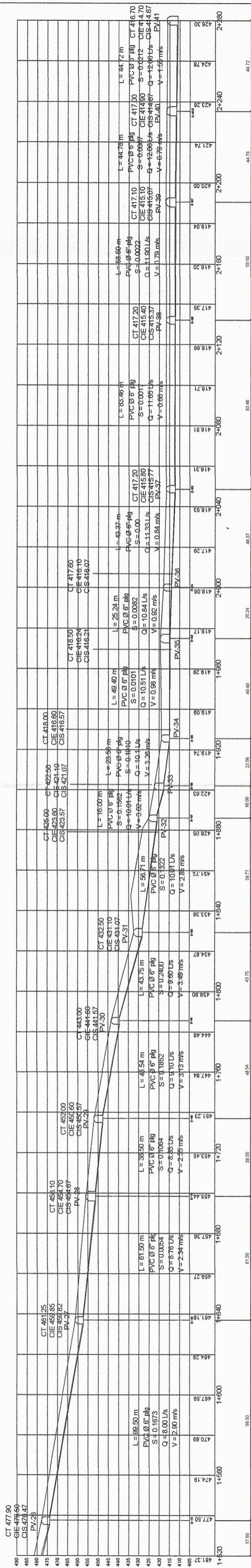
NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45° GRADOS

| NOMENCLATURA |                                |
|--------------|--------------------------------|
| E-#          | INDICA LAS ESTACIONES          |
| PVC 6"       | TUBERIA DE PVC DE 6 PLG        |
| PV-1         | INDICA POZO DE VISITA          |
| S            | PENDIENTE                      |
| →            | INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE |
| □            | VIVIENDAS                      |



PLANTA RAMAL PRINCIPAL 1+520 A 2+280

ESCALA HORIZONTAL 1/500



Perfil Ramal Principal DE PV-26 A PV-41

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II  
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

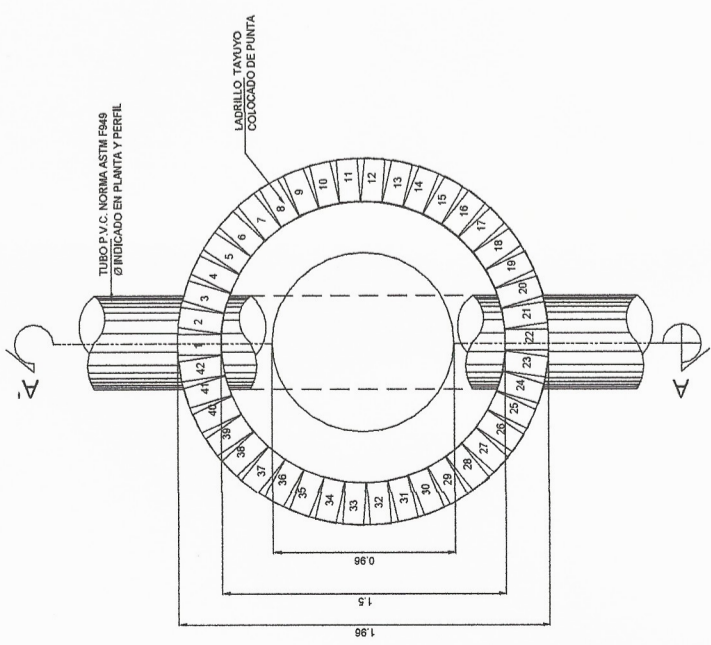
CONTIENE: Ramal principal de 1+520 a 2+280

ASESORA: Mery Beltrán García Sorio de Sierra  
UNIDAD DE PLANIFICACION DE INGENIERIA Y EPS

INGENIERO: RIBAL MOSCOSO  
DISEÑO: RIBAL MOSCOSO  
CALCULO: RIBAL MOSCOSO  
ESCALA: RIBAL MOSCOSO  
INDICADA  
FECHA: MARZO 2017

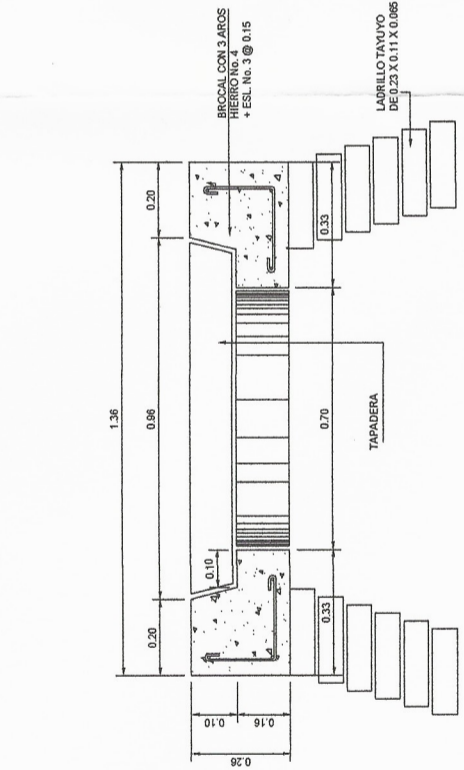
TIPO: A  
HOJA: 4 DE 5

INGENIERO: RIBAL MOSCOSO  
DISEÑO: RIBAL MOSCOSO  
CALCULO: RIBAL MOSCOSO  
ESCALA: RIBAL MOSCOSO  
INDICADA  
FECHA: MARZO 2017



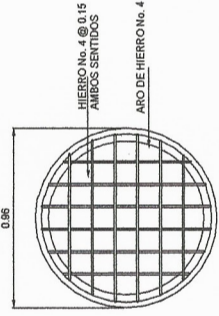
DETALLE DE POZO DE VISITA  
PLANTA POZO TIPO 1

ESCALA 1/20



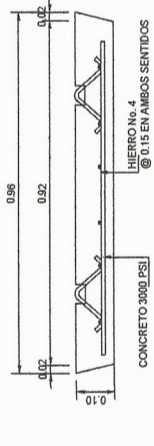
DETALLE DE BROCAL  
POZO DE VISITA TIPO 1

ESCALA 1/10



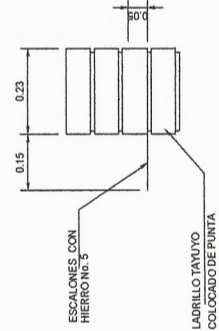
DETALLE DE TAPADERA  
PLANTA

ESCALA 1/20



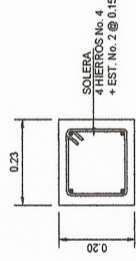
DETALLE DE TAPADERA  
POZO DE VISITA TIPO 1

ESCALA 1/10



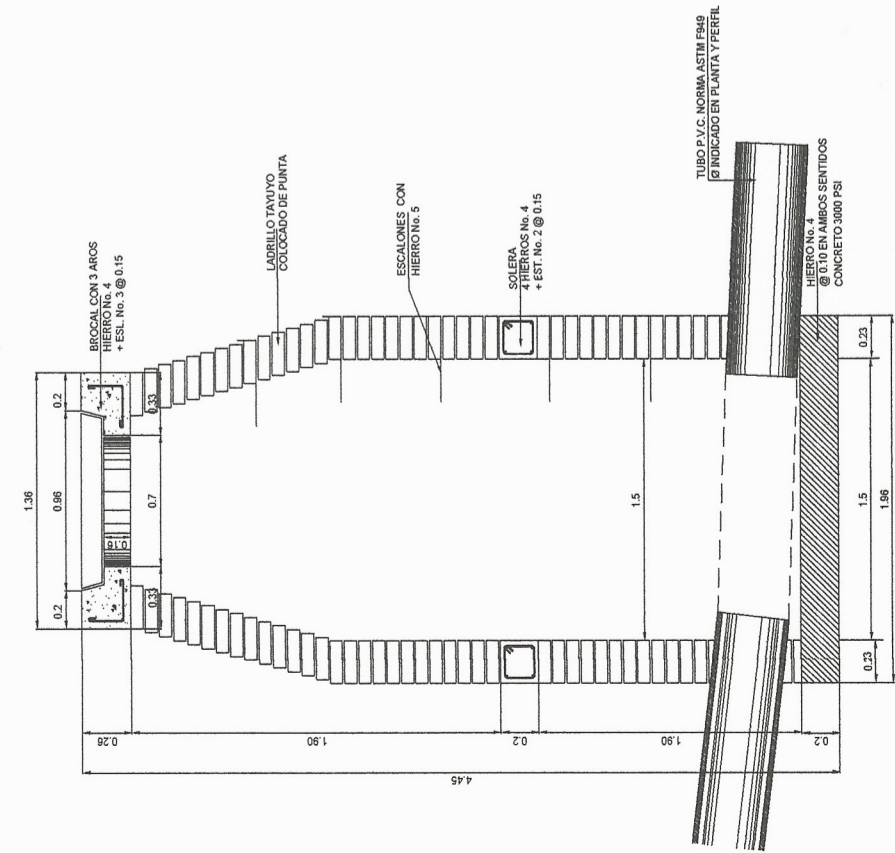
DETALLE DE ESCALON  
SECCION

ESCALA 1/10



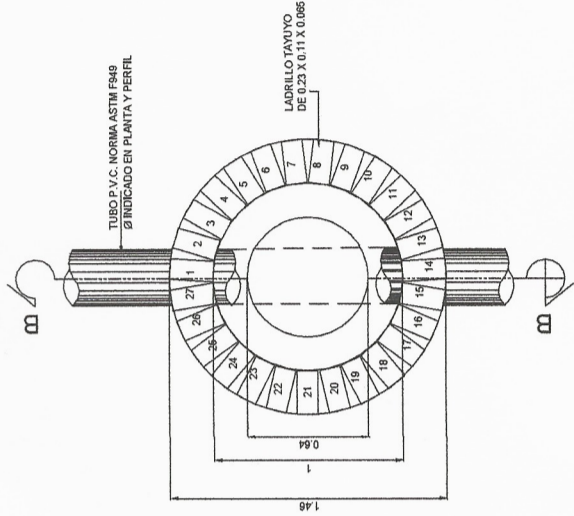
DETALLE DE SOLERA  
SECCION

ESCALA 1/10



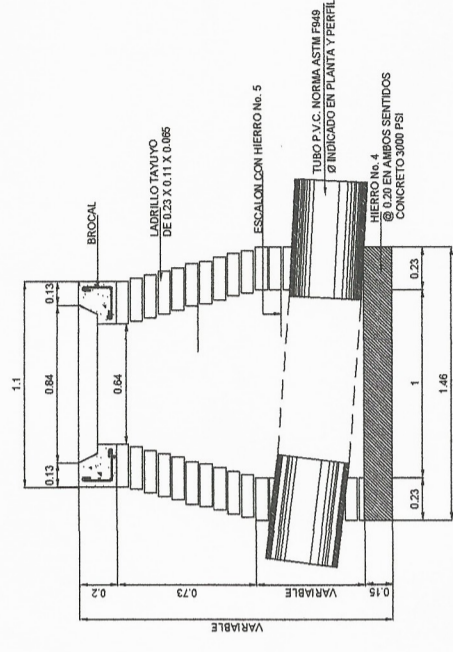
DETALLE DE POZO DE VISITA TIPO 3  
SECCION A - A' POZO

ESCALA 1/20



PLANTA DE POZO  
POZO DE VISITA TIPO 2

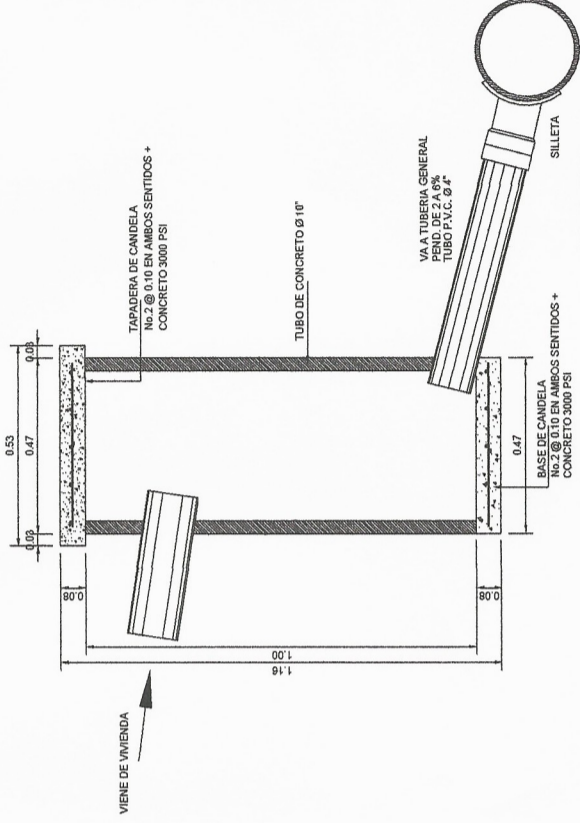
ESCALA 1/20



POZO DE VISITA TIPO 1 Y 2  
SECCION B - B'

ESCALA 1/20

NOTA IMPORTANTE:  
LOS POZOS TIPO 1 SON MENORES A 1.50 MTS.  
LOS POZOS TIPO 2 SON MAYORES A 1.50 MTS.  
Y MENORES A 2.50 MTS. ES EL MISMO ARMADO  
LA DIFERENCIA UNICAMENTE ES LA ALTURA.



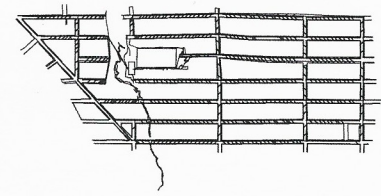
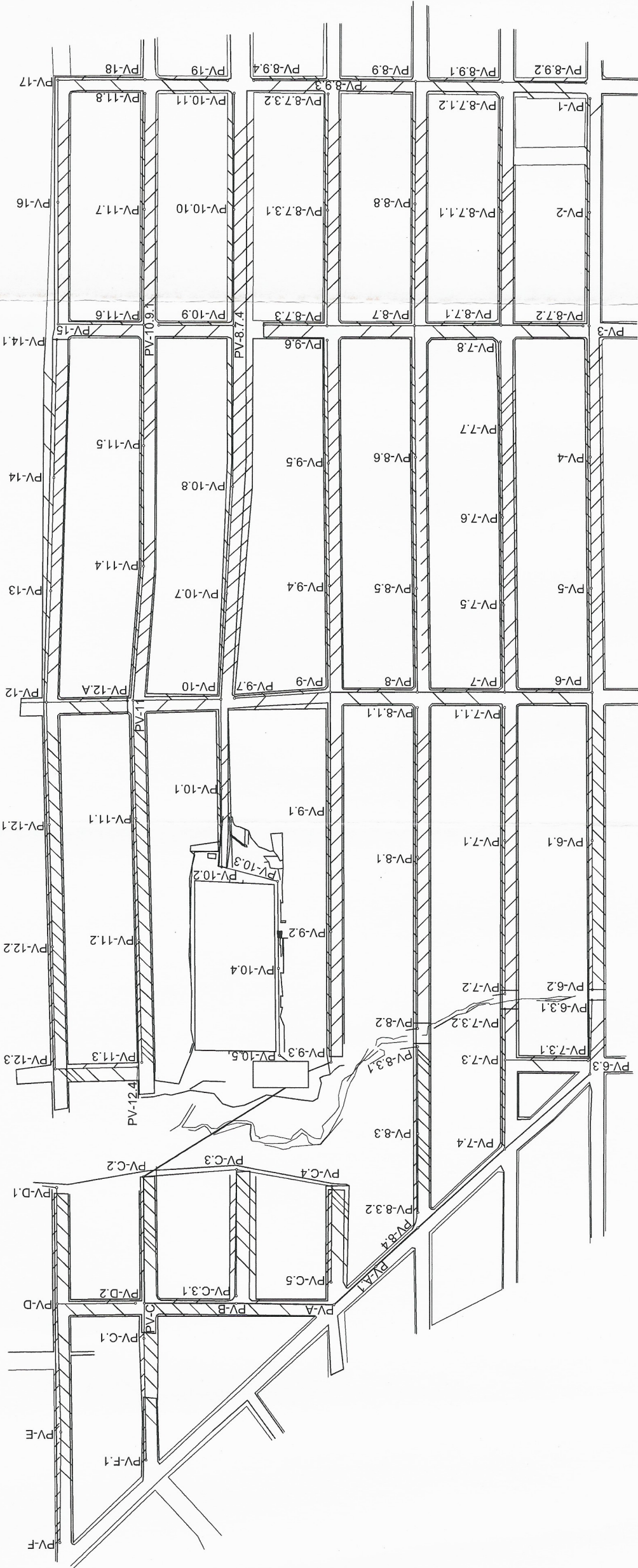
ACOMETIDA DOMICILIAR  
DETALLE

ESCALA 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II,  
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTENIDO: **DETALLES**  
Hoja No. 5 de 5  
ASESORA: **ING. MAYRA TUBERA GARCIA DE SIERRA**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Unidad de Planificación, Ingeniería y EPS  
ING. MAYRA TUBERA GARCIA DE SIERRA

FECHA: MARZO 2017



**PLANTA GENERAL**

ESCALA: 1/2500

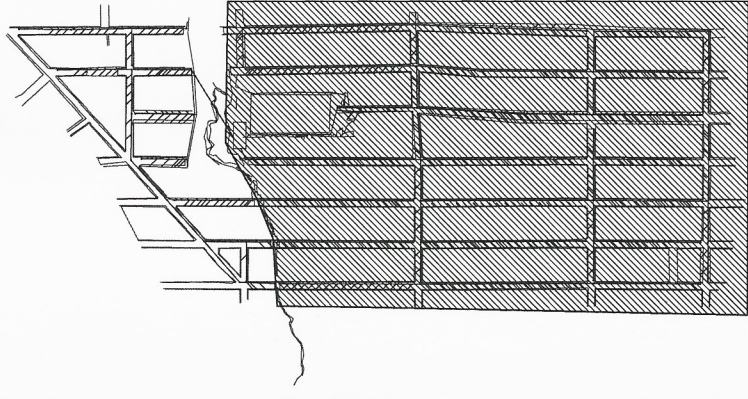
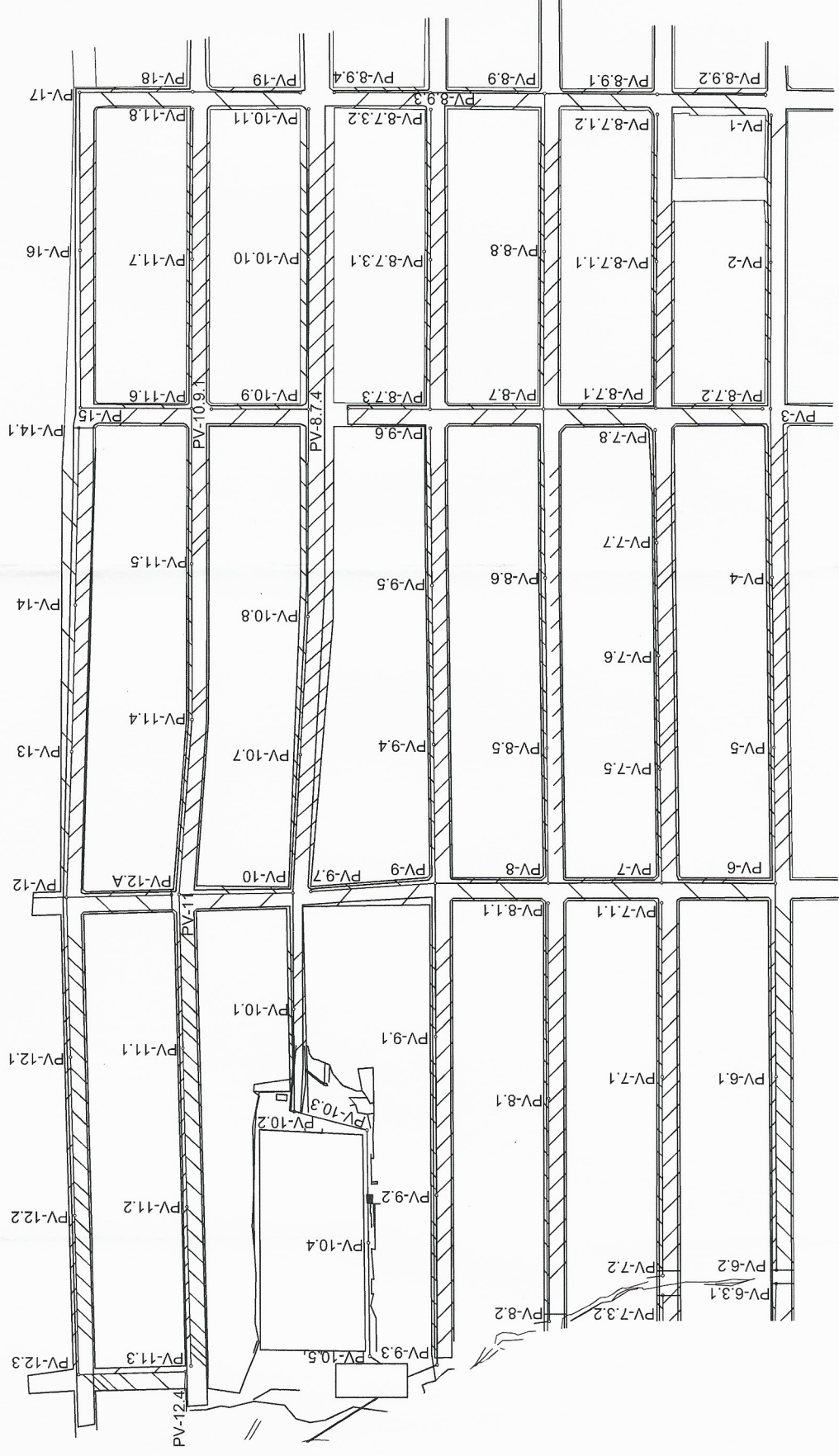
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Argueta Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

*[Handwritten signature]*



|  |  |   |  |                 |  |
|--|--|---|--|-----------------|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |  | PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA   |  | FECHA: NOV/2016 |  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                  |  | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA |  | NOV/2016        |  |
| DISEÑO: JOSÉ ESTRADA   |  | CONTENIDO: PLANTA GENERAL   |  | FOLIO: 01       |  |
| CALCULO: JOSÉ ESTRADA  |  | ESCALA: INDICADA  |  | ZONA: 4         |  |
| ASESOR DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ<br>CARNET 201639871 |  | DISEÑO DE INGENIERIA: ROYOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET 201639871       |  | DE: 20          |  |

PLANTA DE REFERENCIA  
 ESCALA: SIN ESCALA



PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Argueta Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

# PLANTA GENERAL DRENAJE PRINCIPAL

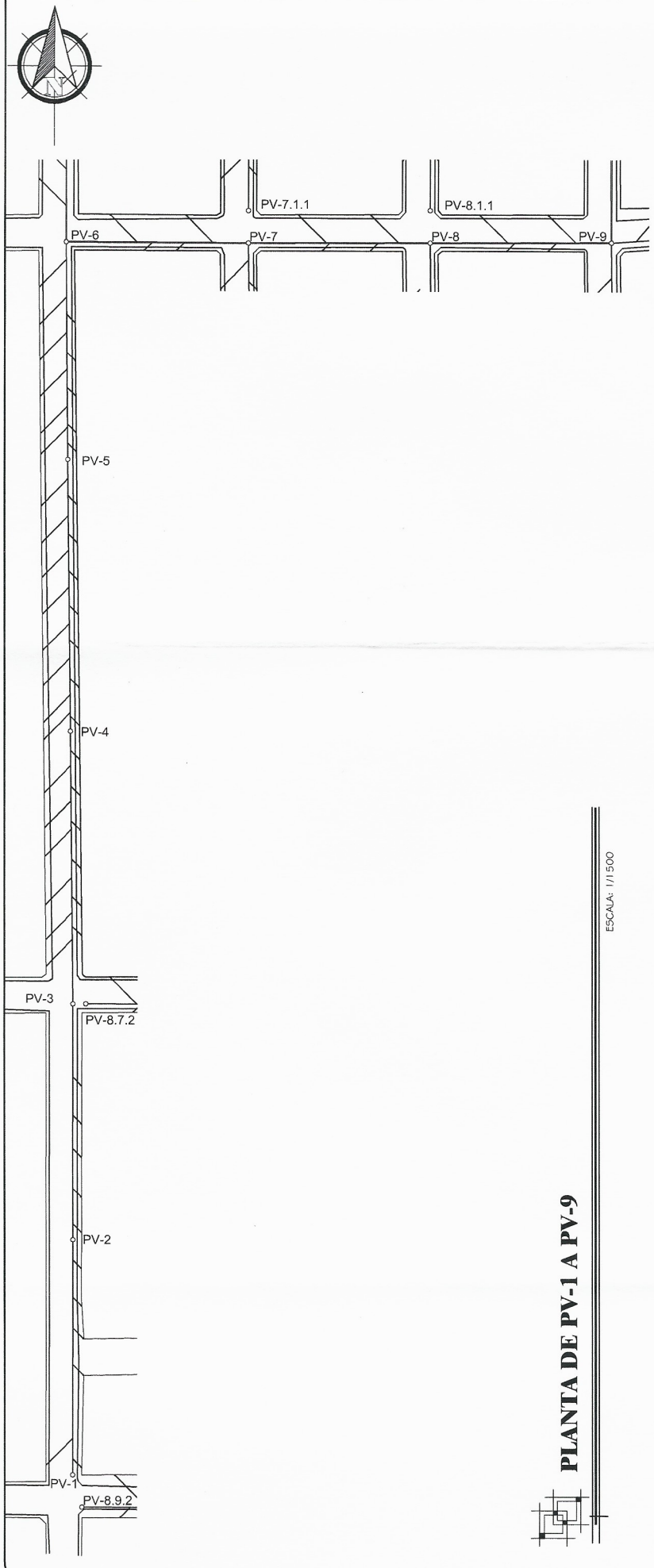
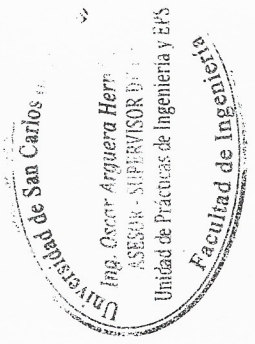
ESCALA: 1/2500

|  |                                  |   |                   |                              |  |
|--|----------------------------------|---|-------------------|------------------------------|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA             |                                  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                   | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |  |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA ERMAYERA |                                  | PROYECTO  |                   | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |  |
| PRESUNTO<br>JOSE ESTRADA   | CONSEJO INDICADA<br>JOSE ESTRADA | ESCALA INDICADA<br>4  | FECHA<br>NOV/2016 | FECHA<br>NOV/2016            |  |
| ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ<br>CARNET 20152871          |                                  | DISEÑO DE INGENIERIA<br>RODOLFO JOSE ESTRADA LOZANALEZ<br>CARNET 20152871 |                   | FECHA<br>NOV/2016            |  |

| REFERENCIAS |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                      |
|             | POZO DE VISITA-DRENAJE SANITARIO |
|             | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
|             | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN TULCADAS  |
|             | Perfil de terreno                |
|             | Pozo de visita                   |

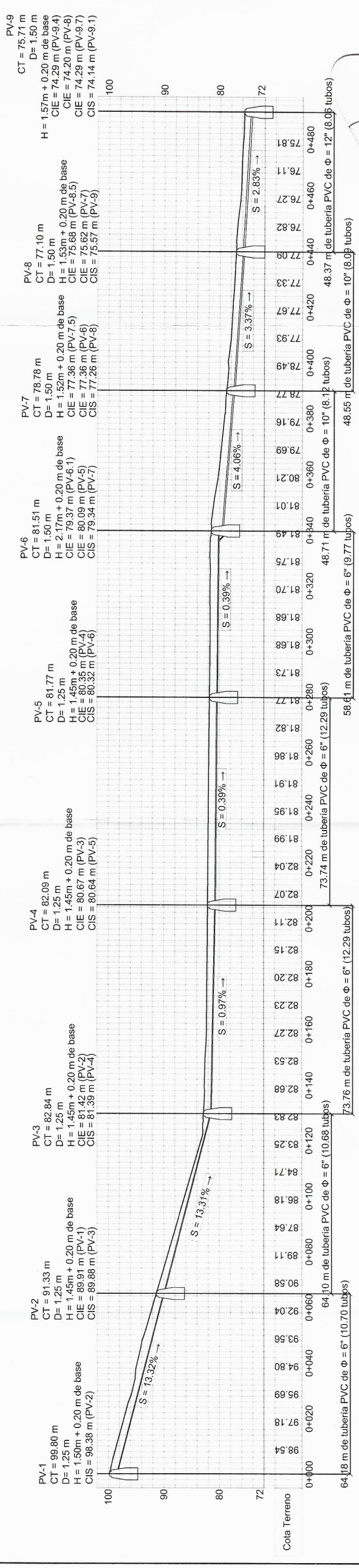
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS  
 EN TUBERÍA Y EN TUBERÍA EN TUBERÍA EN TUBERÍA EN TUBERÍA  
 EN TUBERÍA EN TUBERÍA EN TUBERÍA EN TUBERÍA EN TUBERÍA  
 NORMA APPLICABLE: AS/NZS 1538

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



**PLANTA DE PV-1 A PV-9**

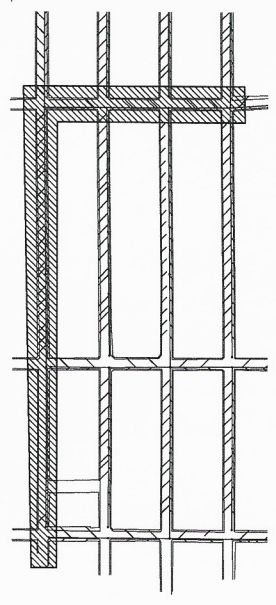
ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-1 A PV-9**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

Desde la esquina entre la 4 avenida y la 5 calle hasta la esquina entre la 7 avenida y la 3 calle (Perfil)

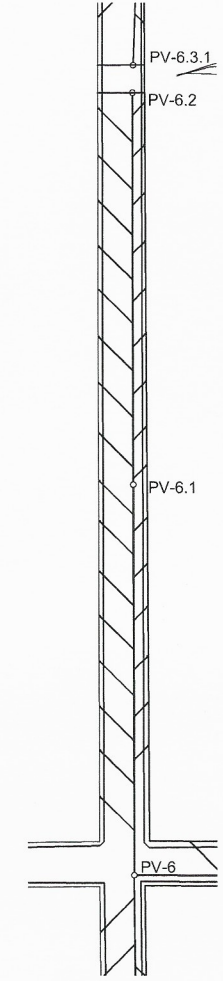


**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: 5/11 ESCALA

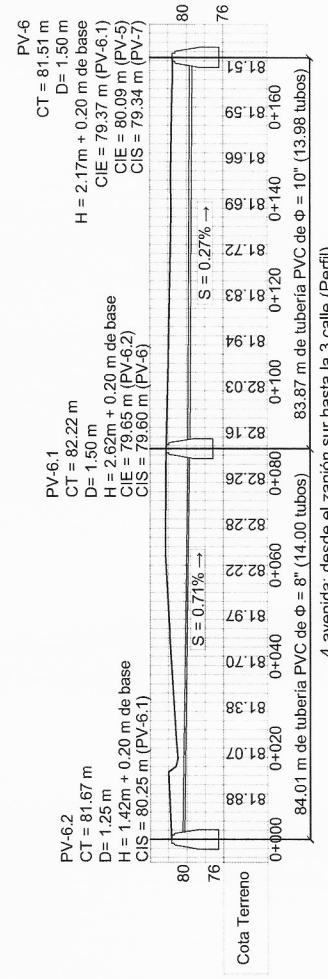
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA FERIA  
 DISEÑO Y PERFIL DE PV-1 A PV-9  
 DISEÑO DE REGION: DISEÑO DE INGENIERIA  
 INGENIERO: ING. OSCAR ARGUETA HERRERO  
 FECHA: NOV/2016  
 ESCALA INDICADA: 03  
 ESCALA CONTA: 4





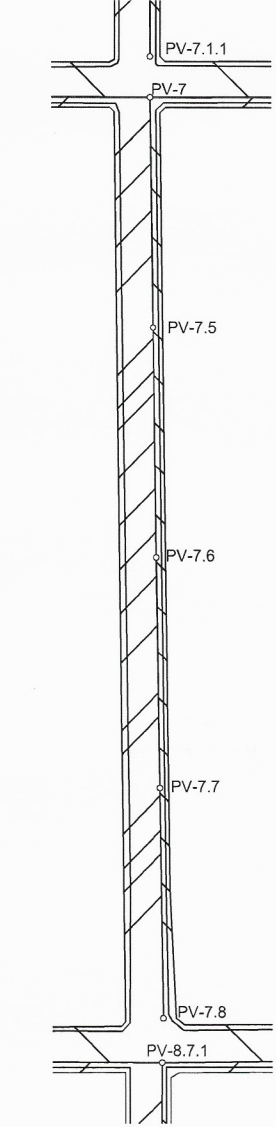
**PLANTA DE PV-6.2 A PV-6**

ESCALA: 1/1500



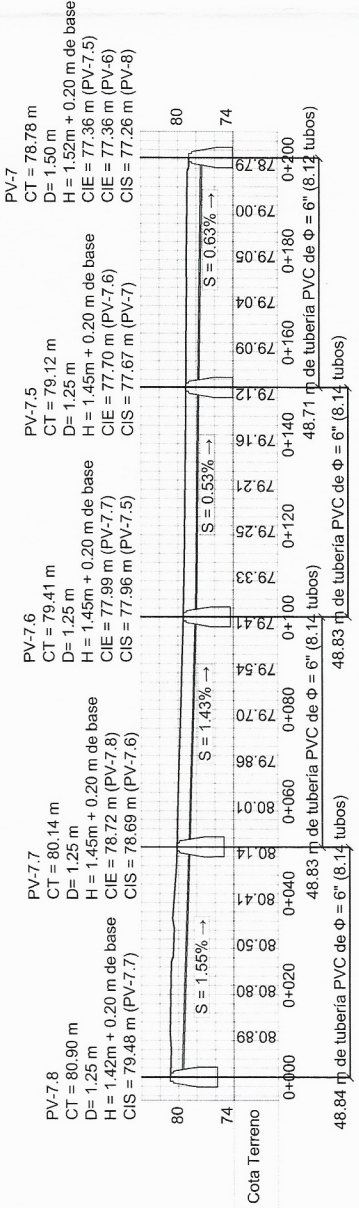
**PERFIL DE PV-6.2 A PV-6**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



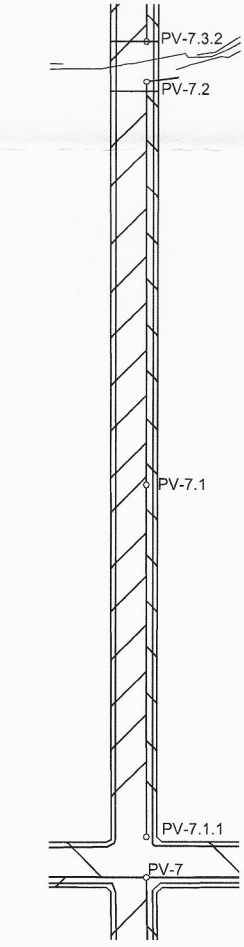
**PERFIL DE PV-7.8 A PV-7**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



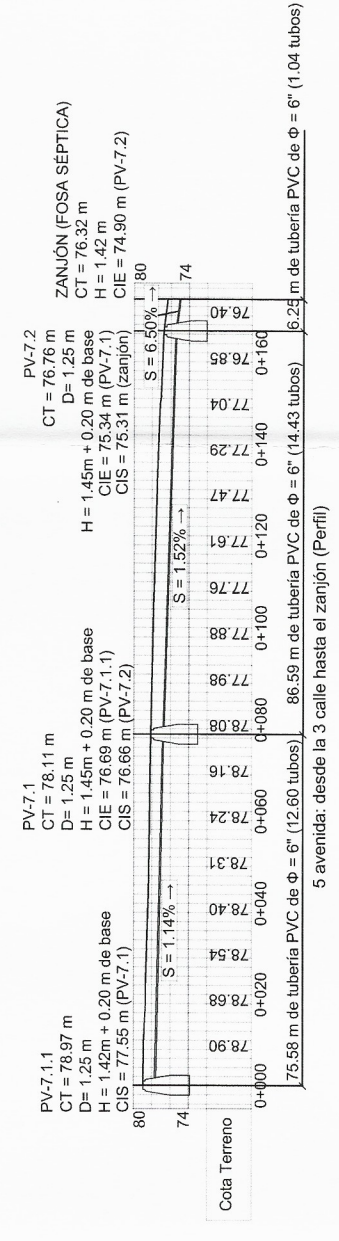
**PERFIL DE PV-7.8 A PV-7**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



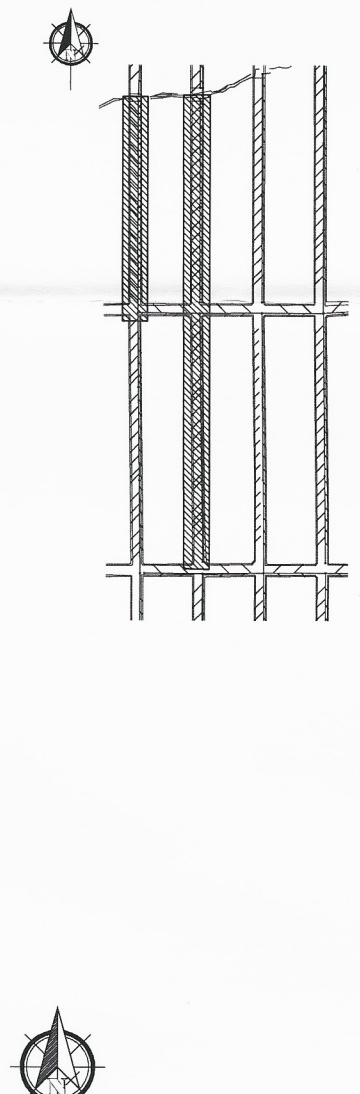
**PLANTA DE PV-7.1.1 A PV-7.2**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-7.1.1 A PV-7.2**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

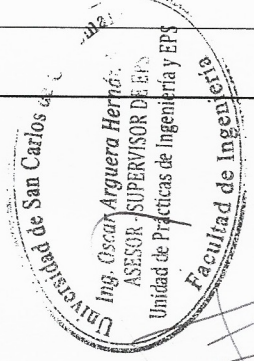
ESCALA: SIN ESCALA

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                      |
|---------|----------------------------------|
| ○       | POZO DE VISITA DRENAJE SANITARIO |
| →       | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
| ○       | CANDELA DOMICILIAR               |
| ∅ = "   | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
| ○       | POZO DE VISITA Perfil de terreno |
| ○       | POZO DE VISITA                   |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
INTEGRALMENTE FABRICADAS EN GUATEMALA DE INTERIOR Y  
EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIO.  
NORMA APLICABLE: ASTM D 3035

**NOMENCLATURA**

SIN ESCALA

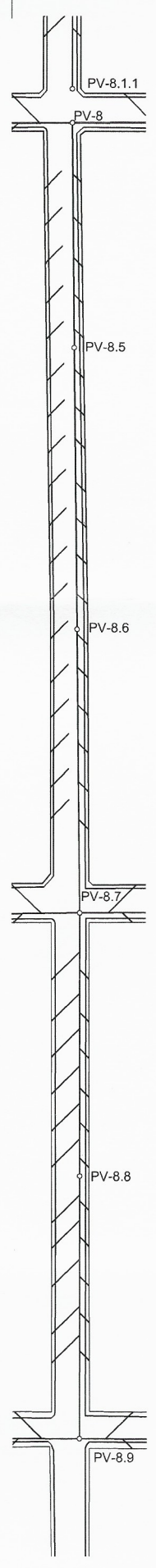
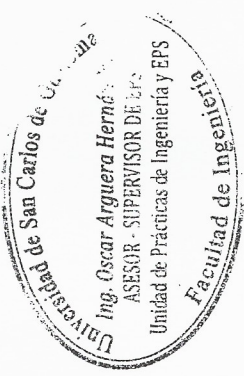


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
CONTENIDO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA FERIAVERA  
PUNTO: 04  
ESCALA INDICADA: 4  
FOYEA: 04  
FECHA: NOV/2016  
DISEÑO DE INGENIERIA: ING. OSCAR ARGÜETA HERNANDEZ  
CARNET: 2002-0871

| REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                      |
|-------------|----------------------------------|
| ○           | POZO DE VISITA DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
| ⊕           | CANDELA DOMICILIAR               |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|             | Perfil de terreno                |
|             | Pozo de visita                   |

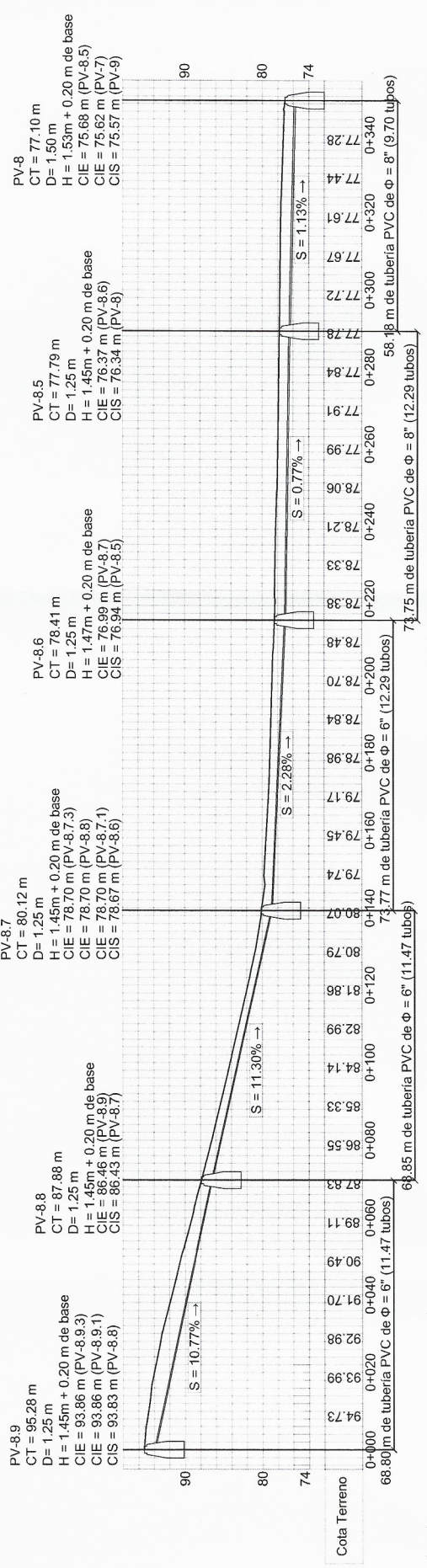
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS  
 INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (UNTA BANDA) DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



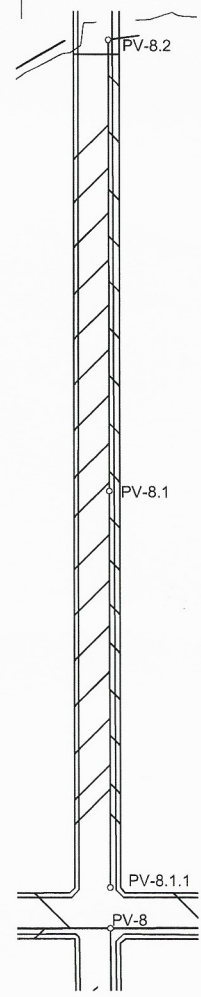
**PLANTA DE PV-8.9 A PV-8**

ESCALA: 1/1500



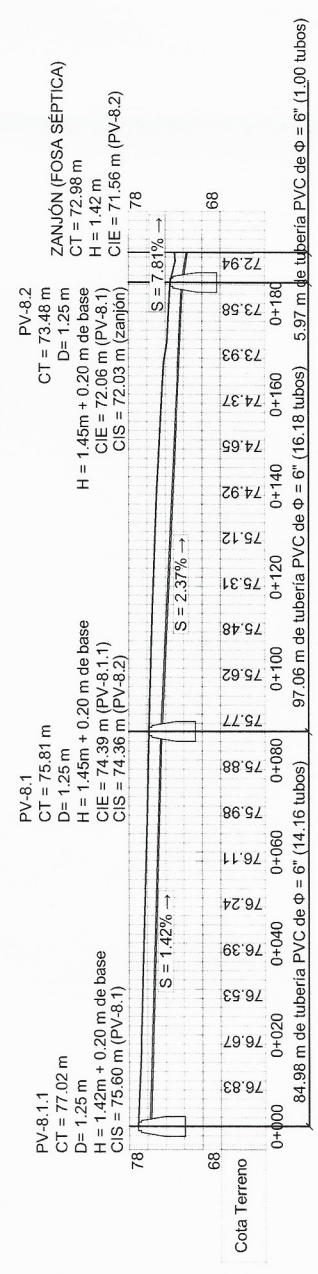
**PERFIL DE PV-8.9 A PV-8**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



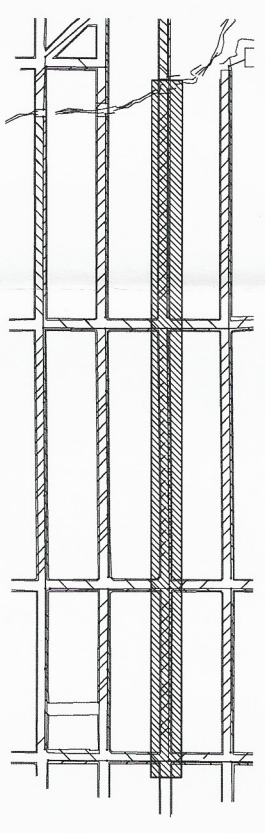
**PLANTA DE PV-8.1.1 A PV-8.2**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-8.1.1 A PV-8.2**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA

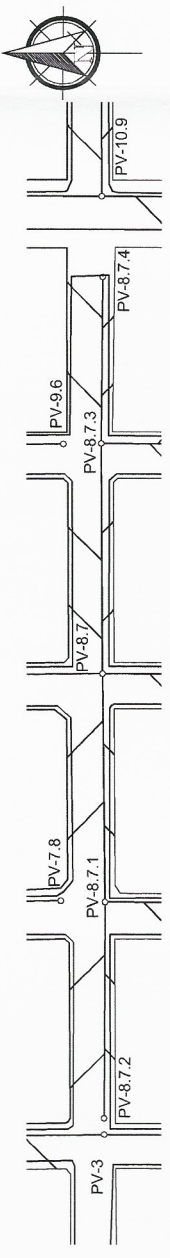
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA HERMANA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE PV-8.9 A PV-8.2 DE PV-8.1.1 A PV-8.2

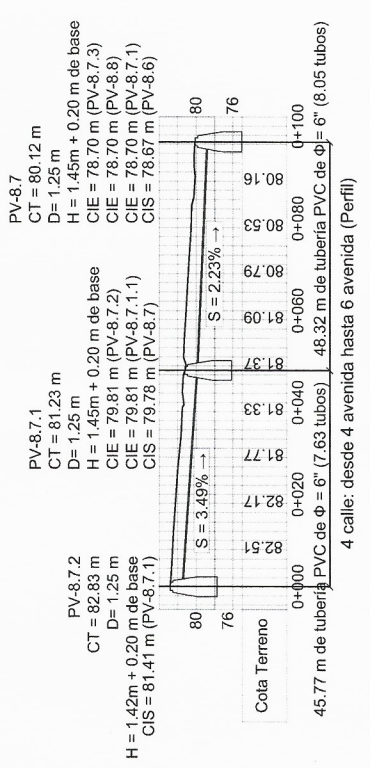
ESCALA INDICADA: 4  
 ESCALA: 05

FECHA: NOV/2016  
 DISEÑO DE INGENIERIA: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 INGENIERIA: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



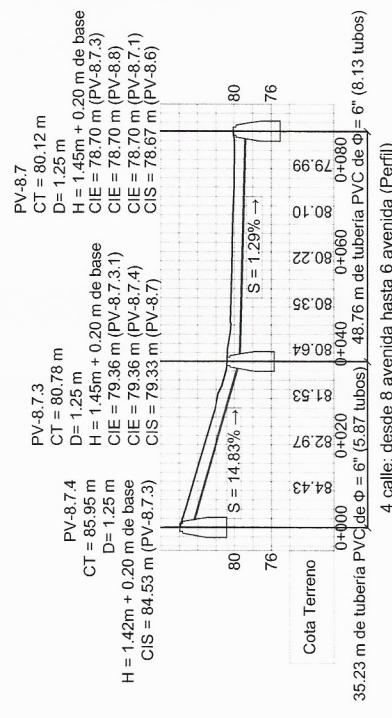
**PLANTA DE PV-8.7.2 A PV-8.7 Y DE PV-8.7.4 A PV-8.7**

ESCALA: 1/1500



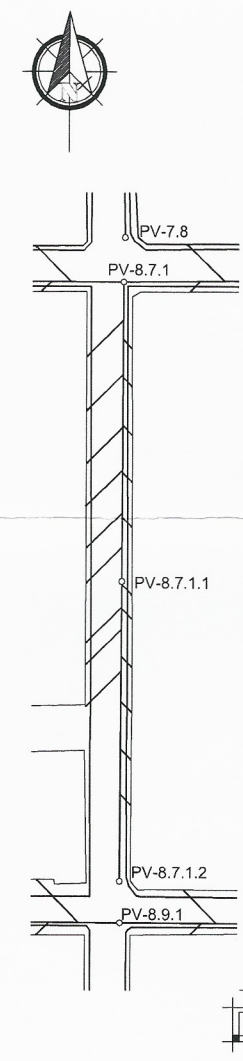
**PERFIL DE PV-8.7.2 A PV-8.7**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



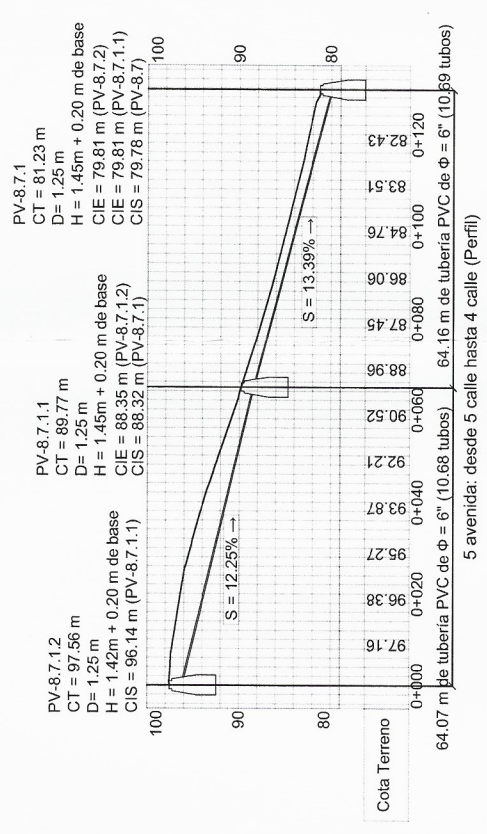
**PERFIL DE PV-8.7.4 A PV-8.7**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE PV-8.7.1.2 A PV-8.7.1**

ESCALA: 1/1500

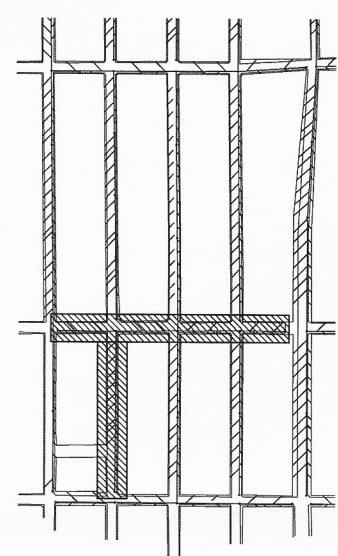


**PERFIL DE PV-8.7.1.2 A PV-8.7.1**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

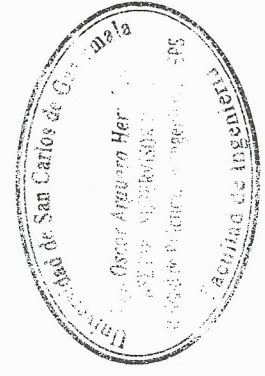
| REFERENCIAS | DESCRIPCION                     |
|-------------|---------------------------------|
| ○           | POZO DE VISTA DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCION DEL FLUJO             |
| ↻           | CANDELA DOMICILIAR              |
| ∅ = "       | DIAMETRO DE TUBERIA EN PULGADAS |
| —           | Perfil de terreno               |
| —           | Perfil de tubería               |
| —           | Perfil de visita                |
| —           | Perfil de visita                |

**ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:**  
LA TUBERIA Y ACCESORIOS SERAN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (UNTA RAPIDA) DE INTERIOR EXTERIOR LISO PARA DRENAJES SANITARIOS.  
NORMA APLICABLE: AS 110.303



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



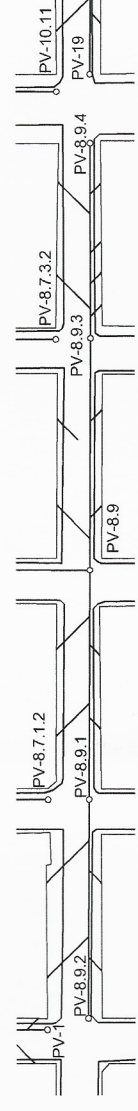
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNIA, PRIMAVERA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE PV-8.7.2 A PV-8.7 DE PV-8.7.4 A PV-8.7 Y DE PV-8.7.1.2 A PV-8.7.1

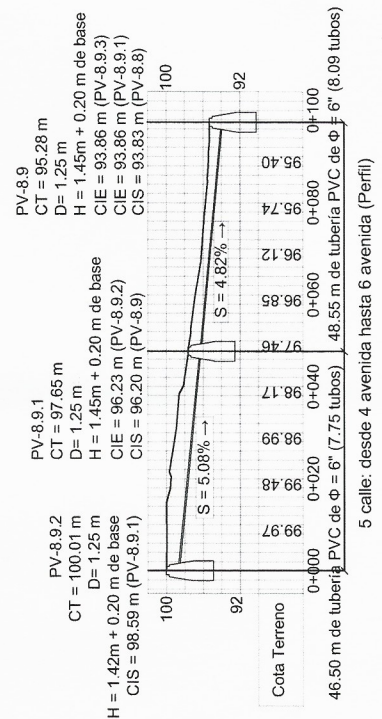
ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ  
CARR. 2992871

BOCA: 06  
ESCALA INDICADA: 4  
FECHA: NOV/2016



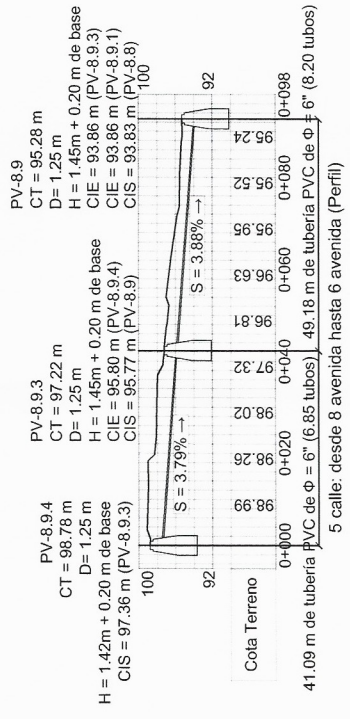
**PLANTA DE PV-8.9.2 A PV-8.9 Y DE PV-8.9.4 A PV-8.9**

ESCALA: 1/1500



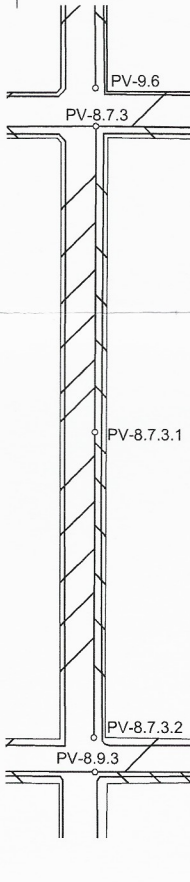
**PERFIL DE PV-8.9.2 A PV-8.9**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



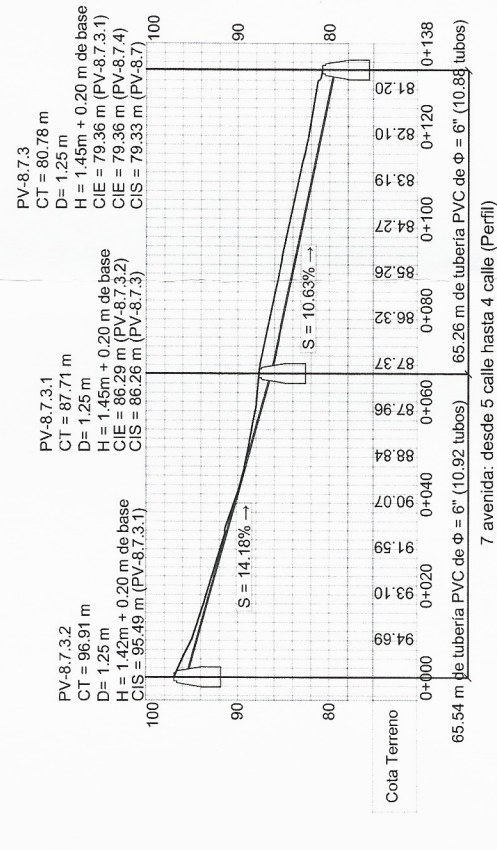
**PERFIL DE PV-8.9.4 A PV-8.9**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



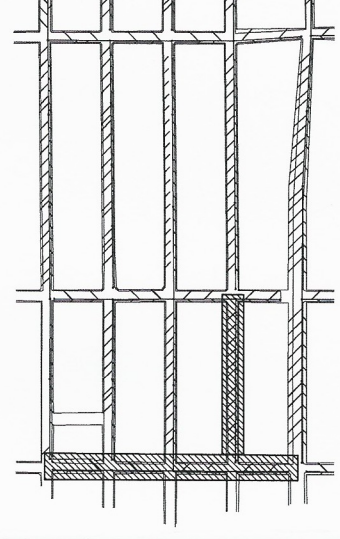
**PLANTA DE PV-8.7.3.2 A PV-8.7.3**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-8.7.3.2 A PV-8.7.3**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA

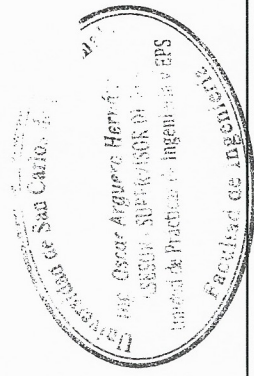
| REFERENCIAS | DESCRIPCION                     |
|-------------|---------------------------------|
| ○           | POZO DE VISTA-DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCION DEL FLUJO             |
| ⊘           | CANDILA DOMICILIAR              |
| ⊘ = "       | DIAMETRO DE TUBERIA EN PULGADAS |
| ⊘           | Perfil de terreno               |
| ⊘           | Pozo de visita                  |

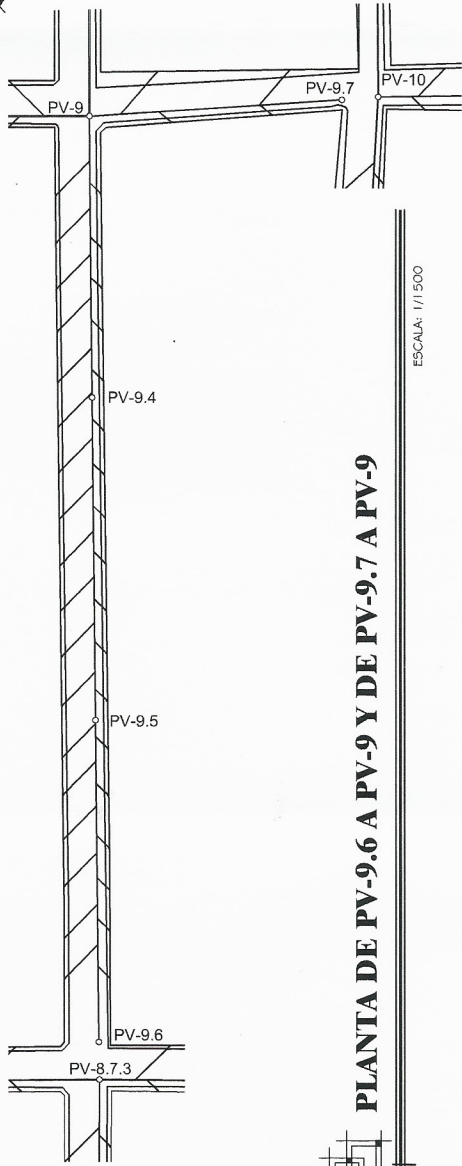
ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERIA Y ACCESORIOS SERAN DE PVC CON UNOS HERMETIZOS EN LAS JUNTAS DE CAMARAS Y EN LAS JUNTAS DE ENTRADA EXTERIOR LISO PARA DRENAJES SANITARIOS.  
NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
SIN ESCALA

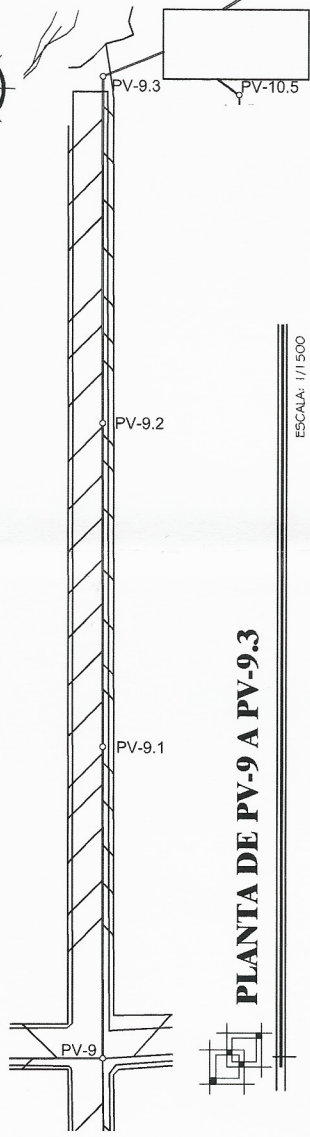


|   |  |  |                    |
|---|--|--|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA              | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA   | ESCALA:<br>INDICADA                                    | FECHA:<br>07       |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-8.9.2 A PV-8.9 DE PV-8.9.4 A PV-8.9 Y DE PV-8.7.3.2 A PV-8.7.3 | ZONA:<br>4   | DE:<br>20          |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA | ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUERO HERNANDEZ  | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ | FECHA:<br>NOV/2016 |

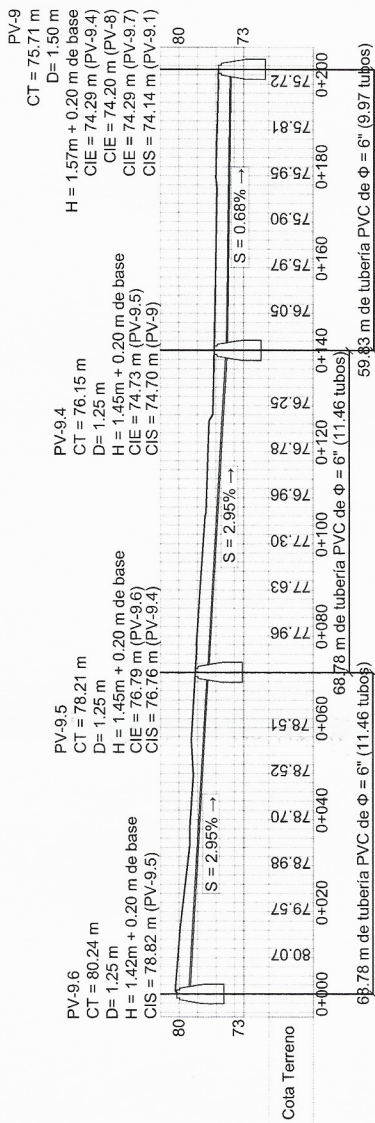




**PLANTA DE PV-9.6 A PV-9 Y DE PV-9.7 A PV-9**

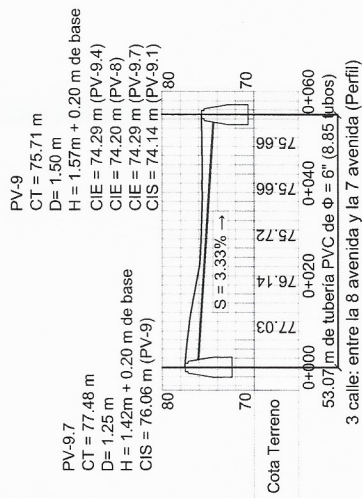


**PLANTA DE PV-9 A PV-9.3**

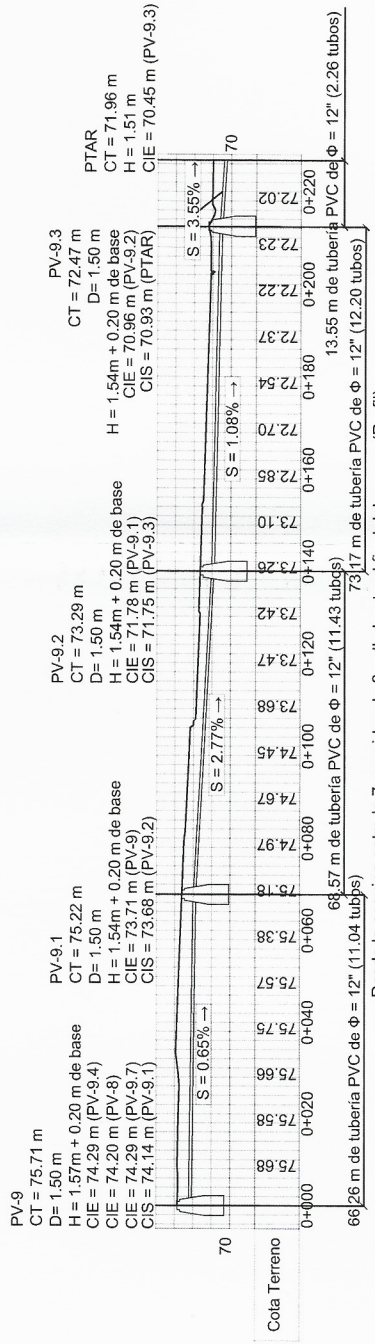


7 avenida: desde la 4 calle hasta la 3 calle (Perfil)

**PERFIL DE PV-9.6 A PV-9**



**PERFIL DE PV-9.7 A PV-9**



Desde la esquina entre la 7 avenida y la 3 calle hasta el final del campo (Perfil)

**PERFIL DE PV-9 A PV-9.3**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

**REFERENCIAS**

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                      |
|---------|----------------------------------|
|         | POZO DE VISITA-DRENAJE-SANITARIO |
|         | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
|         | CANDELA DOMICILIAR               |
|         | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|         | Perfil de terreno                |
|         | Cota de visita                   |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
INTEGRALES DE CAMPAÑA Y ESPECIA (UNTA RAPIDA) DE INTERIOR  
EXTERIOR LISO PARA DRENAJE-SANITARIO.

NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

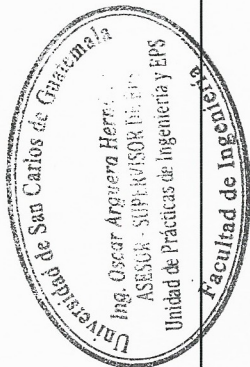
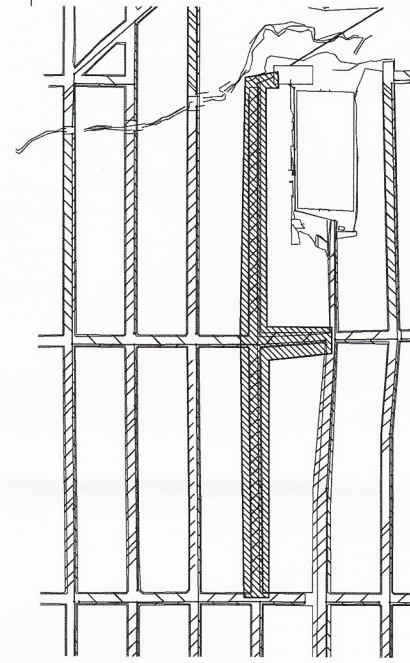
**NOMENCLATURA**

SIN ESCALA



|   |  |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA        | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                       | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO<br>DE LA COLONIA EFERRA PRIMAVERA         |
| DISEÑO:<br>ING. OSCAR ARGÜEÑA HERNÁNDEZ                                 | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-9.6 A<br>PV-9 DE PV-9.7 A PV-9 Y DE PV-9 A<br>PV-9.3 |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGÜEÑA HERNÁNDEZ                                 | ESCALA:<br>INDICADA  |
| DISEÑO DE INGENIERÍA:<br>RUBEN JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 2010207 | FECHA:<br>NOV/2016   |
| ASESOR DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGÜEÑA HERNÁNDEZ                       | ESCALA:<br>INDICADA  |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGÜEÑA HERNÁNDEZ                                 | ESCALA:<br>INDICADA  |
| FECHA:<br>NOV/2016  | ESCALA:<br>INDICADA  |
| NO. DE INGENIERÍA:<br>RUBEN JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 2010207    | ESCALA:<br>INDICADA  |
| NO. DE INGENIERÍA:<br>RUBEN JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 2010207    | ESCALA:<br>INDICADA  |

**PLANTA DE REFERENCIA**

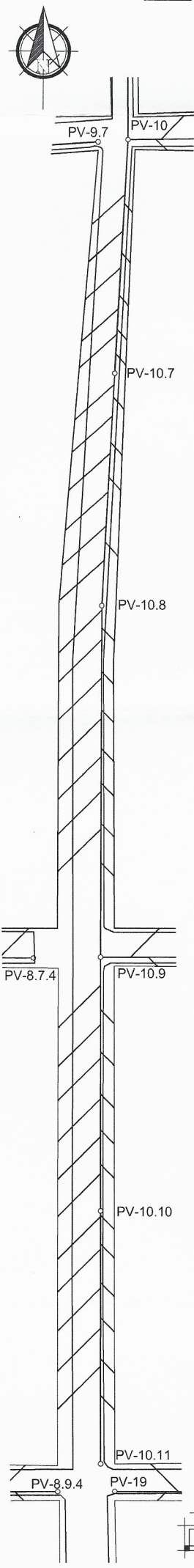


ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

| REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                     |
|-------------|---------------------------------|
| ○           | POZO DE VISTA-DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| ↻           | CANDELA DOMICILIAR              |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —           | Perfil de terreno               |
| —           | Perfil de tubería               |

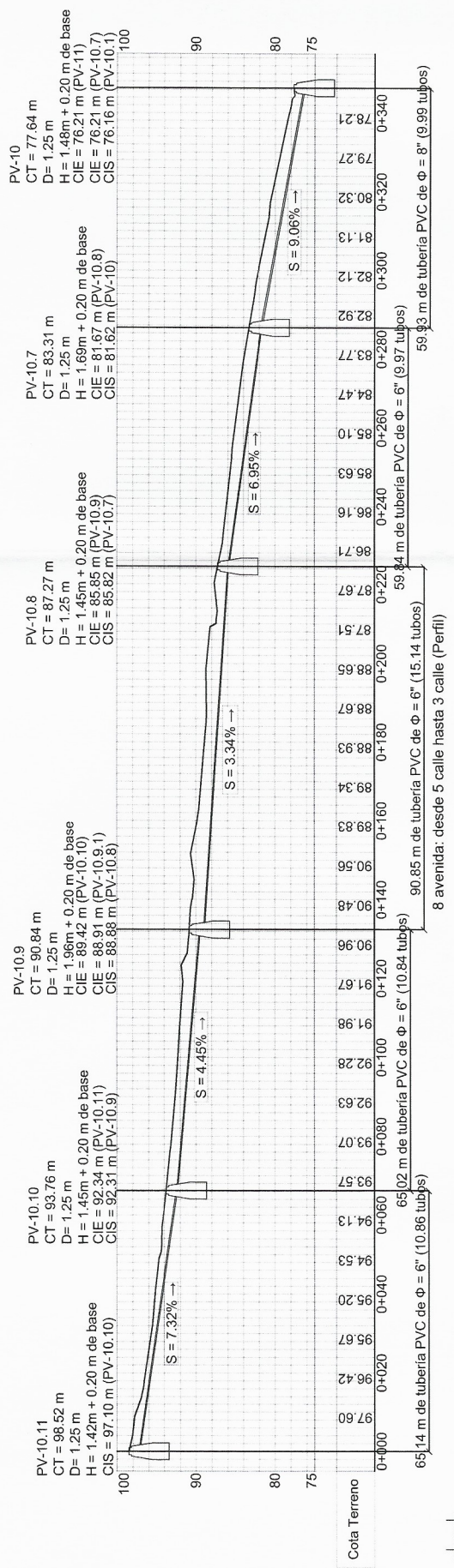
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS IRREVERSIBLES  
 INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPICA (UNTA BAPTAL) DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



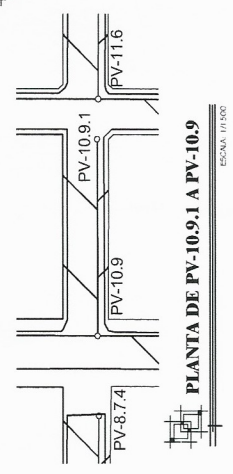
**PLANTA DE PV-10.11 A PV-10**

ESCALA: 1/1500



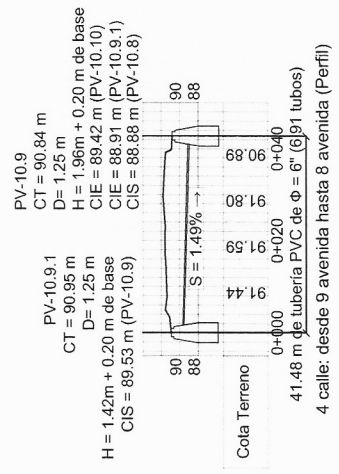
**PERFIL DE PV-10.11 A PV-10**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



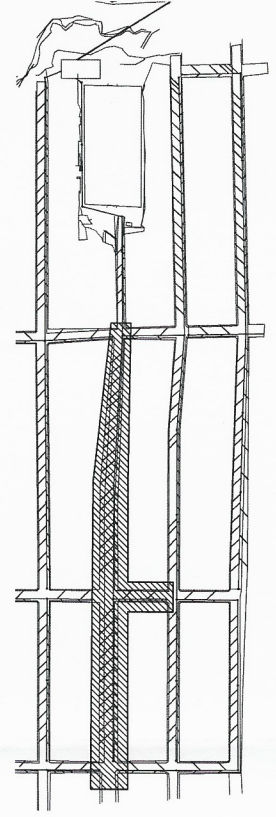
**PLANTA DE PV-10.9.1 A PV-10.9**

ESCALA: 1/1500



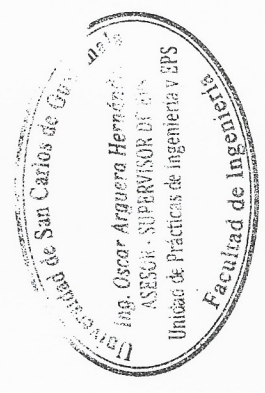
**PERFIL DE PV-10.9.1 A PV-10.9**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



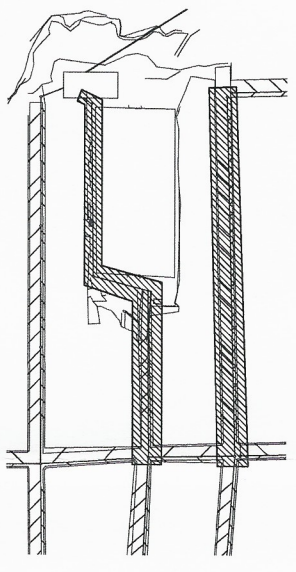
*[Handwritten signature]*



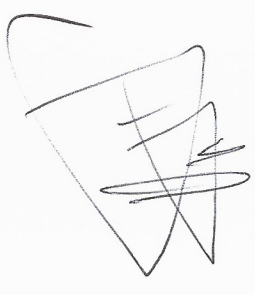
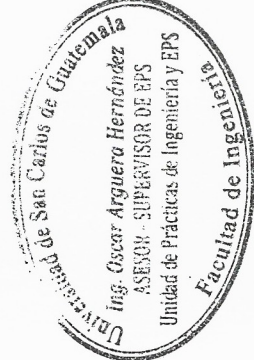
|   |   |                      |                   |
|---|---|----------------------|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA          | PROYECTO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                            | ESCALA INDICADA<br>4 | FECHA<br>NOV/2016 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   | CONTENIDO<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-10.11 A PV-10.9                  | INDICADA<br>09       | FECHA<br>NOV/2016 |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA EL TRINAJERO | PROYECTO  | INDICADA<br>4        | FECHA<br>NOV/2016 |
| DISEÑO DE REGION  | ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ<br>CARNET 20120071 | INDICADA<br>09       | FECHA<br>NOV/2016 |

| REFERENCIAS       | DESCRIPCIÓN                        |
|-------------------|------------------------------------|
| ○                 | POZO DE VISITA - DRENAJE SANITARIO |
| →                 | DIRECCIÓN DEL FLUJO                |
| ↺                 | CANALIZACIÓN                       |
| ∅ = "             | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS    |
| Perfil de terreno | Perfil de terreno                  |
| Pozo de visita    | Pozo de visita                     |

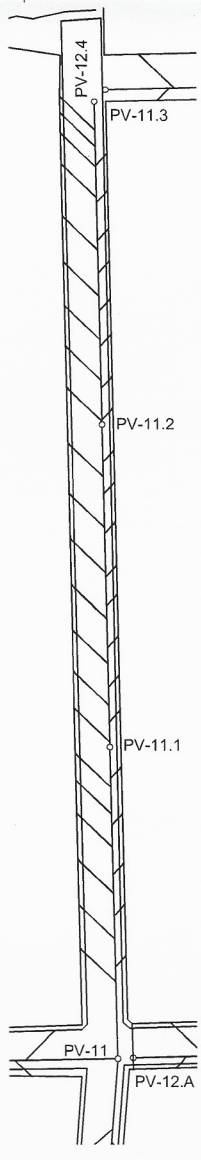
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS INTEGRALES DE CAMPAÑA Y ESPIGA (UNTA BARRIL) DE INTERIOR Y EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIOS  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3035



**PLANTA DE REFERENCIA**  
ESCALA: SIN ESCALA

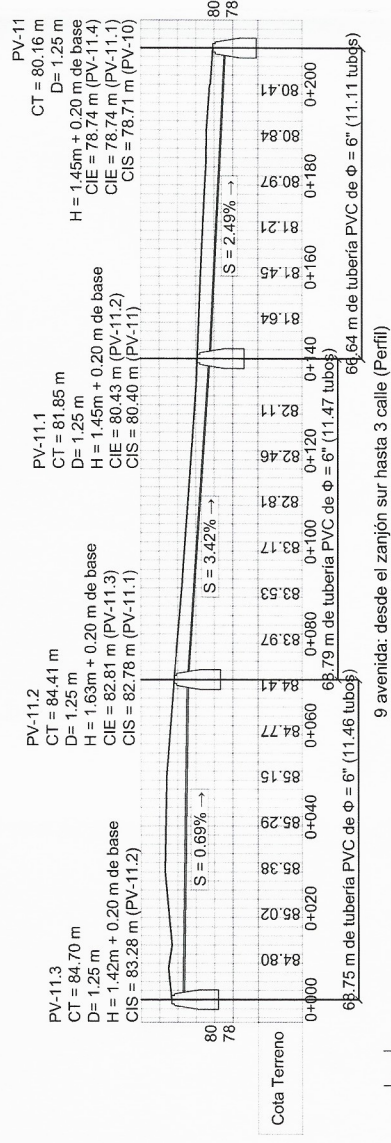


|  |   |
|--|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA     | PROYECTO<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                    | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |
| CONTENIDO<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-11.3 A PV-11 Y DE PV-10 A PV-10.5 | ESCALA INDICADA<br>FOLIO 4  |
| DISEÑO<br>JOSE ESTRADA   | FECHA<br>NOV/2016   |
| ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                     | FECHA<br>NOV/2016   |
| ASESOR DE REGION<br>NOTO JOSE ESTRADA GONZALEZ                       | FECHA<br>NOV/2016   |



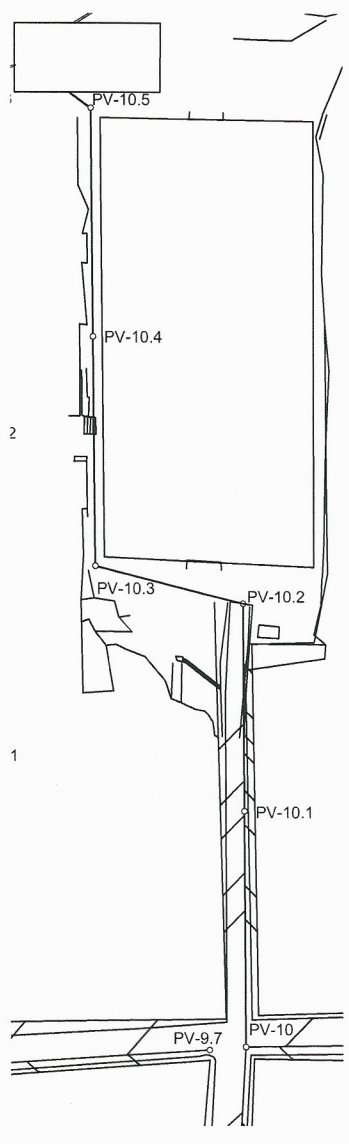
**PLANTA DE PV-11.3 A PV-11**

ESCALA: 1/1500



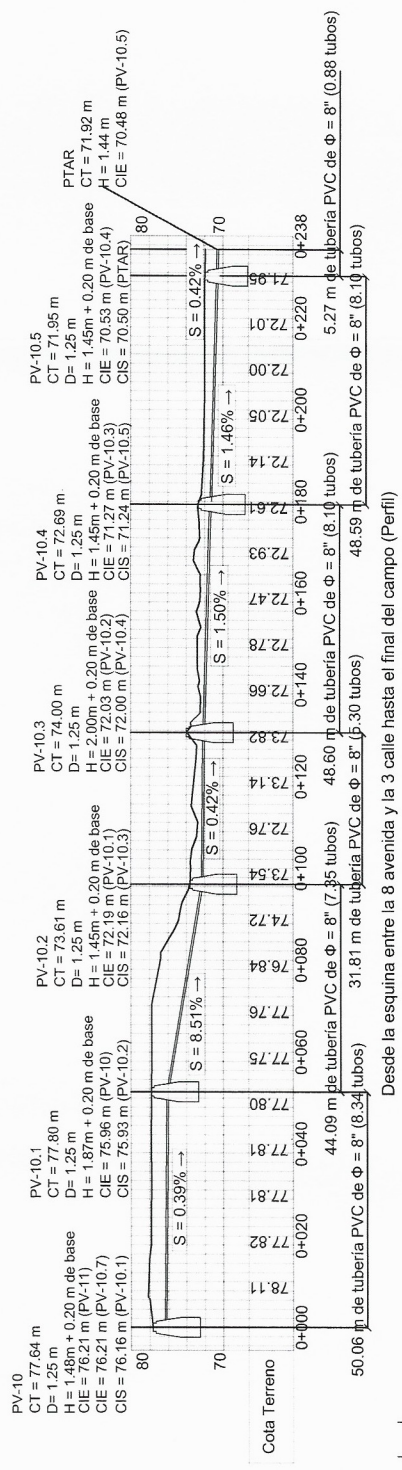
**PERFIL DE PV-11.3 A PV-11**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE PV-10 A PV-10.5**

ESCALA: 1/1500



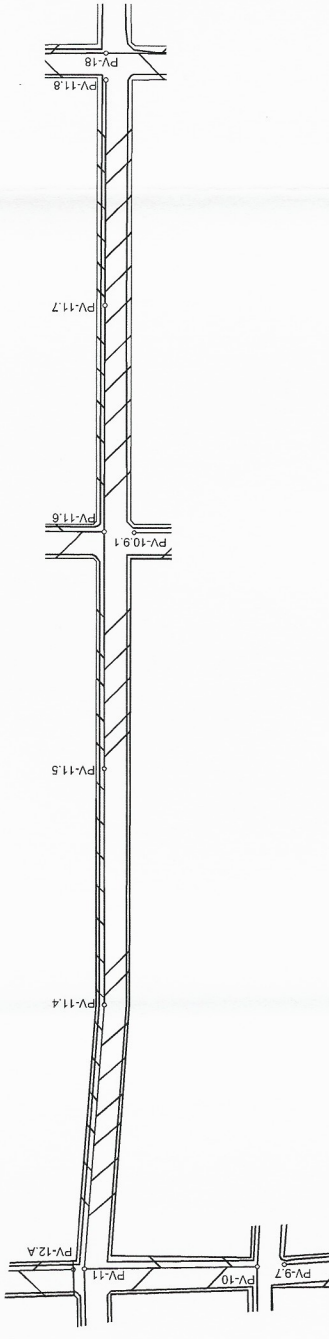
**PERFIL DE PV-10 A PV-10.5**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

| REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                     |
|-------------|---------------------------------|
| ○           | POZO DE VISTA-DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| ↺           | CANALIZACION                    |
| Ø = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
|             | Perfil de terreno               |
|             | Perfil de tubería               |

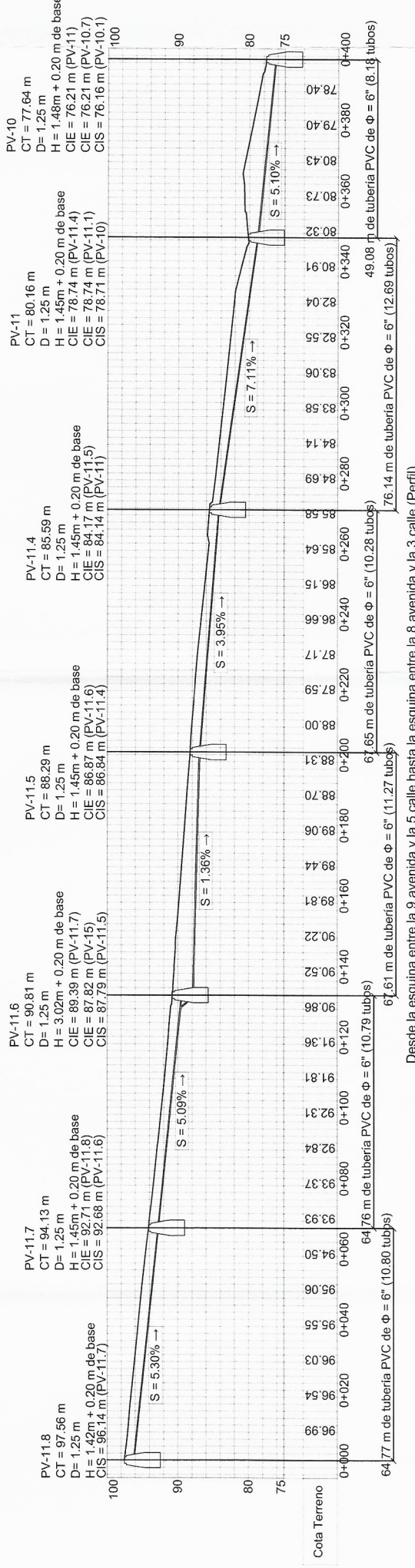
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS  
 INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (UNTA RADIAL DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DRENAJES SANITARIOS)  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



**PLANTA DE PV-11.8 A PV-10**

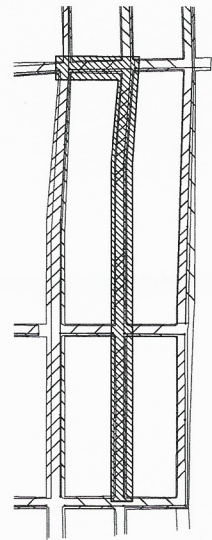
ESCALA: 1/2000



Desde la esquina entre la 9 avenida y la 5 calle hasta la esquina entre la 8 avenida y la 3 calle (Perfil)

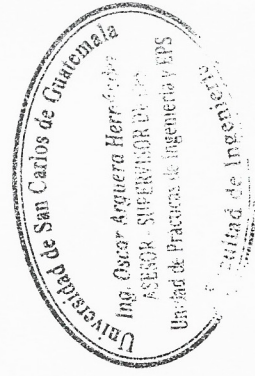
**PERFIL DE PV-11.8 A PV-10**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



*[Handwritten signature]*

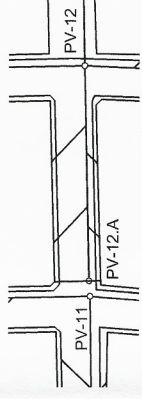


|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                |                                 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                                 |
| PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |                                 |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNIA LERMAVIERA |                                 |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-11.8 A PV-10                                | ESCALA INDICADA:<br>FOJA:<br>11 |
| ASESOR DE REGION:<br>ING OSCAR ARGUETA HERNANDEZ<br>CARNET: 20153071            | FECHA:<br>NOV / 2016            |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 20153071      | FOJA:<br>20                     |



| REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                      |
|-------------|----------------------------------|
| ○           | POZO DE VISITA DRENAJE SANITARIO |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
| ↻           | CANDELA DOMICILIAR               |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|             | Perfil de terreno                |
|             | Pozo de visita                   |

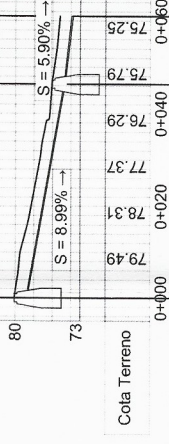
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS  
 INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (UNTA BARRIDA) DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIOS  
 NORMA APLICABLE: AS/NZS 1546



### PLANTA DE PV-12.A A PV-12

ESCALA: 1/1500

**PV-12**  
 CT = 76.06 m  
 D = 1.25 m  
 H = 1.45m + 0.20 m de base  
 CIE = 74.64 m (PV-12.1)  
 CIE = 74.64 m (PV-13)  
 H = 1.42 m  
 CIE = 74.64 m (PV-12.A)  
 CIS = 74.61 m (baldeo)  
**BALDIO (FOSA SEPTICA)**  
 CT = 75.20 m  
 H = 1.42 m  
 CIE = 73.78 m (PV-12)



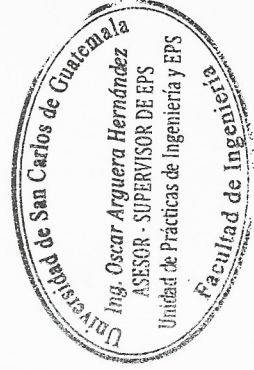
45.24 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (7.54 tubos) 14.09 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (2.35 tubos)  
 3 calles, desde la 9 avenida hasta el final (Perfil)

### PERFIL DE PV-12.A A PV-12

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



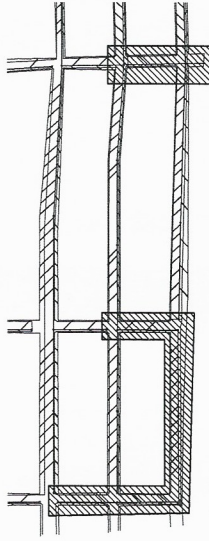
|  |   |                 |          |
|--|---|-----------------|----------|
| INGENIERO                              | ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | CARNET          | 20338971 |
| ASISTENTE DE REGION                    | RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ   | FECHA           | NOV/2016 |
| CONTENIDO                              | PLANTA Y PERFIL DE PV-19 A PV-11.6 A PV-12.A A PV-12                          | ESCALA INDICADA | 1/1500   |
| PROYECTO                               | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERRA PERMAVERA | CONO            | 4        |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA | FACULTAD DE INGENIERIA  | FECHA           | NOV/2016 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO      | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  | ESCALA INDICADA | 1/1500   |
| PROYECTO                               | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERRA PERMAVERA | CONO            | 4        |
| FECHA                                  | NOV/2016  | ESCALA INDICADA | 1/1500   |



Ing. Oscar Argueta Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

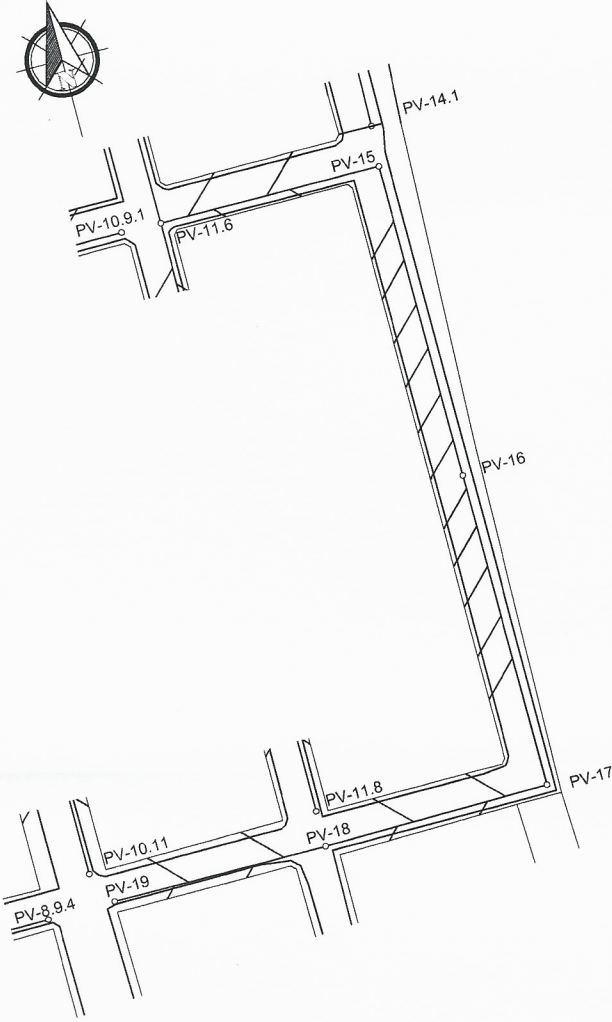
### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA



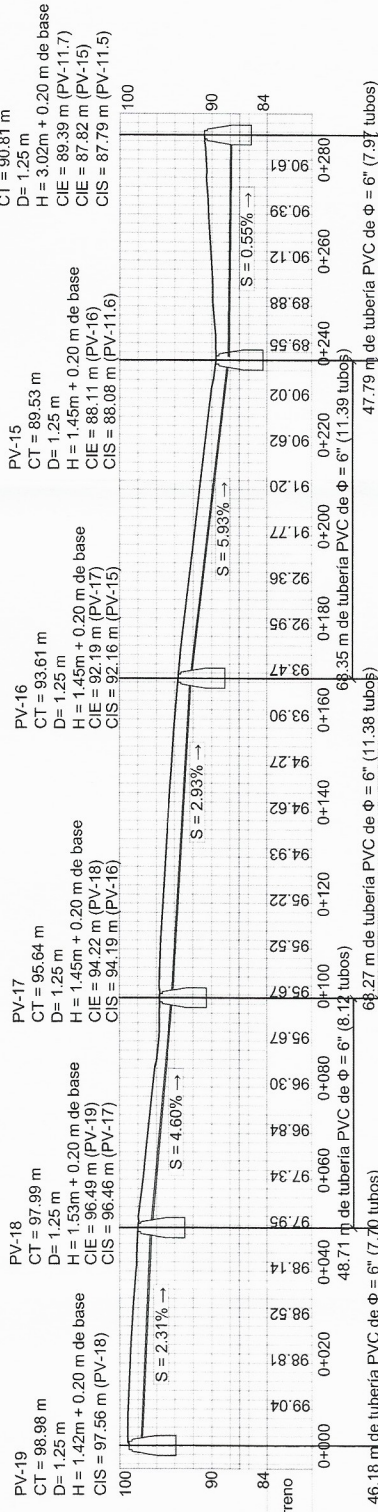
### PERFIL DE PV-19 A PV-11.6

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



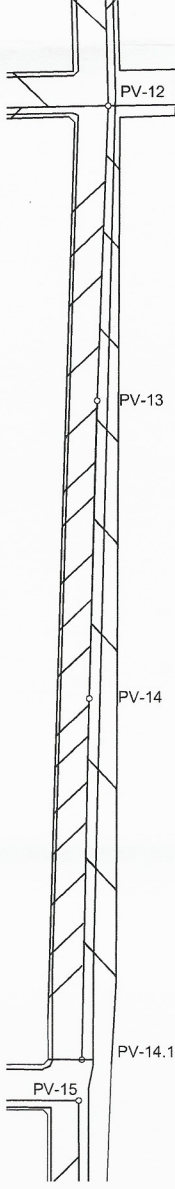
### PLANTA DE PV-19 A PV-11.6

ESCALA: 1/1500



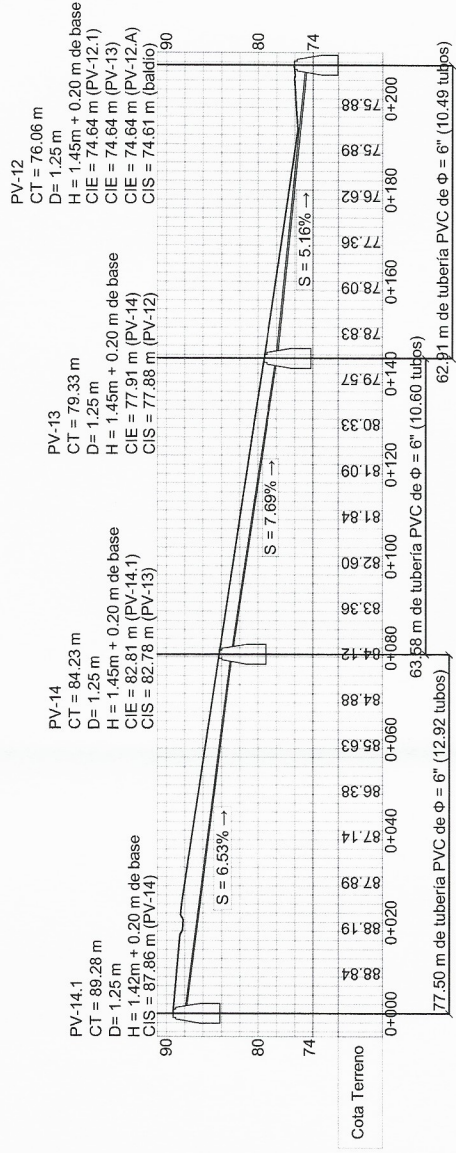
46.18 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (7.70 tubos) 48.71 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (8.12 tubos) 68.27 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (11.38 tubos) 68.35 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (11.39 tubos) 47.79 m de tubería PVC de  $\phi = 6"$  (7.97 tubos)

Desde la esquina entre la 8 avenida y la 5 calle hasta la esquina entre la 9 avenida y la 4 calle (Perfil)



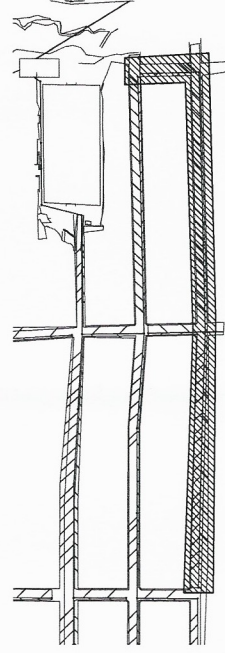
### PLANTA DE PV-14.1 A PV-12

ESCALA: 1/1500



### PERFIL DE PV-14.1 A PV-12

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA

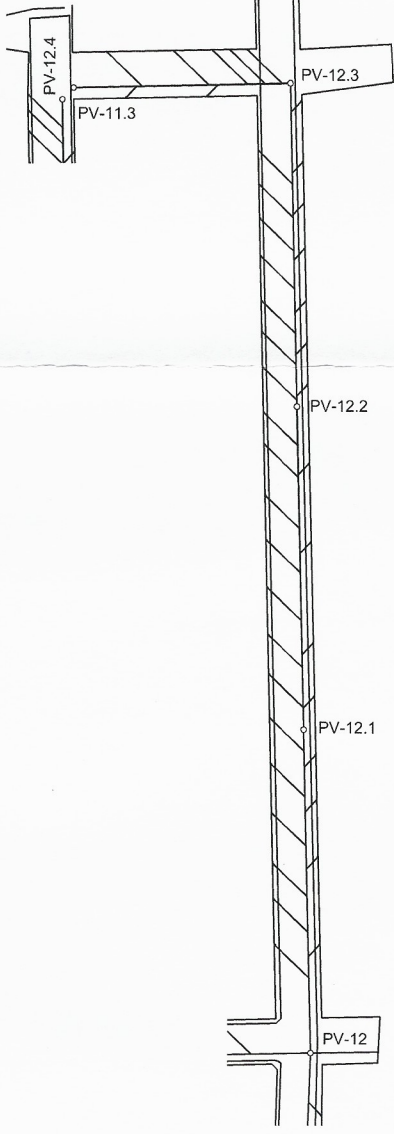
| SÍMBOLO | REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                      |
|---------|-------------|----------------------------------|
|         |             | POZO DE VISITA DRENAJE/SANITARIO |
|         |             | DIRECCIÓN DEL FLUIDO             |
|         |             | CANDELA DIMENSIONAL              |
|         |             | DIAMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|         |             | Perfil de visita Pozo de visita  |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRALES PARA TUBERÍA DE ALTA CALIDAD DE INTERIOR Y EXTERIOR PARA TUBERÍA SANITARIA.

NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

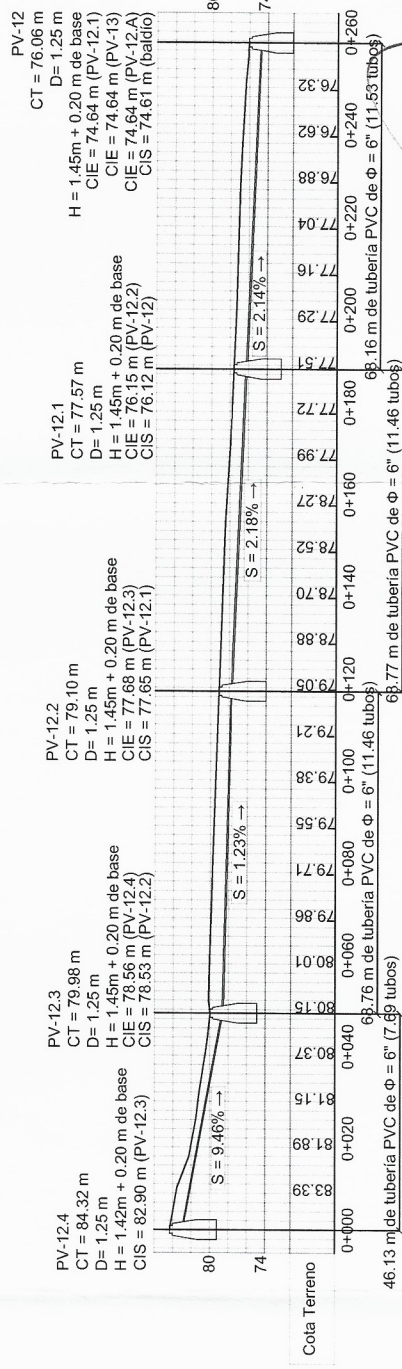
### NOMENCLATURA

SIN ESCALA



### PLANTA DE PV-12.4 A PV-12

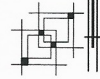
ESCALA: 1/1500



Desde la esquina entre 9 avenida y 2 calle hasta la esquina entre 10 avenida y 3 calle (Perfil)

### PERFIL DE PV-12.4 A PV-12

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ZONA URBANA PRIMARIA

DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
CALCULO: JOSÉ ESTRADA

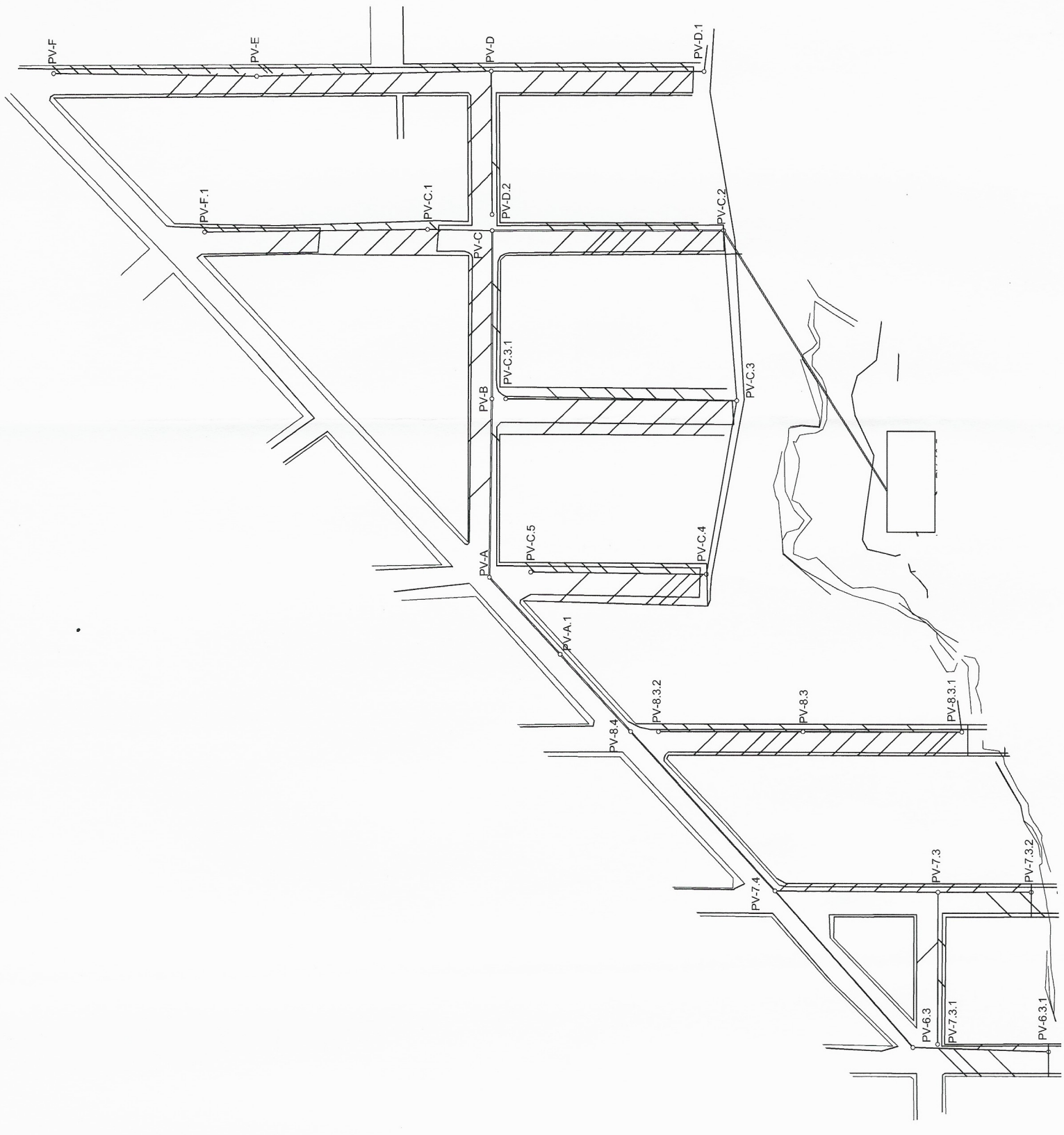
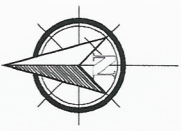
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE PV-14.1 A PV-12 Y DE PV-12.4 A PV-12

ESCALA: SUBGRADA: 4  
ZONA: 13

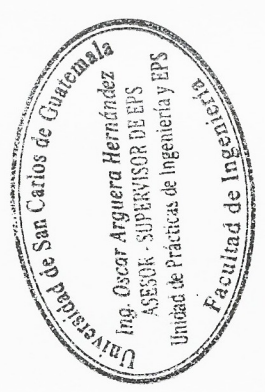
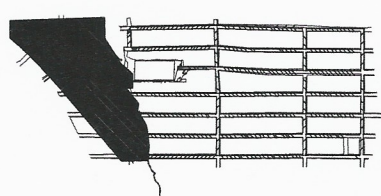
ASESOR DE REGIÓN: INGENIERO DE INGENIERÍA  
ING. OSCAR ARGÜETA HERNÁNDEZ  
CARNET: 201020071

FECHA: NOV/2016  
FOLIO: 20

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Argüeta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



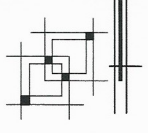
**PLANTA DE REFERENCIA**  
ESCALA: SIN ESCALA



*[Handwritten signature]*



|  |                         |   |             |
|--|-------------------------|---|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                           |                         | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA         |             |
| PROYECTO<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETERNAL PRIMAVERA |                         | CONTENIDO<br>PLANTA GENERAL DRENAJE SANITARIO                             |             |
| DISEÑO:<br>JOSE ESTRADA  | AVULCO:<br>JOSE ESTRADA | ESCALA:<br>INDICADA<br>FONDA: 4   | FOJA:<br>14 |
| ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   |                         | DISEÑO DE INGENIERIA<br>RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 20152871 |             |
|  |                         | FECHA:<br>NOV / 2016  |             |
|  |                         | FOJA:<br>20   |             |

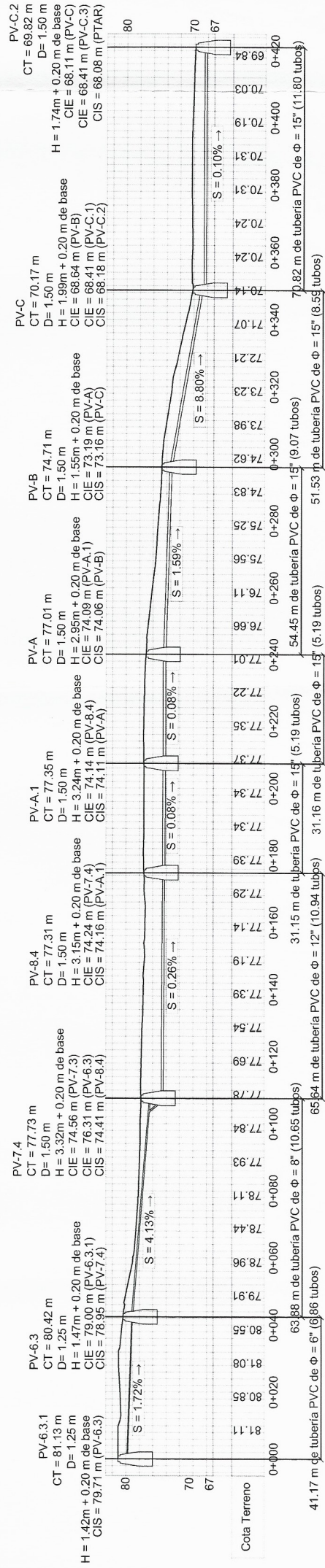
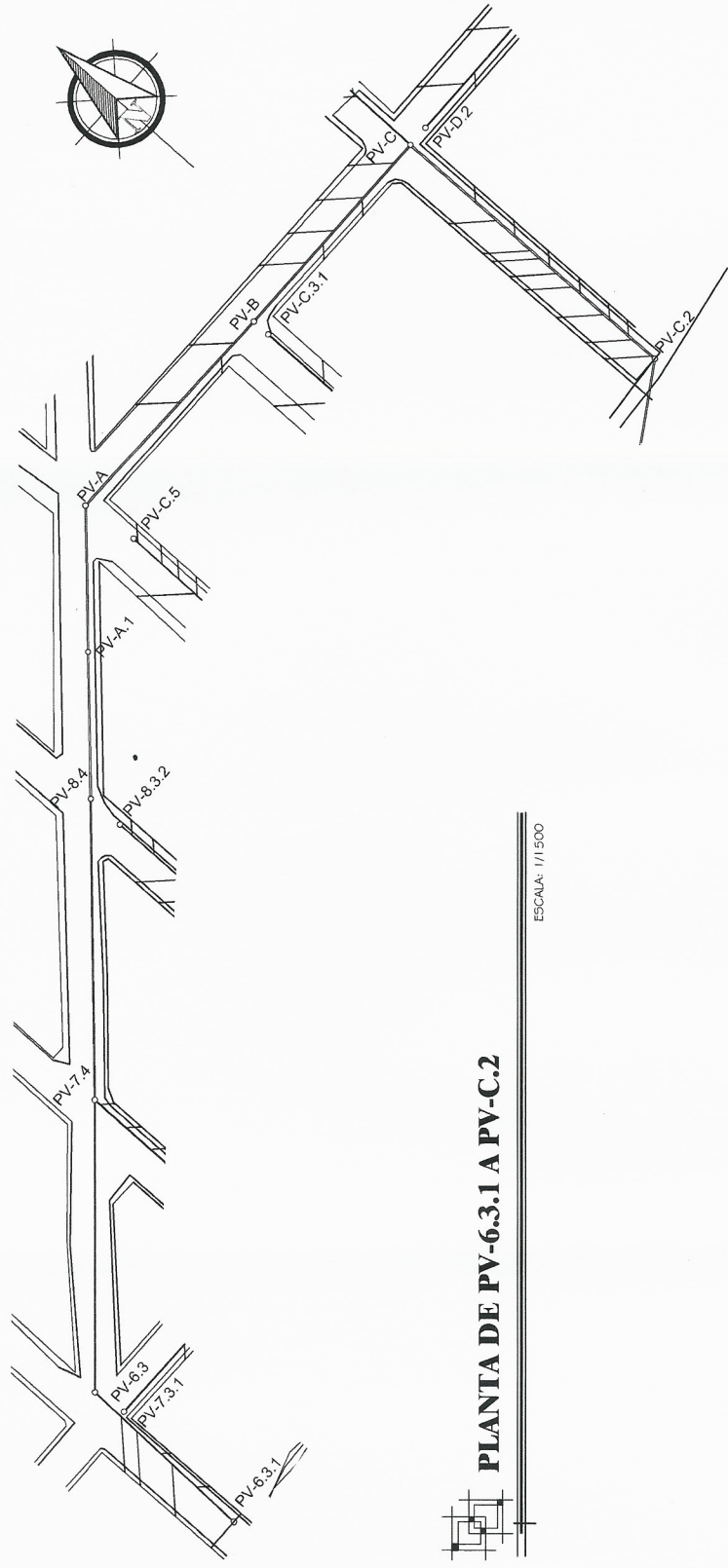


# PLANTA GENERAL DRENAJE SECUNDARIO

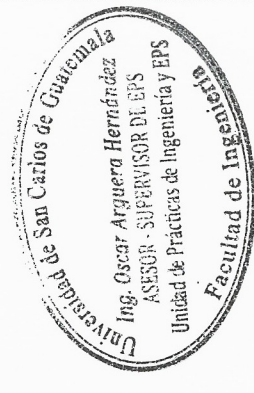
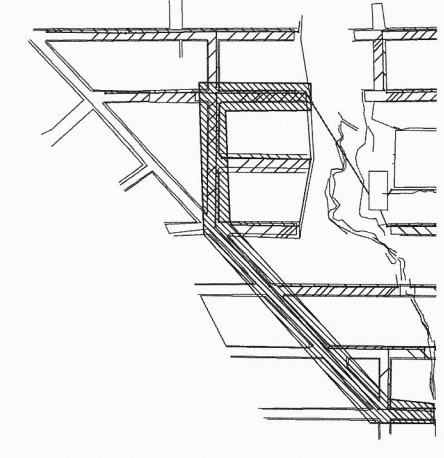
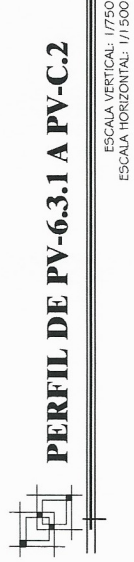
ESCALA: 1/1500

| REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                     |
|-------------|---------------------------------|
| ○           | POZO DE VISTA URBAN/SANITARIO   |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| ↻           | CANDEJA DOMICILIAR              |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —           | Perfil de terreno               |
| —           | Pozo de visita                  |

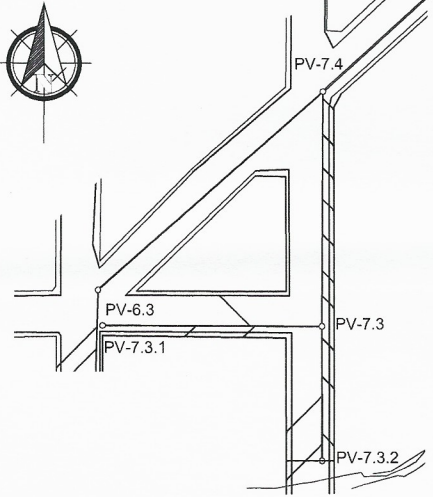
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
 INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPECIA BUNTA BUNDA DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DREJES SANITARIOS.  
 NORMA APLICABLE: AS/MD/281



Desde la intersección entre la 4 avenida y el zanjón hasta la intersección entre la 9 avenida y el zanjón (Perfil)

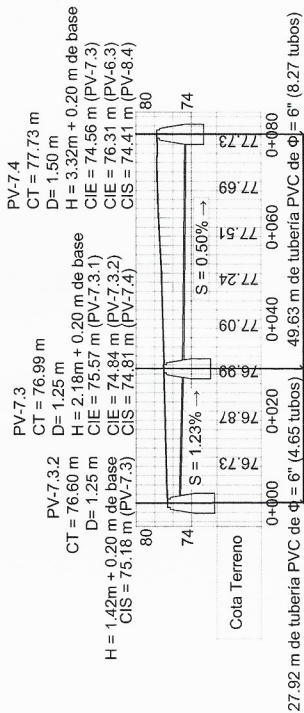


|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA               | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA               | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA               | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA               |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  |
| MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETRENA PERIMAYERA | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETRENA PERIMAYERA | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETRENA PERIMAYERA | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETRENA PERIMAYERA |
| PROYECTOS  | PROYECTOS  | PROYECTOS  | PROYECTOS  |
| CONTENIDO:   | CONTENIDO:   | CONTENIDO:   | CONTENIDO:   |
| PLANTA Y PERFIL DE PV-6.3.1 A PV-C.2   | PLANTA Y PERFIL DE PV-6.3.1 A PV-C.2   | PLANTA Y PERFIL DE PV-6.3.1 A PV-C.2   | PLANTA Y PERFIL DE PV-6.3.1 A PV-C.2   |
| ESCALA INDICADA  | ESCALA INDICADA  | ESCALA INDICADA  | ESCALA INDICADA  |
| 4  | 4  | 4  | 4  |
| 15   | 15   | 15   | 15   |
| FECHA  | FECHA  | FECHA  | FECHA  |
| NOV/2016   | NOV/2016   | NOV/2016   | NOV/2016   |
| ASESOR DE REGION   | ASESOR DE REGION   | ASESOR DE REGION   | ASESOR DE REGION   |
| ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   |
| CARNET 20162871  | CARNET 20162871  | CARNET 20162871  | CARNET 20162871  |



**PLANTA DE PV-7.3.2 A PV-7.4 Y DE PV-7.3.1 A PV-7.3**

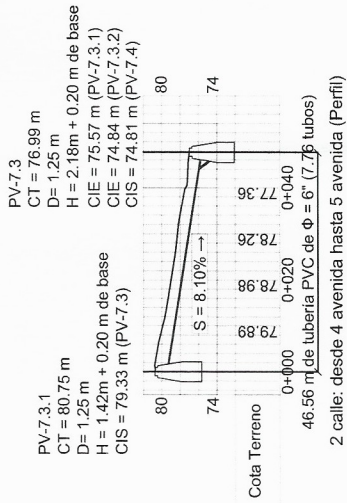
ESCALA: 1/1500



5 avenida: desde el zanjón norte hasta la 1 calle (Perfil)

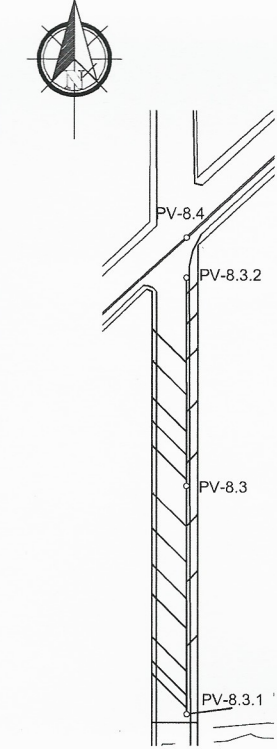
**PERFIL DE PV-7.3.2 A PV-7.4**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



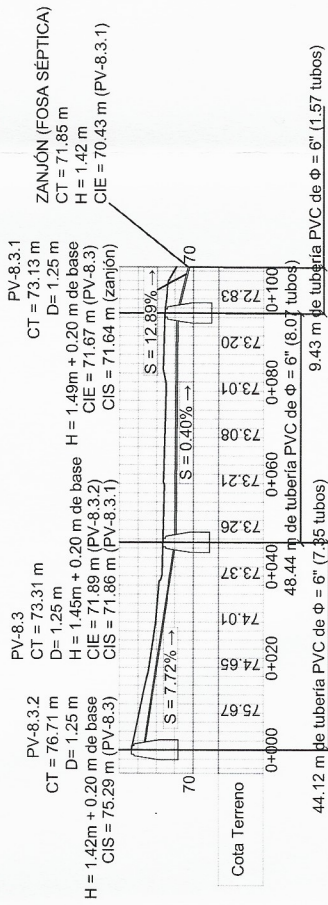
**PERFIL DE PV-7.3.1 A PV-7.3**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



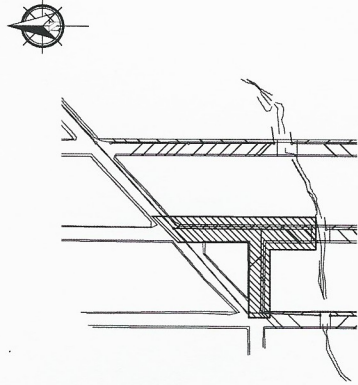
**PLANTA DE PV-8.3.2 A PV-8.3.1**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-8.3.2 A PV-8.3.1**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

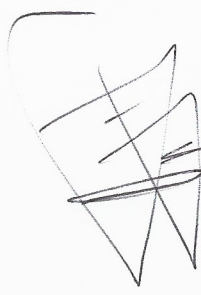
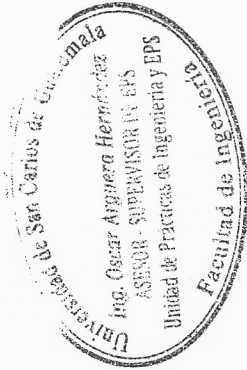
ESCALA: SIN ESCALA

| SÍMBOLO | REFERENCIAS                     | DESCRIPCIÓN       |
|---------|---------------------------------|-------------------|
| ○       | POZO DE VISTA                   | DRENAJE SANITARIO |
| →       | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |                   |
| ○       | CANCHA DOMICILIAR               |                   |
| ∅ = "   | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |                   |
| ○       | Perfil de terreno               | Pozo de visita    |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON UNIDADES METRICAS INTEGRAL DE CAMPAÑA Y ESPEGA (UNTA RAPIDA) DE INTERIOR Y EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIOS  
NORMA APLICABLE: ASTM D 2031

**NOMENCLATURA**

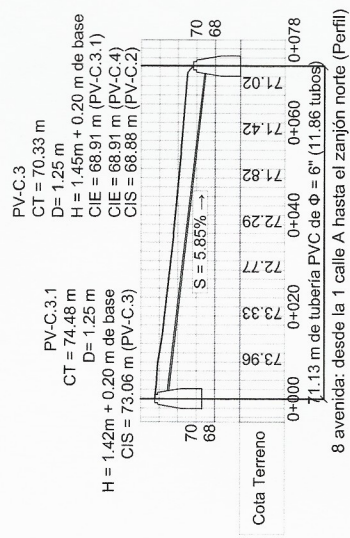
SIN ESCALA



|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | PROYECTO<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA FERRERÍA PRIMERA         | ESCALA INDICADA<br>16                           | FECHA<br>NOV/2016                                   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  | ESCALA REAL<br>4                                | DE<br>20  |
| DISEÑO<br>JOSÉ ESTRADA   | CONTENIDO<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-7.3.2 A PV-7.4 Y DE PV-7.3.1 A PV-7.3 Y DE PV-8.3.2 A PV-8.3.1 | ASESOR DE REGION<br>ING OSCAR ARGÜETA HERNÁNDEZ | DISEÑO DE INGENIERIA<br>KUTUY JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ |

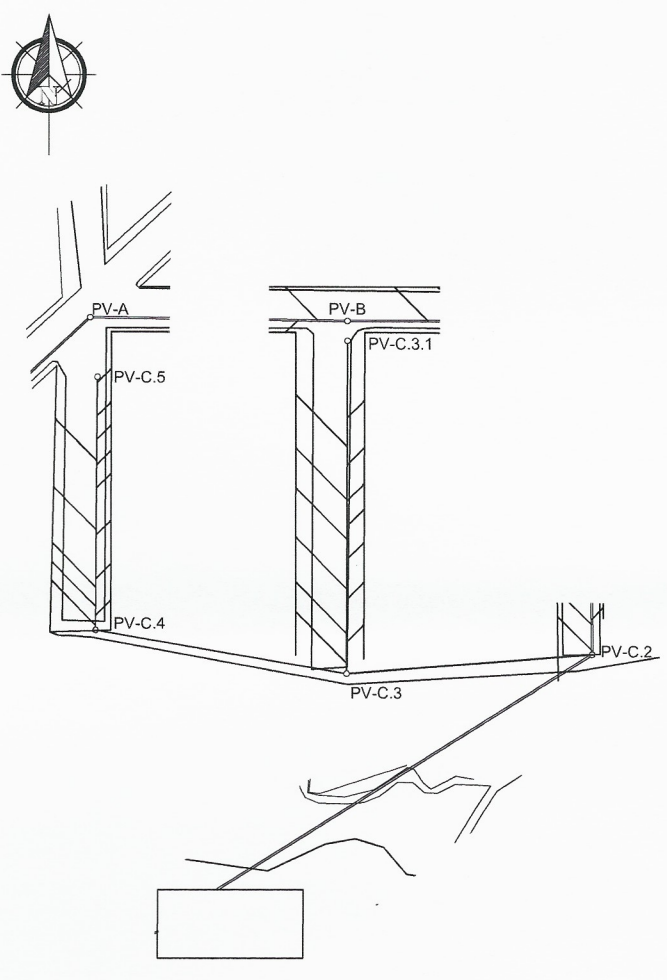
| REFERENCIAS       |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| SÍMBOLO           | DESCRIPCIÓN                      |
|                   | FOZO DE VISITA DRENAJE SANITARIO |
|                   | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
|                   | CANCHA DOMICILIAR                |
| $\varnothing = "$ | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|                   | Pozo de visita Perfil de terreno |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (JUNTA RÁPIDA) DE INTERIOR Y EXTERIOR LEO PARA DRENAJES SANITARIOS.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D3031



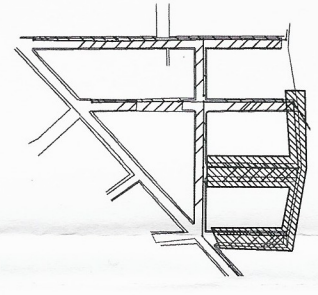
**PERFIL DE PV-C.3.1 A PV-C.3**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



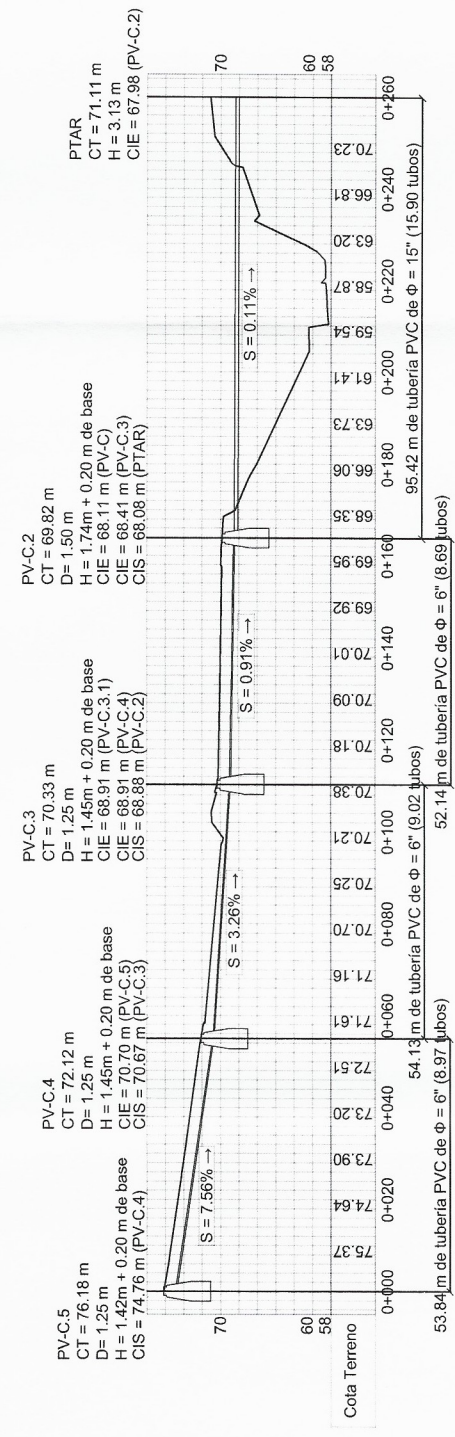
**PLANTA DE PV-C.5 A PV-C.2 Y DE PV-C.3.1 A PV-C.3**

ESCALA: 1/1500



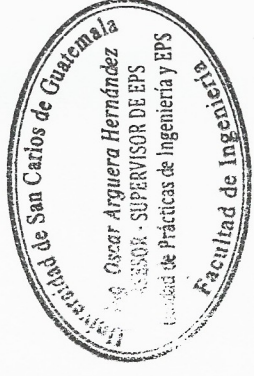
**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



**PERFIL DE PV-C.5 A PV-C.2**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

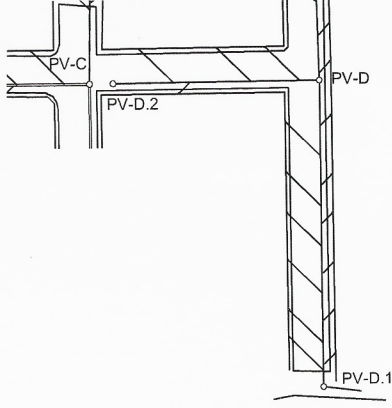


|  |  |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA                                     |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ETIENNA FERRAZA |
| DISEÑO:<br>JOSE ESTRADA  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-C.5 A PV-C.2 Y DE PV-C.3.1 A PV-C.3      |
| ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                | FECHA:<br>NOV/2016   |
| DISEÑO DE INGENIERA:<br>MAYOLHO JOSE ESTRADA GONZALEZ            | DE:<br>20  |
| ESCALA INDICADA:<br>FOLIO: 4                                     | ESCALA INDICADA:<br>FOLIO: 17  |

| REFERENCIAS |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                        |
|             | POZO DE VISITA - DRENAJE SANITARIO |
|             | DIRECCIÓN DEL FLUJO                |
|             | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS    |
|             | Perfil de terreno                  |
|             | POZO DE VISITA                     |

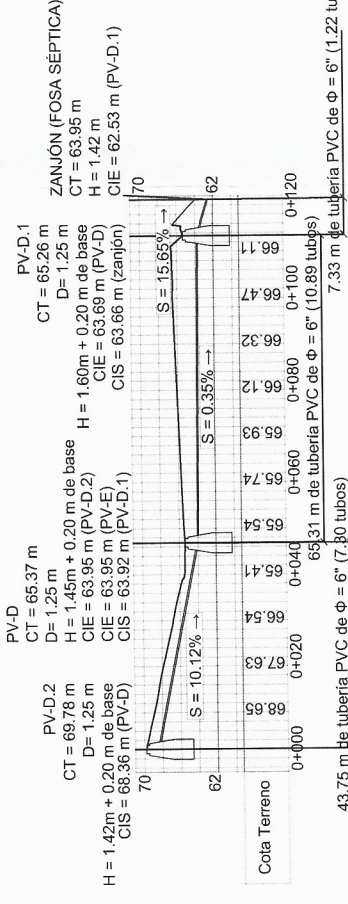
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON UNAS HERRAMIENTAS  
 INGENIERIA Y ESCALA JUNTA BARRIDA DE INTERIOR Y  
 EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIOS  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



**PLANTA DE PV-D.2 A PV-D.1**

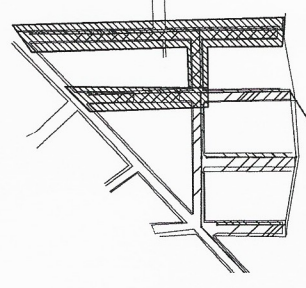
ESCALA: 1/1500



Desde la intersección entre la 9 avenida y la 1 calle A hasta la intersección entre la 10 avenida y el zanjón (Perfil)

**PERFIL DE PV-D.2 A PV-D.1**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

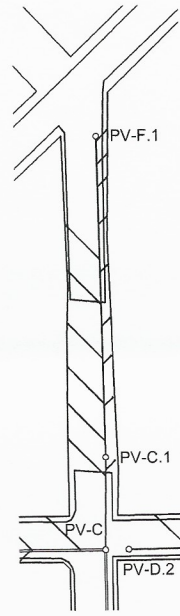


**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA

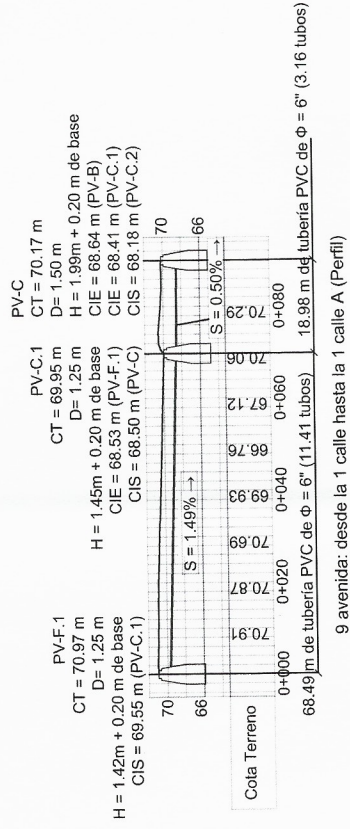


|  |                      |
|--|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA                               |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  |                      |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CALLE 10 AVENIDA Y 1 CALLE A | FECHA:<br>NOV / 2016 |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-F.1 A PV-C, DE PV-F A PV-D Y DE PV-D.2 A PV-D.1            | FECHA:<br>NOV / 2016 |
| DISEÑO:<br>JOSE ESTRADA  | FECHA:<br>NOV / 2016 |
| ASesor DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | FECHA:<br>NOV / 2016 |
| ASesor DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | FECHA:<br>NOV / 2016 |
| ASesor DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | FECHA:<br>NOV / 2016 |



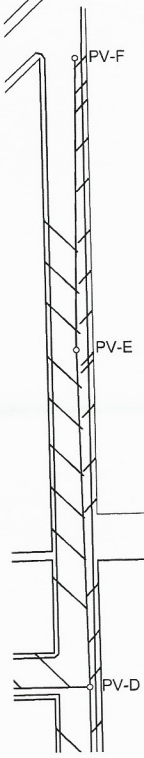
**PLANTA DE PV-F.1 A PV-C**

ESCALA: 1/1500



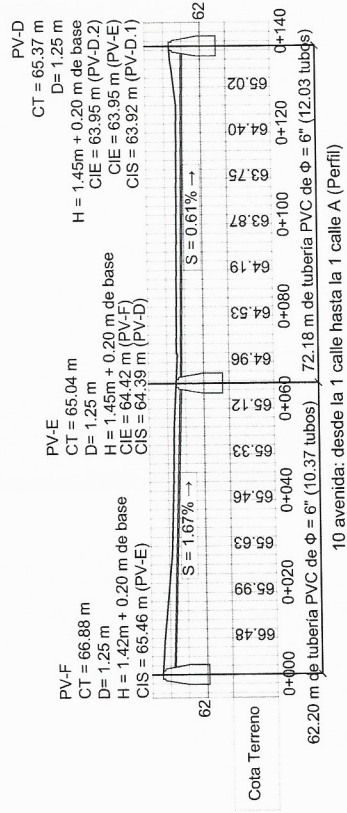
**PERFIL DE PV-F.1 A PV-C**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE PV-F A PV-D**

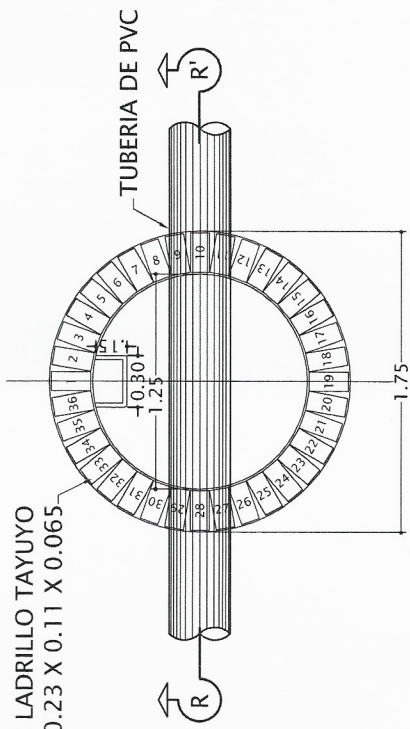
ESCALA: 1/1500



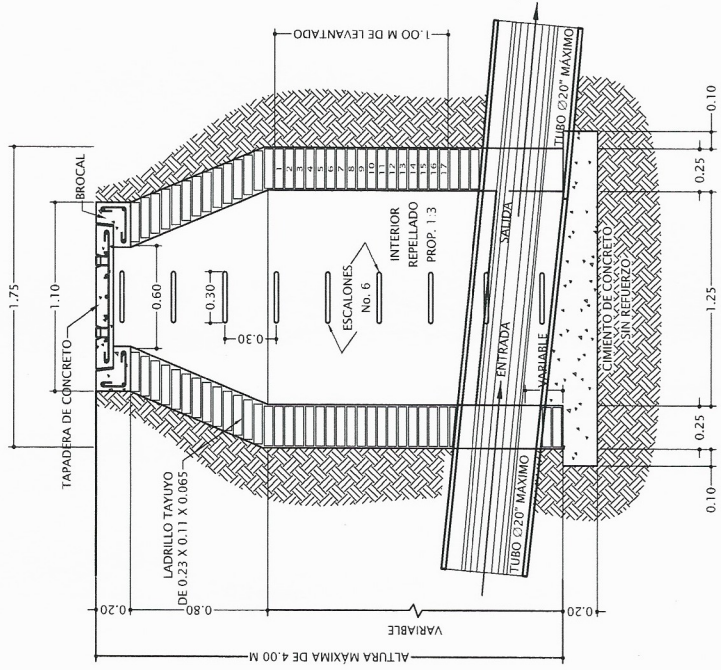
**PERFIL DE PV-F A PV-D**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

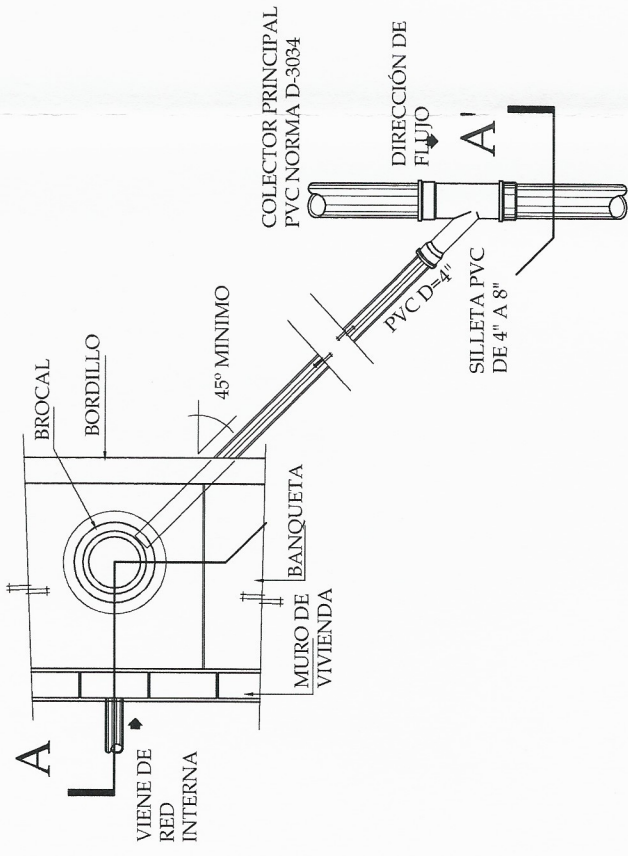
LADRILLO TAYUYO  
DE 0.23 X 0.11 X 0.065



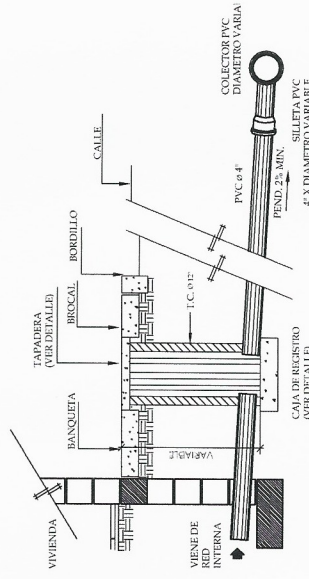
PLANTA DE POZO DE VISITA TIPO I  
ESCALA: 1/40



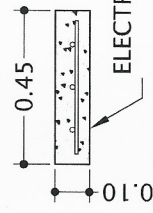
DETALLE DE POZO DE VISITA TIPO I  
ESCALA: 1/40



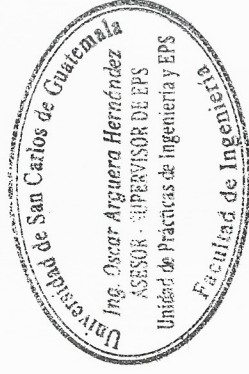
PLANTA DE CONEXIÓN DOMICILIAR  
ESCALA: 1/40



DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR  
ESCALA: 1/40



DETALLE TAPADERA CONEXIÓN DOMICILIAR  
ESCALA: 1/20



*[Handwritten signature]*

ESPECIFICACIONES

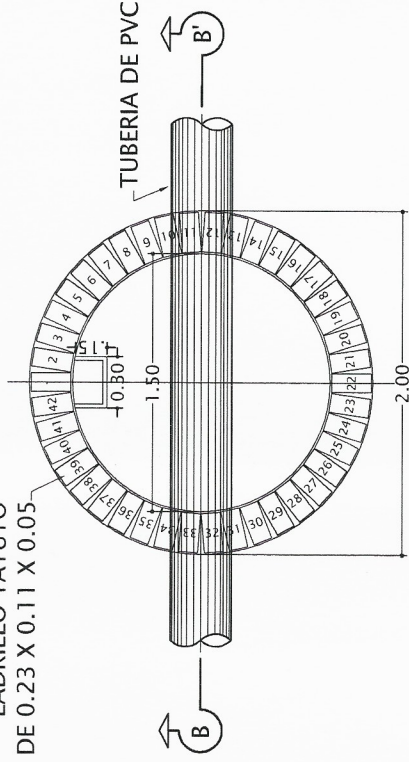
- EL CONCRETO UTILIZADO SERÁ DE  $f_c = 3000$  PSI/ 210  $kg/cm^2$
- EL ACERO A UTILIZARSE SERÁ LEGÍTIMO GRADO 40
- LOS LADRILLOS SERÁN TAYUYOS DE 0.11X0.23X0.065
- LOS POZOS TENDRÁN UN REPELLO DE PROPORCIÓN 1:3
- LAS TAPADERAS SERÁN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE PLANTA GENERAL
- LOS DISIPADORES TIPO BIFURCACIÓN PARA LAS CAIDAS ESTÁN UBICADOS EN LOS POZOS: PV-6, PV-7.3, PV-11.6 Y PV-11.6 Y PV-7.4



|  |  |   |                   |
|--|--|---|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                   |
| PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                           |  | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA FERIA PRIMAVERA  |                   |
| DISEÑO:<br>JOSE ESTRADA  | ESCALA INDICADA<br>19  | PROYECTO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                      | FECHA<br>NOV/2016 |
| ADJUDICADO:<br>JOSE ESTRADA                                      | ESCALA INDICADA<br>4   | CONTENIDO:<br>PLANTA DE DETALLES DE CONEXIONES DOMICILIARES Y POZOS DE VISITA | DI: 20            |
| ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                 | DISEÑO DE INGENIERIA<br>RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 2016-2071 |   |                   |

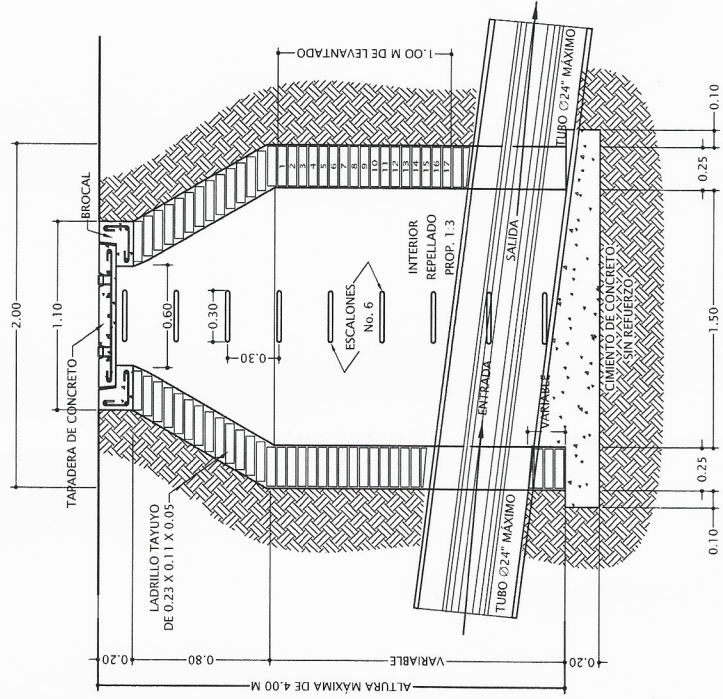


LADRILLO TAYUYO  
DE 0.23 X 0.11 X 0.05



PLANTA DE POZO DE VISITA TIPO 2

ESCALA: 1/40

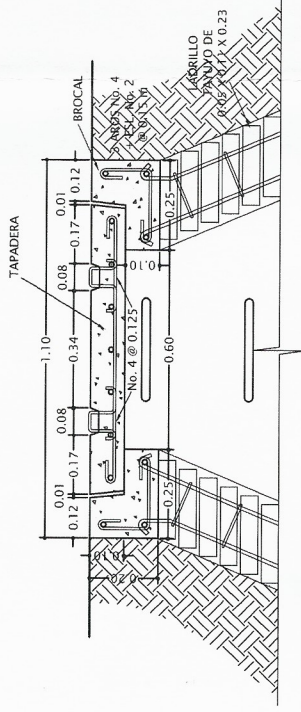


DETALLE DE POZO DE VISITA TIPO 2

ESCALA: 1/40

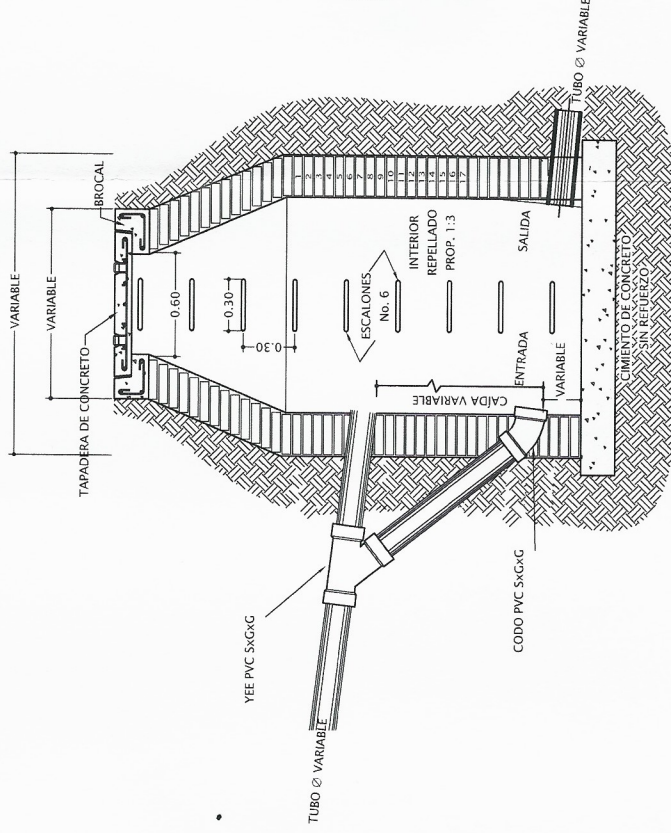
ESPECIFICACIONES

- EL CONCRETO UTILIZADO SERÁ DE  $f_c = 3000 \text{ PSI} / 210 \text{ kg/cm}^2$
- EL ACERO A UTILIZARSE SERÁ LEGÍTIMO GRADO 40
- LOS LADRILLOS SERÁN TAYUYOS DE 0.11X0.23X0.065
- LOS POZOS TENDRÁN UN REPELLO DE PROPORCIÓN 1:3
- LAS TAPADERAS SERÁN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE PLANTA GENERAL
- LOS DISIPADORES TIPO BIFURCACIÓN PARA LAS CAÍDAS ESTÁN UBICADOS EN LOS POZOS: PV-6, PV-7.3, PV-11.6 Y PV-7.4



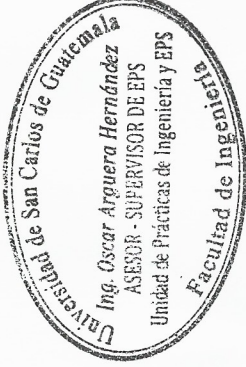
DETALLE TAPADERA TIPO 1 y 2

ESCALA: 1/40



DETALLE POZO CON CAÍDA

ESCALA: 1/40

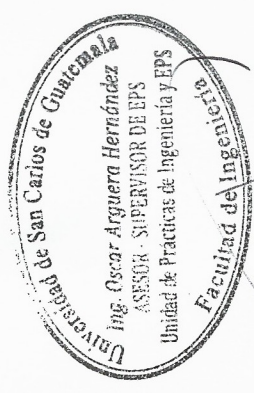
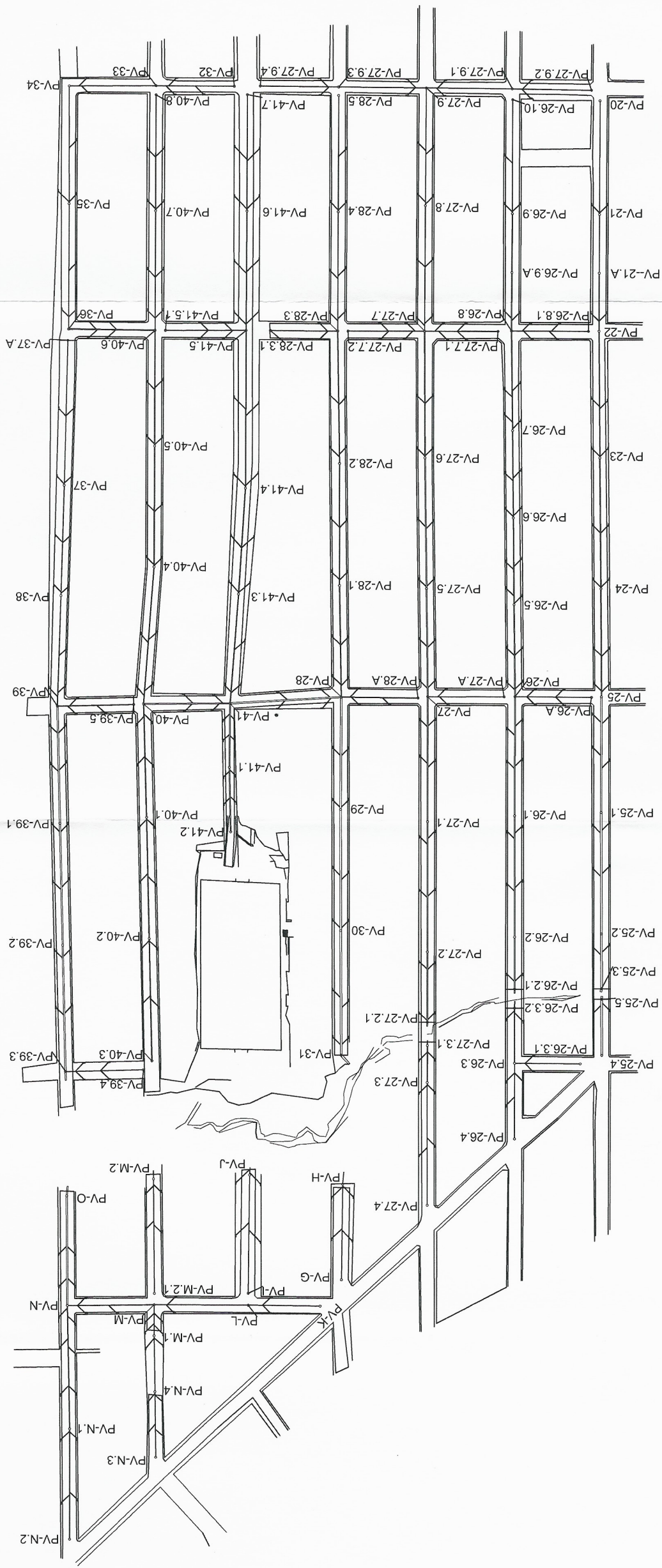


|   |   |   |                   |
|---|---|---|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA                    |   | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE UHMANUEVA |                   |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA TIERRA FIRME |   | ESCALA: INDIKADA  | PROY: 20          |
| CONTENIDO: PLANTA DE DETALLES DE POZOS DE VISITA                                    |   | ZONA: 4   | FECHA: NOV / 2016 |
| PROY: JOSÉ ESTRADA  | ASESOR DE REGION: RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ | DISEÑO DE INGENIERIA: OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                   | FECHA: NOV / 2016 |

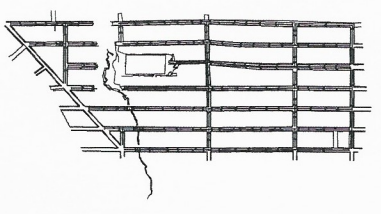
Apéndice 2. **Diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la colonia  
Eterna Primavera**

Fuente: elaboración propia.





|  |                |   |       |
|--|----------------|---|-------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA |                | PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA                                       |       |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                |                | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA VERDADERA |       |
| DISEÑO   | CONTENIDO      | ESCALA INDICADA   | FOLIO |
| JOSE ESTRADA   | PLANTA GENERAL | 4   | 01    |
| ASESOR DE REGION   |                | FECHA:  | DI:   |
| ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                                     |                | NOV/2016  | 17    |



PLANTA DE REFERENCIA  
 ESCALA: SIN ESCALA

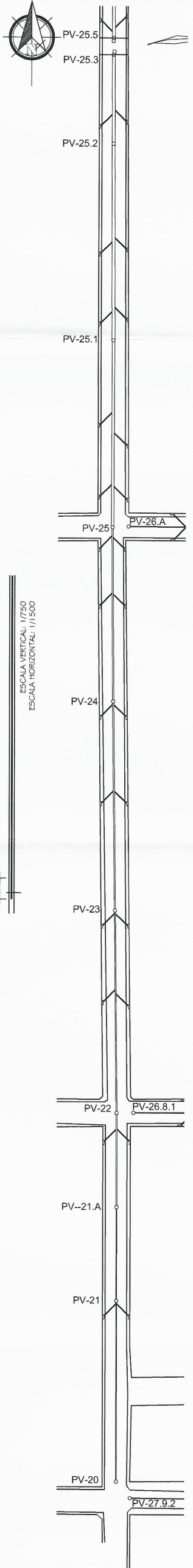
ESCALA: 1/2500

PLANTA GENERAL

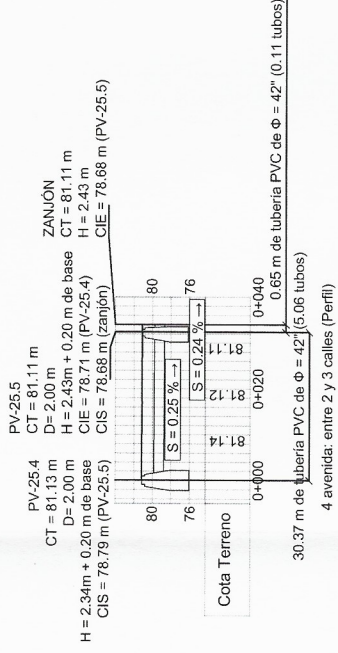
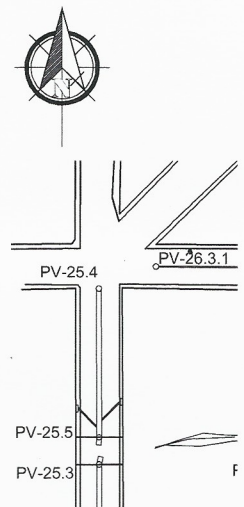
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                     |
|---------|---------------------------------|
| ○ PV-Nº | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL  |
| →       | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| —       | CONEXIÓN DUCTIL                 |
| ∅ = "   | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —       | Perfil de terreno               |
| —       | Pozo de visita                  |

**ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:**  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRALES DE CAMPAÑA Y ESPECIA (UNTA BOMBA) DE INTERIOR Y EN TUBERÍAS PARA TIRANDES SANITARIOS.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA

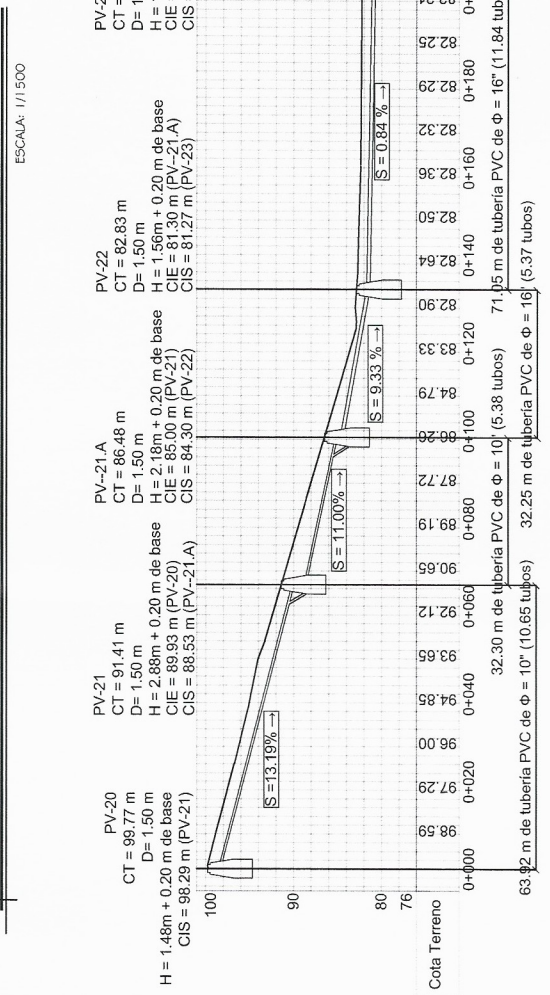


**PLANTA DE PV-25.4 A PV-25.5**  
 ESCALA: 1/1500

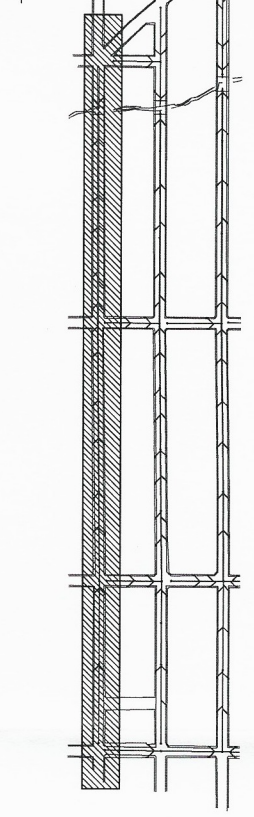


**PERFIL DE PV-25.4 A PV-25.5**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

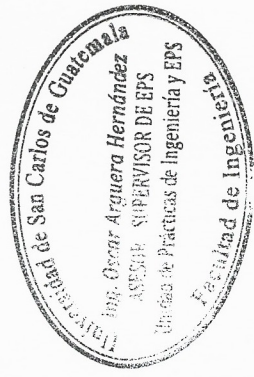
**PLANTA DE PV-20 A PV-25.3**  
 ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-20 A PV-25.3**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**  
 ESCALA: SIN ESCALA



4 avenida: desde la 5 calle hasta el zanjón entre 2 y 3 calles (pluvial) (Perfil)

29.63 m de tubería PVC de  $\phi = 42''$  (0.34 tubos)  
 0.74 m de tubería PVC de  $\phi = 42''$  (0.12 tubos)

64.78 m de tubería PVC de  $\phi = 36''$  (10.80 tubos)  
 68.03 m de tubería PVC de  $\phi = 42''$  (11.34 tubos)

60.55 m de tubería PVC de  $\phi = 18''$  (12.25 tubos)  
 73.50 m de tubería PVC de  $\phi = 18''$  (11.84 tubos)

71.95 m de tubería PVC de  $\phi = 16''$  (5.37 tubos)  
 32.25 m de tubería PVC de  $\phi = 10''$  (5.38 tubos)

32.30 m de tubería PVC de  $\phi = 10''$  (10.65 tubos)  
 63.92 m de tubería PVC de  $\phi = 10''$  (10.65 tubos)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA

CONTENIDO:  
 PLANTA Y PERFIL DE PV-20 A V-25.3 Y DE PV-25.4 A PV-25.5

ESCALA INDICADA: 02  
 CONVA: 4

FECHA: NOV/2016  
 DE: 17

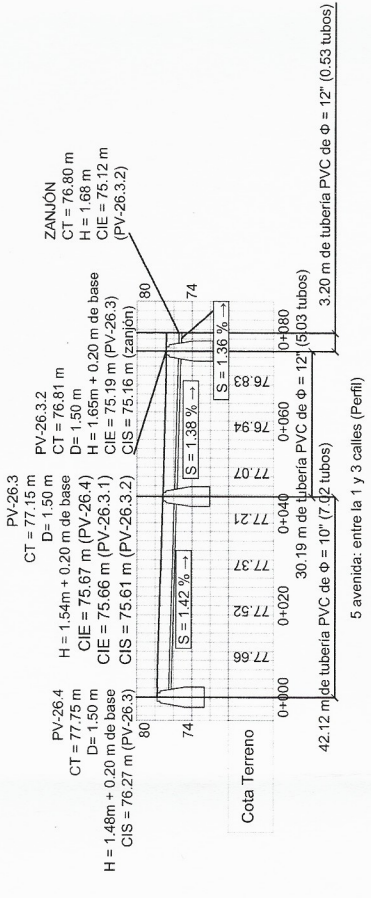
ASESOR DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 DISEÑO DE INGENIERIA: RODOLFO JOSÉ ESTRADA LONJALIZ  
 CORNET: 20102801

| REFERENCIAS |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                     |
| ○           | POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL  |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| ⊕           | CONEXIÓN DOMICILIAR             |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —           | Perfil de terreno               |
| —           | Pozo de visita                  |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRADAS PARA EL USO EN INTERIORES Y EXTERIORES PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 1581

**NOMENCLATURA**

SIN ESCALA



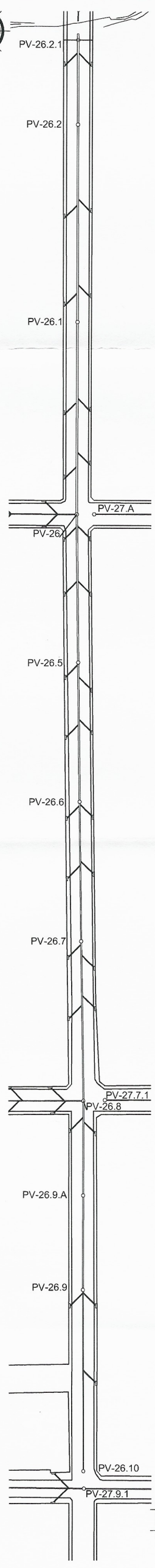
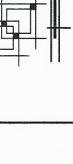
**PERFIL DE PV-26.4 A PV-26.3.2**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



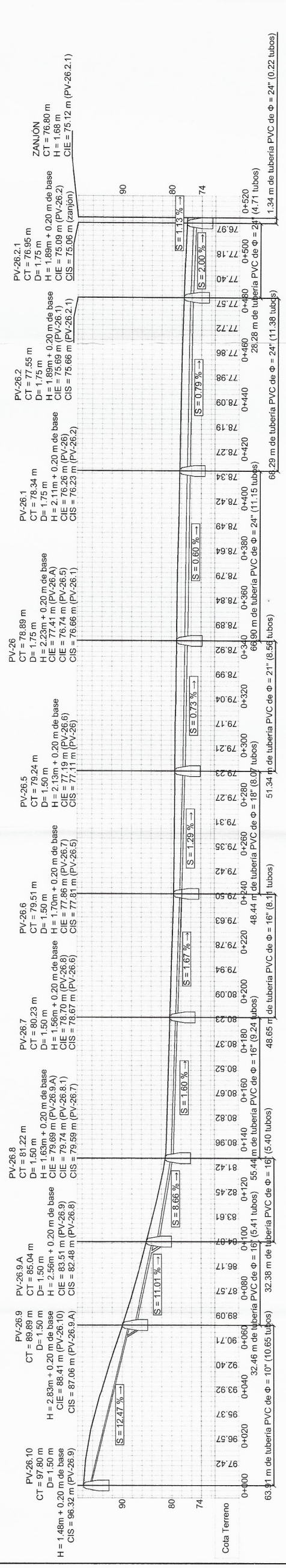
**PLANTA DE PV-26.4 A PV-26.3.2**

ESCALA: 1/1500



**PLANTA DE PV-26.10 A PV-26.2.1**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-26.10 A PV-26.2.1**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 DE LA COLONIA ETERNA VERANO

PROYECTO:  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
 DE LA COLONIA ETERNA VERANO

CONTRATO:  
 PLANTA Y PERFIL DE PV-26.10 A PV-26.2.1 Y  
 DE PV-26.4 A PV-26.3.2

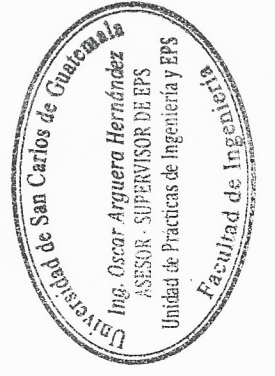
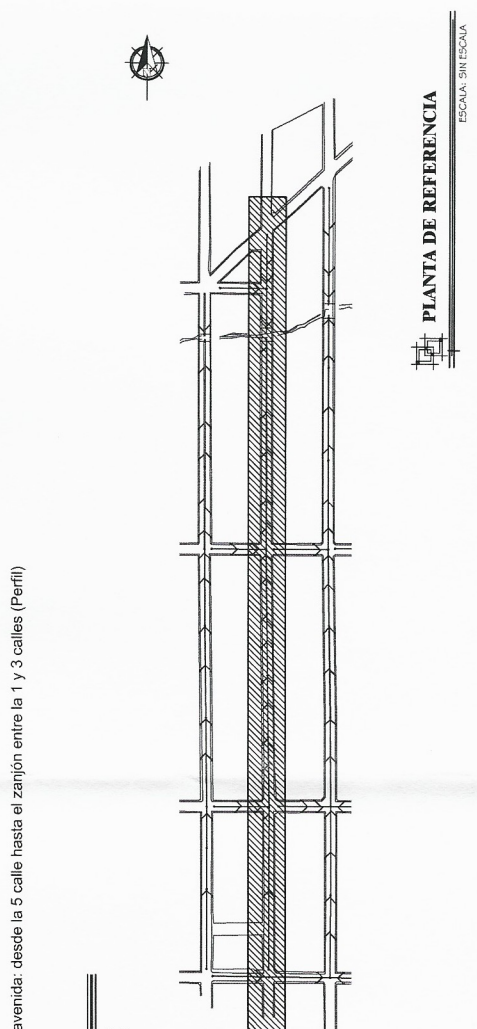
PROFESOR:  
 JOSÉ ESTRADA  
 INGENIERO DE INGENIERÍA  
 ROLANDO JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ  
 CARNET: 20152071

ALUMNO:  
 JOSÉ ESTRADA  
 INGENIERO DE INGENIERÍA  
 OSCAR ARGÜETA HERNÁNDEZ  
 CARNET: 20152071

FECHA:  
 NOV/2016

NO. DE HOJA:  
 03

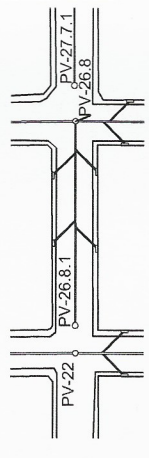
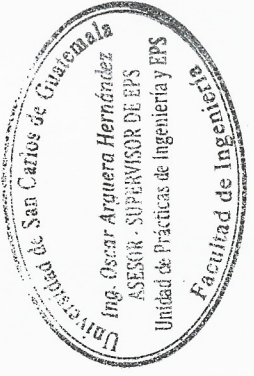
TOTAL DE HOJAS:  
 4



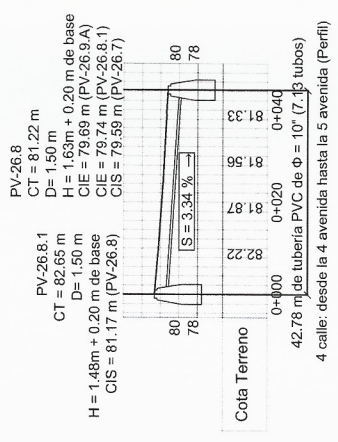
| REFERENCIAS       |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| SÍMBOLO           | DESCRIPCIÓN                      |
|                   | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL   |
|                   | DIRECCIÓN DEL FLUJO              |
|                   | CONEXIÓN DOMICILIAR              |
| $\varnothing = "$ | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|                   | Perfil de terreno Pozo de visita |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
 INTEGRALES DE COMPANÍA Y ESPESA (UNTA RAPID DE INTERBURY  
 EXTERIORES PARA TUBERÍAS SANITARIAS)  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 983

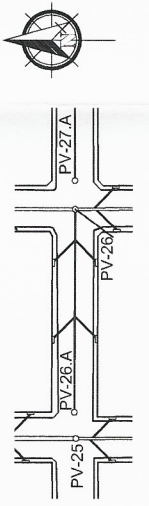
**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



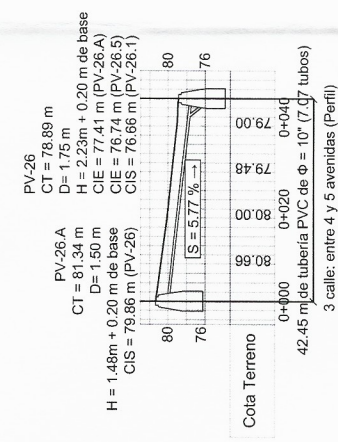
**PLANTA DE PV-26.8.1 A PV-26.8**  
 ESCALA: 1/1500



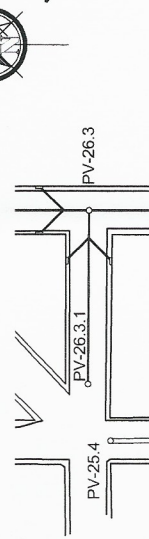
**PERFIL DE PV-26.8.1 A PV-26.8**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



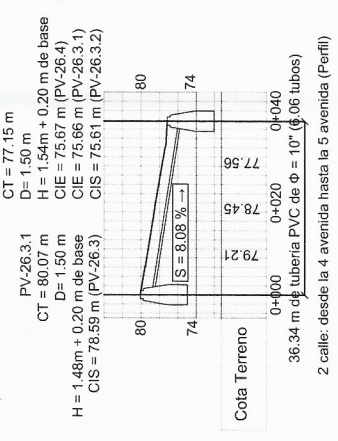
**PLANTA DE PV-26.A A PV-26**  
 ESCALA: 1/1500



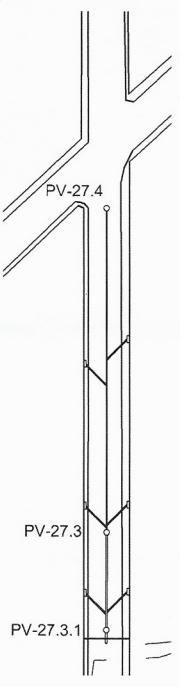
**PERFIL DE PV-26.A A PV-26**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



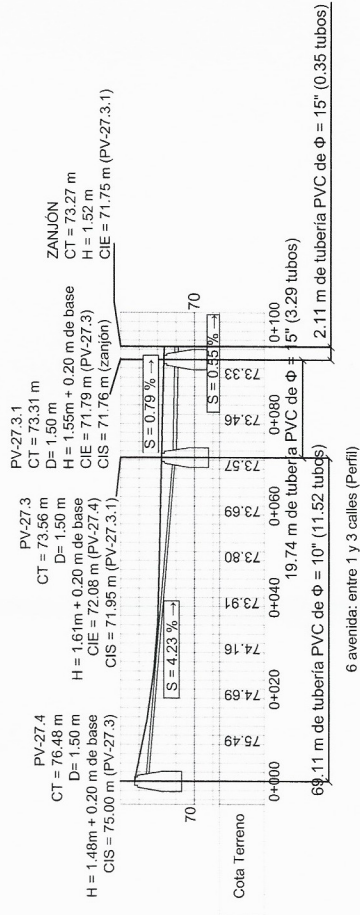
**PLANTA DE PV-26.3.1 A PV-26.3**  
 ESCALA: 1/1500



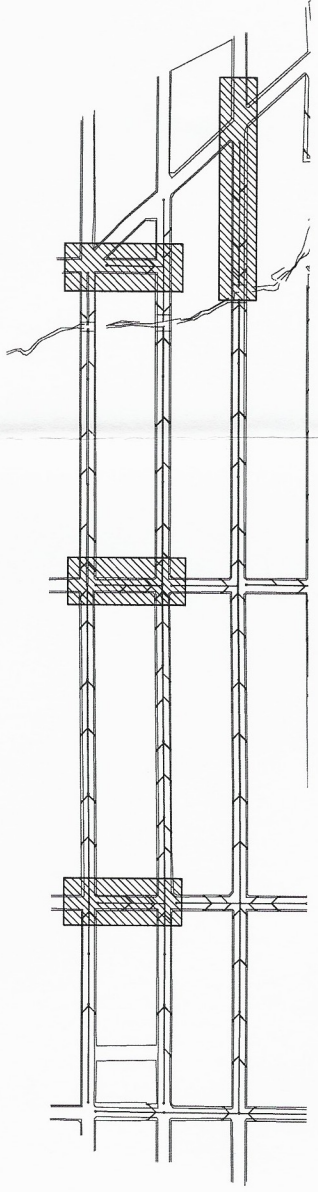
**PERFIL DE PV-26.3.1 A PV-26.3**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE PV-27.4 A PV-27.3.1**  
 ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-27.4 A PV-27.3.1**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



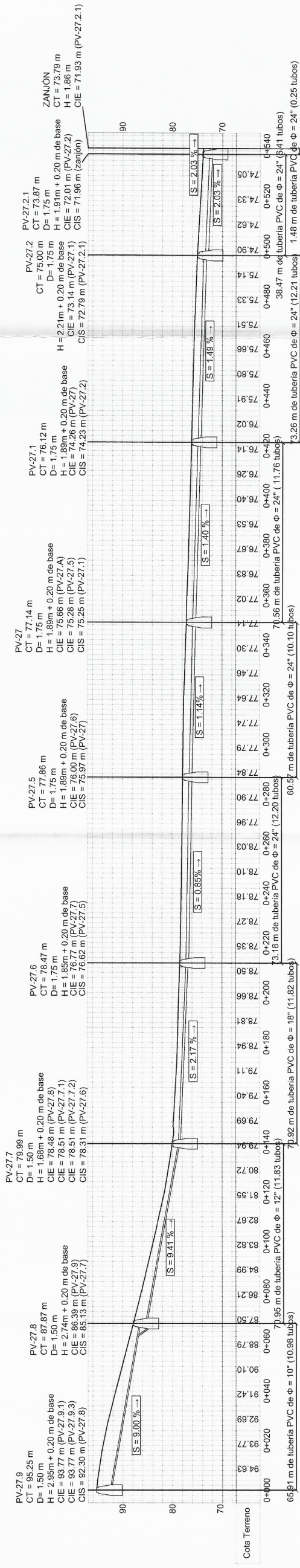
**PLANTA DE REFERENCIA**  
 ESCALA: SIN ESCALA



|   |                      |
|---|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA              |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                      |
| PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |                      |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL<br>DE LA COLONIA LITERNA PRIMERA |                      |
| DISEÑO:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                                       | ESCALA:<br>INDICADA  |
| ACTUOS:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                                       | FOYEA:<br>04         |
| ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                             | FECHA:<br>NOV/2016   |
| ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                             | NO. DE DISEÑO:<br>17 |

### PLANTA DE PV-27.9 A PV-27.2.1

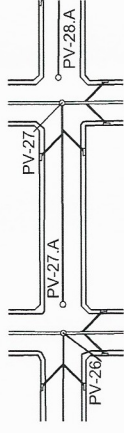
ESCALA: 1/1500



6 avenida: desde la 5 calle hasta el zanjón entre 1 y 3 calles (Perfil)

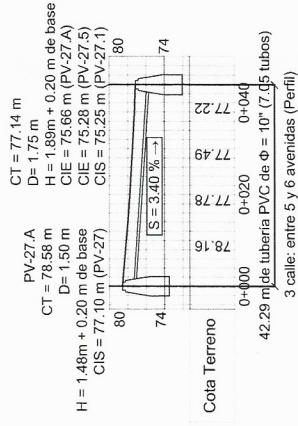
### PERFIL DE PV-27.9 A PV-27.2.1

ESCALA VERTICAL: 1/200  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1600



### PLANTA DE PV-27.9 A PV-27

ESCALA: 1/1500



### PERFIL DE PV-27.9 A PV-27

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500

| SÍMBOLO | REFERENCIAS | DESCRIPCIÓN                     |
|---------|-------------|---------------------------------|
| ○       | PV=Ab       | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL  |
| →       |             | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| —       |             | CONEXIÓN, DOMICILIAR            |
| ∅ = "   |             | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —       |             | Perfil de terreno               |
| —       |             | Pozo de visita                  |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SEAN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS INTEGRALES DE CAMPANA Y ESPIGA (JUNTA RAPIDA) DE INTERIOR Y EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIAS.  
NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

### NOMENCLATURA

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

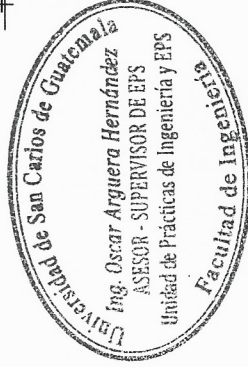
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA

CONTENIDO:  
DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
CALCULO: JOSÉ ESTRADA  
PLANTA Y PERFIL DE PV-27.9 A PV-27.2.1 Y DE PV-27.9 A PV-27

ESCALA: INDICADA  
FOLIO: 05  
CANTON: 4  
FECHA: NOV/2016  
DE: 17

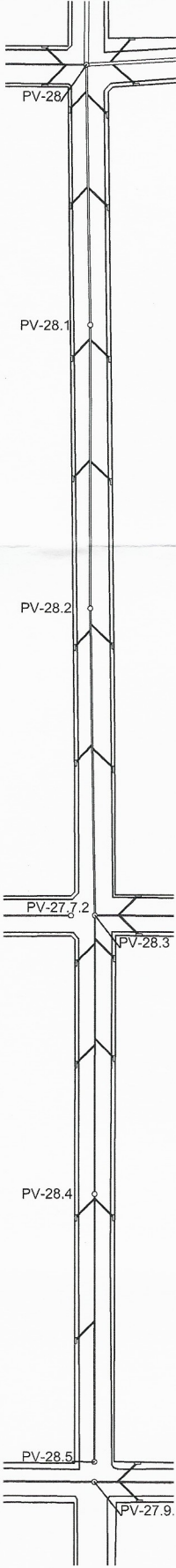
### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA



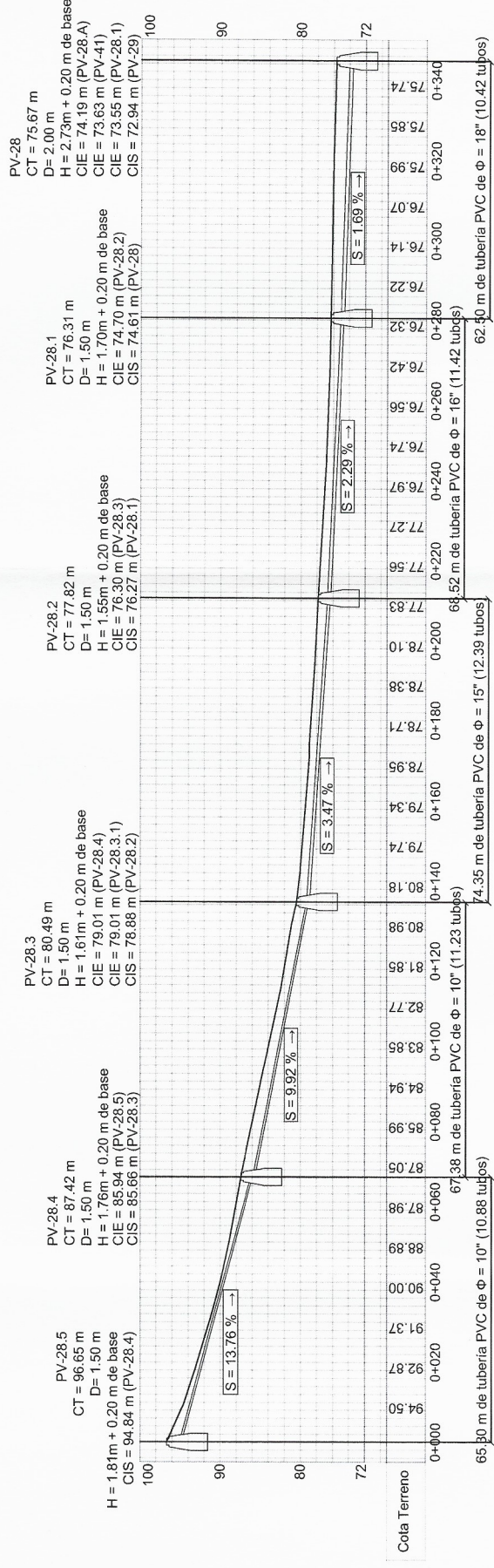






### PLANTA DE PV-28.5 A PV-28

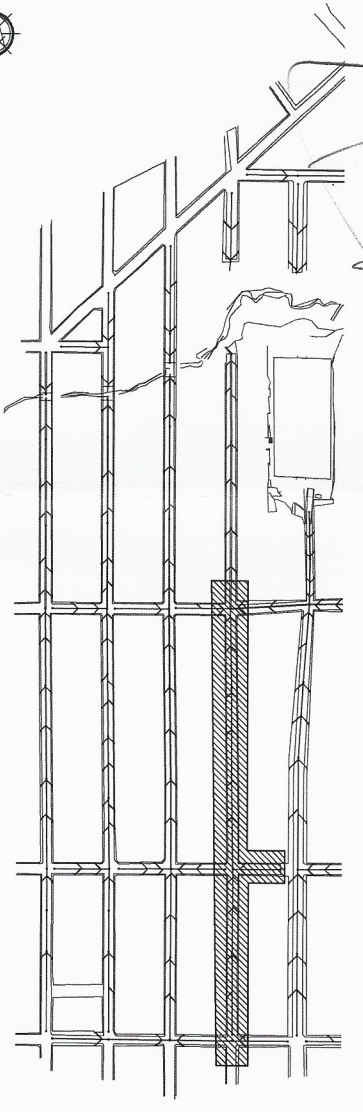
ESCALA: 1/1500



7 avenida, desde la 5 calle hasta la 3 calle (pluvial) (Perfil)

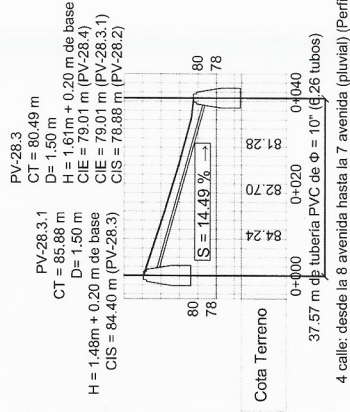
### PERFIL DE PV-28.5 A PV-28

ESCALA VERTICAL: 1/750  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA



### PLANTA DE PV-28.3.1 A PV-28.3

ESCALA: 1/1500

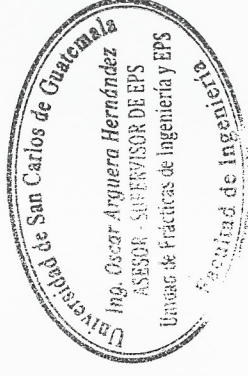
4 calle, desde la 6 avenida hasta la 7 avenida (pluvial) (Perfil)

| REFERENCIAS |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| SIMBOLO     | DESCRIPCION                      |
|             | POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL   |
|             | DIRECCION DEL FLUJO              |
|             | CONEXION DOMICILIAR              |
|             | DIAMETRO DE TUBERIA EN PULGADAS  |
|             | Perfil de terreno Pozo de visita |

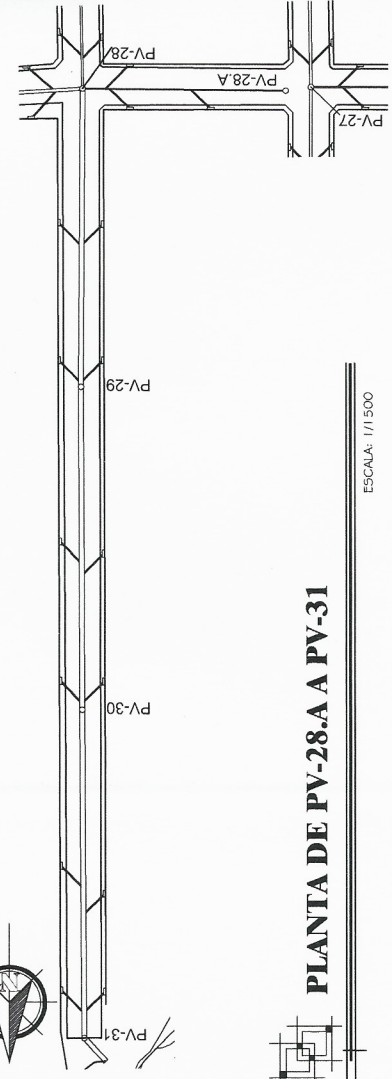
ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:  
LA TUBERIA Y ACCESORIOS SERAN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS  
INTERRUMPTIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE INTERIOR Y  
EXTERIOR PARA DRENAJES SANITARIOS  
NORMA APLICABLE ASTM D 3034

### NOMENCLATURA

SIN ESCALA

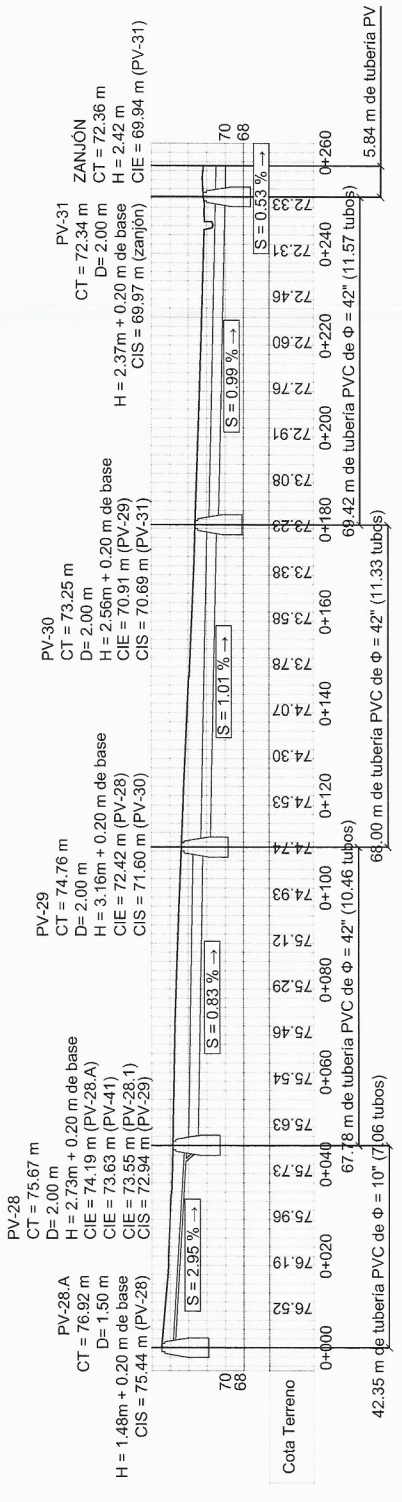


|  |  |   |                    |
|--|--|---|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA                                       | ESCALA INDICADA:<br>4   | FOHO:<br>07        |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL<br>DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA | PLANTA Y PERFIL DE PV-28.5 A PV-28 Y DE<br>PV-28.3.1 A PV-28.3              | FECHA:<br>NOV/2016 |
| DISEÑO: JOSE ESTRADA   | ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ<br>CARNET: 2015-2021         | ASESOR DE INGENIERIA:<br>RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET: 2015-2021 | DE:<br>17          |



### PLANTA DE PV-28.A A PV-31

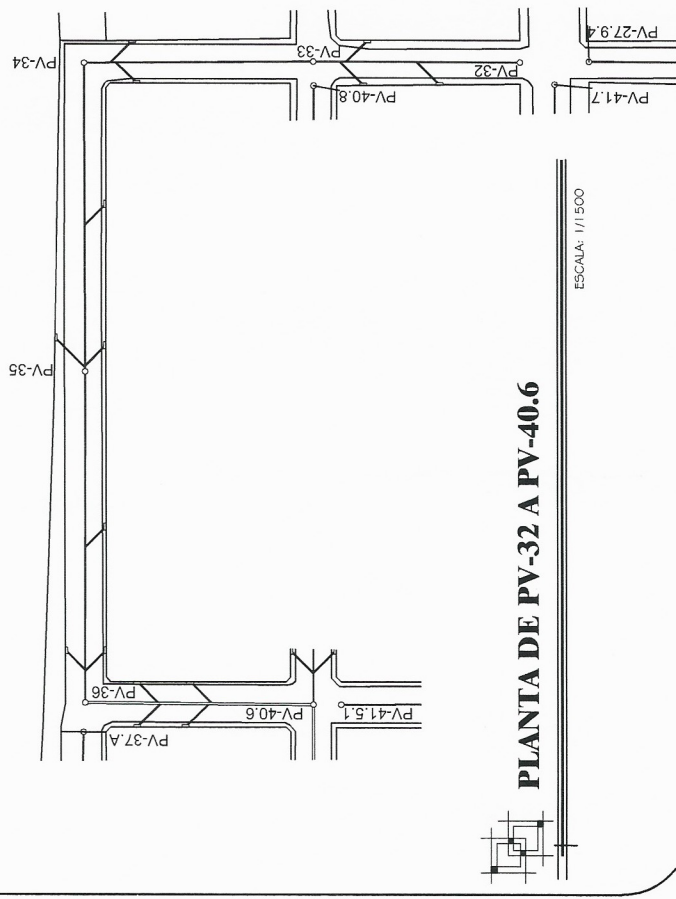
ESCALA: 1/1500



Desde la esquina entre la 6 avenida y la 3 calle hasta la intersección entre la 7 avenida y el zanjón sur (Perfil)

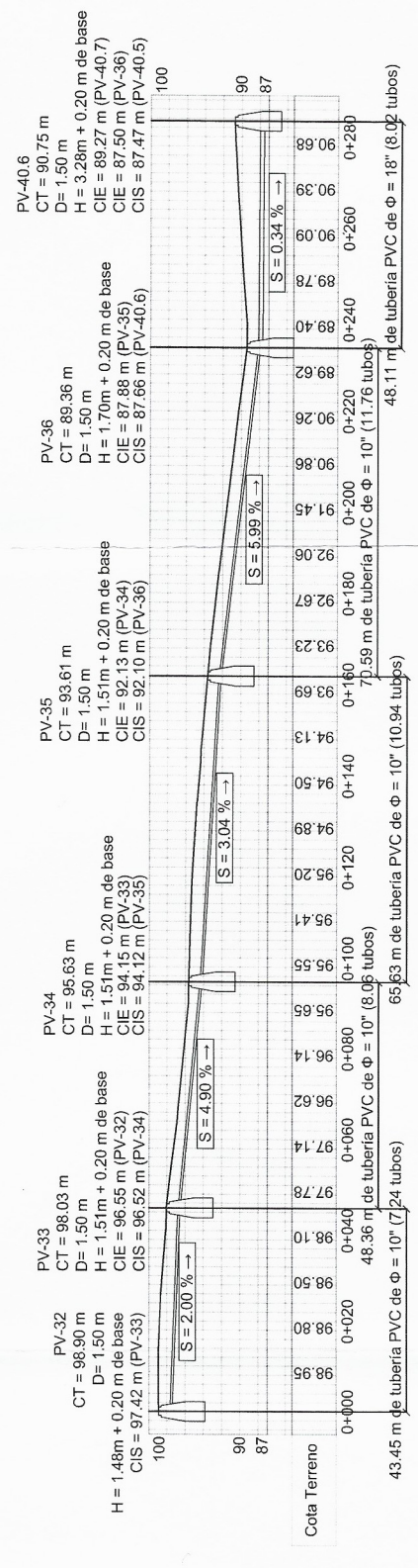
### PERFIL DE PV-28.A A PV-31

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



### PLANTA DE PV-32 A PV-40.6

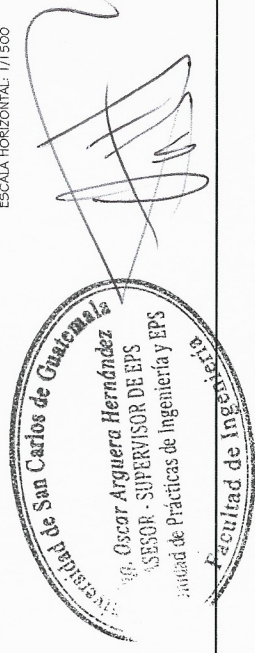
ESCALA: 1/1500



Desde la esquina entre la 8 avenida y la 5 calle hasta la esquina entre la 9 avenida y la 4 calle (pluvial) (Perfil)

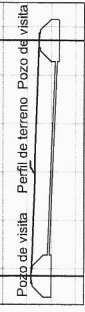
### PERFIL DE PV-32 A PV-40.6

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



Oscar Argueta Hernández  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

| SÍMBOLO    | DESCRIPCIÓN                     |
|------------|---------------------------------|
|            | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL  |
|            | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
|            | CONEXIÓN DOMICILIAR             |
| $\phi = "$ | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |



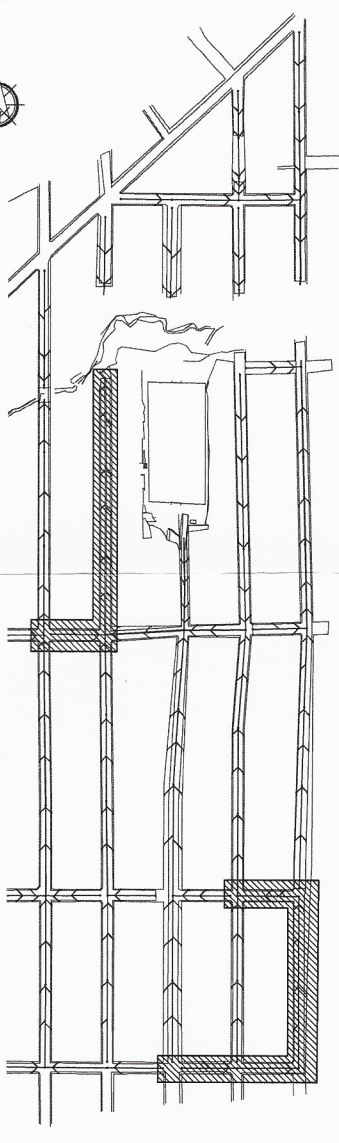
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRALES DE CAMPAÑA Y ESPIGA (UNTA RAPIDA) DE INTERIOR EXTERIOR USI PARA UNIDADES SANITARIAS  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3084

### NOMENCLATURA

SIN ESCALA

### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA



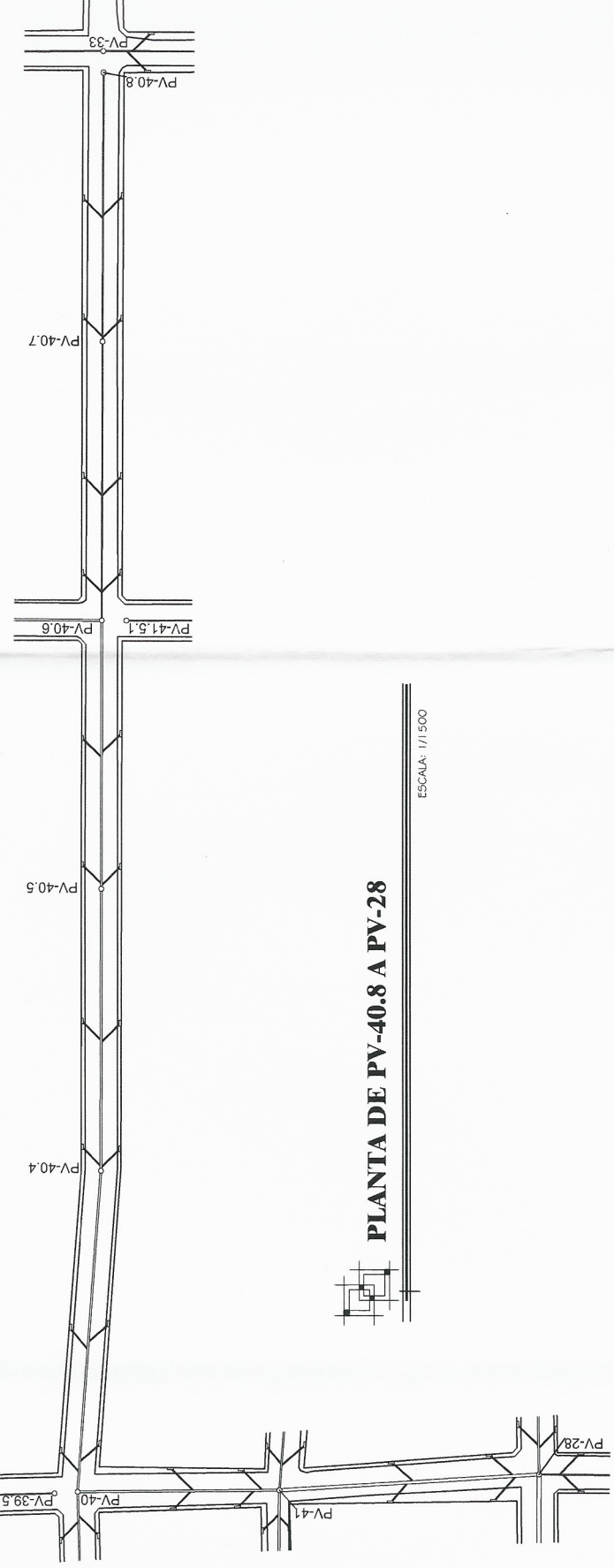
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNIA, PERAMVERA  
 CONTENIDO:  
 PLANTA Y PERFIL DE PV-28.A A PV-31 Y DE PV-32 A PV-40.6  
 ESCALA INDICADA: 4  
 HOJA: 08  
 ASESOR DE REGION: INGO OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 DISEÑO DE INGENIERIA: RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ  
 CORNET: 20162001  
 FECHA: NOV/2016  
 FOLIO: 17

| REFERENCIAS       |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| SÍMBOLO           | DESCRIPCIÓN                        |
|                   | POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL     |
|                   | DIRECCIÓN DEL FLUJO                |
| $\varnothing = "$ | CONDICIÓN NOMINAL                  |
| $\varnothing = "$ | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PLEGADAS    |
|                   | Perfil de terreno - Pozo de visita |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
 INTEGRALMENTE PARA DRENAJE PLUVIAL INTERIOR Y  
 EXTERIOR PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

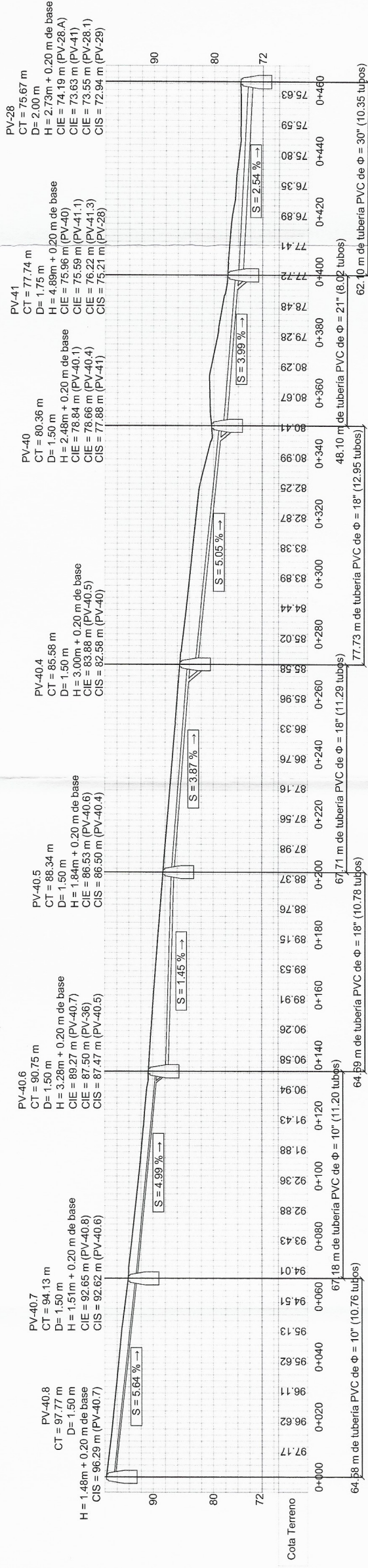
**NOMENCLATURA**

SIN ESCALA



**PLANTA DE PV-40.8 A PV-28**

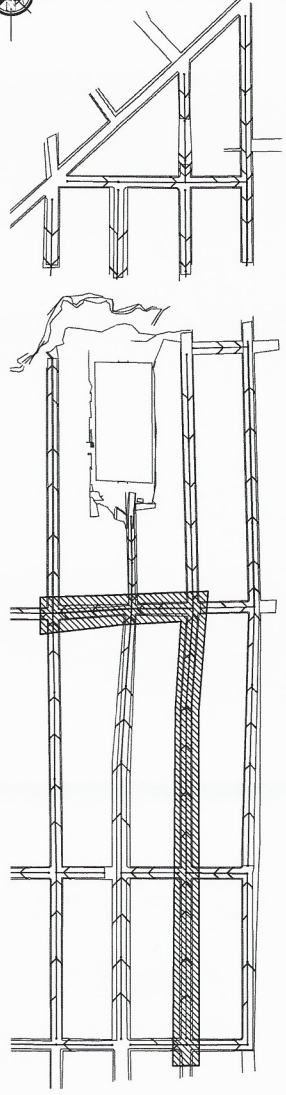
ESCALA: 1/1500



Desde la esquina entre la 9 avenida y la 5 calle hasta la esquina entre la 7 avenida y la 3 calle (pluvial) (Perfil)

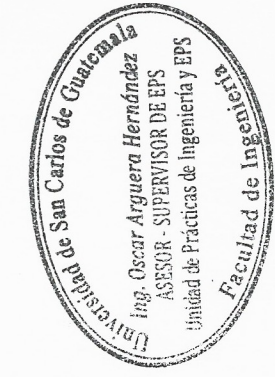
**PERFIL DE PV-40.8 A PV-28**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  
 DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA

DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
 CÁLCULO: JOSÉ ESTRADA

ESCALA INDICADA: 4  
 CONTA: 09

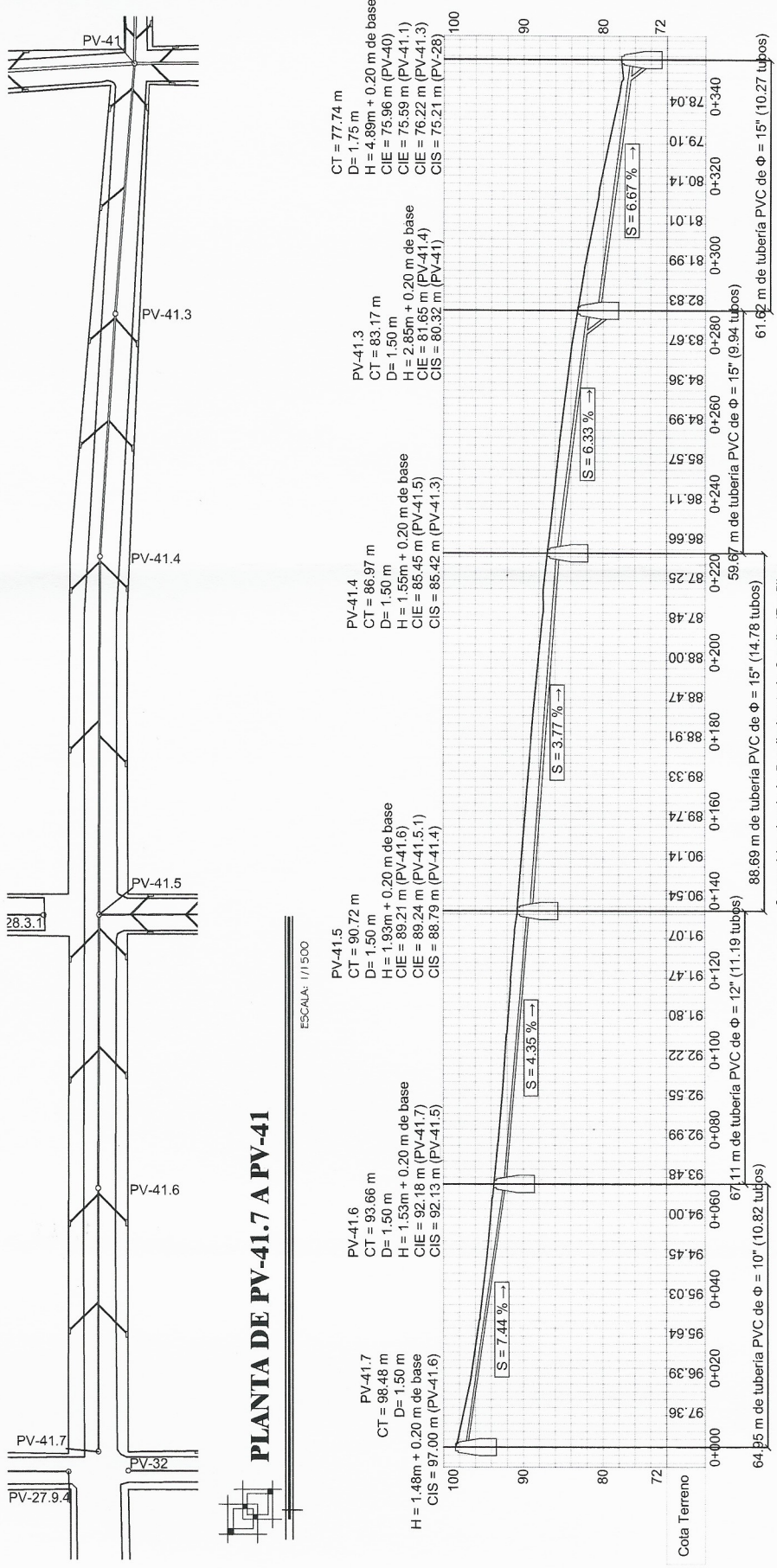
DISEÑO DE INGENIERIA:  
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ  
 CARNET: 20163821

FECHA: NOV/2016  
 PÁG: 17

| REFERENCIAS |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                      |
|             | POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL   |
|             | DIRECCIÓN DE FLUJO               |
|             | CONEXIÓN DOMICILIAR              |
|             | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS  |
|             | Perfil de terreno Pozo de visita |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMETICAS INTEGRALMENTE. EL TIPO DE TUBERÍA SERÁ EL TIPO INTERLOCK EXTERIOR LISO PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA

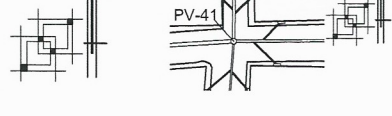


**PLANTA DE PV-41.7 A PV-41**

ESCALA: 1/1500

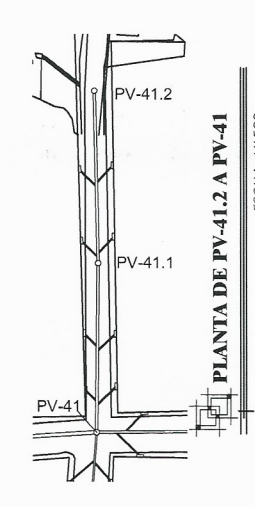
**PERFIL DE PV-41.7 A PV-41**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



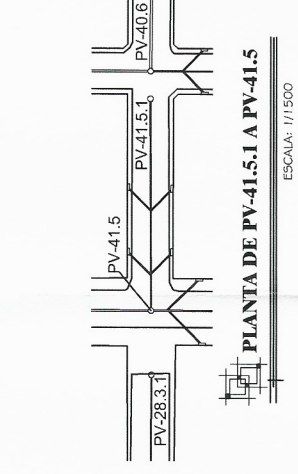
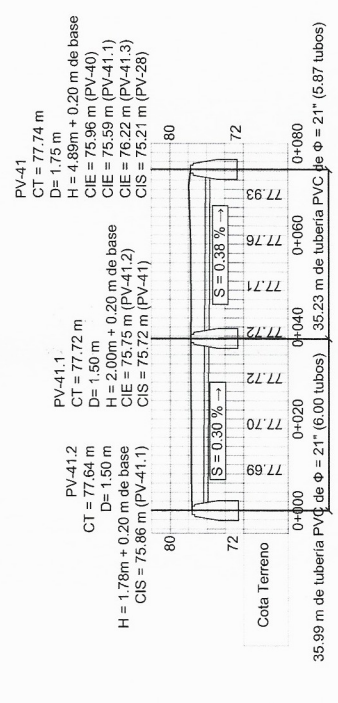
**PLANTA DE PV-41.2 A PV-41**

ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-41.2 A PV-41**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



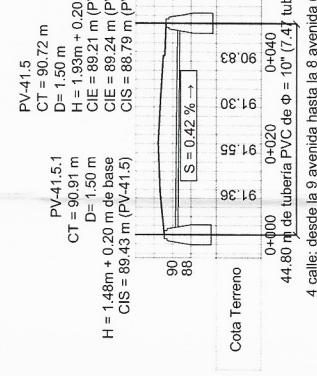
**PLANTA DE PV-41.5.1 A PV-41.5**

ESCALA: 1/1500



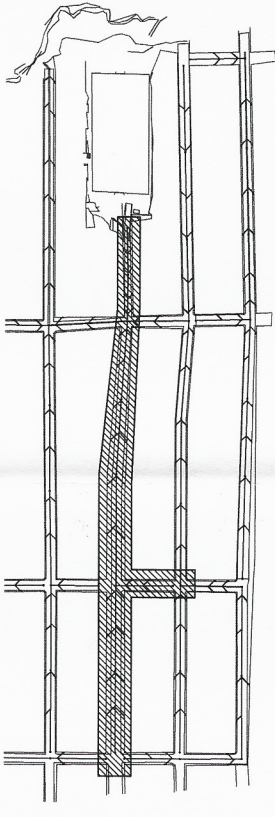
**PERFIL DE PV-41.5.1 A PV-41.5**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Proyecto: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 Contenido: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA LITRENA, PERMAVERA  
 Presente: JOSÉ ESTRADA  
 Calculo: JOSÉ ESTRADA  
 Escala: INDICADA  
 Hoja: 4  
 Total: 10  
 Fecha: NOV/2016  
 Diseño de Ingeniería: OSCAR ARGÜETA HERNÁNDEZ  
 CARNET: 20162001  
 Rollo: JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ

**PERFIL DE PV-41.5.1 A PV-41.5**

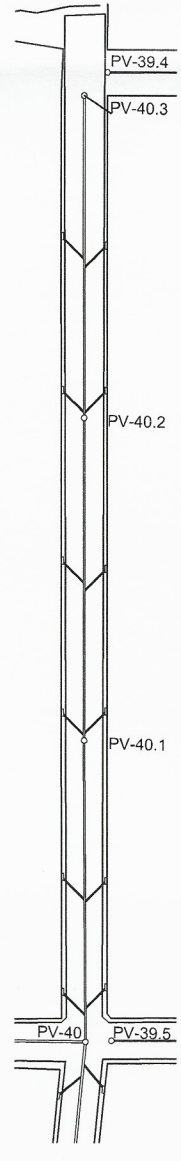
ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



| REFERENCIAS |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                       |
| ○           | PUNTO DE VISITA-DISEÑO DE PLUVIAL |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO               |
| ○           | CONEXIÓN DOMICILIAR               |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS   |
|             | Perfil de terreno                 |
|             | Pozo de visita                    |

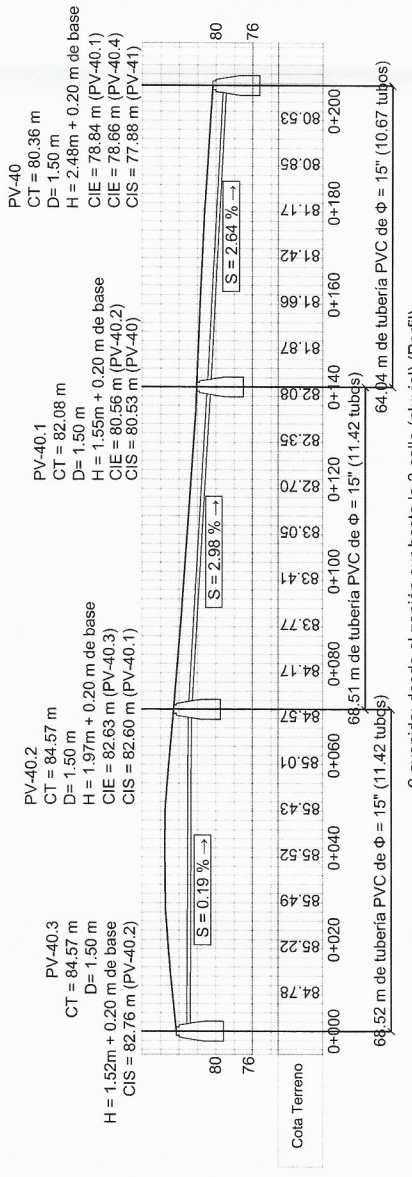
ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS  
 INTERMEDIAS Y EN CAJAS DE REVISIÓN CON TAPA DE INTERIOR  
 DATARIBO PARA DISEÑOS EN TERRENO  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



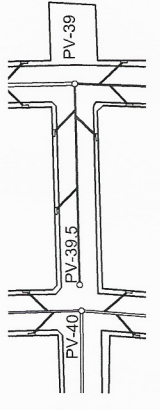
**PLANTA DE PV-40.3 A PV-40**

ESCALA: 1/1500



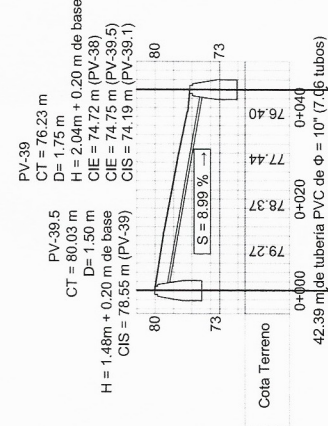
**PERFIL DE PV-40.3 A PV-40**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



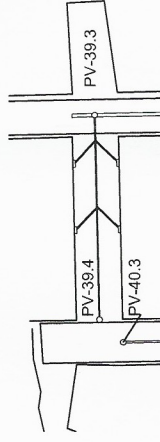
**PLANTA DE PV-39.5 A PV-39**

ESCALA: 1/1500



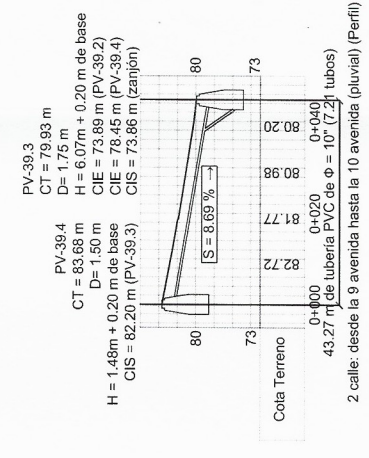
**PERFIL DE PV-39.5 A PV-39**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



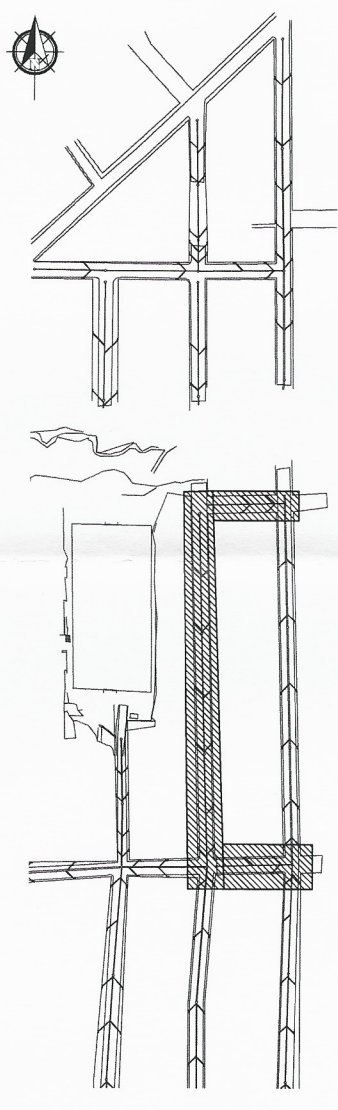
**PLANTA DE PV-39.4 A PV-39**

ESCALA: 1/1500



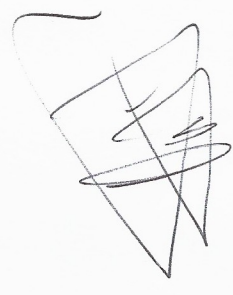
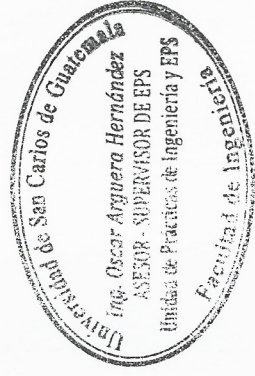
**PERFIL DE PV-39.4 A PV-39**

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**

ESCALA: SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA

DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
 CONCEPTO: JOSÉ ESTRADA

ESCALA INDICADA: 4  
 ESCALA REAL: 11

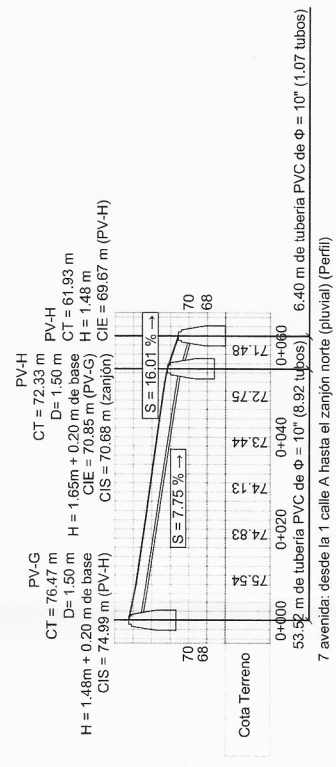
ASESOR DE REGIÓN: INGO OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ  
 DISEÑO DE INGENIERIA: INGO OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ  
 CARNET: 20162001

FECHA: NOV/2016  
 DE: 17

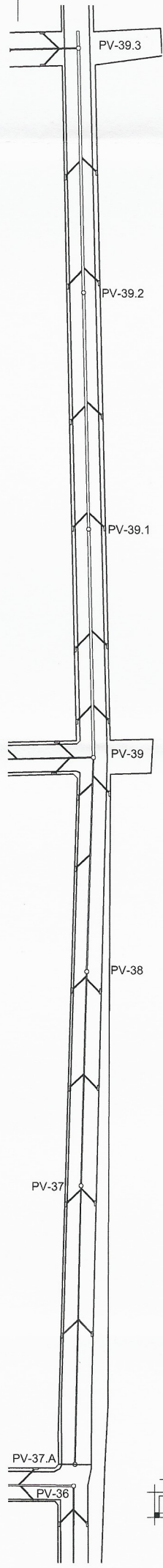
| REFERENCIAS |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                     |
| ○           | PUNTO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO             |
| □           | CONEXIÓN DOMICILIAR             |
| ∅ = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS |
| —           | Perfil de terreno               |
| —           | Pozo de visita                  |
| —           | Pozo de visita                  |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERRMONTADAS  
 INTERIORES Y EXTERIORES PARA DRENAJE SANITARIO  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

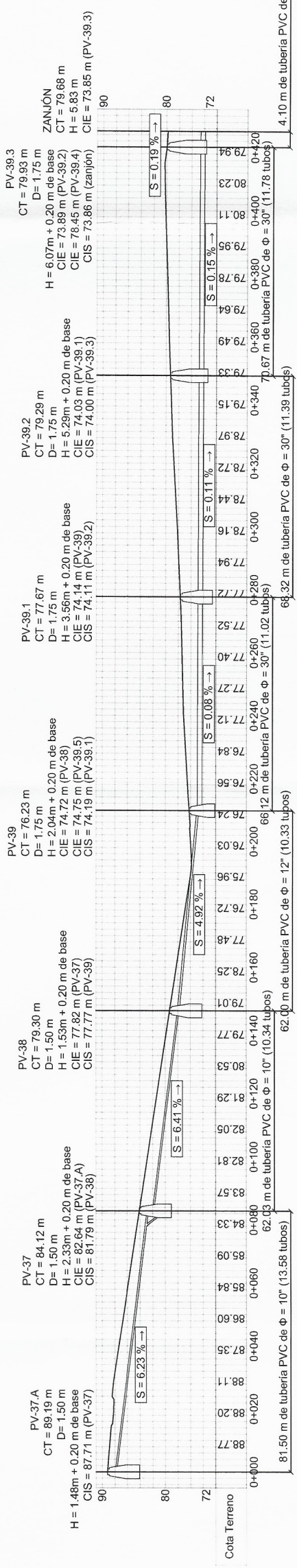
**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



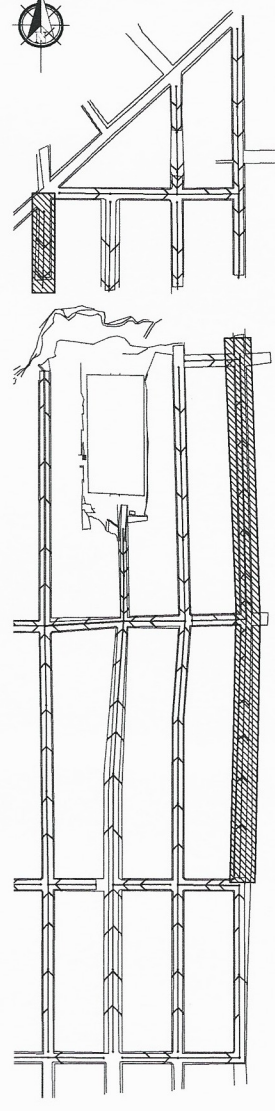
**PLANTA DE PV-G A PV-H**  
 ESCALA: 1/1500



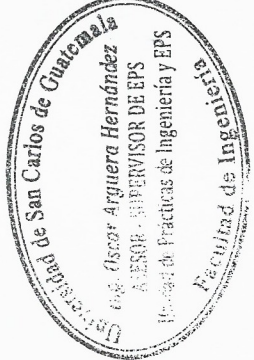
**PLANTA DE PV-37.A A PV-39.3**  
 ESCALA: 1/1500



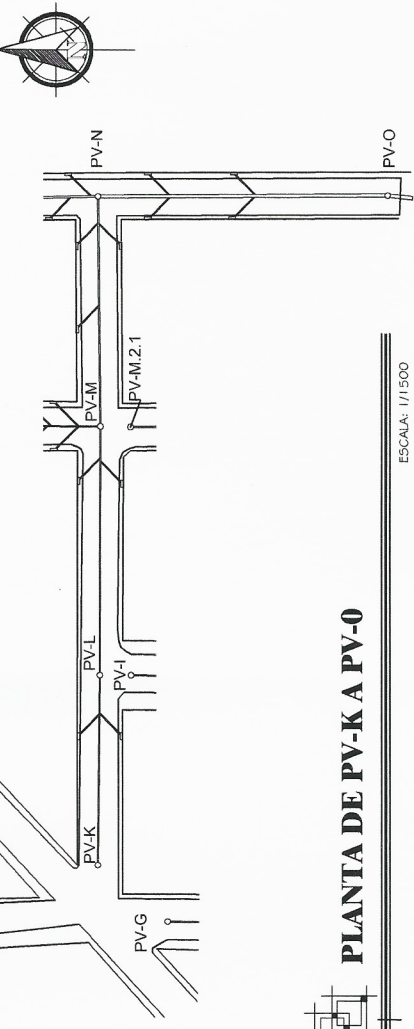
**PERFIL DE PV-37.A A PV-39.3**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE REFERENCIA**  
 ESCALA: SIN ESCALA

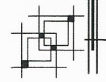


|  |   |                                     |                   |
|--|---|-------------------------------------|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA | PROYECTO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  | ESCALA<br>INDICADA<br>4             | FECHA<br>NOV/2016 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL<br>DE LA COLONIA ETERNIA PERMANERA | ESCALA<br>INDICADA<br>12            | FECHA<br>NOV/2016 |
| ING. OSCAR ARGUERO HERNÁNDEZ<br>CARNET 29150871                  | ASesor DE REGIÓN<br>RODOLFO JOSÉ ESTRADA LOZANALEZ<br>CARNET 29150871           | DISEÑO DE TUBERÍA<br>DE PV-G A PV-H | FECHA<br>NOV/2016 |



### PLANTA DE PV-K A PV-O

ESCALA: 1/1500

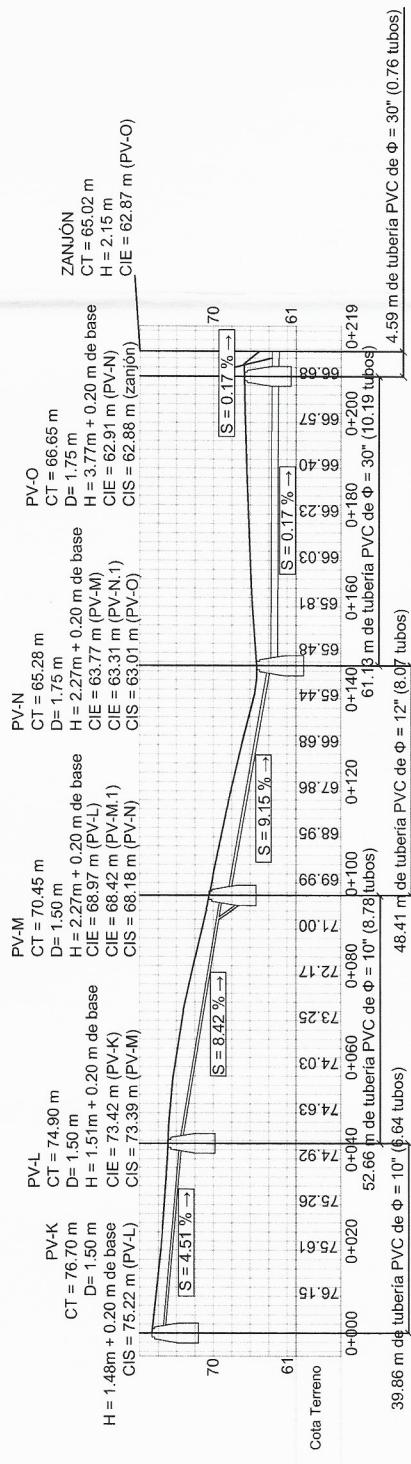


| REFERENCIAS       |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| SÍMBOLO           | DESCRIPCIÓN                    |
|                   | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL |
|                   | DIRECCIÓN DEL FLUJO            |
|                   | CONEXIÓN DOMICILIAR            |
| $\varnothing = "$ | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PLGADAS |
|                   | Perfil de terreno              |
|                   | Perfil de visita               |
|                   | Perfil de terreno              |
|                   | Pozo de visita                 |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERMÉTICAS INTEGRADAS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO PARA EL INTERIOR Y EXTERIOR USANDO PARA DRENAJE SANITARIO.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3034

### NOMENCLATURA

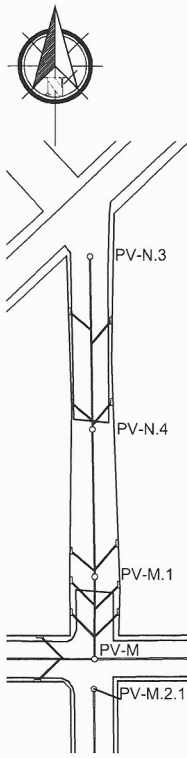
SIN ESCALA



Desde la esquina entre la 1 calle y la 7 avenida hasta la intersección entre la 10 avenida y el zanjón (pluvial) (Perfil)

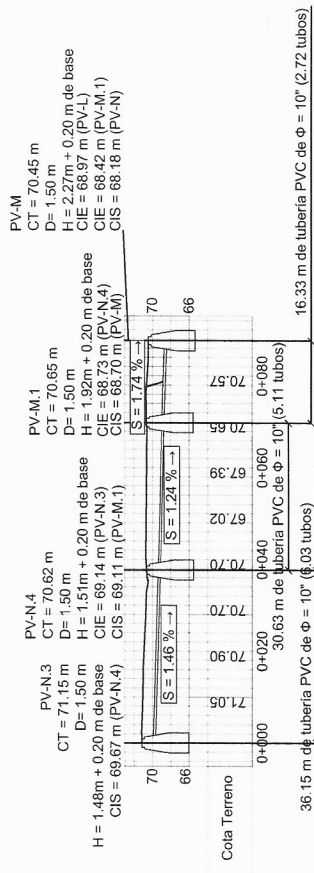
### PERFIL DE PV-K A PV-O

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



### PLANTA DE PV-N.3 A PV-M

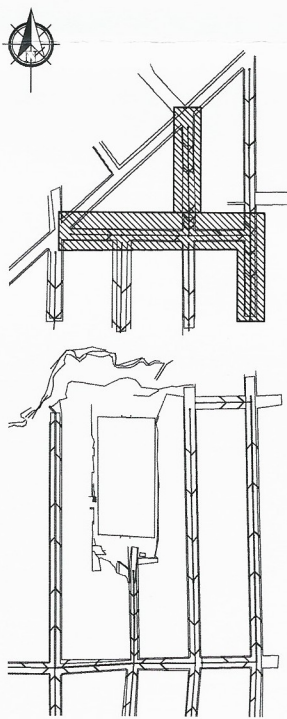
ESCALA: 1/1500



9 avenida: entre la 1 calle y la 1 calle A (pluvial) (Perfil)

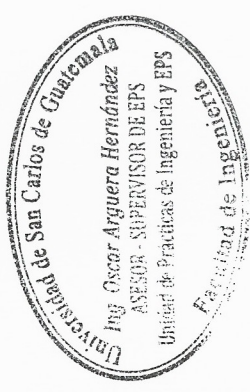
### PERFIL DE PV-N.3 A PV-M

ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



### PLANTA DE REFERENCIA

ESCALA: SIN ESCALA



*[Handwritten signature]*



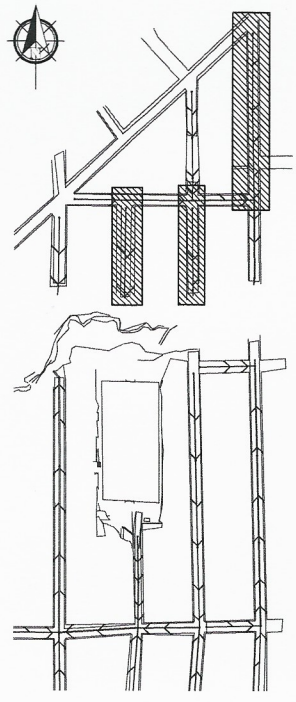
|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | PROYECTO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                    | ESCALA INDICADA<br>4  | HOJA<br>13   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETRENA, PERAMERA | CONTEXTO<br>PLANTA Y PERFIL DE PV-K A PV-O Y DE PV-N.3 A PV-M | FECHA<br>NOV/2016  |
| DISEÑO<br>JOSE ESTRADA   | ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                            | VALIDADO<br>JOSE ESTRADA                                      | BOLETO<br>RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ<br>CARNET 20020071 |



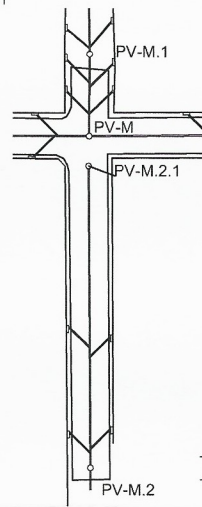
| REFERENCIAS |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| SÍMBOLO     | DESCRIPCIÓN                        |
| ○ PV-#      | POZO DE VISITA-DRENAJE PLUVIAL     |
| →           | DIRECCIÓN DEL FLUJO                |
| ○           | CONEXIÓN HORMIGONAR                |
| Ø = "       | DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS    |
| —           | Perfil de terreno - Pozo de visita |

ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS:  
 LA TUBERÍA Y ACCESORIOS SERÁN DE PVC CON JUNTAS HERNÉRICAS INTEGRALIZADAS EN UN MISMO LOTE DE MATERIAL DE INTERIOR Y EXTERIOR USO PARA DRENAJE SANITARIAS.  
 NORMA APLICABLE: ASTM D 3084

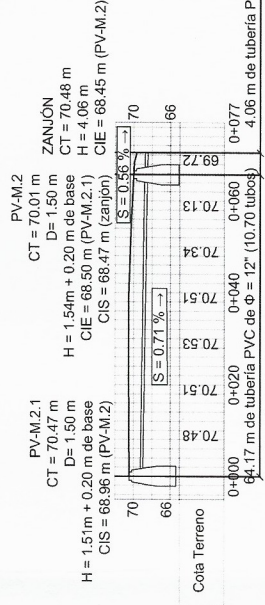
**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA



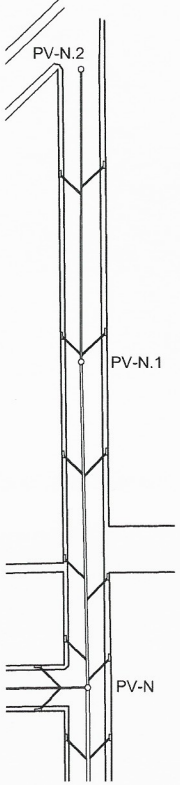
**PLANTA DE REFERENCIA**  
 ESCALA: SIN ESCALA



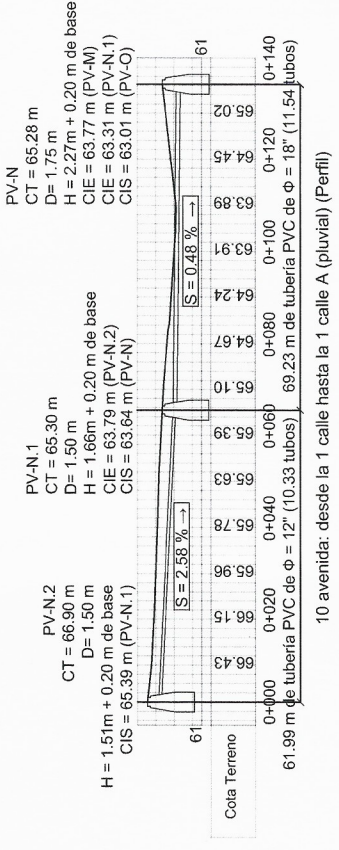
**PLANTA DE PV-M.2.1 A PV-M.2**  
 ESCALA: 1/1500



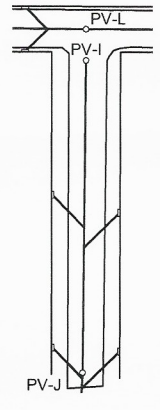
**PERFIL DE PV-M.2.1 A PV-M.2**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



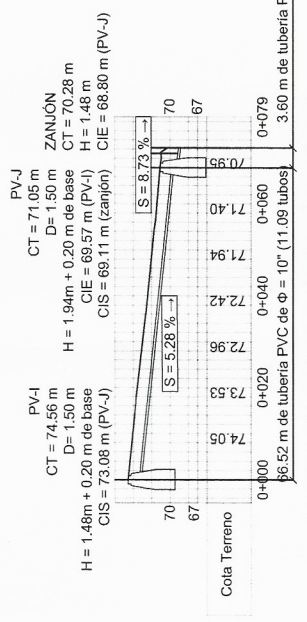
**PLANTA DE PV-N.2 A PV-N**  
 ESCALA: 1/1500



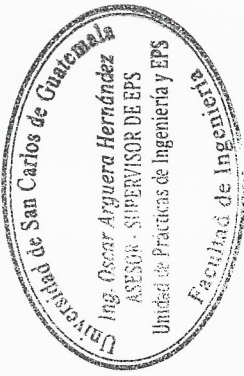
**PERFIL DE PV-N.2 A PV-N**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



**PLANTA DE PV-I A PV-J**  
 ESCALA: 1/1500



**PERFIL DE PV-I A PV-J**  
 ESCALA VERTICAL: 1/750  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1500



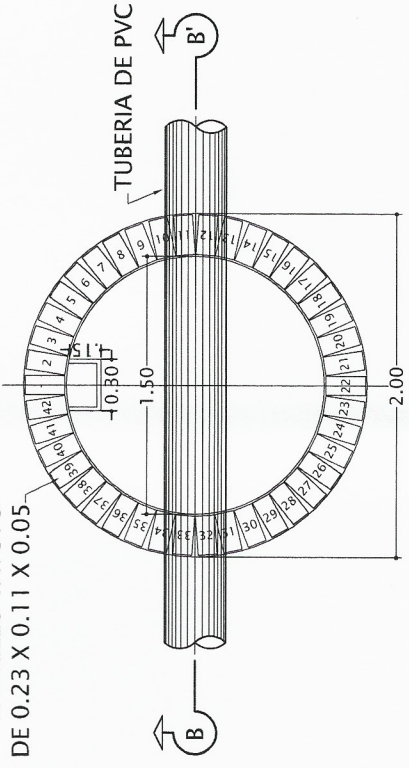
Handwritten signature of Oscar Argueta Hernández.



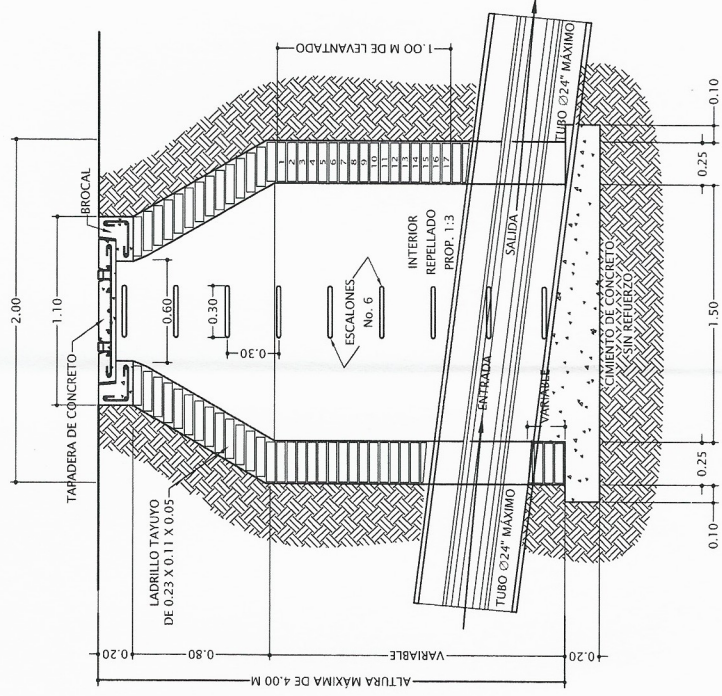
|   |                      |
|---|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA                          |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                      |
| PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  |                      |
| CONTENIDO:<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA VERDADERA |                      |
| PRESENTE:<br>JOSE ESTRADA   | ESCALA INDICADA<br>4 |
| AUTÓCTONO:<br>JOSE ESTRADA  | FOHO:<br>14          |
| ASESOR DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | FECHA:<br>NOV/2016   |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ<br>CORNET 2013-0871                | DE:<br>17            |



LADRILLO TAYUYO  
DE 0.23 X 0.11 X 0.05.



**PLANTA POZO DE VISITA TIPO 1**  
ESCALA: 1/40

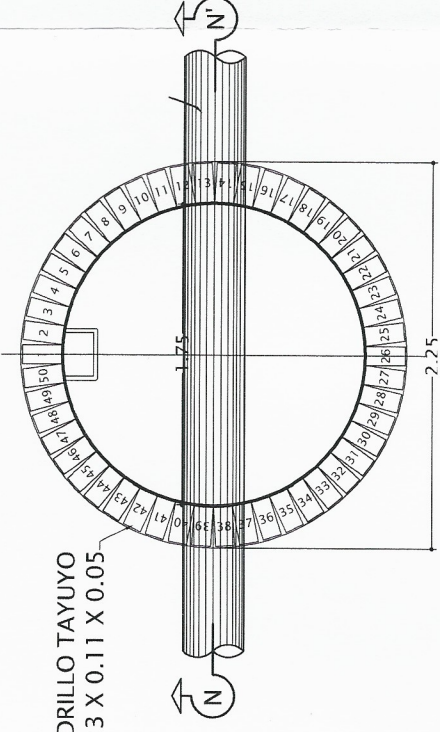


**DETALLE POZO DE VISITA TIPO 1**  
ESCALA: 1/40

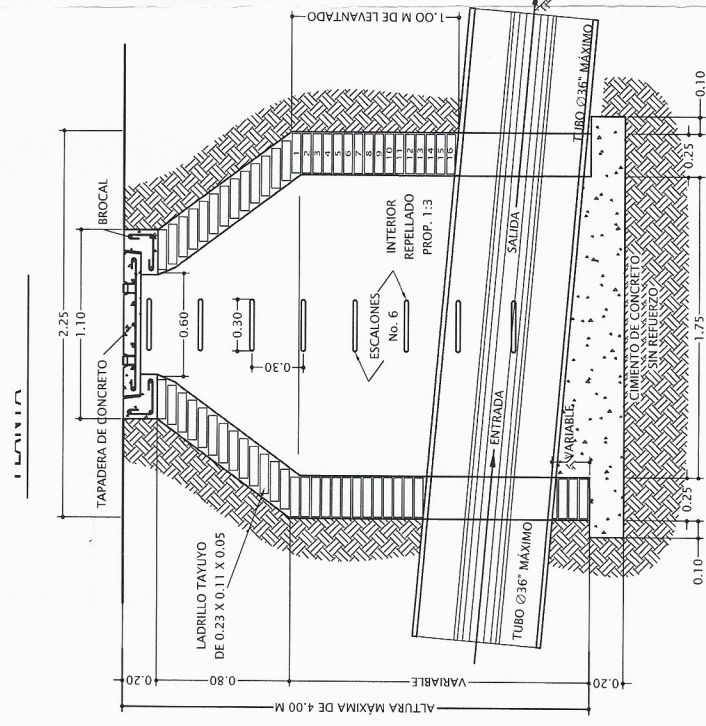
**ESPECIFICACIONES**

- EL CONCRETO UTILIZADO SERÁ DE  $f_c = 3000 \text{ PSI} / 210 \text{ kg/cm}^2$
- EL ACERO A UTILIZARSE SERÁ LEGÍTIMO GRADO 40
- LOS LADRILLOS SERÁN TAYUYOS DE 0.11X0.23X0.065
- LOS POZOS TENDRÁN UN REPELLO DE PROPORCIÓN 1:3
- LAS TAPADERAS SERÉAN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE PLANTA GENERAL
- LOS DISPADORES TIPO BIFURCACIÓN PARA LAS CAIDAS ESTÁN UBICADOS EN LOS POZOS: PV-21, PV-26, PV-27.8, PV-27.9, PV-21.A, PV-26.9, PV-28, PV-27.9.1, PV-40.6, PV-37, PV-39.3, PV-M, PV-41.3, PV-41, PV-26.9.A, PV-40.4, PV-40, PV-41

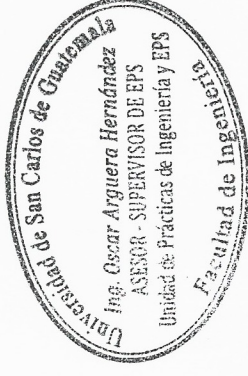
LADRILLO TAYUYO  
DE 0.23 X 0.11 X 0.05.



**PLANTA POZO DE VISITA TIPO 2**  
ESCALA: 1/40



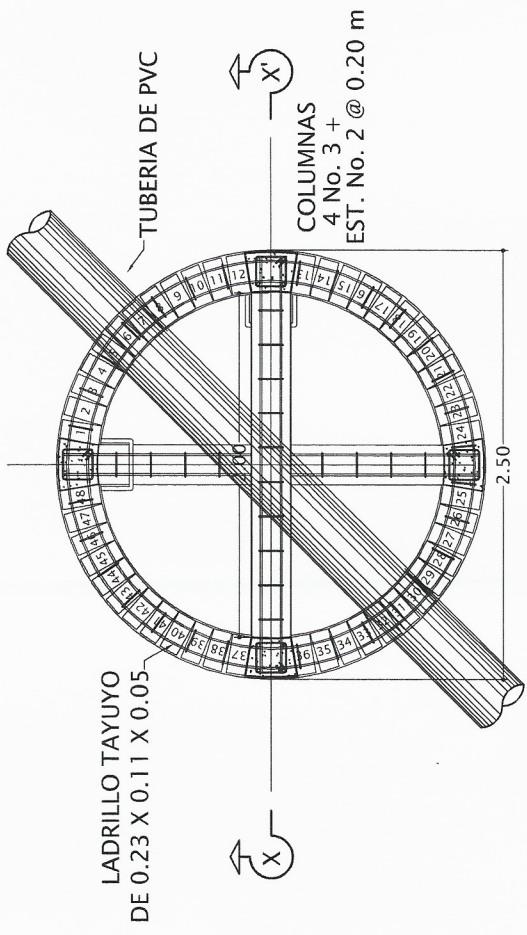
**DETALLE POZO DE VISITA TIPO 2**  
ESCALA: 1/40



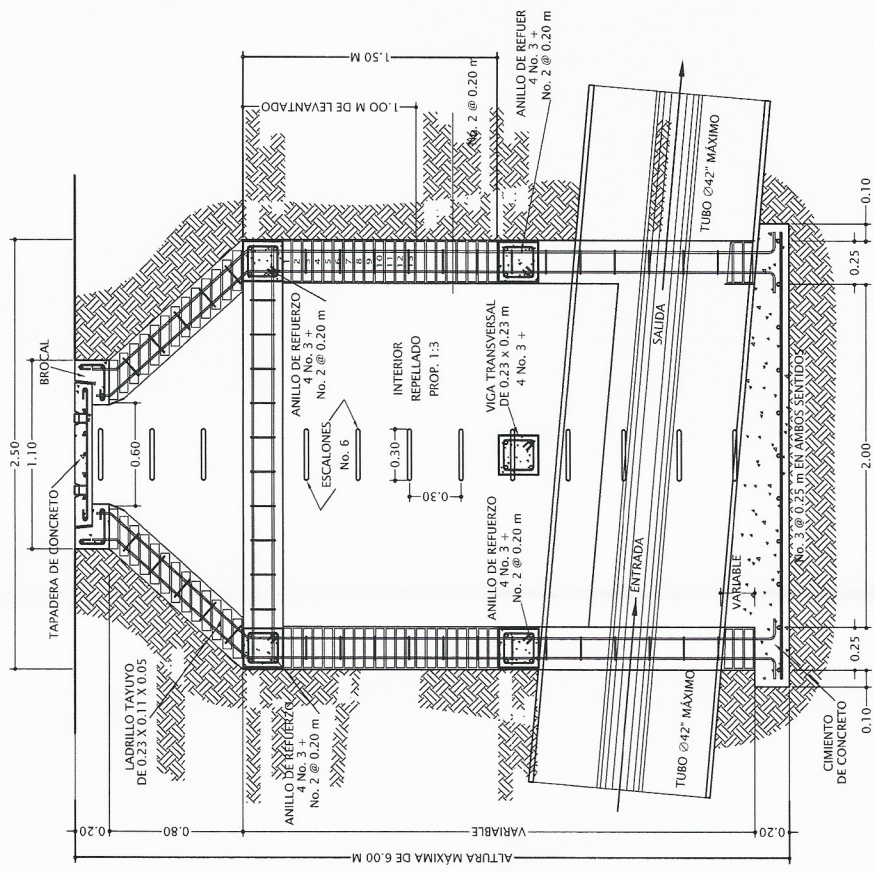
*[Handwritten signature]*



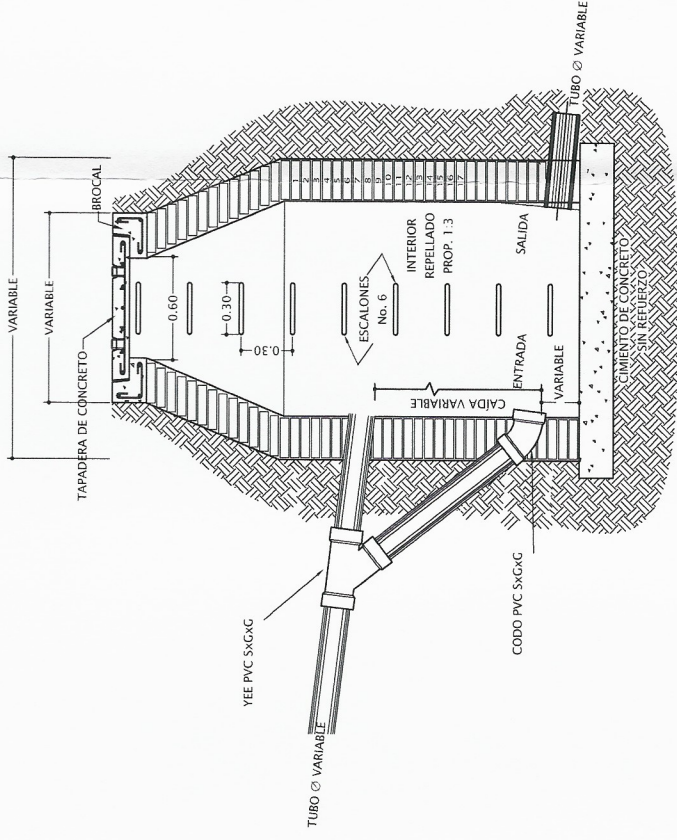
|   |                                       |  |   |
|---|---------------------------------------|--|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                        |                                       | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                                      |   |
| PROYECTO<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA COLONIA ETERNA PRIMAVERA |                                       | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |   |
| DISEÑO<br>ING. JOSÉ ESTRADA   | ESCALA INDICADA<br>CONS. 4            | FOJA<br>16   | FECHA<br>NOV/2016                         |
| VALIDADO<br>ING. JOSÉ ESTRADA   | PLANTA DE DETALLES DE POZOS DE VISITA |  | DESIGNADO<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ |
| ASESOR DE REGION<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  |                                       | DISEÑO DE INGENIERIA<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ<br>CARNET: 230287 |   |



PLANTA POZO DE VISITA TIPO 3  
ESCALA: 1/40



DETALLE POZO DE VISITA TIPO 3  
ESCALA: 1/40



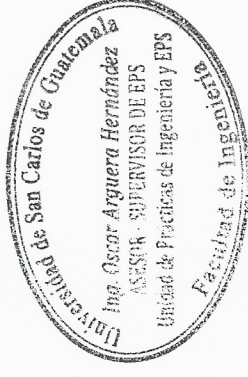
DETALLE POZO CON CAIDA  
ESCALA: 1/40

CLASIFICACION DE POZOS DE VISITA DRENAJE PLUVIAL

| TIPO | PROMEDIO DE ALTURA (m) | DIÁMETRO (m) |
|------|------------------------|--------------|
| 1    | 1.76                   | 1.50         |
| 2    | 2.66                   | 1.75         |
| 3    | 2.92                   | 2.00         |

ESPECIFICACIONES

- EL CONCRETO UTILIZADO SERÁ DE  $f_c = 3000 \text{ PSI} / 210 \text{ kg/cm}^2$
- EL ACERO A UTILIZARSE SERÁ LEGÍTIMO GRADO 40
- LOS LADRILLOS SERÁN TAYUYOS DE 0.11X0.23X0.065
- LOS POZOS TENDRÁN UN REPELLO DE PROPORCIÓN 1:3
- LAS TAPADERAS SERÁN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE PLANTA GENERAL
- LOS DISIPADORES TIPO BIFURCACION PARA LAS CAIDAS ESTÁN UBICADOS EN LOS POZOS: PV-21, PV-26, PV-27.8, PV-27.9, PV-21.A, PV-26.9, PV-28, PV-27.9.1, PV-40.6, PV-37, PV-38.3, PV-M, PV-41.3, PV-41, PV-26.9.A, PV-40.4, PV-40, PV-41



*[Handwritten signature]*

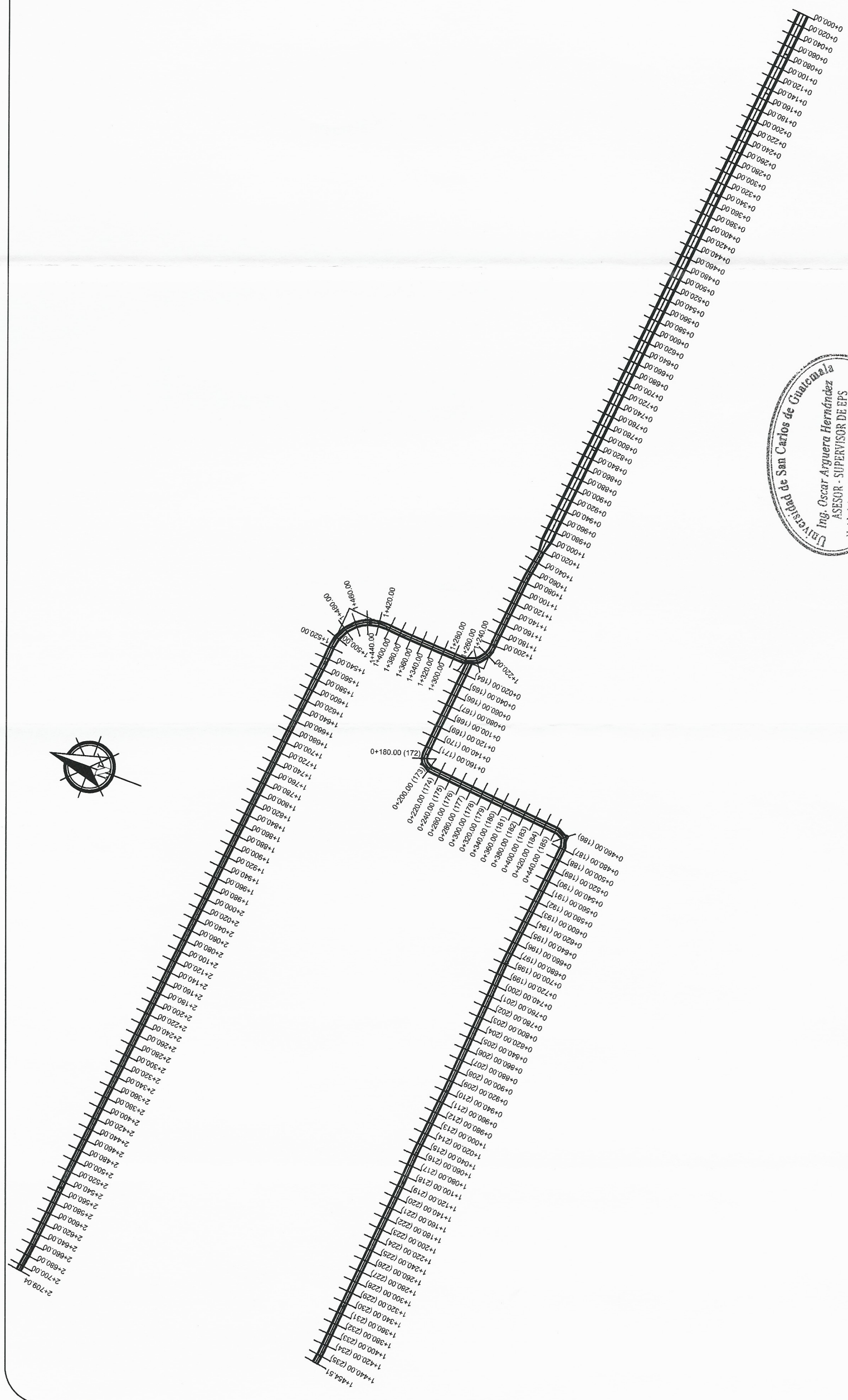


|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                     | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL<br>DE LA COLONIA EFRAIM AVILA |
| DISEÑO:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                          | CONTENIDO:<br>PLANTA DE DETALLES DE POZOS DE VISITA   | ESCALA:<br>INDICADA<br>FOYA:<br>17        | FECHA:<br>NOV/2016   |
| ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ                | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ | FECHA:<br>NOV/2016                        | FOYA:<br>17  |

Apéndice 3. **Diseño de pavimentación de la carretera de acceso de  
Bárceñas hacia colonial 20 de Octubre y Los Olivos y  
cementerio Las Nubes**

Fuente: elaboración propia.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE  
 BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y  
 CEMENTERIO LAS NUBES

CONTENIDO:  
 PLANTA GENERAL

DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
 CALIFICADO: JOSÉ ESTRADA

ASESOR DE REGION:  
 ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

FECHA:  
 NOV/2016

DE:  
 20

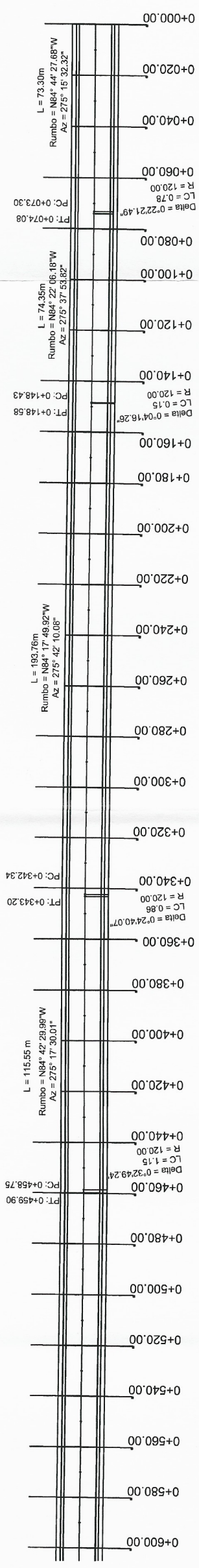
ESCALA:  
 INDICADA  
 ZONA: 3

FOJA:  
 01

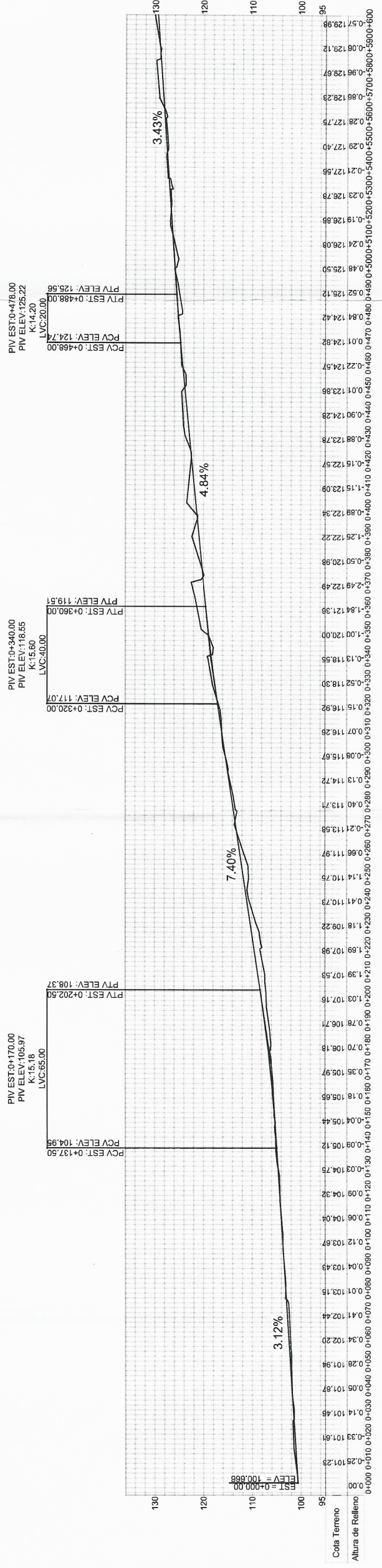
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Argueta Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

# PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/6500



**PLANTA DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 0+000 @ 0+600**  
ESCALA: 1/1750



**Hacia Colonia Los Olivos: de Est 0+000 @ 0+600 (Perfil)**

**PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 0+000 @ 0+600**  
ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1750

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                    |
|---------|--------------------------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |
| Delta   | DEFLEXIÓN                      |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |
| LVC     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |
| EST     | ESTACION                       |
| ELEV    | ELEVACIÓN                      |

**REFERENCIAS**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCEÑAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS (CANTÓN DE LAS NUBES)

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 0+000 @ 0+600

DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
CORRECCIONES: JOSÉ ESTRADA

ASesor DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ  
FOTOCOPIADO (SE ESTADIA GONZÁLEZ CABRILLO 2010 2887)

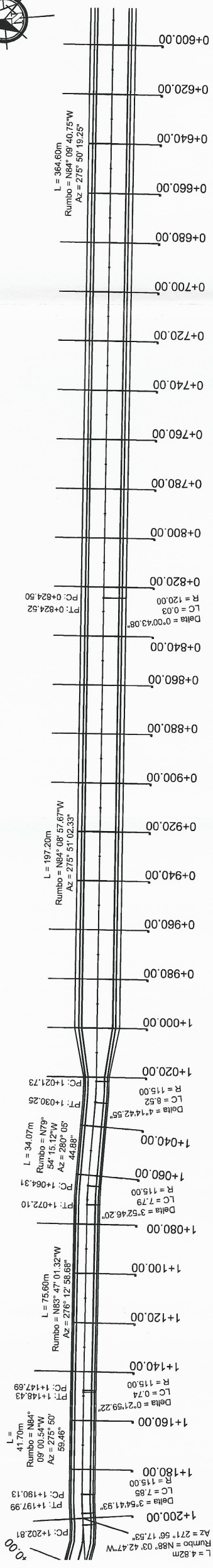
ESCALA INDICADA: 3  
ESCALA REAL: 02  
FECHA: NOV/2016  
DÍA: 20



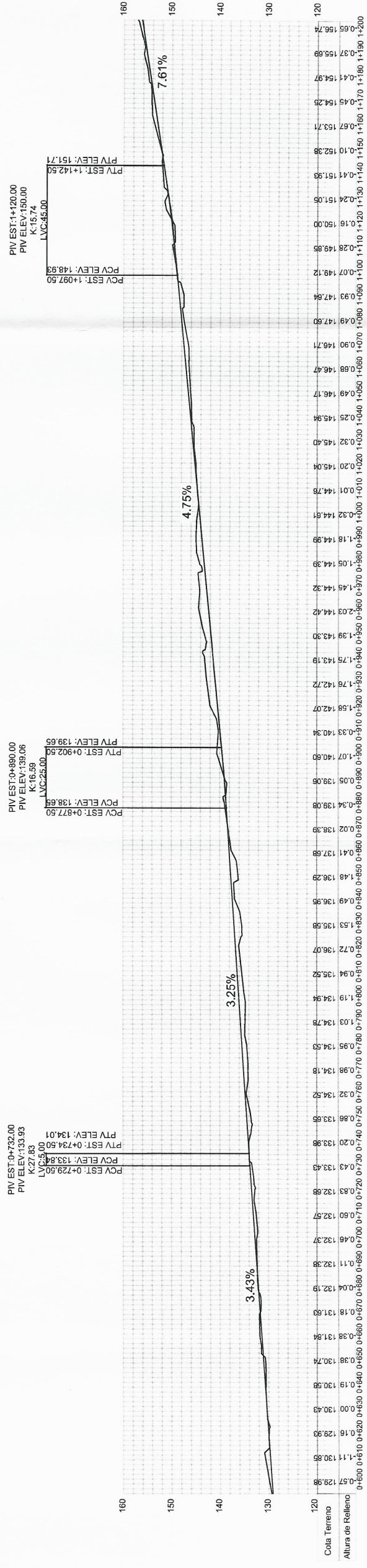
**NOMENCLATURA**  
SIN ESCALA

*[Handwritten signature]*





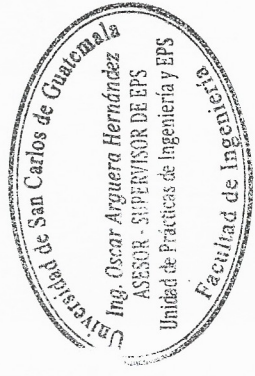
**PLANTA DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 0+600 @ 1+200**  
 ESCALA: 1/1750



Hacia Colonia Los Olivos: de Est 0+600 @ 1+200 (Perfil)

**PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 0+600 @ 1+200**  
 ESCALA VERTICAL: 1/875  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1750

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                    |
|---------|--------------------------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |
| Delta   | DEFLEXIÓN                      |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |
| LCV     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |
| EST     | ESTACION                       |
| ELEV    | ELEVACIÓN                      |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARRERAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 0+600 @ 1+200

INSTRUMENTOS: ESCALA INDICADA: 3 ZONA: 03

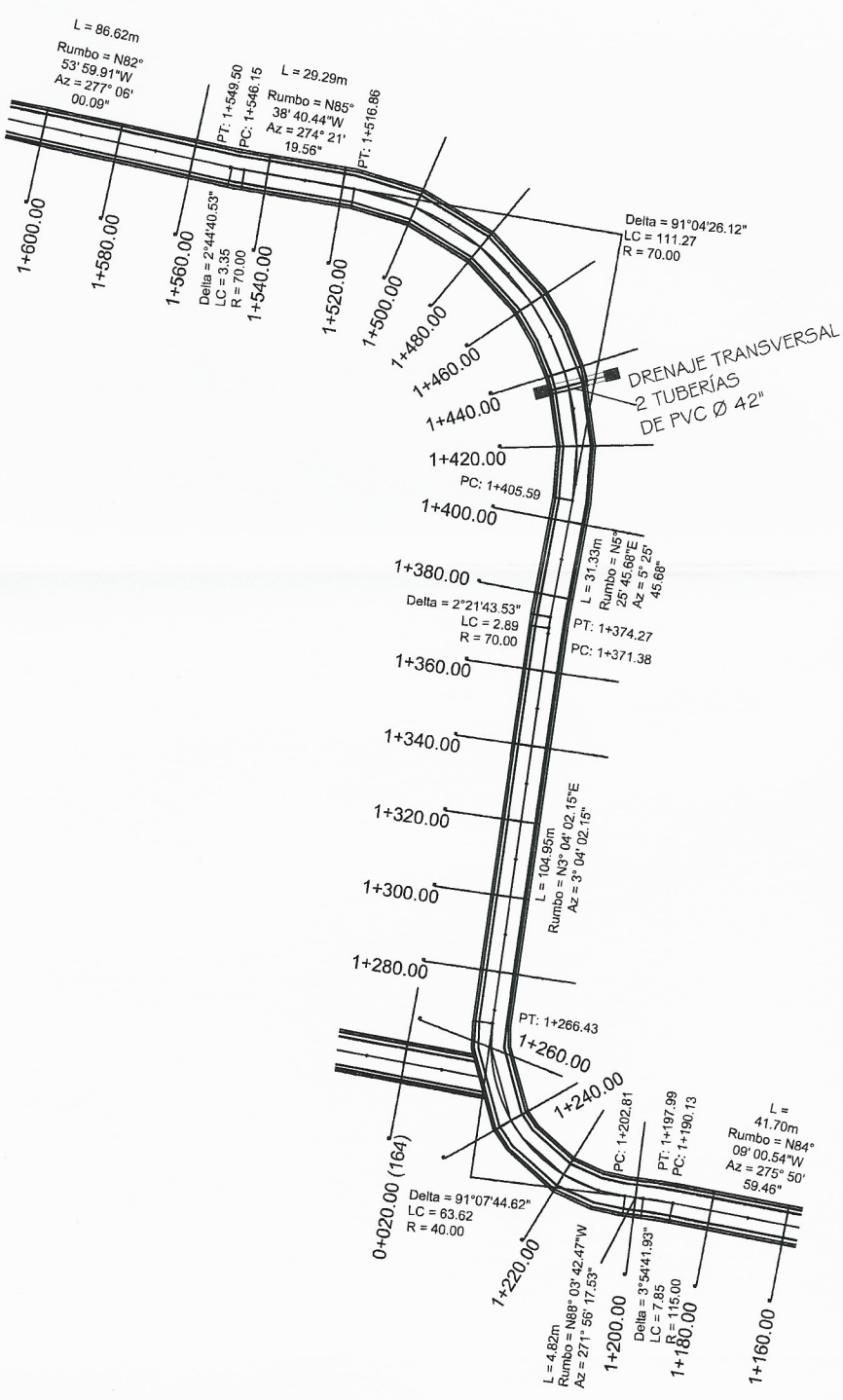
ASesor DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 BOSEJO DE INGENIERIA: RODOFOLIO JOSE ESTRADA GONZALEZ  
 CABINET: 2005087

FECHA: NOV/2016

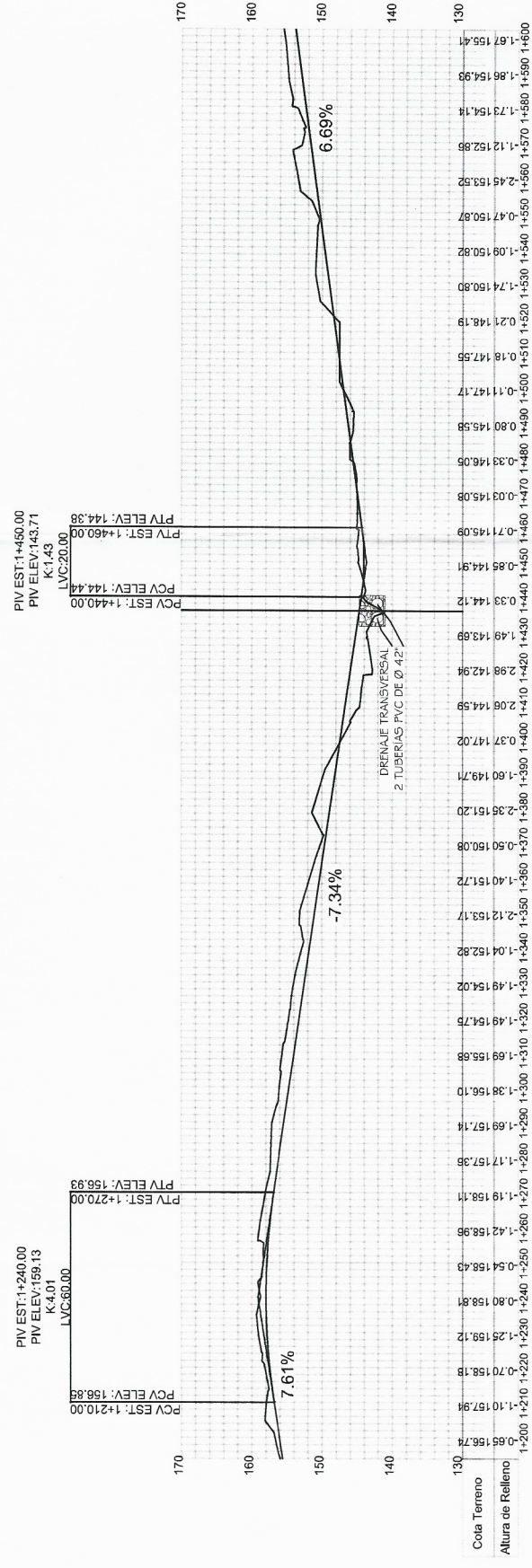
**NOMENCLATURA**  
 SIN ESCALA

| SÍMBOLO | REFERENCIAS                    | DESCRIPCIÓN |
|---------|--------------------------------|-------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |             |
| D-lla   | DEFLEXIÓN                      |             |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |             |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |             |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |             |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |             |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |             |
| LCV     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |             |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |             |
| EST     | ESTACION                       |             |
| ELEV    | ELEVACIÓN                      |             |

**NOMENCLATURA**  
SIN ESCALA

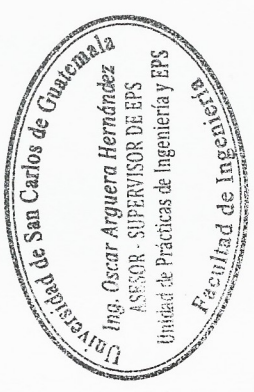


**PLANTA DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+200 @ 1+600**  
ESCALA: 1/1750



**Hacia Colonia Los Olivos: de Est 1+200 @ 1+600 (Perfil)**

**PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+200 @ 1+600**  
ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1750



*[Handwritten signature]*

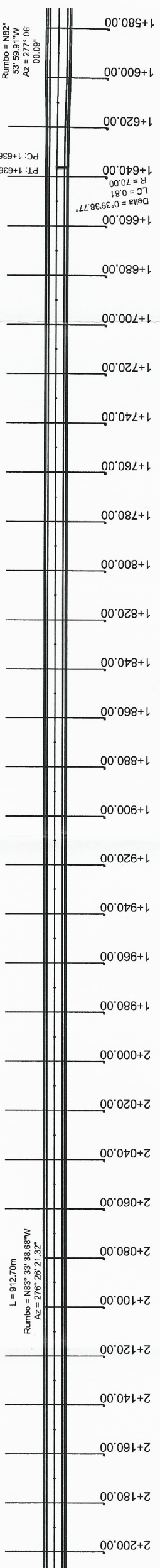


|   |  |                     |             |
|---|--|---------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA  | PROYECTO:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                      | ESCALA:<br>INDICADA | HOJA:<br>04 |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+200 @ 1+600 | FECHA:<br>NOV/2016  | DE:<br>20   |
| DISEÑO:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ   | BASE DE INGENIERÍA:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ                            |                     |             |



L = 86.62m  
 Rumbo = N82°  
 53' 59.91"W  
 Az = 277° 06'  
 00.09°

PC: 1+636.13  
 PT: 1+636.13  
 R = 70.00  
 LC = 0.81  
 Delta = 0° 39' 38.77"



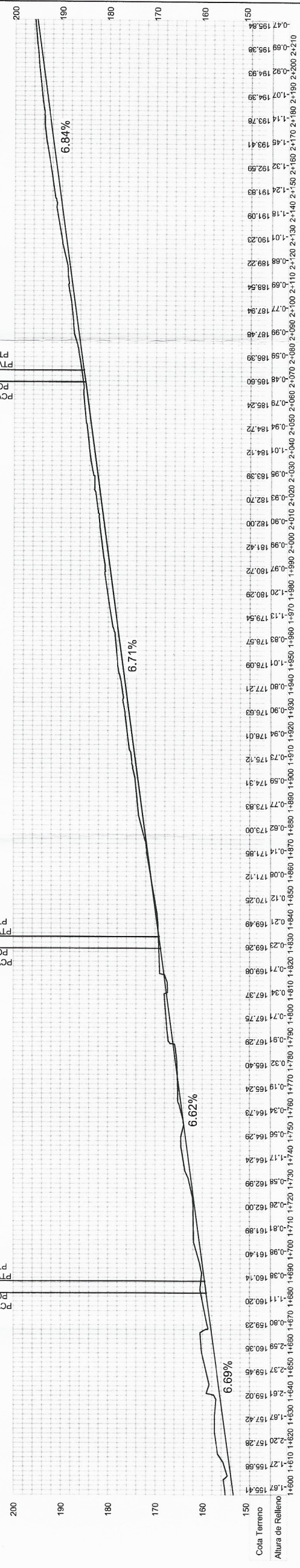
L = 912.70m  
 Rumbo = N83° 33' 38.68"W  
 Az = 276° 26' 21.32"

**PLANTA DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+600 @ 2+200**  
 ESCALA: 1/1750

PIV EST: 1+684.00  
 PIV ELEV: 159.36  
 K: 76.05  
 LVC: 5.00  
 PCV EST: 1+681.50  
 PTV ELEV: 159.53

PIV EST: 1+630.00  
 PIV ELEV: 169.03  
 K: 60.31  
 LVC: 5.00  
 PCV EST: 1+627.50  
 PTV ELEV: 169.20

PIV EST: 2+070.00  
 PIV ELEV: 185.12  
 K: 39.38  
 LVC: 5.00  
 PCV EST: 2+067.50  
 PTV ELEV: 185.29

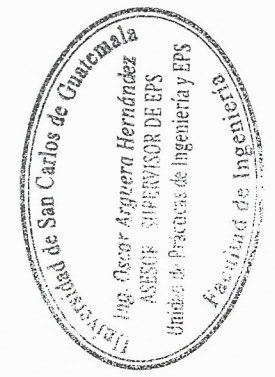


**Hacia Colonia Los Olivos: de Est 1+600 @ 2+200 (Perfil)**

|                   |        |
|-------------------|--------|
| Cola Terreno      | 155.41 |
| Altura de Relleno | 156.00 |
| 1+600             | 157.28 |
| 1+610             | 157.28 |
| 1+620             | 157.42 |
| 1+630             | 157.42 |
| 1+640             | 159.02 |
| 1+650             | 159.45 |
| 1+660             | 160.36 |
| 1+670             | 159.23 |
| 1+680             | 160.14 |
| 1+690             | 161.40 |
| 1+700             | 161.89 |
| 1+710             | 162.00 |
| 1+720             | 162.00 |
| 1+730             | 162.99 |
| 1+740             | 164.24 |
| 1+750             | 164.24 |
| 1+760             | 164.73 |
| 1+770             | 165.24 |
| 1+780             | 165.40 |
| 1+790             | 167.29 |
| 1+800             | 167.75 |
| 1+810             | 167.75 |
| 1+820             | 167.37 |
| 1+830             | 169.08 |
| 1+840             | 169.28 |
| 1+850             | 170.77 |
| 1+860             | 170.77 |
| 1+870             | 173.83 |
| 1+880             | 173.83 |
| 1+890             | 174.31 |
| 1+900             | 175.12 |
| 1+910             | 175.12 |
| 1+920             | 176.01 |
| 1+930             | 176.69 |
| 1+940             | 177.21 |
| 1+950             | 178.09 |
| 1+960             | 178.57 |
| 1+970             | 179.54 |
| 1+980             | 180.29 |
| 1+990             | 180.72 |
| 2+000             | 181.42 |
| 2+010             | 182.00 |
| 2+020             | 182.70 |
| 2+030             | 183.39 |
| 2+040             | 184.12 |
| 2+050             | 184.72 |
| 2+060             | 185.24 |
| 2+070             | 185.60 |
| 2+080             | 186.39 |
| 2+090             | 187.48 |
| 2+100             | 187.94 |
| 2+110             | 188.54 |
| 2+120             | 189.22 |
| 2+130             | 190.23 |
| 2+140             | 191.09 |
| 2+150             | 191.89 |
| 2+160             | 192.59 |
| 2+170             | 193.41 |
| 2+180             | 194.39 |
| 2+190             | 194.93 |
| 2+200             | 195.36 |
| 2+210             | 195.84 |

**PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+600 @ 2+200**  
 ESCALA VERTICAL: 1/875  
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1750

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                    |
|---------|--------------------------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |
| Delta   | DEFLEXIÓN                      |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |
| LCV     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |
| EST     | ESTACION                       |
| ELEV    | ELEVACION                      |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

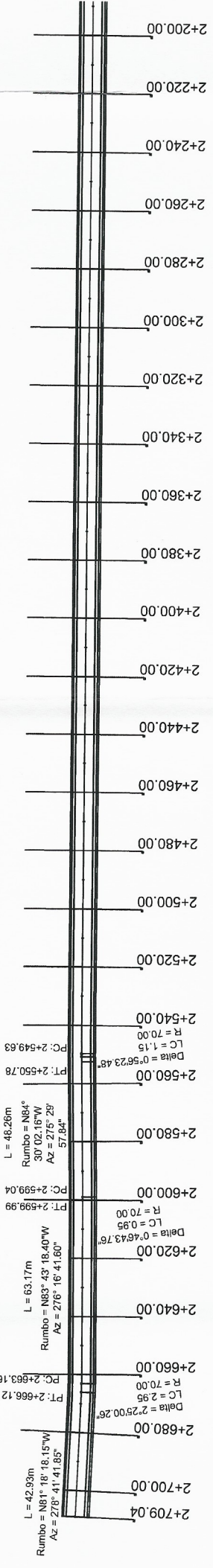
CONTRATISTA: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE 1+600 @ 2+200

PRESENTE: JOSÉ ESTRADA  
 INGENIERO DE REGION

ASISTENTE DE REGION: OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 CARNET: 2002887

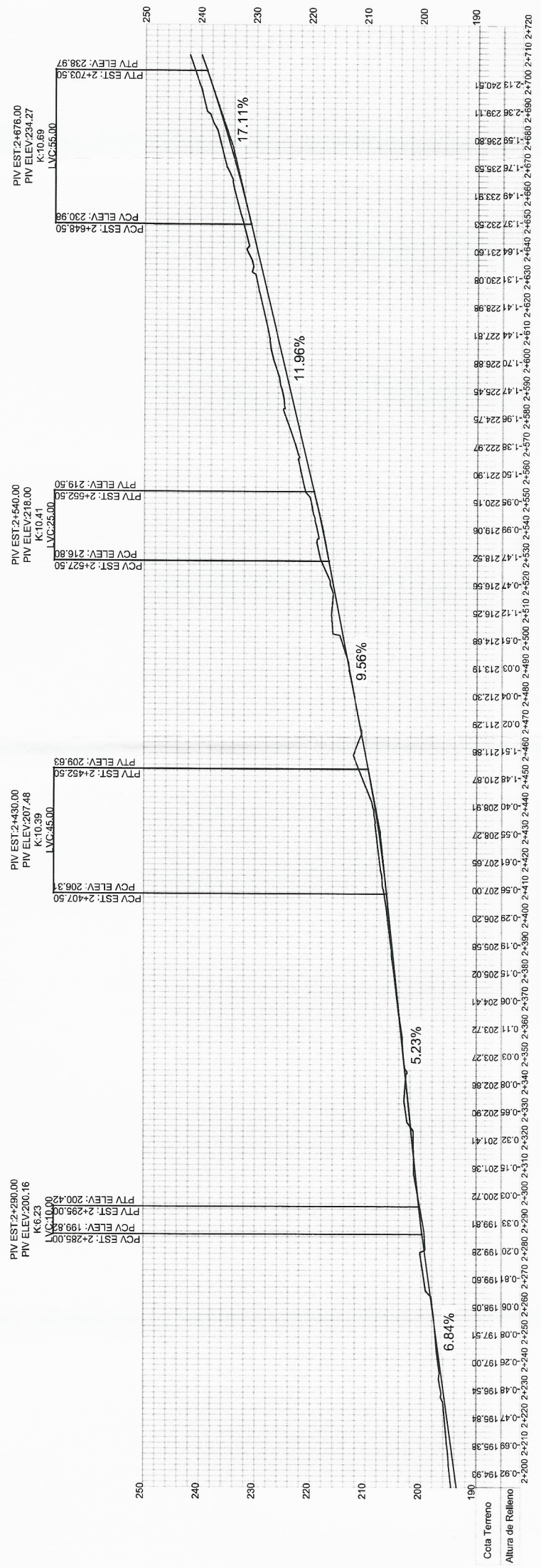
FECHA: NOV/2016

DE: 20



**PLANTA DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 2+200 @ 2+709.04**

ESCALA: 1/11750

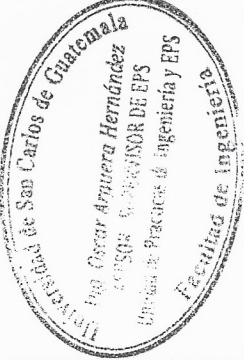


**Hacia Colonia Los Olivos: de Est 2+200 @ 2+709.04 (Perfil)**

**PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 2+200 @ 2+709.04**

ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/11750

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                    |
|---------|--------------------------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |
| Delta   | DEFLEXIÓN                      |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |
| LCV     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |
| EST     | ESTACIÓN                       |
| ELEV    | ELEVACIÓN                      |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 2+200 @ 2+709.04

FECHA: 20 NOV/2016

ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

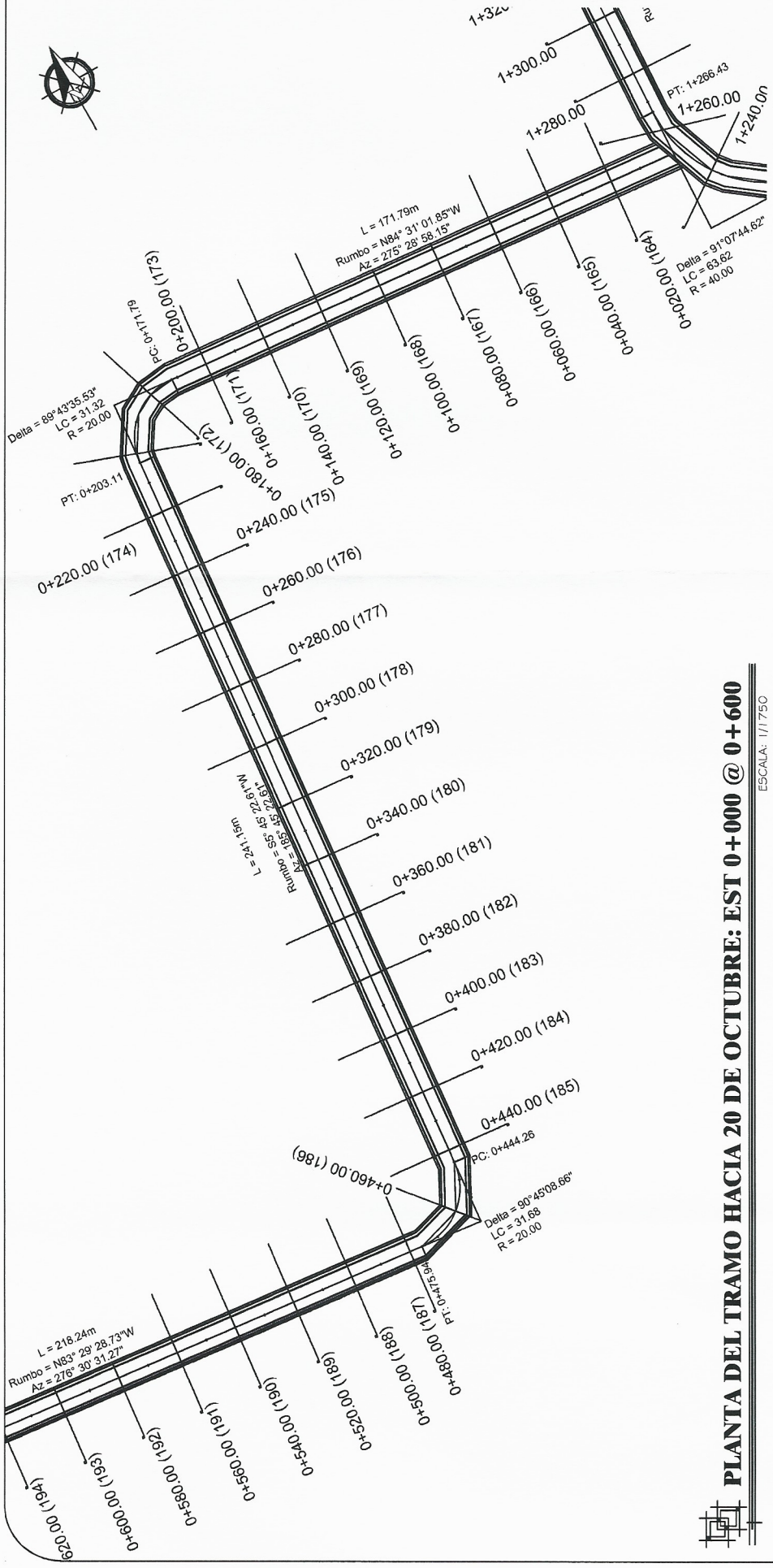
*[Handwritten signature]*

**NOMENCLATURA**

SRV. ESCALA

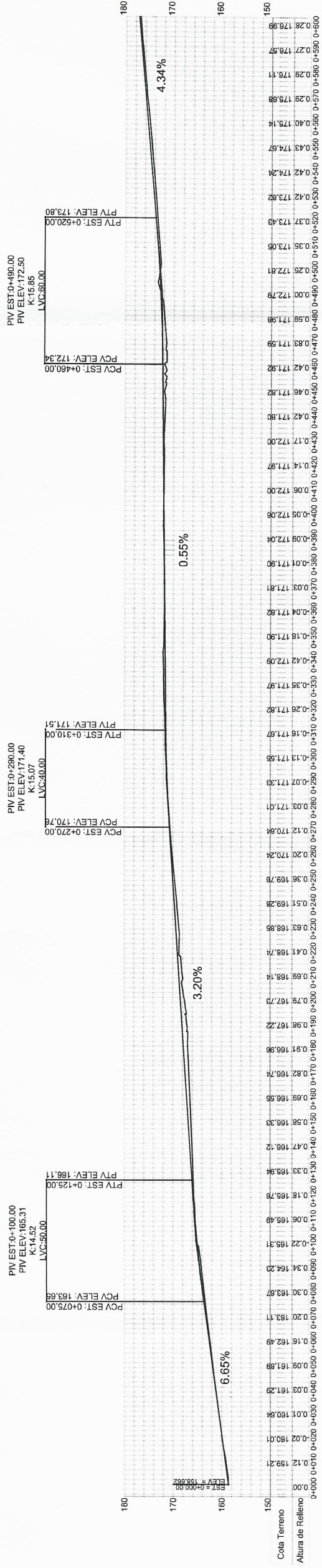
| SÍMBOLO | REFERENCIAS                    | DESCRIPCIÓN |
|---------|--------------------------------|-------------|
| PC      | PRINCIPIO DE CURVA             |             |
| PT      | PRINCIPIO DE TANGENTE          |             |
| Delta   | DEFLEXIÓN                      |             |
| LC      | LONGITUD DE CURVA              |             |
| R       | RADIO DE LA CURVA              |             |
| PIV     | PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL |             |
| PCV     | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL    |             |
| PTV     | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL |             |
| LCV     | LONGITUD DE CURVA VERTICAL     |             |
| K       | VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA    |             |
| EST     | ESTACIÓN                       |             |
| ELEV    | ELEVACIÓN                      |             |

**NOMENCLATURA**  
SIN ESCALA



**PLANTA DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 0+000 @ 0+600**

ESCALA: 1/1750



**Hacia Colonia 20 de Octubre: de Est 0+000 @ 0+600 (Perfil)**

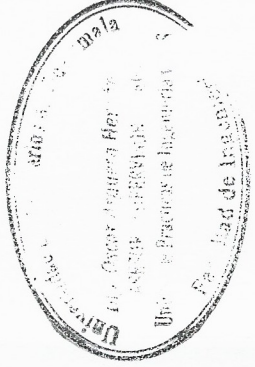
**PERFIL DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 0+000 @ 0+600**

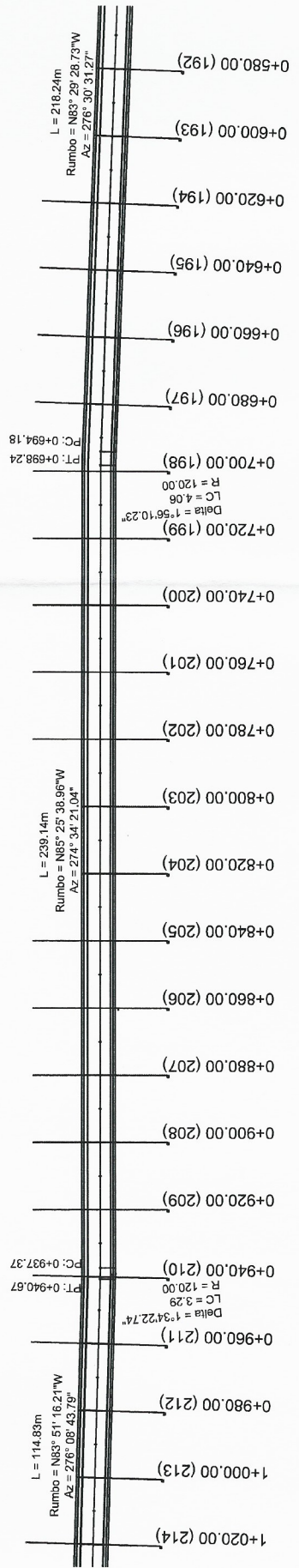
ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1750



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA VERDE

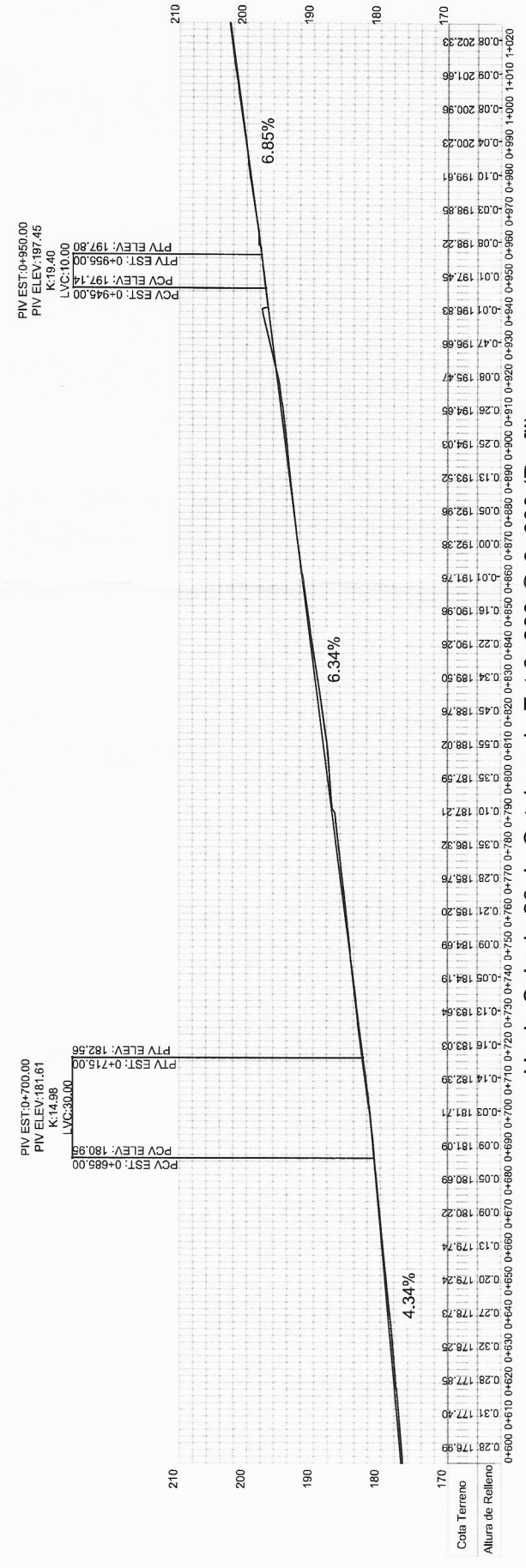
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCEÑAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES  
CONTRIBUCIÓN: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE EST 0+000 @ 0+600  
DISEÑO: JOSE ESTRADA  
CARABOS: JOSE ESTRADA  
ASesor DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
BOJOS DE INGENIERIA: RODOLFO J. ESTEBAN GONZALEZ  
CARNET: 20102881  
ESCALA INDICADA: 07  
ZONA: 3  
FECHA: NOV/2016  
DE: 20





**PLANTA DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 0+600 @ 1+020**

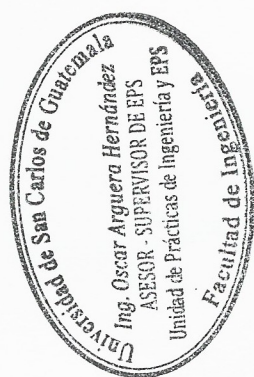
ESCALA: 1/1750



**Hacia Colonia 20 de Octubre: de Est 0+000 @ 0+600 (Perfil)**

**PERFIL DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 0+600 @ 1+020**

ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1750



*[Handwritten signature]*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

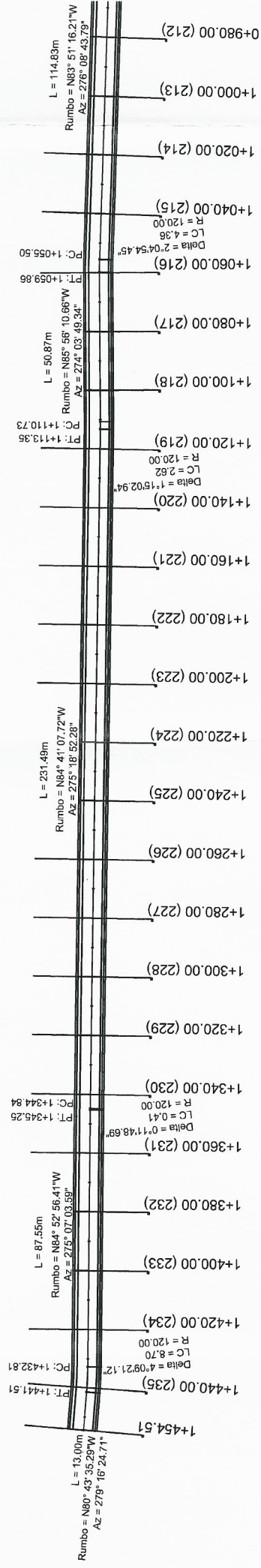
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE 0+600 @ 1+020

DISEÑO: JOSE ESTRADA  
CALCULO: JOSE ESTRADA

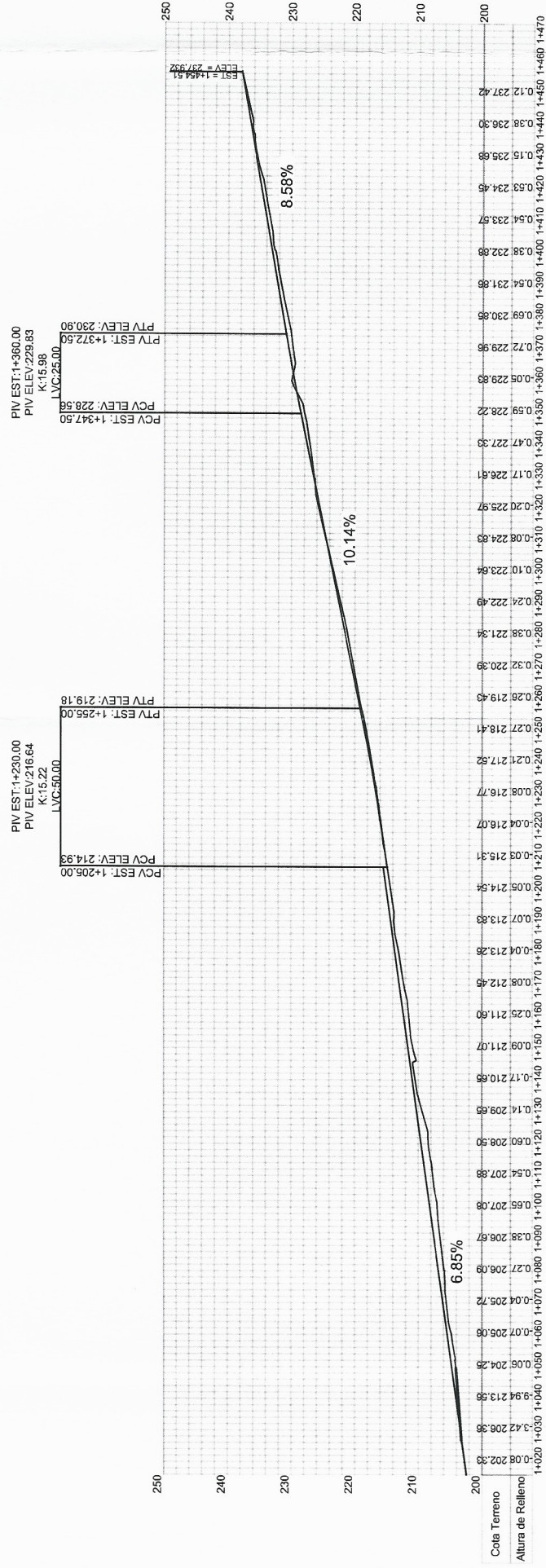
ASesor DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
DISEÑO DE INGENIERIA: RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ  
CARNET: 21028871

ESCALA INDICADA: 3  
ZONA: 08  
FECHA: NOV/2016  
DISE: 20



**PLANTA DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 1+020 @ 1+454.51**

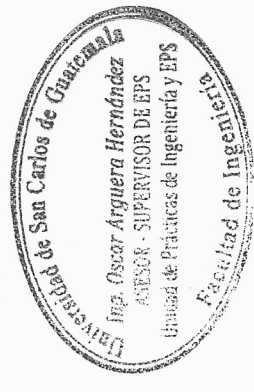
ESCALA: 1/1750



**Hacia Colonia 20 de Octubre: de Est 1+020 @ 1+454.51 (Perfil)**

**PERFIL DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 1+020 @ 1+454.51**

ESCALA VERTICAL: 1/875  
ESCALA HORIZONTAL: 1/1750



*[Handwritten signature]*



|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |                                 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA VERDE  |                                 |
| PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES |                                 |
| CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE 1+020 @ 1+454.51  | FECHA: 09/11/2016               |
| INGENIERO: JOSÉ ESTRADA  | BOLETO DE INGENIERIA: 201600001 |
| ASesor DE REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | FECHA: NOV/2016                 |
| BOLETO DE INGENIERIA: 201600001  | NO: 20                          |

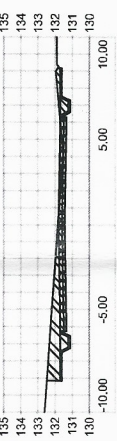




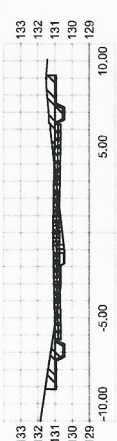
Resumen de Movimiento de Tierras

| Estación | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+620.00 | 4.91            | 10.73         | 50.94              | 209.30           | 3038.95                      | 3895.96                    |
| 0+640.00 | 3.23            | 2.67          | 81.43              | 134.01           | 3120.39                      | 3819.97                    |
| 0+660.00 | 0.51            | 37.40         | 5.19               | 78.53            | 3157.78                      | 3988.51                    |
| 0+680.00 | 3.56            | 3.79          | 40.85              | 89.79            | 3198.44                      | 3998.30                    |
| 0+700.00 | 8.19            | 1.33          | 117.42             | 51.28            | 3315.86                      | 4039.58                    |
| 0+720.00 | 10.12           | 0.57          | 183.05             | 18.00            | 3498.92                      | 4058.58                    |
| 0+740.00 | 6.53            | 1.37          | 166.46             | 18.33            | 3665.37                      | 4077.90                    |
| 0+760.00 | 9.32            | 0.30          | 158.51             | 16.66            | 3823.88                      | 4094.57                    |
| 0+780.00 | 15.09           | 0.12          | 244.14             | 4.19             | 4068.02                      | 4096.76                    |
| 0+800.00 | 23.04           | 0.00          | 381.26             | 1.20             | 4449.28                      | 4099.96                    |
| 0+820.00 | 17.07           | 0.09          | 407.01             | 0.93             | 4856.29                      | 4100.89                    |
| 0+840.00 | 13.14           | 0.57          | 302.06             | 6.63             | 5152.37                      | 4107.52                    |
| 0+860.00 | 11.25           | 1.16          | 243.91             | 17.27            | 5396.28                      | 4124.78                    |
| 0+880.00 | 2.46            | 5.27          | 137.09             | 84.23            | 5533.37                      | 4180.02                    |
| 0+900.00 | 0.00            | 17.13         | 24.80              | 223.93           | 5557.98                      | 4412.94                    |
| 0+920.00 | 0.00            | 23.86         | 0.00               | 409.84           | 5557.98                      | 4822.78                    |
| 0+940.00 | 0.00            | 32.35         | 0.00               | 562.07           | 5557.98                      | 5384.85                    |
| 0+960.00 | 0.00            | 32.33         | 0.00               | 646.79           | 5557.98                      | 6031.64                    |
| 0+980.00 | 0.00            | 19.40         | 0.00               | 517.33           | 5557.98                      | 6548.96                    |
| 1+000.00 | 0.53            | 6.41          | 5.28               | 258.08           | 5563.25                      | 6807.04                    |
| 1+020.00 | 3.79            | 0.43          | 43.20              | 88.33            | 5606.45                      | 6875.37                    |
| 1+040.00 | 5.11            | 0.15          | 88.82              | 5.64             | 5695.27                      | 6881.21                    |
| 1+060.00 | 9.24            | 0.00          | 143.45             | 1.52             | 5838.73                      | 6882.73                    |
| 1+080.00 | 7.03            | 0.00          | 163.00             | 0.00             | 6001.73                      | 6882.73                    |
| 1+100.00 | 2.14            | 0.42          | 91.73              | 4.19             | 6093.46                      | 6886.91                    |
| 1+120.00 | 2.84            | 1.32          | 49.77              | 17.37            | 6143.23                      | 6904.28                    |
| 1+140.00 | 0.22            | 2.25          | 30.83              | 35.84            | 6173.68                      | 6938.92                    |
| 1+160.00 | 0.00            | 4.79          | 2.25               | 70.38            | 6176.11                      | 7010.30                    |
| 1+180.00 | 0.14            | 1.82          | 1.40               | 87.14            | 6177.51                      | 7077.44                    |
| 1+200.00 | 0.00            | 4.40          | 1.42               | 63.16            | 6178.93                      | 7140.81                    |
| 1+220.00 | 0.00            | 8.81          | 0.00               | 134.15           | 6178.93                      | 7274.76                    |

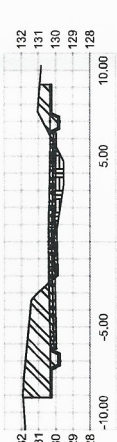
0+620.00



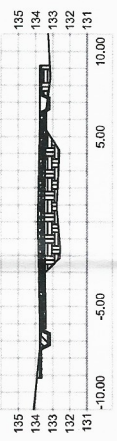
0+640.00



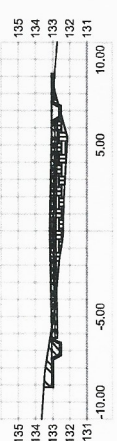
0+660.00



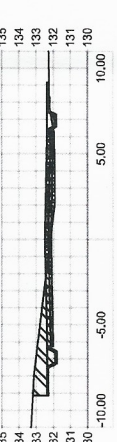
0+720.00



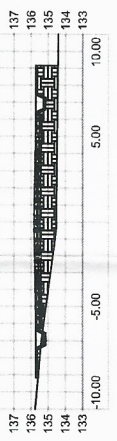
0+700.00



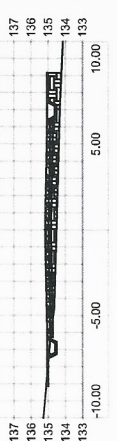
0+680.00



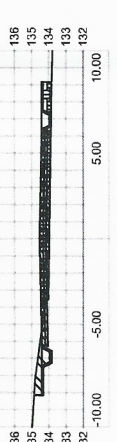
0+780.00



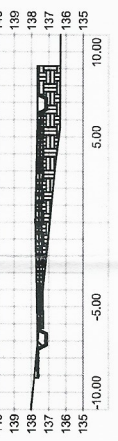
0+760.00



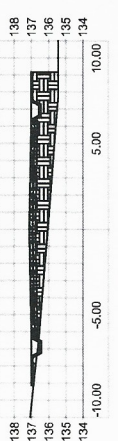
0+740.00



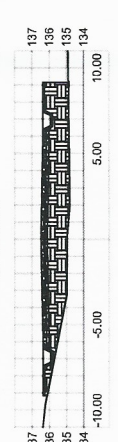
0+840.00



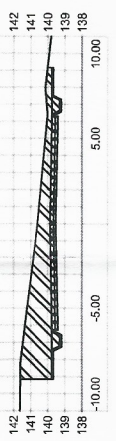
0+820.00



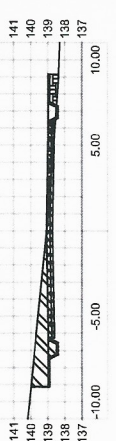
0+800.00



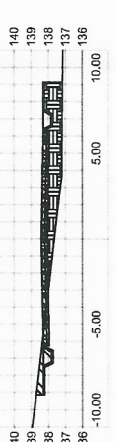
0+900.00



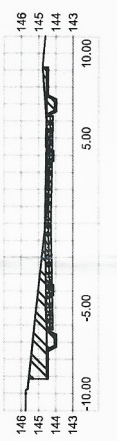
0+880.00



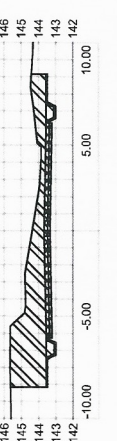
0+860.00



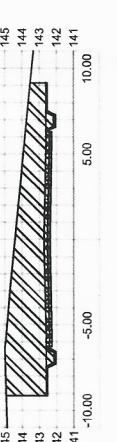
1+000.00



0+980.00



0+960.00



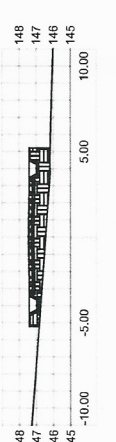
1+100.00



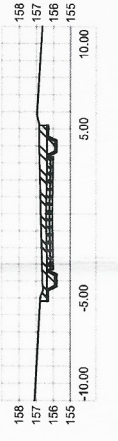
1+080.00



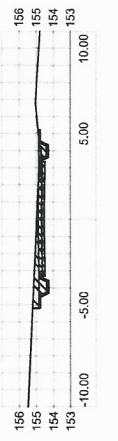
1+060.00



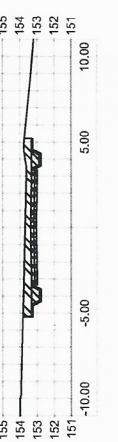
1+200.00



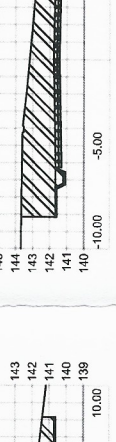
1+180.00



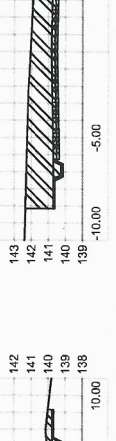
1+160.00



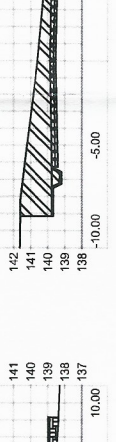
0+940.00



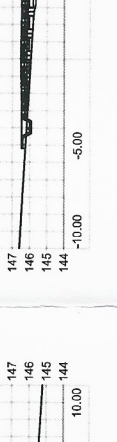
0+920.00



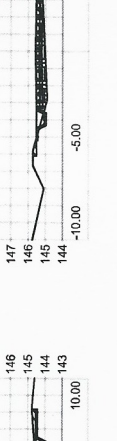
0+900.00



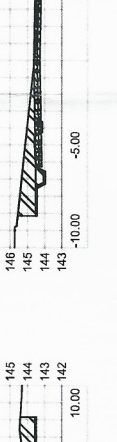
1+040.00



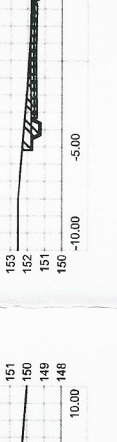
1+020.00



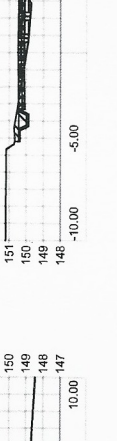
1+000.00



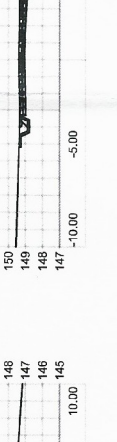
1+140.00



1+120.00



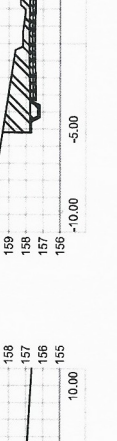
1+100.00



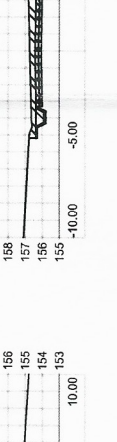
1+220.00



1+200.00



1+180.00



SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 0+620 @ 1+220

ESCALA: 1/400



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARRERAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

CONTENIDOS:  
SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 0+620 @ 1+220

PROFESOR:  
ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

BOLETO DE INGENIERIA:  
BOLETO N° 200287

BOLETO DE INGENIERIA:  
BOLETO N° 200287

FECHA:  
NOV/2016

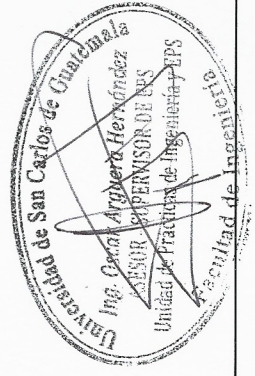
DE:  
20

INGENIERIA:  
ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

BOLETO DE INGENIERIA:  
BOLETO N° 200287

FECHA:  
NOV/2016

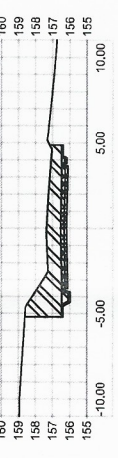
DE:  
20



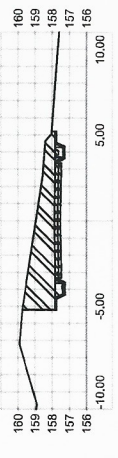
Resumen de Movimiento de Tierras

| Estación | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1+240.00 | 0.00            | 5.85          | 0.00               | 150.67           | 6176.93                      | 7425.43                    |
| 1+260.00 | 0.00            | 12.70         | 0.00               | 190.10           | 6176.93                      | 7615.53                    |
| 1+280.00 | 0.00            | 11.24         | 0.00               | 241.33           | 6176.93                      | 7856.86                    |
| 1+300.00 | 0.00            | 13.12         | 0.00               | 243.56           | 6176.93                      | 8100.43                    |
| 1+320.00 | 0.00            | 14.11         | 0.00               | 272.26           | 6176.93                      | 8372.69                    |
| 1+340.00 | 0.00            | 10.15         | 0.00               | 242.80           | 6176.93                      | 8615.29                    |
| 1+360.00 | 0.00            | 12.08         | 0.00               | 222.32           | 6176.93                      | 8837.61                    |
| 1+380.00 | 0.00            | 18.92         | 0.00               | 310.10           | 6176.93                      | 9147.40                    |
| 1+400.00 | 5.73            | 0.35          | 57.26              | 192.69           | 6236.19                      | 9340.40                    |
| 1+420.00 | 31.40           | 0.82          | 372.54             | 11.91            | 6808.72                      | 9352.31                    |
| 1+440.00 | 5.57            | 2.54          | 372.44             | 32.33            | 6981.17                      | 9384.64                    |
| 1+460.00 | 2.84            | 7.58          | 84.18              | 96.43            | 7065.35                      | 9481.07                    |
| 1+480.00 | 2.04            | 3.55          | 47.91              | 106.24           | 7113.25                      | 9587.31                    |
| 1+500.00 | 2.50            | 0.94          | 47.29              | 42.82            | 7160.54                      | 9629.93                    |
| 1+520.00 | 3.89            | 2.18          | 65.10              | 29.65            | 7225.64                      | 9659.59                    |
| 1+540.00 | 0.00            | 9.00          | 35.95              | 111.85           | 7264.59                      | 9771.44                    |
| 1+560.00 | 0.00            | 20.53         | 0.00               | 295.19           | 7264.59                      | 10066.62                   |
| 1+580.00 | 0.00            | 16.25         | 0.00               | 387.81           | 7264.59                      | 10434.43                   |
| 1+600.00 | 0.00            | 16.20         | 0.00               | 324.45           | 7264.59                      | 10758.88                   |
| 1+620.00 | 0.00            | 16.24         | 0.00               | 344.32           | 7264.59                      | 11103.20                   |
| 1+640.00 | 0.00            | 18.73         | 0.00               | 369.65           | 7264.59                      | 11472.85                   |
| 1+660.00 | 0.00            | 20.73         | 0.00               | 394.54           | 7264.59                      | 11867.39                   |
| 1+680.00 | 0.00            | 8.00          | 0.00               | 297.23           | 7264.59                      | 12154.62                   |
| 1+700.00 | 0.00            | 6.82          | 0.00               | 148.20           | 7264.59                      | 12302.82                   |
| 1+720.00 | 0.37            | 1.10          | 3.67               | 76.26            | 7268.26                      | 12382.08                   |
| 1+740.00 | 0.00            | 8.51          | 3.67               | 96.16            | 7271.92                      | 12478.24                   |
| 1+760.00 | 0.03            | 3.33          | 0.26               | 120.46           | 7272.19                      | 12598.70                   |
| 1+780.00 | 4.02            | 2.43          | 40.48              | 59.65            | 7312.88                      | 12658.35                   |
| 1+800.00 | 0.57            | 3.94          | 45.94              | 63.74            | 7358.62                      | 12722.09                   |
| 1+820.00 | 0.02            | 3.67          | 5.91               | 76.15            | 7364.53                      | 12798.24                   |
| 1+840.00 | 3.83            | 1.23          | 38.52              | 49.08            | 7403.05                      | 12847.32                   |

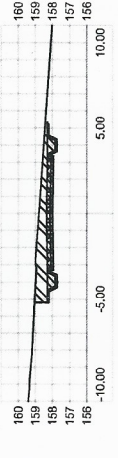
1+240.00



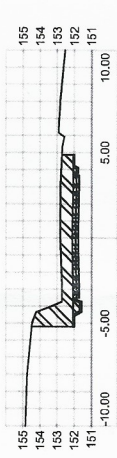
1+260.00



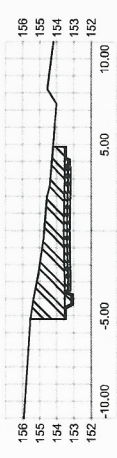
1+280.00



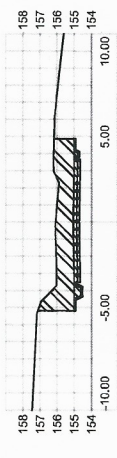
1+300.00



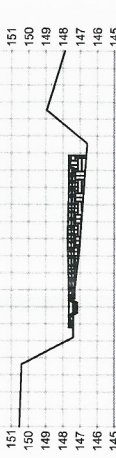
1+320.00



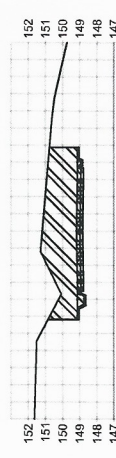
1+340.00



1+360.00



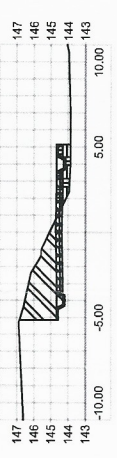
1+380.00



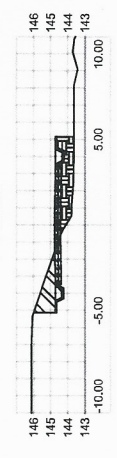
1+400.00



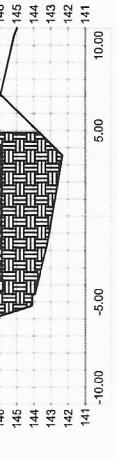
1+420.00



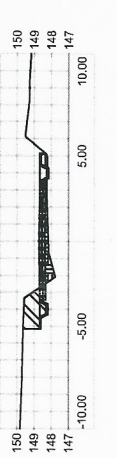
1+440.00



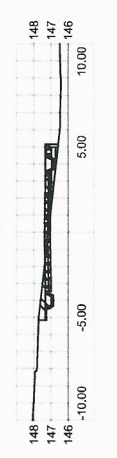
1+460.00



1+480.00



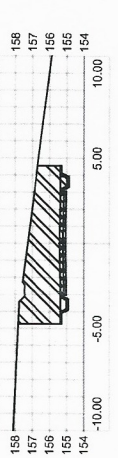
1+500.00



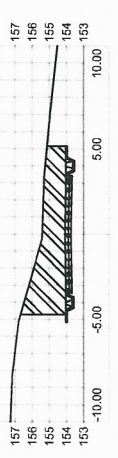
1+520.00



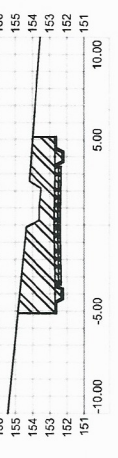
1+540.00



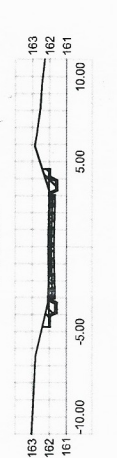
1+560.00



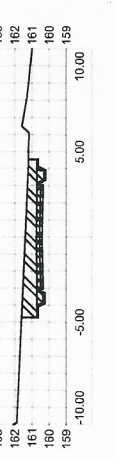
1+580.00



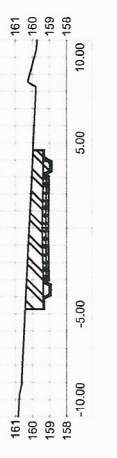
1+600.00



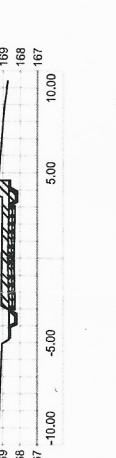
1+620.00



1+640.00



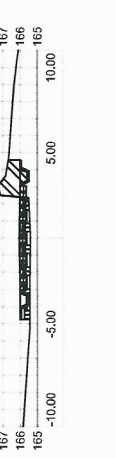
1+660.00



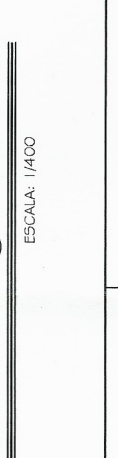
1+680.00



1+700.00



1+720.00



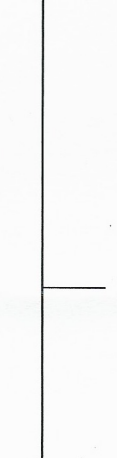
1+740.00



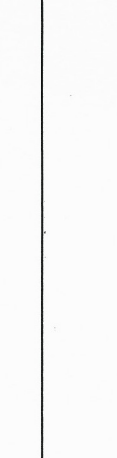
1+760.00



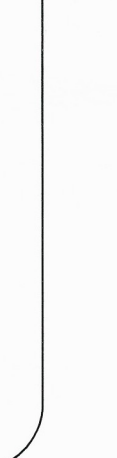
1+780.00



1+800.00



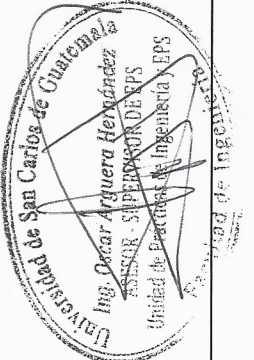
1+820.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS DE EST 1+240 @ 1+840  
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS DE EST 1+240 @ 1+840

INGENIERO: ROQUE ANTONIO GONZALEZ  
DIRECCION DE INGENIERIA: ROQUE ANTONIO GONZALEZ  
FECHA: NOV/2016

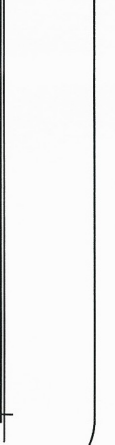
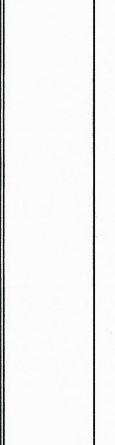
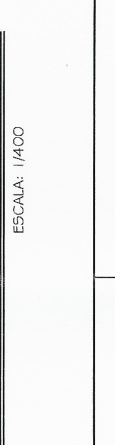
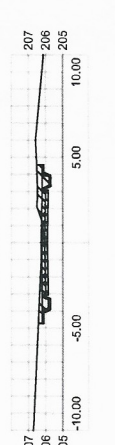
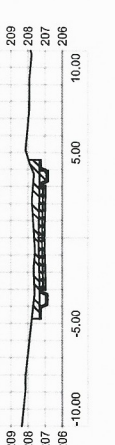
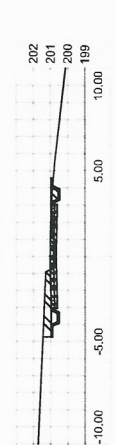
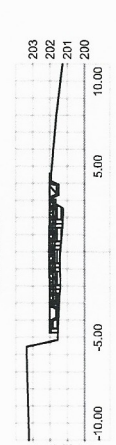
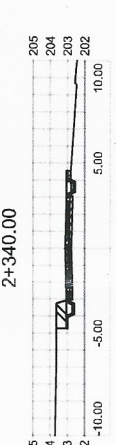
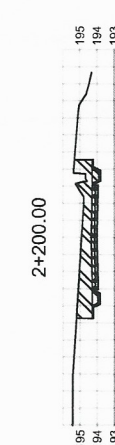
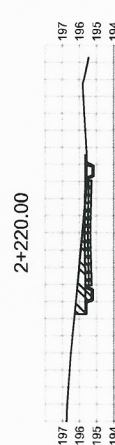
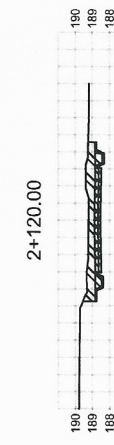
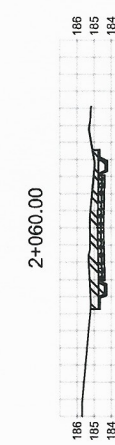
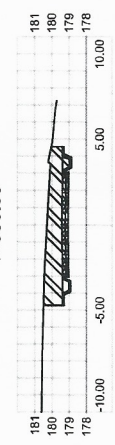
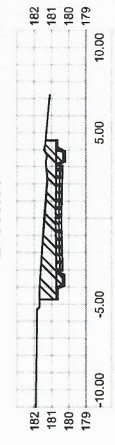
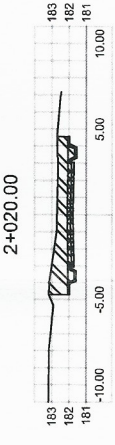
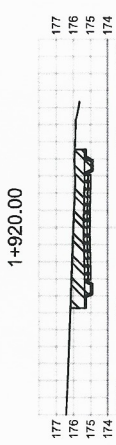
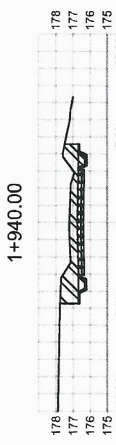
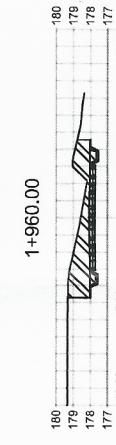
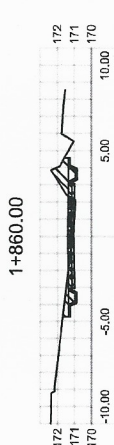
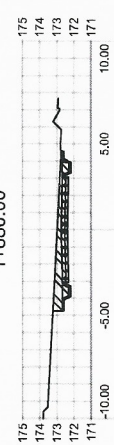
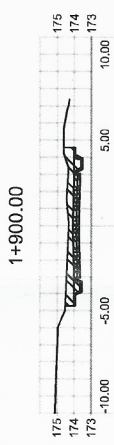


SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+240 @ 1+840

ESCALA: 1/400

Resumen de Movimiento de Tierras

| Estación | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1+860.00 | 1.07            | 2.16          | 49.05              | 33.95            | 7452.10                      | 12851.27                   |
| 1+880.00 | 0.00            | 3.33          | 10.72              | 54.94            | 7462.82                      | 12936.21                   |
| 1+900.00 | 0.00            | 4.10          | 0.00               | 74.31            | 7462.82                      | 13010.52                   |
| 1+920.00 | 0.00            | 6.54          | 0.00               | 106.40           | 7462.82                      | 13116.92                   |
| 1+940.00 | 0.00            | 6.22          | 0.00               | 127.58           | 7462.82                      | 13244.50                   |
| 1+960.00 | 0.00            | 7.72          | 0.00               | 138.34           | 7462.82                      | 13383.84                   |
| 1+980.00 | 0.00            | 8.91          | 0.00               | 166.26           | 7462.82                      | 13550.10                   |
| 2+000.00 | 0.00            | 7.31          | 0.00               | 162.22           | 7462.82                      | 13712.32                   |
| 2+020.00 | 0.00            | 7.25          | 0.00               | 146.85           | 7462.82                      | 13857.97                   |
| 2+040.00 | 0.00            | 6.93          | 0.01               | 141.83           | 7462.83                      | 13999.80                   |
| 2+060.00 | 0.00            | 4.45          | 0.01               | 113.78           | 7462.84                      | 14113.56                   |
| 2+080.00 | 0.00            | 2.60          | 0.00               | 70.47            | 7462.84                      | 14184.05                   |
| 2+100.00 | 0.00            | 4.97          | 0.00               | 75.74            | 7462.84                      | 14259.79                   |
| 2+120.00 | 0.00            | 4.58          | 0.00               | 95.58            | 7462.84                      | 14355.37                   |
| 2+140.00 | 0.00            | 8.15          | 0.00               | 127.36           | 7462.84                      | 14482.73                   |
| 2+160.00 | 0.00            | 10.32         | 0.00               | 184.75           | 7462.84                      | 14667.48                   |
| 2+180.00 | 0.00            | 9.22          | 0.00               | 196.42           | 7462.84                      | 14862.90                   |
| 2+200.00 | 0.00            | 7.15          | 0.00               | 163.67           | 7462.84                      | 15026.57                   |
| 2+220.00 | 0.16            | 2.25          | 1.64               | 94.02            | 7464.49                      | 15120.59                   |
| 2+240.00 | 0.29            | 2.10          | 4.55               | 43.54            | 7469.04                      | 15164.13                   |
| 2+260.00 | 2.56            | 0.85          | 28.47              | 20.55            | 7497.51                      | 15193.67                   |
| 2+280.00 | 1.93            | 4.09          | 44.89              | 49.44            | 7542.40                      | 15243.11                   |
| 2+300.00 | 0.74            | 1.90          | 26.75              | 59.90            | 7569.15                      | 15303.02                   |
| 2+320.00 | 4.59            | 0.20          | 53.32              | 20.97            | 7622.46                      | 15323.99                   |
| 2+340.00 | 1.77            | 1.14          | 63.57              | 13.39            | 7686.04                      | 15337.38                   |
| 2+360.00 | 2.32            | 0.49          | 40.81              | 16.38            | 7726.95                      | 15353.73                   |
| 2+380.00 | 0.46            | 0.74          | 27.84              | 12.37            | 7754.80                      | 15366.10                   |
| 2+400.00 | 0.12            | 1.83          | 5.76               | 25.70            | 7760.56                      | 15391.80                   |
| 2+420.00 | 0.00            | 3.86          | 1.15               | 56.84            | 7761.71                      | 15446.84                   |
| 2+440.00 | 0.16            | 4.00          | 1.56               | 78.56            | 7763.27                      | 15527.20                   |
| 2+460.00 | 0.37            | 12.03         | 5.24               | 160.24           | 7766.51                      | 15687.44                   |



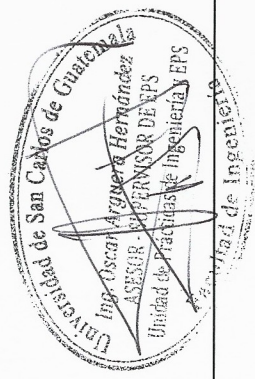
SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 1+860 @ 2+460

ESCALA: 1/400

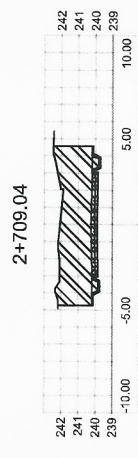
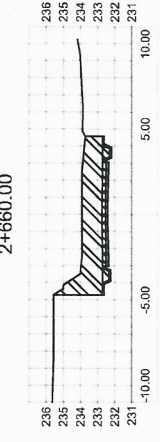
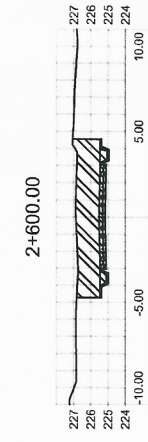
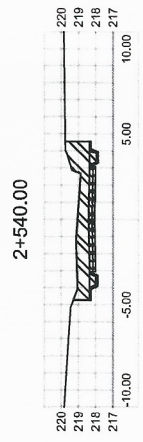
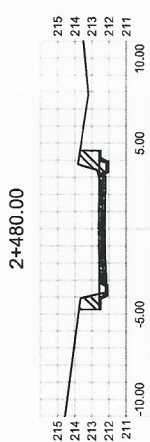
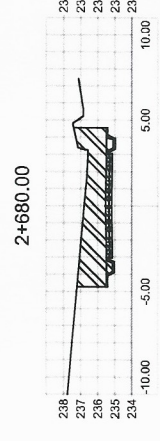
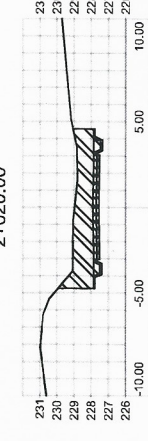
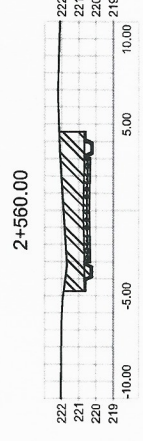
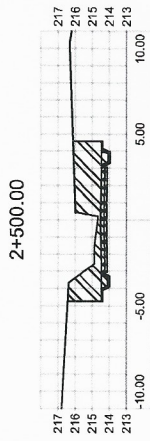
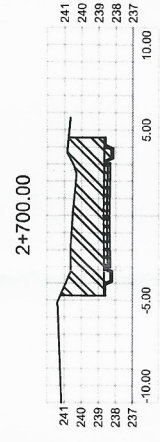
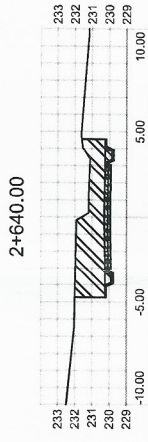
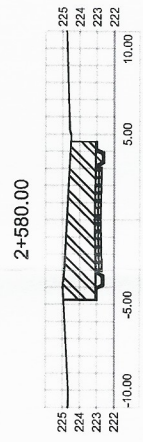
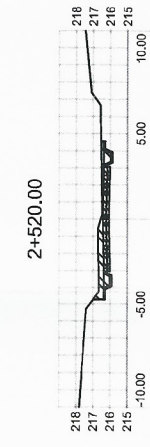


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

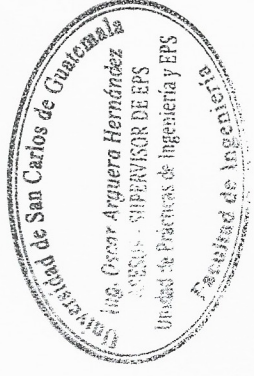
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES  
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+860 @ 2+460  
ESCALA INDICADA: 1/400  
FOLIO: 3  
FECHA: NOV/2016  
DE: 20  
DISEÑO: JOSÉ ESTRADA  
ASesor DE REGION: OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
DISEÑO DE INGENIERIA: RODRIGUEZ ESTRADA GONZALEZ  
CORRECCION: 2016-2017



| Resumen de Movimiento de Tierras |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación                         | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 2+480.00                         | 1.77            | 2.88          | 21.38              | 147.01           | 7789.87                      | 1894.45                    |
| 2+500.00                         | 0.00            | 11.66         | 0.00               | 143.36           | 7807.55                      | 1897.81                    |
| 2+520.00                         | 0.00            | 2.44          | 0.00               | 140.98           | 7807.55                      | 18118.79                   |
| 2+540.00                         | 0.00            | 7.97          | 0.00               | 104.05           | 7807.55                      | 18222.84                   |
| 2+560.00                         | 0.00            | 11.97         | 0.00               | 198.38           | 7807.55                      | 18422.21                   |
| 2+580.00                         | 0.00            | 16.13         | 0.00               | 281.02           | 7807.55                      | 18703.24                   |
| 2+600.00                         | 0.00            | 13.38         | 0.00               | 295.11           | 7807.55                      | 18968.34                   |
| 2+620.00                         | 0.00            | 11.28         | 0.00               | 246.36           | 7807.55                      | 17244.71                   |
| 2+640.00                         | 0.00            | 13.15         | 0.00               | 244.04           | 7807.55                      | 17488.74                   |
| 2+660.00                         | 0.00            | 12.88         | 0.00               | 256.23           | 7807.55                      | 17746.97                   |
| 2+680.00                         | 0.00            | 13.88         | 0.00               | 265.71           | 7807.55                      | 18012.68                   |
| 2+700.00                         | 0.00            | 16.89         | 0.00               | 325.70           | 7807.55                      | 18338.38                   |
| 2+709.04                         | 0.00            | 16.76         | 0.00               | 189.35           | 7807.55                      | 18507.73                   |



**SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: EST 2+480 @ 2+709.04**  
 ESCALA: 1/400



*[Handwritten signature]*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

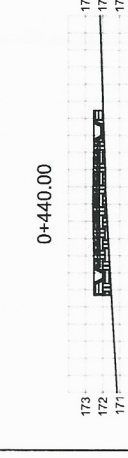
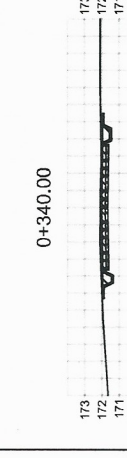
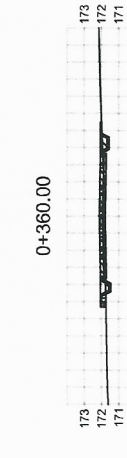
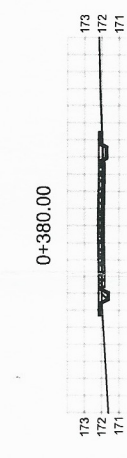
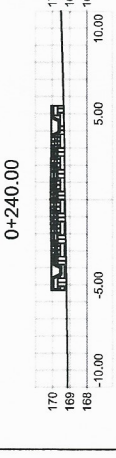
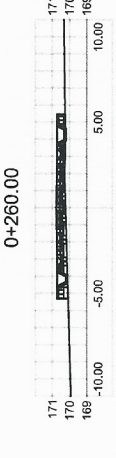
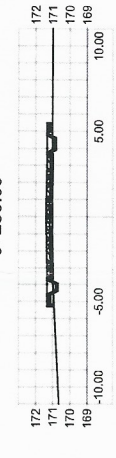
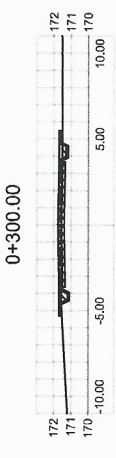
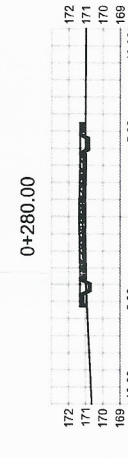
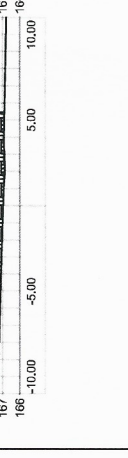
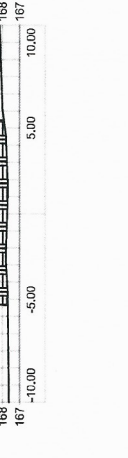
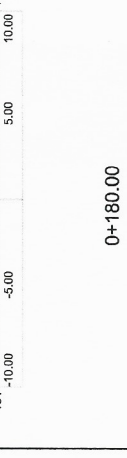
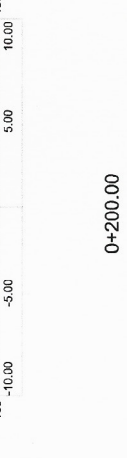
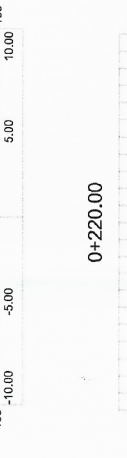
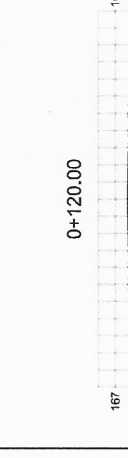
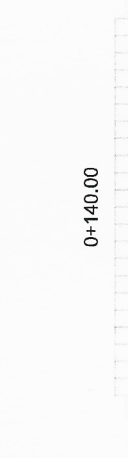
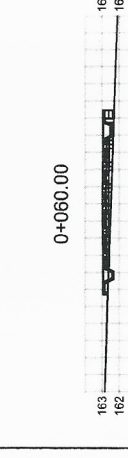
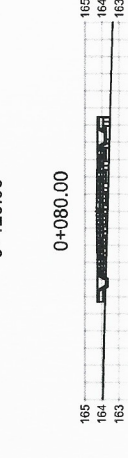
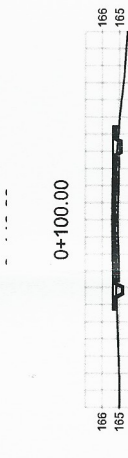
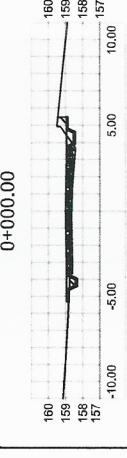
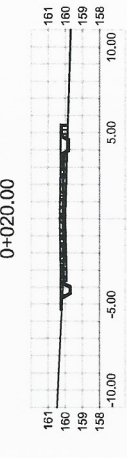
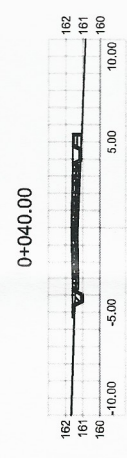
CONTENIDO:  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
 TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE 2+480 @ 2+709.04

INDICADA: 3  
 ESCALA: 14  
 PRIOR: 14

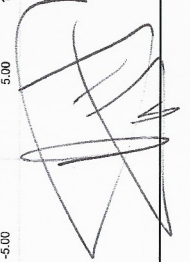
ASESOR DE REGION: RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ  
 INGENIERO DE INGENIERIA: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 FECHA: NOY/2016  
 PÆ: 20

**Resumen de Movimiento de Tierras**

| Estación | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+000.00 | 2.47            | 1.61          | 0.00               | 0.00             | 0.00                         | 0.00                       |
| 0+020.00 | 2.40            | 0.55          | 48.69              | 16.54            | 48.69                        | 16.54                      |
| 0+040.00 | 2.99            | 0.53          | 53.24              | 11.75            | 101.93                       | 28.29                      |
| 0+060.00 | 4.03            | 0.31          | 69.50              | 8.38             | 171.43                       | 36.67                      |
| 0+080.00 | 5.31            | 0.12          | 93.34              | 4.26             | 264.77                       | 40.93                      |
| 0+100.00 | 1.37            | 0.71          | 66.72              | 8.25             | 331.50                       | 49.19                      |
| 0+120.00 | 4.44            | 0.19          | 98.03              | 9.00             | 398.53                       | 58.18                      |
| 0+140.00 | 7.06            | 0.01          | 114.96             | 1.99             | 504.50                       | 60.17                      |
| 0+160.00 | 9.32            | 0.00          | 163.79             | 0.07             | 668.29                       | 60.24                      |
| 0+180.00 | 11.52           | 0.00          | 209.69             | 0.00             | 877.98                       | 60.24                      |
| 0+200.00 | 10.96           | 0.00          | 223.70             | 0.00             | 1101.68                      | 60.24                      |
| 0+220.00 | 7.26            | 0.00          | 181.95             | 0.00             | 1283.64                      | 60.24                      |
| 0+240.00 | 7.52            | 0.00          | 147.80             | 0.00             | 1431.44                      | 60.24                      |
| 0+260.00 | 4.57            | 0.16          | 120.90             | 1.59             | 1552.34                      | 61.83                      |
| 0+280.00 | 2.76            | 0.50          | 73.32              | 6.57             | 1625.66                      | 68.40                      |
| 0+300.00 | 1.56            | 0.81          | 43.21              | 13.12            | 1668.86                      | 81.52                      |
| 0+320.00 | 0.17            | 1.70          | 17.24              | 25.17            | 1686.11                      | 106.68                     |
| 0+340.00 | 0.00            | 2.16          | 1.68               | 36.61            | 1687.79                      | 145.30                     |
| 0+360.00 | 2.16            | 0.71          | 21.62              | 26.66            | 1709.41                      | 173.96                     |
| 0+380.00 | 2.28            | 0.71          | 44.19              | 14.20            | 1753.00                      | 186.16                     |
| 0+400.00 | 2.43            | 0.56          | 46.89              | 12.78            | 1800.49                      | 200.94                     |
| 0+420.00 | 3.74            | 0.55          | 61.73              | 9.16             | 1862.22                      | 210.12                     |
| 0+440.00 | 6.91            | 0.04          | 106.50             | 3.93             | 1968.73                      | 214.05                     |
| 0+460.00 | 8.95            | 0.00          | 163.08             | 0.33             | 2131.81                      | 214.38                     |
| 0+480.00 | 7.62            | 0.00          | 166.88             | 0.00             | 2298.69                      | 214.38                     |
| 0+500.00 | 4.42            | 0.22          | 103.35             | 2.17             | 2418.04                      | 215.54                     |
| 0+520.00 | 5.51            | 0.09          | 99.28              | 3.08             | 2516.32                      | 219.63                     |
| 0+540.00 | 5.75            | 0.12          | 112.80             | 2.13             | 2606.92                      | 221.76                     |
| 0+560.00 | 5.76            | 0.15          | 115.07             | 2.66             | 2745.99                      | 224.42                     |
| 0+580.00 | 4.84            | 0.22          | 105.92             | 3.68             | 2851.91                      | 226.10                     |
| 0+600.00 | 4.70            | 0.25          | 96.37              | 4.75             | 2947.28                      | 232.85                     |
| 0+620.00 | 4.87            | 0.26          | 96.74              | 5.08             | 3045.02                      | 237.93                     |
| 0+640.00 | 4.84            | 0.28          | 97.17              | 5.40             | 3140.19                      | 243.33                     |
| 0+660.00 | 3.82            | 0.37          | 86.67              | 6.51             | 3226.86                      | 249.85                     |
| 0+680.00 | 3.14            | 0.50          | 69.67              | 8.68             | 3296.53                      | 256.53                     |



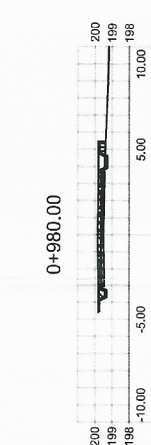
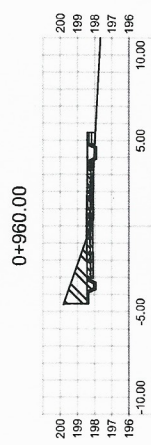
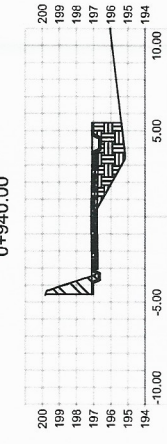
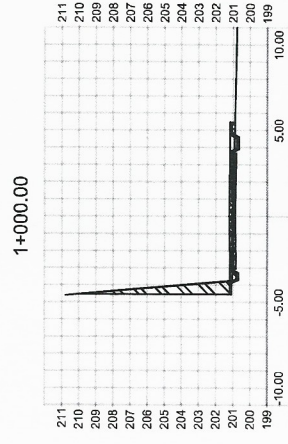
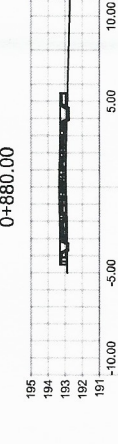
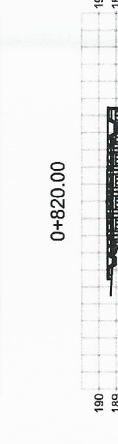
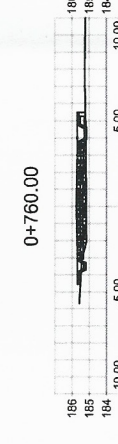
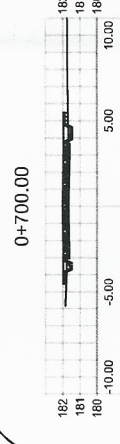
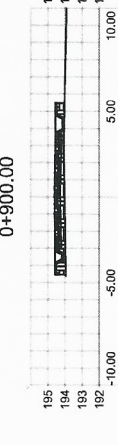
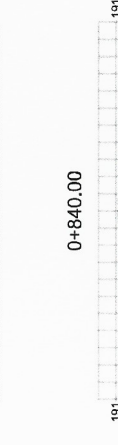
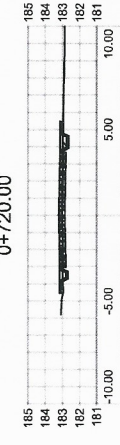
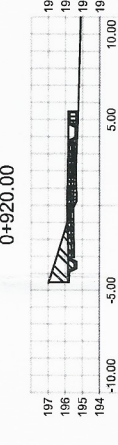
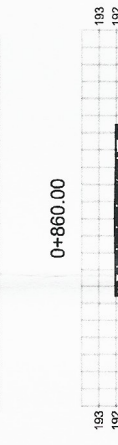
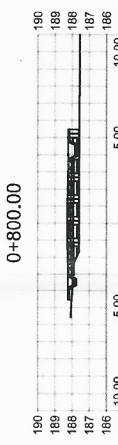
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA**  
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
 PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES  
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE DE EST 0+000 @ 0+680  
 PRESENTADO POR: JOSE ESTRADA  
 ASesor de REGION: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 ESCALA INDICADA: 1/400  
 FECHA: 15/11/2016  
 FOLIO: 20



**SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: EST 0+000 @ 0+680**

ESCALA: 1/400

| Resumen de Movimiento de Tierras |                 |               |                    |                  |                            |
|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|----------------------------|
| Estación                         | Área de Relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de corte |
| 0+700.00                         | 2.29            | 0.68          | 54.35              | 11.80            | 3350.89                    |
| 0+720.00                         | 1.46            | 0.80          | 37.45              | 14.76            | 3365.34                    |
| 0+740.00                         | 2.43            | 0.60          | 38.83              | 13.94            | 3427.17                    |
| 0+760.00                         | 3.97            | 0.47          | 65.97              | 10.71            | 3491.15                    |
| 0+780.00                         | 4.55            | 0.41          | 85.21              | 8.88             | 3578.35                    |
| 0+800.00                         | 4.90            | 0.33          | 94.51              | 7.40             | 3670.96                    |
| 0+820.00                         | 5.80            | 0.30          | 107.05             | 6.24             | 3777.91                    |
| 0+840.00                         | 4.42            | 0.21          | 102.19             | 5.06             | 3880.11                    |
| 0+860.00                         | 2.46            | 0.63          | 68.74              | 8.40             | 3948.85                    |
| 0+880.00                         | 3.28            | 0.37          | 57.36              | 9.98             | 4006.21                    |
| 0+900.00                         | 4.57            | 0.12          | 78.47              | 4.82             | 4084.88                    |
| 0+920.00                         | 2.48            | 2.78          | 70.43              | 29.04            | 4155.11                    |
| 0+940.00                         | 7.62            | 2.37          | 100.70             | 51.67            | 4255.81                    |
| 0+960.00                         | 1.73            | 3.54          | 95.54              | 59.06            | 4349.35                    |
| 0+980.00                         | 1.83            | 0.79          | 35.61              | 45.24            | 4394.96                    |
| 1+000.00                         | 1.82            | 4.82          | 36.54              | 4421.49          | 599.69                     |
| 1+020.00                         | 1.32            | 26.75         | 31.42              | 4452.92          | 915.40                     |
| 1+040.00                         | 0.75            | 94.99         | 20.72              | 1217.47          | 2132.86                    |
| 1+060.00                         | 1.91            | 20.08         | 26.68              | 4500.32          | 3278.27                    |
| 1+080.00                         | 4.40            | 25.14         | 63.06              | 4522.23          | 3730.49                    |
| 1+100.00                         | 7.85            | 1.09          | 122.46             | 262.30           | 3992.79                    |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES

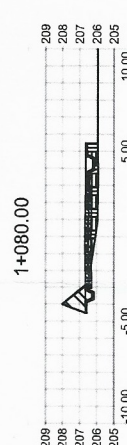
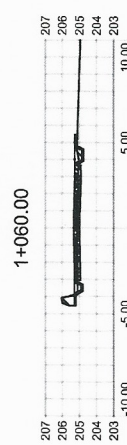
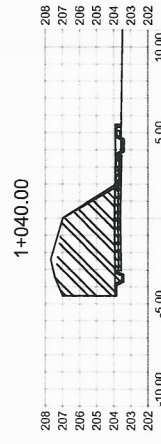
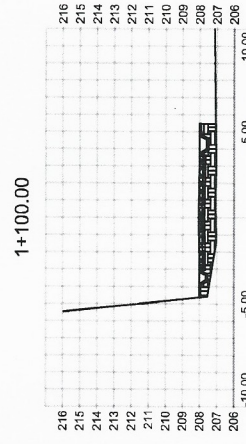
CONTENIDO:  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
 TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE  
 DE EST. 0+700 @ 1+100

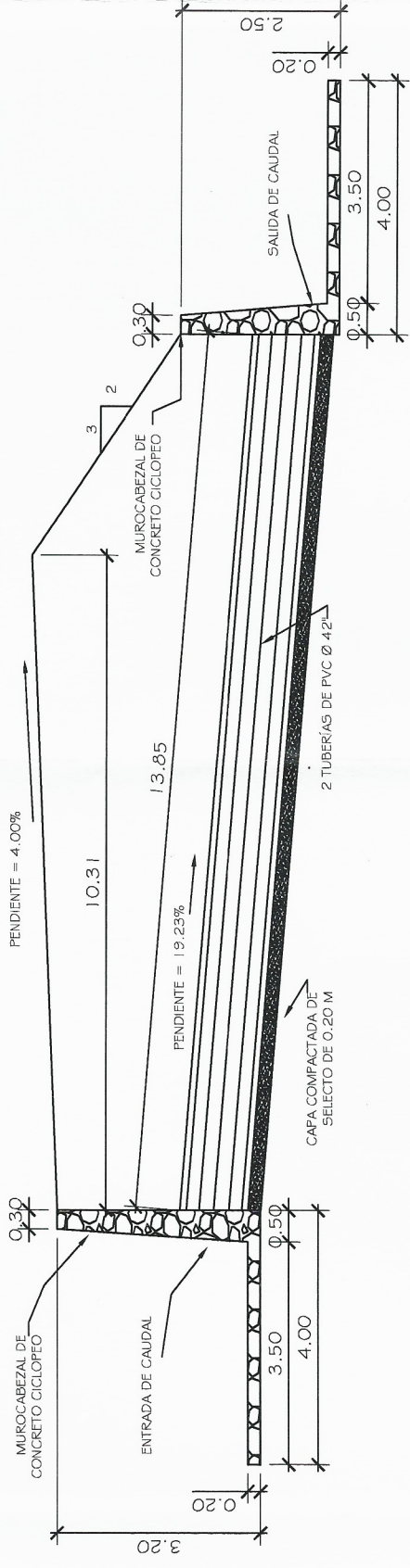
PRESENTE:  
 JOSE ESTRADA  
 TITULAR  
 JOSE ESTRADA

ASesor DE REGION:  
 ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 CARNET: 2010-2021

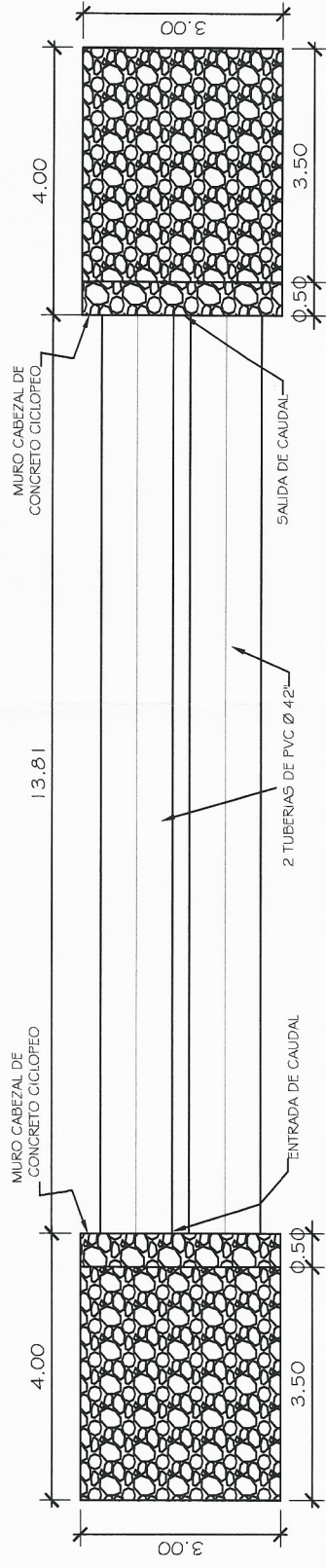
ESCALA:  
 INDICADA  
 16

FECHA:  
 NOV/2016

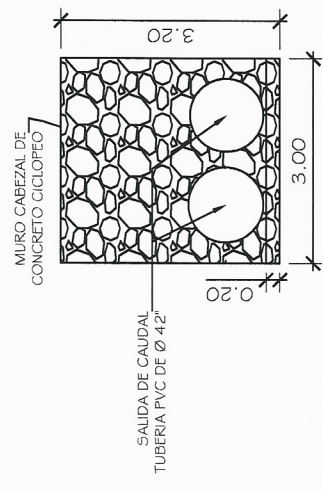




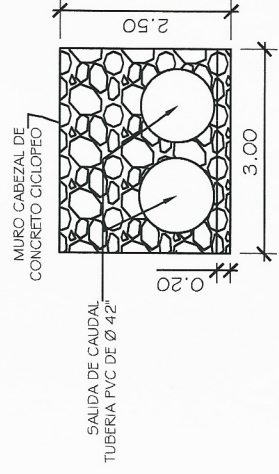
**SECCIÓN TRANSVERSAL DRENAJE TRANSVERSAL**  
ESCALA 1/100



**PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL**  
ESCALA 1/100



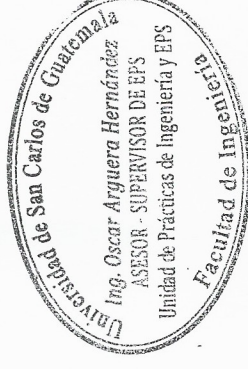
**ELEVACIÓN DE LA ENTRADA DEL DRENAJE TRANSVERSAL**  
ESCALA 1/100



**ELEVACIÓN DE LA SALIDA DEL DRENAJE TRANSVERSAL**  
ESCALA 1/100

**ESPECIFICACIONES**

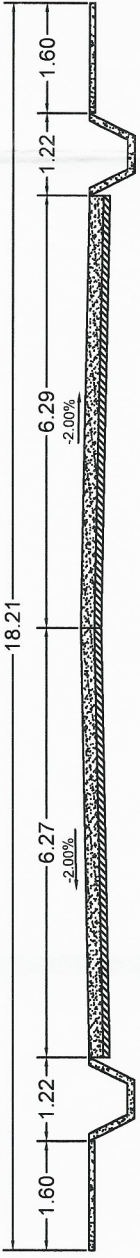
1. EL CONCRETO CICLOPEO ES 40% CONCRETO Y 60% PIEDRA BOLA
2. LA PROPORCIÓN DEL CONCRETO SERA 1:2:2 CON UNA RESISTENCIA DE 3000 PSI A LOS 28 DÍAS
3. EL DIÁMETRO Ø DE LAS TUBERÍAS DE PVC SERÁ DE 42" CON DE 19.23 % Y ESTARÁ SOBRE UNA CAPA DE MATERIAL SELECTO DE ESPESOR DE 0.20 m
4. LA CARPETA DE RODADURA TENDRÁ UN BOMBEO DE 2% EN AMBOS LADOS.
5. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTARÁ COMPUESTA POR UNA CAPA DE 0.20 m DE CONCRETO HIDRÁULICO Y 0.10 m DE BASE GRANULAR.



*[Handwritten signature]*

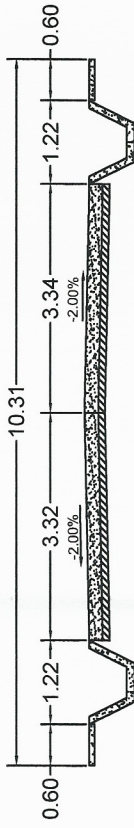


|   |                                  |  |                    |
|---|----------------------------------|--|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA  |                                  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA            |                    |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES |                                  |  |                    |
| DISEÑO:<br>ING. JOSÉ ESTRADA  | ESCALA:<br>INDICADA              | HOJA:<br>18  | FECHA:<br>NOV/2016 |
| ASISTENTE:<br>ING. JOSÉ ESTRADA   | CONTENIDO:<br>PLANTA DE DETALLES | CONVA:<br>3  | FECHA:<br>NOV/2016 |
| ASesor DE REGIÓN:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ<br>CARNET: 2010-28871   |                                  | DISEÑO DE INGENIERÍA:<br>RODOLFO JOSÉ ESTRADA GONZÁLEZ<br>CARNET: 2010-28871 |                    |



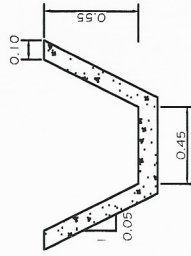
**SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 0+000 @ 1+000**

ESCALA 1/100



**SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+000 @ 1+260**

ESCALA 1/100



**DETALLE DE LA CUNETTA TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 0+000 @ 1+260, AMBOS LADOS**

ESCALA 1/40

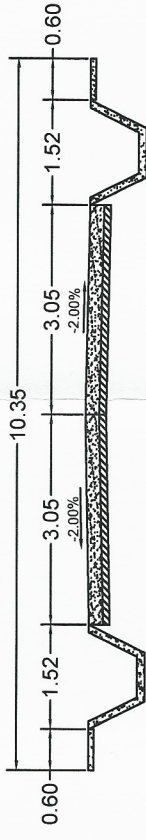
**ESPECIFICACIONES**

1. EL CONCRETO CICLOPEO ES 40% CONCRETO Y 60% PIEDRA BOLA
2. LA PROPORCIÓN DEL CONCRETO SERA 1:2:2 CON UNA RESISTENCIA DE 3000 PSI A LOS 28 DÍAS
3. EL DIAMETRO Ø DE LA TUBERÍAS DE PVC SERÁ DE 42" CON PENDIENTE DE 1.9.23 % Y ESTARÁ SOBRE UNA CAPA DE MATERIAL SELECTO DE ESPESOR DE 0.20 m
4. LA CARPETA DE RODADURA TENDRÁ UN BOMBEO DE 2% EN AMBOS LADOS.
5. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTARÁ COMPUESTA POR UNA CAPA DE 0.20 m DE CONCRETO HIDRÁULICO Y 0.10 m DE BASE GRANULAR.



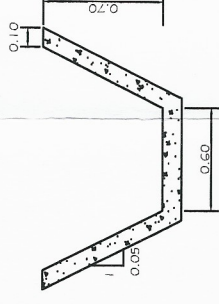
**DETALLE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

ESCALA 1/40



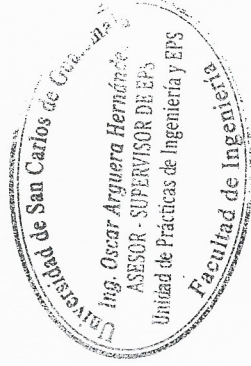
**SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+260 @ 1+436**

ESCALA 1/100



**DETALLE DE LA CUNETTA TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+260 @ 1+436, AMBOS LADOS**

ESCALA 1/40

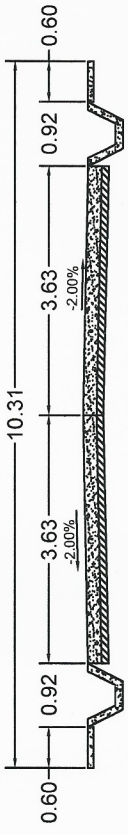


*[Handwritten signature]*



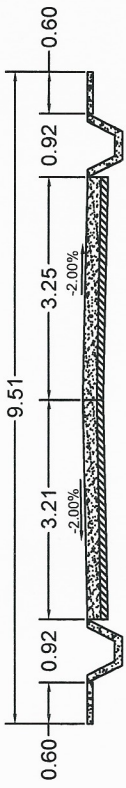
|  |                              |                              |                               |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA   |                              | FACULTAD DE INGENIERÍA       |                               |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  |                              | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |                               |
| PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y CEMENTERIO LAS NUBES |                              |                              |                               |
| DISEÑO:  | JOSE ESTRADA                 | ESCALA:                      | INDICADA                      |
| CALCULOS:  | JOSE ESTRADA                 | ZONA:                        | 3                             |
| CONTENIDO:   | PLANTA GENERAL               | FECHA:                       | NOV/2016                      |
| ASESOR DE REGION:  | ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ | ASESOR DE INGENIERIA:        | RODOLFO JOSE ESTRADA GONZALEZ |
|  |                              |                              | CABINET 2003887               |
|  |                              |                              | NOV/2016                      |
|  |                              |                              | 20                            |





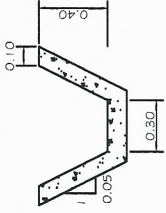
SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+436 @ 1+600

ESCALA 1/100



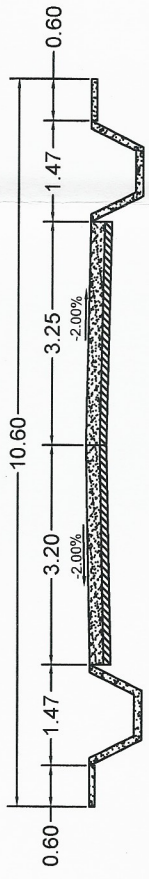
SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+600 @ 2+709.04

ESCALA 1/100



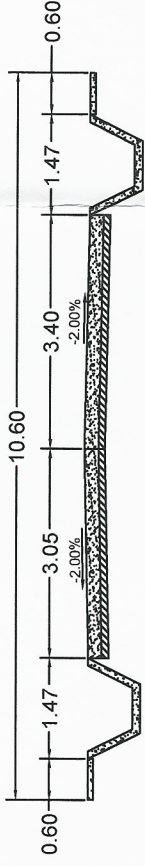
DETALLE DE LA CUNETETA TRAMO HACIA LOS OLIVOS: DE EST 1+436 @ 2+709.04, AMBOS LADOS

ESCALA 1/40



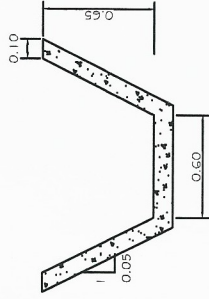
SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE EST 0+460 @ 0+460

ESCALA 1/100



SECCIÓN TRANSVERSAL TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE EST 0+460 @ 1+454.51

ESCALA 1/100

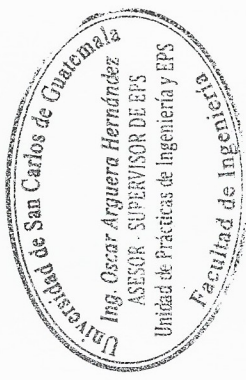


DETALLE DE LA CUNETETA TRAMO HACIA 20 DE OCTUBRE: DE EST 0+460 @ 1+454.51, AMBOS LADOS

ESCALA 1/40

ESPECIFICACIONES

1. EL CONCRETO CICLOPEO ES 40% CONCRETO Y 60% PIEDRA BOLA
2. LA PROPORCIÓN DEL CONCRETO SERA 1:2:2 CON UNA RESISTENCIA DE 3000 PSI A LOS 28 DÍAS
3. EL DIAMETRO Ø DE LAS TUBERÍAS DE PVC SERÁ DE 42" CON PENDIENTE DE 1:9.23 % Y ESTARÁ SOBRE UNA CAPA DE MATERIAL SELECTO DE ESPESOR DE 0.20 m
4. LA CARPETA DE RODADURA TENDRÁ UN BOMBEO DE 2% EN AMBOS LADOS.
5. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTARÁ COMPUESTA POR UNA CAPA DE 0.20 m DE CONCRETO HIDRÁULICO Y 0.10 m DE BASE GRANULAR.







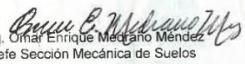
*[Handwritten signature]*




|   |                                |
|---|--------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                                |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |                                |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE<br>BARCENAS HACIA COLONIAS 20 DE OCTUBRE Y LOS OLIVOS Y<br>CENICIENTO LAS NUBES |                                |
| DISEÑO:<br>JOSÉ ESTRADA   | ESCALA:<br>INDICADA<br>CONV. 3 |
| CONTENIDO:<br>PLANTA DE DETALLES  | ÁREA:<br>20                    |
| ASESOR DE REGION:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | FECHA:<br>NOV/2016             |
| ASESOR DE INGENIERIA:<br>RUDOLFO JOSÉ ESTRADA GONZALEZ<br>CONVET. 2010-2061   | DE:<br>20                      |

# ANEXO


## Anexo 1. Resultados de ensayos de suelos

|    | <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br/>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>   |  |          |                 |                                     |
|---|--|---|----------|-----------------|-------------------------------------|
| INFORME No. 747 S.S.  |  | O.T.: 34,044  |          |                 |                                     |
|   |  | <b>No. 2565</b>   |          |                 |                                     |
| Interesado:   | Rodoifo José Estrada González  |   |          |                 |                                     |
| Proyecto:   | EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Bárcenas hacia Colinas 20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, Zona 3, Municipio de Villa Nueva, Guatemala" |   |          |                 |                                     |
| Asunto:   | ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG   |   |          |                 |                                     |
| Norma:  | AASHTO T-89 Y T-90   |   |          |                 |                                     |
| Ubicación:  | Zona 3, Municipio de Villa Nueva, Guatemala  |   |          |                 |                                     |
| FECHA:  | viernes, 14 de noviembre de 2014   |   |          |                 |                                     |
| <b>RESULTADOS:</b>  |  |   |          |                 |                                     |
| ENSAYO No.  | MUESTRA No.  | L.L. (%)  | I.P. (%) | CLASIFICACION * | DESCRIPCION DEL SUELO               |
| 1   | 1  | N.P.  | N.P.     | ML              | Arena con Grava Color Café Grisaseo |
| (*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD  |  |   |          |                 |                                     |
| Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.   |  |   |          |                 |                                     |
| Atentamente,  |  |   |          |                 |                                     |
|   |  |   |          |                 |                                     |
| Vo.Bo. <br>Inga. Telma Maricela Cano Morales<br>DIRECTORA CII/USAC   |  |   |          |                 |                                     |
| Ing. <br>Omar Enrique Mejía Méndez<br>Jefe Sección Mecánica de Suelos  |  |   |          |                 |                                     |
| FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—<br>Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12<br>Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121<br>Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a> |  |   |          |                 |                                     |

Continuación de anexo 1.



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

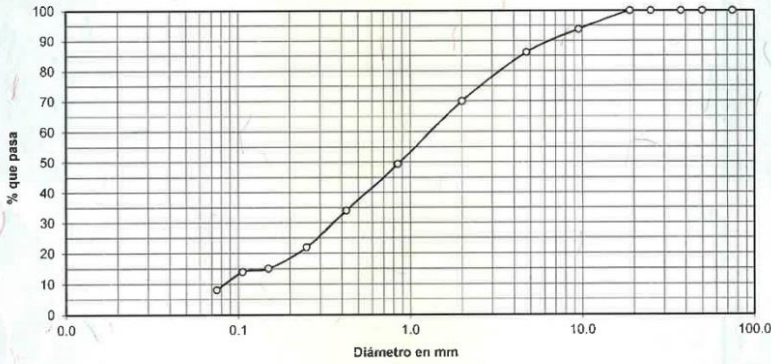


---

**No. 2566**

Informe No.: 748 S.S.                      O.T.: 34,021  
 Interesado: Rodolfo José Estrada González  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Bárcenas hacia Colinas 20 de Octubre y Los Olivos y Cementerio Las Nubes, Zona 3, Municipio de Villa Nueva,  
 Ubicación: Zona 3, Municipio de Villa Nueva, Guatemala  
 Fecha: viernes, 14 de noviembre de 2014

| Análisis con Tamices: |          |            |       |          |            |
|-----------------------|----------|------------|-------|----------|------------|
| Tamiz                 | Abertura | % que pasa | Tamiz | Abertura | % que pasa |
| 3"                    | 75 mm    | 100.00     | 10    | 2.00 mm  | 69.98      |
| 2"                    | 50 mm    | 100.00     | 20    | 850 µm   | 49.35      |
| 1 1/2"                | 37.5 mm  | 100.00     | 40    | 425 µm   | 34.01      |
| 1"                    | 25 mm    | 100.00     | 60    | 250 µm   | 21.92      |
| 3/4"                  | 19.0 mm  | 100.00     | 100   | 150 µm   | 15.09      |
| 3/8"                  | 9.5 mm   | 93.78      | 140   | 106 µm   | 13.96      |
| 4                     | 4.75 mm  | 86.10      | 200   | 75 µm    | 8.08       |




Descripción del suelo: Arena con Grava Color Café Grisaseo

Clasificación: S.C.U.: SW-SC                      % de Grava: 13.90                      D10: 0.085 mm  
 P.R.A.: A-1-b                                      % de Arena: 78.02                      D30: 0.36 mm  
 % de finos: 8.08                                      D60: 1.40 mm


Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo.Bo.

Atentamente,



Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC





Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

---

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación de anexo 1.

|  |  |   |
|--|--|---|
|   | <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br/>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> |  |
|  |  | <b>No. 2567</b>   |
| INFORME No. 749 S.S.   |  | O.T.: 34,044  |
| Interesado: Rodolfo José Estrada González  | Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99   |   |
| Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.  | Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180  |   |
| Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Bárcenas hacia Colinas 20 de Octubre y Los Olivos y Cementario Las Nubes, Zona 3, Municipio de Villa Nueva, Guatemala" |  |   |
| Ubicación: Zona 3, Municipio de Villa Nueva, Guatemala   |  |   |
| Fecha: viernes, 14 de noviembre de 2014  |  |   |


  



|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| DENSIDAD SECA lb/pie <sup>3</sup> | % HUMEDAD |
| 112                               | 2         |
| 111                               | 3         |
| 110                               | 4         |
| 109                               | 5         |
| 108                               | 6         |
| 108                               | 7         |
| 108                               | 8         |
| 108                               | 9         |
| 108                               | 10        |
| 108                               | 11        |

|                                   |   |                              |
|-----------------------------------|---|------------------------------|
| Descripción del suelo:            | Arena con Grava Color Café Grisaseo                   |                              |
| Densidad seca máxima $\gamma_d$ : | 1,784.63 Kg/m <sup>3</sup>                            | 111.40 lb/pie <sup>3</sup> . |
| Humedad óptima Hop.:              | 7.80 %  |                              |
| Observaciones:                    | Muestra proporcionado por el interesado. Atentamente, |                              |

Vo. Bo.

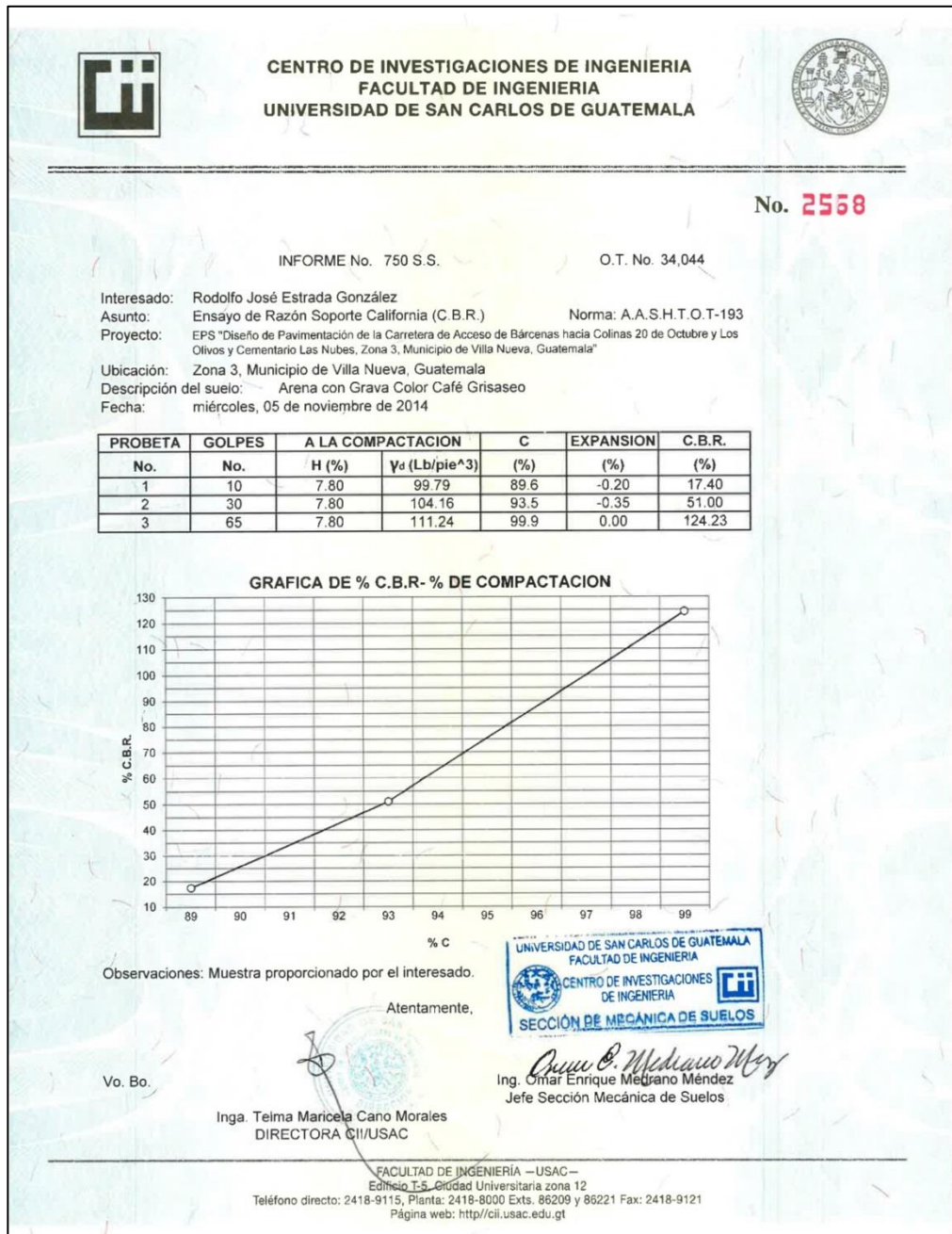
  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

  
  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

---

FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación de anexo 1.



Fuente: Centro de investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.