



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS  
SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª  
CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA  
LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA,  
GUATEMALA.**

**Marcelino Castañeda Diego**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS  
SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª  
CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA  
LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA,  
GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARCELINO CASTAÑEDA DIEGO**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Ángel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa    |
| VOCAL IV   | Br. Raul Eduardo Tecún Córdova         |
| VOCAL V    | Br. Henri Fernando Duarte García       |
| 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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta |
| EXAMINADOR | Ing. Juan Merck Cos                     |
| 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 UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 28 de agosto de 2015.

**Marcelino Castañeda Diego**



Guatemala, 08 de agosto de 2016  
REF.EPS.DOC.495.08.16

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 **Marcelino Castañeda Diego** con carné No. **200915400**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3a. CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7a. AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, 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

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



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,  
 22 de agosto de 2016

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 UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marcelino Castañeda Diego, con Carnet No.200915400 , 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 TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

*Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua*





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
04 de octubre de 2016

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 UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3° CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7° AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marcelino Castañeda Diego, con Carnet No. 200915400 quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Arqueta 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. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 06 de octubre de 2016  
Ref.EPS.D.423.10.16

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 UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3a. CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7a. AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Marcelino Castañeda Diego, carné 200915400**, 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 parte del Asesor – Supervisor de EPS, 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"

  
Ing. Christa Classón de Pinto  
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra







**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 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 Marcelino Castañeda Diego, titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

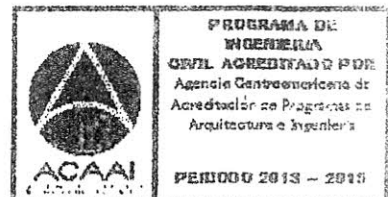
  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua






DTG. 562.2015

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 DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES DE LA ZONA 2, DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª. CALLE DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª. AVENIDA DE LA ZONA 5 Y DE UN PAVIMENTO PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **Marcelino Castañeda Diego,** 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, noviembre de 2016

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Mateo Castañeda y María Diego, por su gran amor, confianza, paciencia y brindarme los recursos necesarios para poder culminar mi carrera.

### **Mis hermanos**

Gracias por su apoyo, comprensión, consejos, confianza hacia mi persona y por apoyarme siempre.

### **Mis amigos**

Quienes me brindaron su apoyo y amistad.

### **A la vida**

Que me ha enseñado a no rendirme ante ninguna circunstancia y valorar mi esfuerzo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Mis padres</b>                             | Mateo Castañeda y María Diego, por alcanzar esta meta; es tanto mérito suyo como mío.   |
| <b>Mis hermanos y hermanas</b>                | Diego Castañeda, Antonio Castañeda, Mateo Castañeda, Carlos Castañeda, Domingo Castañeda, Ana Castañeda y Verónica Castañeda. |
| <b>Mis amigos</b>                             | Que siempre confiaron y me apoyaron en toda mi carrera.   |
| <b>Asesor</b>                                 | Ing. Oscar Argueta Hernández, por su valiosa asesoría y su apoyo para concluir con éxito esta etapa de la carrera.            |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por brindarme los conocimientos y las herramientas necesarias para desenvolverme como ingeniero civil.                        |
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por abrirme las puertas a mi superación personal  |

## ÍNDICE GENERAL

|   |       |
|---|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....  | IX    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....   | XIII  |
| GLOSARIO .....  | XV    |
| RESUMEN.....  | XIX   |
| OBJETIVOS.....  | XXI   |
| INTRODUCCIÓN .....  | XXIII |
| <br>  |       |
| 1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES .....   | 1     |
| 1.1. Descripción de la población.....   | 1     |
| 1.1.1. Primeros pobladores.....   | 1     |
| 1.1.2. Idioma .....   | 1     |
| 1.1.3. Costumbres y tradiciones .....   | 1     |
| 1.1.4. Origen etimológico.....  | 1     |
| 1.1.5. Vulnerabilidad .....   | 2     |
| 1.1.5.1. Pobreza .....  | 2     |
| 1.2. Principales características físicas.....   | 4     |
| 1.2.1. Ubicación y localización geográfica .....  | 4     |
| 1.2.2. Distancias y tipos de vías de comunicaciones.....  | 5     |
| 1.2.3. Hidrografía .....  | 6     |
| 1.2.4. Orografía.....   | 6     |
| 1.2.5. Medio ambiente .....   | 6     |
| 1.2.6. Clima .....  | 6     |
| 1.2.7. Condiciones geológicas .....   | 7     |
| <br>  |       |
| 2. DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL<br>PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES..... | 9     |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.1.      | Diseño de drenaje sanitario.....       | 9  |
| 2.1.1.    | Descripción del proyecto .....         | 9  |
| 2.1.2.    | Levantamiento topográfico .....        | 10 |
| 2.1.2.1.  | Planimetría .....                      | 11 |
| 2.1.2.2.  | Altimetría .....                       | 11 |
| 2.1.3.    | Período de diseño .....                | 11 |
| 2.1.4.    | Cálculo de la población futura .....   | 12 |
| 2.1.5.    | Factor de Hardmond .....               | 12 |
| 2.1.6.    | Factor de retorno.....                 | 13 |
| 2.1.7.    | Caudal domiciliar.....                 | 13 |
| 2.1.8.    | Caudal comercial.....                  | 14 |
| 2.1.9.    | Caudal conexiones ilícitas .....       | 14 |
| 2.1.10.   | Caudal industrial.....                 | 15 |
| 2.1.11.   | Caudal infiltración.....               | 15 |
| 2.1.12.   | Factor de caudal medio .....           | 16 |
| 2.1.13.   | Parámetros de diseño .....             | 17 |
| 2.1.13.1. | Diseño de secciones y pendientes ..... | 17 |
| 2.1.13.2. | Velocidades máximas y mínimas .....    | 18 |
| 2.1.13.3. | Cotas invert .....                     | 18 |
| 2.1.13.4. | Diámetro de tubería.....               | 19 |
| 2.1.13.5. | Relaciones hidráulicas .....           | 20 |
| 2.1.14.   | Pozos de visitas .....                 | 20 |
| 2.1.14.1. | Especificaciones técnicas.....         | 21 |
| 2.1.14.2. | Especificaciones físicas.....          | 22 |
| 2.1.14.3. | Volumen de excavación .....            | 23 |
| 2.1.15.   | Conexiones domiciliarias.....          | 23 |
| 2.1.16.   | Obras de protección .....              | 25 |
| 2.1.17.   | Ejemplo de diseño de un tramo.....     | 26 |
| 2.1.18.   | Estudio de impacto ambiental .....     | 30 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.1.19.   | Elaboración de planos .....                          | 31 |
| 2.1.20.   | Presupuesto.....                                     | 31 |
| 2.1.21.   | Cronograma de ejecución.....                         | 36 |
| 2.1.22.   | Evaluación socioeconómica.....                       | 36 |
| 2.1.22.1. | Valor presente neto (VPN).....                       | 36 |
| 2.1.22.2. | Tasa interna de retorno (TIR) .....                  | 39 |
| 2.2.      | Diseño de drenaje pluvial .....                      | 41 |
| 2.2.1.    | Descripción del proyecto .....                       | 41 |
| 2.2.2.    | Levantamiento topográfico .....                      | 42 |
| 2.2.2.1.  | Planimetría.....                                     | 43 |
| 2.2.2.2.  | Altimetría.....                                      | 43 |
| 2.2.3.    | Diseño del sistema .....                             | 43 |
| 2.2.3.1.  | Descripción del sistema a utilizar.....              | 44 |
| 2.2.3.2.  | Probabilidad de ocurrencia .....                     | 45 |
| 2.2.3.3.  | Tiempo de concentración .....                        | 45 |
| 2.2.3.4.  | Características del subsuelo.....                    | 46 |
| 2.2.3.5.  | Determinación del coeficiente de<br>escorrentía..... | 46 |
| 2.2.3.6.  | Determinación del lugar de descarga ..               | 48 |
| 2.2.3.7.  | Determinación de áreas tributarias .....             | 48 |
| 2.2.3.8.  | Intensidad de lluvia .....                           | 48 |
| 2.2.3.9.  | Caudal pluvial .....                                 | 49 |
| 2.2.3.10. | Pendiente de tubería .....                           | 50 |
| 2.2.3.11. | Diámetro de tubería .....                            | 51 |
| 2.2.3.12. | Velocidades y caudales a sección<br>llena .....      | 51 |
| 2.2.3.13. | Revisión de relaciones.....                          | 53 |
| 2.2.3.14. | Cotas invert.....                                    | 53 |
| 2.2.3.15. | Obras de captación.....                              | 54 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
|        | 2.2.3.15.1. Tragantes .....                                | 54 |
|        | 2.2.3.16. Ejemplo de diseño de un tramo .....              | 61 |
|        | 2.2.3.17. Profundidad de pozos de visita .....             | 67 |
| 2.2.4. | Ubicación de los desfogues.....                            | 68 |
| 2.2.5. | Elaboración de planos finales.....                         | 68 |
| 2.2.6. | Presupuesto del drenaje pluvial .....                      | 68 |
| 2.2.7. | Cronograma de ejecución .....                              | 73 |
| 2.2.8. | Estudio de impacto ambiental .....                         | 73 |
| 2.2.9. | Evaluación socioeconómica .....                            | 74 |
|        | 2.2.9.1. Valor presente neto (VPN) .....                   | 75 |
|        | 2.2.9.2. Tasa interna de retorno (TIR) .....               | 77 |
| <br>   |  |    |
| 3.     | DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª CALLE Y 3ª      |    |
|        | AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5..... | 81 |
| 3.1.   | Diseño de drenaje sanitario.....                           | 81 |
|        | 3.1.1. Descripción del proyecto .....                      | 81 |
|        | 3.1.2. Levantamiento topográfico .....                     | 82 |
|        | 3.1.2.1. Planimetría .....                                 | 82 |
|        | 3.1.2.2. Altimetría .....                                  | 82 |
|        | 3.1.3. Período de diseño .....                             | 83 |
|        | 3.1.4. Cálculo de la población futura .....                | 83 |
|        | 3.1.5. Factor de Hardmond .....                            | 84 |
|        | 3.1.6. Factor de retorno.....                              | 85 |
|        | 3.1.7. Caudal domiciliar.....                              | 85 |
|        | 3.1.8. Caudal comercial.....                               | 86 |
|        | 3.1.9. Caudal conexiones ilícitas .....                    | 86 |
|        | 3.1.10. Caudal industrial.....                             | 86 |
|        | 3.1.11. Caudal infiltración.....                           | 87 |
|        | 3.1.12. Factor de caudal medio .....                       | 88 |



|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 3.1.13.   | Parámetros de diseño.....   | 89  |
| 3.1.13.1. | Diseño de secciones y pendientes .....  | 89  |
| 3.1.13.2. | Velocidades máximas y mínimas.....  | 90  |
| 3.1.13.3. | Cotas invert.....   | 90  |
| 3.1.13.4. | Diámetro de tubería .....   | 91  |
| 3.1.13.5. | Relaciones hidráulicas.....   | 92  |
| 3.1.14.   | Pozos de visitas.....   | 92  |
| 3.1.14.1. | Especificaciones técnicas.....  | 93  |
| 3.1.14.2. | Especificaciones físicas.....   | 94  |
| 3.1.14.3. | Volumen de excavación.....  | 95  |
| 3.1.15.   | Conexiones domiciliarias.....   | 95  |
| 3.1.16.   | Obras de protección .....   | 97  |
| 3.1.17.   | Ejemplo de diseño de un tramo .....   | 98  |
| 3.1.18.   | Estudio de impacto ambiental.....   | 102 |
| 3.1.19.   | Elaboración de planos .....   | 103 |
| 3.1.20.   | Presupuesto.....  | 104 |
| 3.1.21.   | Cronograma de ejecución.....  | 108 |
| 3.1.22.   | Evaluación socioeconómica.....  | 108 |
| 3.1.22.1. | Valor presente neto (VPN).....  | 108 |
| 3.1.22.2. | Tasa interna de retorno (TIR) .....   | 111 |
| 4.        | DISEÑO DE UN PAVIMENTO INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON<br>LA COLONIA CIUDAD PERONIA..... | 115 |
| 4.1.      | Descripción del proyecto .....  | 115 |
| 4.2.      | Estudio preliminar de campo .....   | 115 |
| 4.2.1.    | Planimetría.....  | 115 |
| 4.2.2.    | Altimetría.....   | 115 |
| 4.3.      | Estudio de suelos .....   | 116 |
| 4.3.1.    | Ensayos de laboratorio de suelos.....   | 116 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 4.3.1.1.   | Ensayo de granulometría .....                     | 116 |
| 4.3.1.2.   | Límites de Atterberg .....                        | 116 |
| 4.3.1.2.1. | Límite líquido.....                               | 117 |
| 4.3.1.2.2. | Límite plástico. ....                             | 117 |
| 4.3.1.2.3. | Índice plástico .....                             | 117 |
| 4.3.1.3.   | Ensayo de compactación proctor<br>modificado..... | 118 |
| 4.3.1.4.   | Ensayo de valor de soporte (C.B.R.)..             | 118 |
| 4.4.       | Análisis de resultados .....                      | 119 |
| 4.5.       | Diseño geométrico de carreteras .....             | 120 |
| 4.5.1.     | Alineamiento horizontal .....                     | 120 |
| 4.5.1.1.   | Conceptos y generalidades básicas... 120          |     |
| 4.5.1.1.1. | Velocidad .....                                   | 120 |
| 4.5.1.1.2. | Velocidad de diseño ....                          | 120 |
| 4.5.1.1.3. | Curvas circulares .....                           | 121 |
| 4.5.1.1.4. | Peralte.....                                      | 125 |
| 4.5.1.1.5. | Sobreechancho.....                                | 125 |
| 4.5.1.1.6. | Corrimiento.....                                  | 126 |
| 4.5.1.1.7. | Bombeo.....                                       | 130 |
| 4.5.2.     | Alineamiento vertical .....                       | 131 |
| 4.5.2.1.   | Concepto y generalidades básicas.....             | 131 |
| 4.5.2.1.1. | Tangentes verticales ...                          | 131 |
| 4.5.2.1.2. | Pendiente<br>gobernadora.....                     | 132 |
| 4.5.2.1.3. | Pendiente máxima .....                            | 132 |
| 4.5.2.1.4. | Pendiente mínima .....                            | 133 |
| 4.5.2.1.5. | Curvas verticales.....                            | 133 |
| 4.6.       | Movimiento de Tierras.....                        | 139 |
| 4.6.1.     | Cálculo de área de secciones transversales .....  | 139 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.6.2.   | Cálculo de volumen de tierras .....                                | 141 |
| 4.7.     | Drenajes .....   | 144 |
| 4.7.1.   | Localización de drenajes .....                                     | 144 |
| 4.7.2.   | Cálculo de Caudal, método racional .....                           | 145 |
| 4.7.3.   | Drenaje longitudinal .....   | 149 |
| 4.7.4.   | Drenaje Transversal .....  | 153 |
| 4.8.     | Estructura y diseño de pavimento rígido.....                       | 155 |
| 4.8.1.   | Definición de pavimentos.....                                      | 155 |
| 4.8.2.   | Tipos de pavimentos.....   | 155 |
| 4.8.2.1. | Pavimento flexible.....  | 156 |
| 4.8.2.2. | Pavimento rígidos .....  | 156 |
| 4.8.3.   | Componentes de la estructura del pavimento<br>rígido.....          | 157 |
| 4.8.3.1. | Subrasante .....   | 157 |
| 4.8.3.2. | Base .....   | 158 |
| 4.8.4.   | Diseño del espesor del pavimento.....                              | 159 |
| 4.8.4.1. | Categoría de carga por eje de la vía..                             | 160 |
| 4.8.4.2. | Valor del módulo de reacción sobre<br>K sobre la base.....         | 161 |
| 4.8.4.3. | Determinación del espesor de la losa                               | 163 |
| 4.8.4.4. | Diseño de la mezcla de concreto.....                               | 165 |
| 4.8.4.5. | Cálculo de cantidad de materiales<br>para un 1m <sup>3</sup> ..... | 169 |
| 4.8.4.6. | Bombeo .....   | 170 |
| 4.8.4.7. | Juntas de los pavimentos de<br>concretos .....                     | 171 |
| 4.9.     | Elaboración de planos y detalles .....                             | 172 |
| 4.10.    | Presupuestos.....  | 173 |
| 4.10.1.  | Integración de precios unitarios .....                             | 175 |

|                       |  |     |
|-----------------------|--|-----|
| 4.10.2.               | Resumen de integración de costos .....           | 175 |
| 4.11.                 | Cronograma de ejecución física y financiera..... | 176 |
| 4.12.                 | Evaluación socioeconómica .....                  | 177 |
| 4.12.1.               | Valor Presente Neto .....                        | 177 |
| 4.12.2.               | Tasa Interna de Retorno (TIR) .....              | 179 |
| 4.13.                 | Evaluación de Impacto Ambiental .....            | 181 |
| CONCLUSIONES.....     |  | 187 |
| RECOMENDACIONES ..... |  | 189 |
| BIBLIOGRAFÍA.....     |  | 191 |
| APÉNDICES.....        |  | 193 |
| ANEXOS.....           |  | 201 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 1.  | Mapa de Villa Nueva .....                                  | 5   |
| 2.  | Ubicación de la colonia San Rafael los Tanques .....       | 10  |
| 3.  | Figura detalle de pozo de visita.....                      | 21  |
| 4.  | Detalle de conexiones domiciliarias .....                  | 25  |
| 5.  | Cronograma de ejecución del drenaje sanitario .....        | 36  |
| 6.  | Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje sanitario..... | 38  |
| 7.  | Gráfica 1 del valor Tasa Interna de Retorno .....          | 39  |
| 8.  | Gráfica 2 del valor Tasa Interna de Retorno .....          | 40  |
| 9.  | Ubicación de la colonia San Rafael los Tanques .....       | 42  |
| 10. | Características geométricas del tragante .....             | 56  |
| 11. | Perfil tragante.....                                       | 58  |
| 12. | Detalle de Tragante.....                                   | 61  |
| 13. | Localización de tragante .....                             | 64  |
| 14. | Cronograma de ejecución .....                              | 73  |
| 15. | Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje pluvial.....   | 76  |
| 16. | Gráfica 1 del valor Tasa Interna de Retorno .....          | 77  |
| 17. | Gráfica 2 del valor Tasa Interna de Retorno .....          | 78  |
| 18. | Figura detalle de pozo de visita.....                      | 93  |
| 19. | Detalle de conexiones domiciliarias .....                  | 97  |
| 20. | Cronograma de ejecución .....                              | 108 |
| 21. | Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje sanitario..... | 110 |
| 22. | Gráfica 1 del valor de Tasa Interna de Retorno (TIR) ..... | 111 |
| 23. | Gráfica 2 del valor de Tasa Interna de Retoro (TIR) .....  | 112 |
| 24. | Elementos de las curvas circulares simple.....             | 121 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 25. | Elemento de curva circular grado de curvatura .....         | 122 |
| 26. | Especificaciones para curvas circulares .....               | 127 |
| 27. | Cambio proporcional de peralte .....                        | 129 |
| 28. | Tipos de Bombeo .....                                       | 130 |
| 29. | Tipos de curvas verticales .....                            | 134 |
| 30. | Cálculo de áreas de secciones transversales .....           | 141 |
| 31. | Cálculo de volúmenes de tierra .....                        | 142 |
| 32. | Volumen entre secciones de diferente tipo .....             | 143 |
| 33. | Sección del mapa de la cuenca drenaje crítica .....         | 150 |
| 34. | Cuneta de sección trapezoidal .....                         | 152 |
| 35. | Detalles de la cuneta .....                                 | 153 |
| 36. | Sección del mapa de la cuenca drenaje crítica .....         | 154 |
| 37. | Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje sanitario ..... | 179 |
| 38. | Gráfica 1 del valor de Tasa Interna de Retorno .....        | 180 |
| 39. | Gráfica 2 del valor de Tasa Interna de Retorno .....        | 180 |

## TABLAS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I.    | Desnutrición crónica .....                           | 2  |
| II.   | Amenaza por sequía .....                             | 3  |
| III.  | Amenaza por deslizamiento .....                      | 3  |
| IV.   | Amenaza por heladas .....                            | 3  |
| V.    | Amenaza por inundación .....                         | 3  |
| VI.   | Cotas Invert mínimas .....                           | 19 |
| VII.  | Alteraciones y medidas de mitigación ambiental ..... | 30 |
| VIII. | Factor de prestaciones .....                         | 32 |
| IX.   | Precios unitarios .....                              | 34 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| X.       | Resumen del presupuesto del drenaje sanitario .....              | 35  |
| XI.      | Costos de operación del proyecto de drenaje sanitario.....       | 37  |
| XII.     | Valores para coeficiente de escorrentía .....                    | 47  |
| XIII.    | Parámetros para la intensidad de lluvia para T = 25 años .....   | 49  |
| XIV.     | Cotas Invertí mínimas para tubería .....                         | 54  |
| XV.      | Factor de prestaciones.....                                      | 69  |
| XVI.     | Precios Unitarios .....  | 71  |
| XVII.    | Resumen del presupuesto de drenaje pluvial .....                 | 72  |
| XVIII.   | Alteraciones y medidas de mitigación ambiental.....              | 74  |
| XIX.     | Costos de operación del proyecto del drenaje pluvial .....       | 76  |
| XX.      | Cotas Invertí mínimas para tubería .....                         | 91  |
| XXI.     | Alteraciones y medidas de mitigación ambiental.....              | 103 |
| XXII.    | Factor de prestaciones.....                                      | 104 |
| XXIII.   | Precios Unitarios .....  | 106 |
| XXIV.    | Presupuesto drenaje sanitario.....                               | 107 |
| XXV.     | Costos de operación del drenaje sanitario de la zona 1 y 5 ..... | 109 |
| XXVI.    | Tabulación de datos curva horizontal.....                        | 125 |
| XXVII.   | Cálculo de elementos de curva horizontal, sobreancho, .....      | 129 |
| XXVIII.  | Valor de pendiente .....   | 132 |
| XXIX.    | Valores de K para curvas cóncavas y convexas .....               | 135 |
| XXX.     | Corrección de subrasante .....                                   | 138 |
| XXXI.    | Tabulación de curvas verticales .....                            | 138 |
| XXXII.   | Taludes recomendados en corte y relleno .....                    | 140 |
| XXXIII.  | Valores de coeficiente de escorrentía “c” .....                  | 146 |
| XXXIV.   | Tabla de valores de intensidad de lluvia .....                   | 148 |
| XXXV.    | Espesor de pavimento según capacidad de subrasante.....          | 157 |
| XXXVI.   | Categorías de carga por eje.....                                 | 161 |
| XXXVII.  | Interpolaciones aproximadas de clasificación de suelos .....     | 162 |
| XXXVIII. | Valores de k de subrasante y bases no tratadas .....             | 163 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| XXXIX. | Clasificación subrasante base por soporte .....                              | 163 |
| XL.    | TPDC permisible.....   | 164 |
| XLI.   | Diseño de mezclas (calculados para 1 m <sup>3</sup> de concreto fresco)..... | 166 |
| XLII.  | Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto.....                     | 170 |
| XLIII. | Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie .....          | 171 |
| XLIV.  | Factor de prestaciones .....   | 173 |
| XLV.   | Costo de operación del proyecto de pavimentación de carretera .....          | 178 |
| XLVI.  | Síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental .....       | 182 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>         | <b>Significado</b>             |
|------------------------|--------------------------------|
| $\emptyset$            | Diámetro                       |
| $\Delta$               | Grado de curvatura             |
| “                      | Pulgadas                       |
| <b>CIE</b>             | Cota invert de entrada         |
| <b>CIS</b>             | Cota invert de salida          |
| <b>CT</b>              | Cota del terreno               |
| <b>d/D</b>             | Relación de diámetros          |
| <b>DH</b>              | Distancia horizontal           |
| <b>DHD</b>             | Distancia horizontal de diseño |
| <b>FH</b>              | factor de Harmond              |
| <b>Fqm</b>             | factor de caudal medio         |
| <b>Hab</b>             | Habitantes                     |
| <b>IP</b>              | Índice de plasticidad          |
| <b>k/h</b>             | Kilómetros por hora            |
| <b>LC</b>              | Longitud de curva              |
| <b>LL</b>              | Límite líquido                 |
| <b>lt/hab/dia</b>      | Litros por habitante por día   |
| <b>lt/s</b>            | Litros por segundo             |
| <b>m</b>               | Metros                         |
| <b>m<sup>2</sup></b>   | Metros cuadrados               |
| <b>m<sup>3</sup></b>   | Metros cúbicos                 |
| <b>m/s</b>             | Metros por segundo             |
| <b>m<sup>3</sup>/s</b> | Metros cúbicos por segundo     |

|                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| <b>mm/h</b>            | Milímetros por hora           |
| <b>MR</b>              | Módulo de ruptura             |
| <b>PVC</b>             | Policloruro de vinilo         |
| <b>Q</b>               | Caudal                        |
| <b>Q<sub>ci</sub></b>  | Caudal de conexiones ilícitas |
| <b>Q<sub>com</sub></b> | Caudal comercial              |
| <b>Q<sub>dis</sub></b> | Caudal de diseño              |
| <b>Q<sub>i</sub></b>   | Caudal de infiltración        |
| <b>q/Q</b>             | Relación de caudales          |
| <b>R</b>               | Radio                         |
| <b>S</b>               | Pendiente                     |
| <b>tc</b>              | Tiempo de concentración       |
| <b>v/V</b>             | Relación de velocidades       |

## GLOSARIO

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>AASHTO</b>         | <i>American Association of Highways and Transportation Officials.</i>  |
| <b>Agregados</b>      | Material granular inerte, significa que no reacciona con otros y que al mezclarse con la pasta de cemento, forma concreto o mortero.   |
| <b>Alcantarillado</b> | Conducto subterráneo o sumidero construido para recoger las aguas residuales y darles paso.  |
| <b>ASTM</b>           | <i>American Society for Testing and Materials.</i>   |
| <b>Bombeo</b>         | Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento. |
| <b>Candela</b>        | Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y conduce el sistema de drenaje.  |
| <b>Caudal</b>         | Cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo que pasa en un punto determinado donde circula un líquido   |

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>CBR</b>          | <i>California Bearing Ratio</i> (Valor Soporte California).   |
| <b>COCODE</b>       | Consejo Comunitario Desarrollo.   |
| <b>Colector</b>     | Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas residuales o pluviales hacia el lugar de desfogue.            |
| <b>Compactación</b> | Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.   |
| <b>Cotas Invert</b> | Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.   |
| <b>Cuneta</b>       | Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en el cual, el agua circula debido a la acción de gravedad.                            |
| <b>Descarga</b>     | Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas, pueden ser servidas o pluviales. |
| <b>INFOM</b>        | Instituto de Fomento Municipal.   |
| <b>INSIVUMEH</b>    | Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.  |
| <b>Junta</b>        | Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debido a la  |

expansión y contracción del material constituyente de las losas.

**PCA**

*Portland Concrete Association.*

**Tirante**

Altura de las aguas negras o pluviales dentro de un alcantarillado.

**TPD**

Tránsito promedio diario.

**TPDA**

Tránsito promedio diario anual.

**TPDC**

Tránsito promedio diario de camiones



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación, contiene el plan de trabajo propuesto para los 3 proyectos que se realizarán en Villa Nueva: el diseño de sistema de drenaje sanitario y pluvial para las colonias San Rafael los Tanques, drenaje sanitario desde la 3ª calle de la zona 1 hasta la 7ª avenida de la zona 5 y de pavimento para la interconexión de la CA-9 con la colonia Ciudad Peronia. Luego del diagnóstico realizado, con base a los aspectos sociales, económicos y técnicos, de las necesidades del municipio de Villa Nueva, sobresale la priorización de tener sistemas adecuados para la evacuación de aguas residuales y pluviales, en la actualidad las colonias san Rafael los Tanques, no cuentan con ningún servicio para evacuar aguas residuales y pluviales, por lo que es necesario hacer el diseño, los cuales tendrán dos puntos de descarga debido a la pendiente del terreno, en el diseño se incluirá conexiones domiciliarias, pozos de visitas, tragantes, etc.

El diseño del drenaje sanitario de la 3ª calle de la zona 1 hasta la 7ª avenida de la zona 5, tiene 3,5 kilómetros beneficiando a varios habitantes que no tienen este servicio y su punto de descarga será en un barranco que se localiza en la zona 5; en el diseño se incluirán, conexiones domiciliarias, pozos de visitas y obras hidráulicas. Para los dos diseños de drenaje se tomó en consideración las normas INFOM, Instituto de Fomento Municipal, Guatemala

La carretera que interconectará la colonia Ciudad Peronia con la carretera CA-9, se diseñará con 2 carriles, con un ancho de 3,00 cada uno, con 2,5 kilómetros de longitud. Para su diseño se tomó en consideraciones las especificaciones del libro: Especificaciones Generales para la Construcción de

Carreteras y Puentes. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 2001.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de drenaje sanitario y pluvial en la zona 1, zona 2 y de una carretera de 2 carriles entre la carretera CA – 9 y la colonia Ciudad Peronia en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

### **Específicos**

1. Diseñar el sistema de drenaje sanitario de la zona 1 y 2 de Villa Nueva.
2. Diseñar la carretera para la interconexión de la CA – 9 con la colonia Ciudad Peronia.
3. Aplicar los conocimientos y prácticos adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para coadyuvar al desarrollo del país por medio del Ejercicio Profesional Supervisado



## INTRODUCCIÓN

Villa Nueva es uno de los municipios con más habitantes del departamento de Guatemala. La población ha crecido de 355 901 mil habitantes según el censo de 2002 a una población estimada entre 800 000 y 1 millón de habitantes en 2012. La mayoría de la población se traslada a la ciudad de Guatemala o a municipios cercanos para realizar sus labores o estudios.

Debido a la falta de comunicación vial y el déficit en construcción de carreteras que se presenta en Villa Nueva, especialmente en la colonia Ciudad Peronia, causa que la infraestructura que está en servicio se vuelva insuficiente, obteniendo de esta manera una nueva necesidad, el diseño de una carretera que interconecte la CA-9 con la colonia Ciudad Peronia

El Ejercicio Profesional Supervisado, desarrollado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pretende aportar un apoyo profesional al desarrollo de las comunidades guatemaltecas, en cuanto a proyectos de infraestructura y servicios básicos, mediante los conocimientos adquiridos durante la formación académica de los estudiantes, a lo largo de su carretera.



# **1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES<sup>1</sup>**

## **1.1. Descripción de la población**

### **1.1.1. Primeros pobladores**

La característica principal de este municipio es la absorción de la que ha sido objeto por el área metropolitana. Tiene dos componentes poblacionales bien definidos: la población tradicional del lugar, cuyas raíces se pierden en la época de su fundación, y los inmigrantes que han llegado a poblar las colonias y lotificaciones, generalmente procedentes de la capital y que, por el crecimiento de esta, se han desplazado a nuevos lugares de vivienda.

### **1.1.2. Idioma**

Se habla el español como idioma oficial.

### **1.1.3. Costumbres y tradiciones**

La fiesta titular se celebra el día 8 de diciembre en honor a la Purísima Concepción de María.

### **1.1.4. Origen etimológico**

Antiguamente se le conoció como Concepción Villa Nueva, o la Villa Nueva de la Concepción. Villa Nueva fue fundada el 17 de abril de 1763. Es un

---

<sup>1</sup> Sitio oficial de Villa Nueva. <http://www.villanueva.gob.gt/datos-generales-villanueva-guatemala>. Consulta: 18 de septiembre de 2014.

poblado del período hispánico. Por Decreto de la Asamblea Nacional Constituyente del estado de Guatemala del 8 de noviembre de 1839, se formó el distrito de Amatitlán, en cuyo Artículo 1o. se mencionó a Villa Nueva.

El departamento de Amatitlán fue suprimido por Decreto Legislativo 2081 del 29 de abril de 1935. Al tenor de su Artículo 2o. Villa Nueva se incorporó al departamento de Guatemala. Según datos contenidos en la obra del presbítero José María Navarro: estado actual de esta parroquia de Concepción Villa Nueva formado por el presbítero José María Navarro, su cura encargado, en 1 864 que se publicó en 1 868 en la imprenta La Aurora en la ciudad capital: "La Villa Nueva de Concepción, fundada en el año de 1 763, se halla situada en un plano suavemente inclinado al oriente."<sup>2</sup> Según el Señor Juarros, "El 22 de julio de 1,763 por orden superior, el señor Teniente y Alcalde Mynor Ruiz y Piñón hizo la repartición de sitios y delineación de las calles".<sup>3</sup>

### 1.1.5. Vulnerabilidad

#### 1.1.5.1. Pobreza

En este municipio el nivel de pobreza es de 13 por ciento y el de pobreza extrema es de 0.7 por ciento

Tabla I. **Desnutrición crónica**

| Municipio   | 1986             |                           | 2001             |                           | Vulnerabilidad |
|-------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|----------------|
|             | No. De escolares | % de desnutrición crónica | No. De escolares | % de desnutrición crónica |                |
| Villa Nueva | 1072             | 34.6                      | 6564             | 28.4                      | Baja           |

Fuente: Ministerio de Educación de Guatemala, *Informe Censos de Talla Escolar 1986 y 2001*. pág. 56.

<sup>2</sup> Obra escrita por el bachiller y sacerdote Domingo Juarros en 1800.

Tabla II. **Amenaza por sequía**

| Municipio   | Área total por Km <sup>2</sup> | Categoría de Amenaza |          |        | Orden de prioridad |
|-------------|--------------------------------|----------------------|----------|--------|--------------------|
|             |                                | Extremadamente alto  | Muy alto | Alto   |                    |
| Villa Nueva | 89.06                          | 0.00%                | 0.00%    | 45.11% | 4                  |

Fuente: SIG-MAGA con base en información del INSIVUMEH, 2002.

Tabla III. **Amenaza por deslizamiento**

| Municipio   | Clasificación | No. Eventos |
|-------------|---------------|-------------|
| Villa Nueva | Baja          | 2           |

Fuente: Programa de emergencia por desastres naturales SIG-MAGA, 2001.

Tabla IV. **Amenaza por heladas**

| Municipio   | Índice de amenaza |
|-------------|-------------------|
| Villa Nueva | 0.91%             |

Fuente: Programa de emergencia por desastres naturales SIG-MAGA, 2001.

Tabla V. **Amenaza por inundación**

| Área Inundable (km <sup>2</sup> ) | Índice ponderado de amenaza por inundación (%) | Categoría |
|-----------------------------------|--|-----------|
| 1.373                             | 1517   | Media     |

Fuente: Programa de emergencia por desastres naturales SIG-MAGA, 2001.

## **1.2. Principales características físicas**

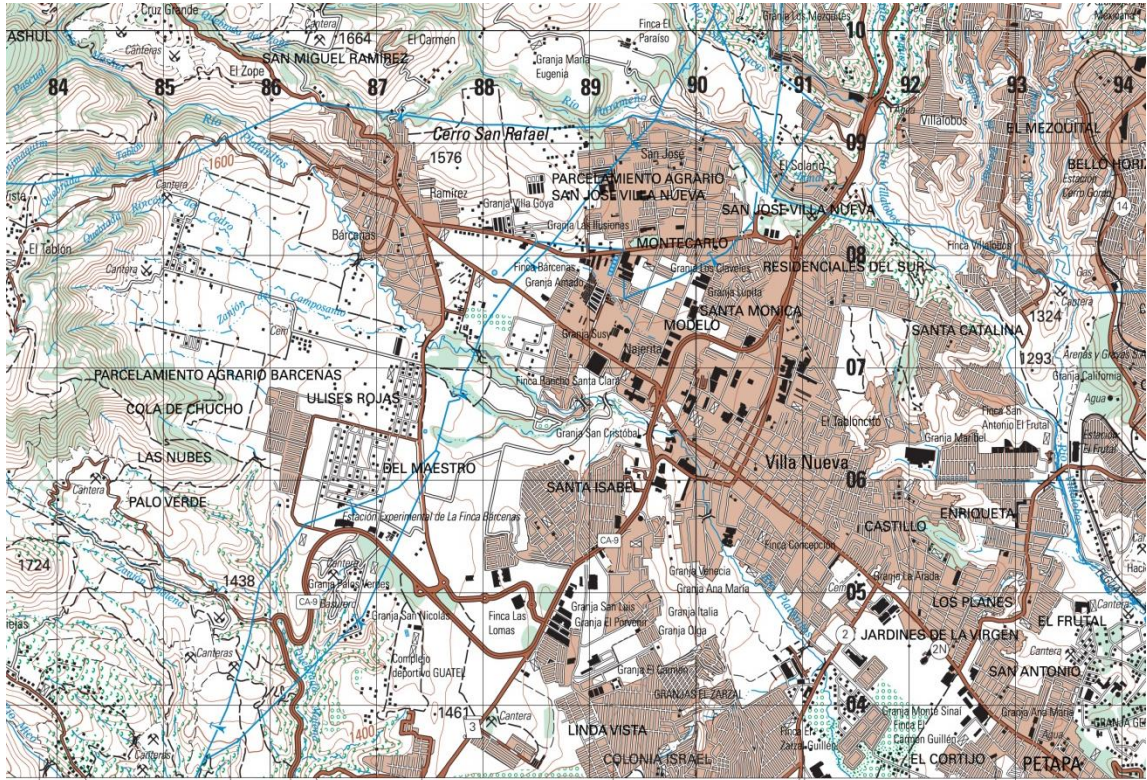
### **1.2.1. Ubicación y localización geográfica**

El Municipio de Villa Nueva se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud Norte 14° 31' 32" y en la longitud Oeste 90° 35' 15". Limita al norte con los municipios de Mixco y Guatemala; al sur con el municipio de Amatitlán; al este con el municipio de San Miguel Petapa; todos del departamento de Guatemala; y al oeste con los municipios de Magdalena y Santa Lucía Milpas Altas, ambos del departamento de Sacatepéquez. Cuenta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 330 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 16 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.

Cuenta con una villa: la cabecera de Villa Nueva, 3 aldeas, 6 caseríos y 5 parajes.



Figura 1. Mapa de Villa Nueva



Fuente: mapa escala 1:50 000, por IGN.

### 1.2.2. Distancias y tipos de vías de comunicaciones

El municipio de Villa Nueva dista del centro de la ciudad Capital 16 kilómetros, con una carretera, que se encuentra pavimentada. Desde sus aldeas y caseríos, existen vías de acceso consistentes en su mayoría de carreteras pavimentadas. Cuenta con transporte extra urbano con dos rutas; una vía, Villalobos Central de Mayoreo –CENMA- y la otra vía, Petapa-Trébol. El costo del pasaje autorizado vía, Villalobos es de Q. 4,00, más Q. 1,00 del trasbordo en el nuevo sistema de TRANSMETRO, que es proporcionado por la Municipalidad de Guatemala; por la ruta Petapa su valor autorizado es de Q. 4,00 y lo proporciona la empresa CONTRAUVIN.

### **1.2.3. Hidrografía**

Está bañado por los ríos: Mashil, Parrameño, Platanitos, Villalobos y San Lucas; las quebradas: Agua Tibia, del Frutal, del Tablón, del Zapote, El Arenalito, Piedras Moradas, Rincón del Cedro, Rincón del Rito o Agua Escondida y Santa Catarina; y el Lago de Amatitlán.

### **1.2.4. Orografía**

Cuenta con las montañas: Cruz Grande, El Chifle, El Sillón, El Ventarrón y La Peña; y los cerros: Loma de Trigo, Monterrico y San Rafael.

### **1.2.5. Medio ambiente**

Áreas Protegidas: parque Naciones Unidas, superficie 491 hectáreas, administrado por Defensores de la Naturaleza.

### **1.2.6. Clima**

Según la estación meteorológica del Instituto Nacional de Sismología Vulcanología e Hidrología, proporciona los siguientes registro obtenidos el mes de julio de 2016.

La temperatura media es de 22,00 °C. La temperatura máxima en promedio se encuentra en 26,80 °C. La temperatura mínima promedio es de 17,50 °C. La temperatura máxima absoluta se encuentra en 28,00 °C y la temperatura mínima es de 16,10 °C. La humedad relativa media es de 71 %. El patrón de lluvia oscila entre los 998,3 y 1 079,5 milímetros anuales. La nubosidad del municipio varía entre 6 y 8 octas. La velocidad del viento se

encuentra entre 1,7 y 6,2 kilómetros por hora. El promedio de punto de rocío es de 12 °C

### **1.2.7. Condiciones geológicas**

En lo que se refiere a condiciones geológicas del municipio, puede decirse que su cabecera se encuentra dentro del llamado “Graben de Guatemala”, que define la depresión del Valle de Epónimo. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable, de cenizas y pómez recientes.

Esos materiales pirolásticos fueron depositados originalmente, ya sea por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, produciendo mantos superpuestos. Las aguas meteóricas y fluviales ocasionaron y depositaron estas cenizas en las partes más bajas del valle. Modificados en esta forma por depósito de aguas, se encuentran en la actualidad, de nuevo expuestas al desgaste por la lluvia y el escurrimiento superficial.

Las mencionadas cenizas pómez recientes, son el producto de erupciones volcánicas explosivas y se conocen en la industria de construcción como arena blanca. Su granulometría puede variar entre polvo volcánico, de fracciones de milímetro, hasta componentes individuales de 20 cm de diámetro.

Su composición es de vidrio volcánico ácido. Esencialmente, los mismos materiales componen el subsuelo de la ciudad capital. En el área de Villa Nueva propiamente, así como en sus alrededores inmediatos, se reconocen varias docenas de metros.

En el cauce y banco del río Villalobos, que corre al este de la cabecera, se encuentran gravas y arenas que son explotadas comercialmente, máxime que

puede decirse que en la actualidad el cauce de dicho río está casi seco la mayor parte del tiempo, en las cercanías de la cabecera.

## **2. DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SAN RAFAEL LOS TANQUES**

### **2.1. Diseño de drenaje sanitario**

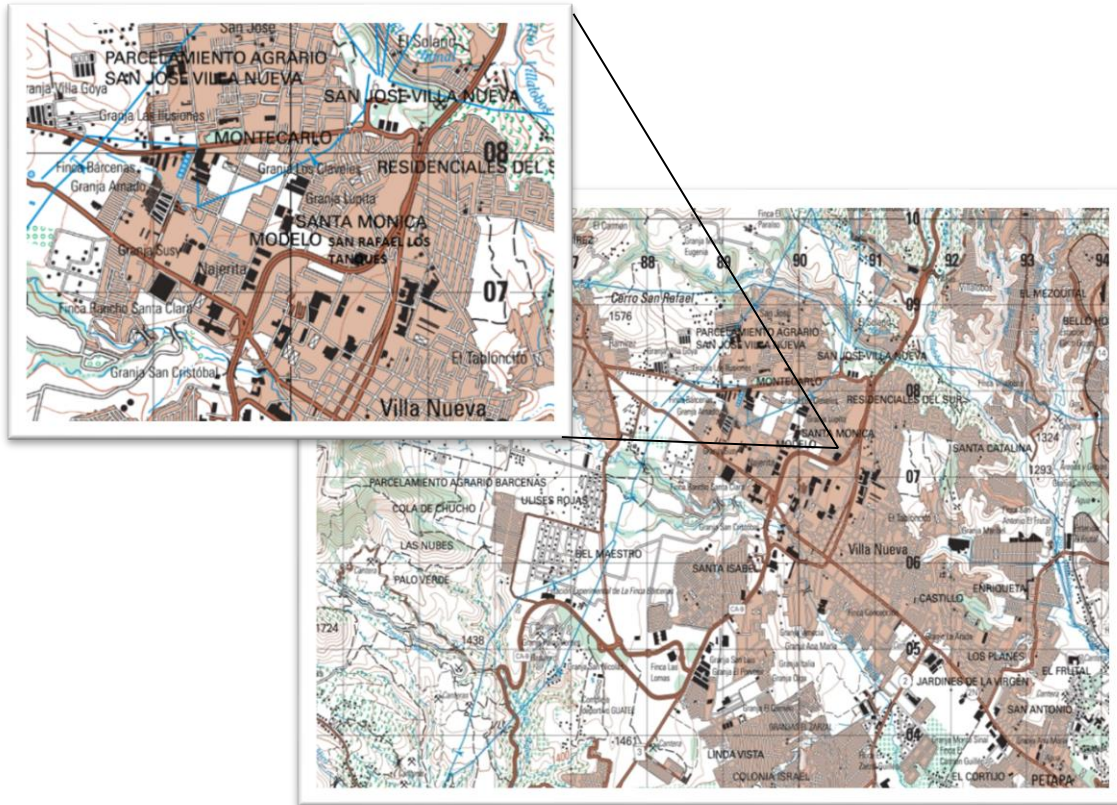
El diseño consiste en una red de tuberías que se utiliza para recolectar y transportar aguas residuales hasta un punto de tratamiento y vertido a los puntos de desfogue.

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

El proyecto de drenaje sanitario y pluvial de las colonias San Rafael Los Tanques, del municipio de Villa Nueva, tiene una capacidad para 2 500 habitantes, población que se espera atender en 23 años (período de diseño del sistema).

El sistema tendrá una longitud de 1 686,50 metros, (ver planta general en Anexos). El punto de desfogue será en una planta de tratamiento que se encuentra ubicado en la misma colonia. Se utilizará tubería PVC norma ASTM F949 con diámetro de 6 pulgadas, 8 pulgadas y 10 pulgadas.

Figura 2. **Ubicación de la colonia San Rafael los Tanques**



Fuente: elaboración propia, mapas escala 1:50 000 IGN.

### 2.1.2. **Levantamiento topográfico**

Es el proceso de trabajo que se realiza previo a un estudio de proyecto de preinversión de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico.

El levantamiento topográfico se realizó para todas las líneas de conducción, con estación total donde paralelamente se llevó a cabo un censo poblacional para establecer los parámetros básicos del diseño del sistema. En la libreta topográfica se anotaron todos los datos como: calles, casas, poste de

alumbrado público, cajas registradoras de teléfono etc. Se puede consultar en la municipalidad de Villa Nueva en la Unidad de Planificación e Infraestructura.

#### **2.1.2.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de coordenadas X y Y, que proporciona la estación total en sus datos almacenados, se realizó por método de radiaciones. Se utilizó el siguiente equipo: estación total, prismas, brújula, plomada, estacas, clavos y pintura.

#### **2.1.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de planimetría. Se partió de una referencia (BM), ubicada en la E-0 con cota 500 m. Se usó el método taquimétrico. La cota topográfica de una estación a otra da la referencia coordenadas Z en la estación total.

#### **2.1.3. Período de diseño**

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este es necesario rehabilitarlo. Para determinar qué período utilizar, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Vida útil de las estructuras, tomando en cuenta: antigüedad, desgaste y daño del sistema.
- Crecimiento poblacional.
- Desarrollo de la obra en sus primeros años.

El tiempo de que se tomó para el diseño fue de 23 años, de acuerdo a la experiencia de algunos profesionales.

#### 2.1.4. Cálculo de la población futura

La estimación de la población futura es de suma importancia, puesto que de este cálculo dependerá la cantidad de personas que utilizarán el servicio al final del período de diseño; además, que proporciona los datos necesarios para el cálculo de los diámetros de tubería, dependiendo del caudal a transportar.

Generalmente, se usan dos métodos para el cálculo de la población futura que son; el método aritmético y el método geométrico; para este caso se aplicó el método geométrico, por ser el que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio. La fórmula para calcular la población futura es:

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

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población inicial

$r$  = tasa de crecimiento, en porcentaje (%)

$n$  = período de diseño, en años

$$P_f = 2500 * (1 + 0.03)^{23} = 4934$$

Para este diseño, la cantidad de habitantes, se obtuvo de los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODES), son 2 500 personas y un promedio de 8 habitantes por vivienda, y la tasa de crecimiento es el 3 % según los registros de la Municipalidad de Villa Nueva.

#### 2.1.5. Factor de Hardmond

También conocido como factor de flujo instantáneo, este es un factor que está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico.



Se calcula por medio de la ecuación de Harmond:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde:

F.H = factor de Harmond

P = población acumulada dividida entre 1000

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{2\,500/1\,000}}{4 + \sqrt{2\,500/1\,000}} = 3,51$$

#### **2.1.6. Factor de retorno**

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua que, después de ser usada, vuelve al drenaje; en este caso se considera un 80 % de factor de retorno. La información fue dada por la municipalidad de Villa Nueva.

#### **2.1.7. Caudal domiciliar**

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

Como se indicó anteriormente, una parte de esta agua no será llevada al alcantarillado como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el vapor de caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0,70 a 0,90, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Po * Dot * Fr}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (lt/s)

$P_o$  = población

$D_{ot}$  = dotación (lt/hab/dia)

$Fr$  = factor de retorno

$$Q_{dom} = \frac{2\ 500 * 175 * 0,80}{86\ 400} = 4,05\text{lt/s}$$

Se usó la dotación de 175lt/hab/dia, considerando principalmente factores como: consumo diario, clima y condiciones económicas y es el valor con que trabaja la municipalidad de Villa Nueva, para pequeñas colonias.

#### **2.1.8. Caudal comercial**

Es el agua que se desecha de los comercios, restaurantes, hoteles, etcétera, y la dotación varía según el establecimiento a considerar; pero en la colonia San Rafael los Tanques no existe ninguno de estos, así que este caudal es nulo.

#### **2.1.9. Caudal conexiones ilícitas**

Este caudal es producido por las aguas pluviales, que son evacuadas a través del alcantarillado doméstico o sanitario. En este caso se utilizó el 10 % del caudal doméstico, que es el valor que usa la municipalidad de Villa Nueva.

Entonces se tiene

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{dom}$$

Donde

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas (lt/s)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (lt/s)

$$Q_{ci} = 0,10 * 4,05 = 0,405 \text{lt/s}$$

### **2.1.10. Caudal industrial**

Es la cantidad de aguas negras que desecha la industria, como fábricas textiles e industrias en general, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada, se puede estimar entre 1 000 y 18 000 lts/hab/día, el cual dependerá del tipo de industria. En estas colonias no existen industrias, por lo tanto el caudal es igual a cero.

### **2.1.11. Caudal infiltración**

En la sección 2,70, infiltración del INFOM, se establece que para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, debe tomarse en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y el tipo de tuberías.

Los caudales por cada kilómetro de tubería que contribuya a los tramos, se estimarán calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar en litros por segundo. Para el diseño del alcantarillado, las tuberías serán de PVC y quedarán sobre el nivel freático obteniendo.

Para tubería que quedará sobre el nivel friático:

1. Tubería de cemento,  $Q_{in} = 0,025 * \emptyset$
2. Tubería de PVC,  $Q_{in} = 0,01 * \emptyset$

Donde

$Q_{in}$  = caudal infiltración (lt/s)

$\emptyset$  = diámetro de la tubería (pulg)

$$Q_{ci} = 0,01 * 8" = 0,08lt/s$$

Para este diseño se usó el inciso núm. 2, debido a que el material de tubería es de PVC.

### 2.1.12. Factor de caudal medio

Es la suma de todos los caudales anteriores, se divide por la suma de habitantes a servir, el factor de caudal medio debe ser mayor que 0,002 y menor que 0,005, en todo caso, si no está dentro de los límites, se debe tomar el más cercano, se expresa en litros por segundo por habitante.

$$fqm = \frac{Q_m}{\#hab}$$

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{in}$$

Donde

fqm = factor de caudal medio

$Q_m$  = caudal medio (lt/s)

#hab = número de habitantes

$Q_{dom}$  =caudal domiciliar

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas

$Q_{in}$  = caudal infiltración

$$Qm = 4,05 + 0,405 + 0,08 = 4,54lt/s$$

$$fqm = \frac{4,54}{2500} = 0,0018$$

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño del sistema de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor, con base a la experiencia.

- Fqm = 0,0046 según INFOM
- Fqm = 0,003 según EMPAGUA (la Municipalidad de Guatemala)
- Fqm = 0,002 < fqm < 0,005 según Dirección General de Obras Públicas)

En este caso se utilizó el valor de 0,003, que es el valor con trabaja la municipalidad de Villa Nueva.

### **2.1.13. Parámetros de diseño**

Son todas aquellas variables que intervienen en el proceso de diseño del drenaje sanitario.

#### **2.1.13.1. Diseño de secciones y pendientes**

La pendiente a utilizar en el diseño, deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno para evitar un sobre-costos por excavación excesiva, si embargo, en todos los casos, se deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad.

Dentro de las viviendas se recomienda utilizar una pendiente mínima del dos por ciento, lo cual asegura el arrastre de las excretas. Para todo el diseño del alcantarillado es recomendable seguir la pendiente del terreno.

$$s = \frac{(CTi - CTf)}{DHD} * 100$$

Donde

S = pendiente del terreno (%)

CTi = cota terreno inicial, en m

CTf = cota terreno final, en m

DHD = distancia horizontal de diseño

$$s = \frac{(526,37 - 525,23)}{58,50} * 100\% = 2,57\%$$

### **2.1.13.2. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad mínima admisible en tuberías de PVC es de 0,40 metros por segundo esto hace que los sólidos no se sedimenten y por consecuencia no se obstruya la tubería, con respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de PVC por lo general, se aceptan 5,00 metros por segundo, según los fabricantes de tubería. Pero se recomienda que se usa como 3 metros por segundo, según las normas INFOM y EMPAGUA.

### **2.1.13.3. Cotas invert**

Son las cotas o elevaciones que indican a que profundidad de la superficie se encuentra la tubería de llegada y de salida en un pozo de visita.

Estas cotas se calculan con base a la pendiente de la tubería y a la distancia del tramo respectivo.

Detalles de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca tres centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetro de las tuberías, cuando estas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está tres centímetros debajo de la de entrada; si la tubería que sale es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

Tabla VI. **Cotas Invert mínimas**

| TIPO DE TRAFICO | DIÁMETRO (") |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 8            | 10  | 12  | 16  | 18  | 21  | 24  | 30  | 36  | 42  | 46  | 60  |
| Normal          | 122          | 128 | 133 | 141 | 150 | 158 | 166 | 184 | 199 | 214 | 225 | 255 |
| Pesado          | 142          | 148 | 151 | 153 | 170 | 178 | 186 | 204 | 219 | 234 | 245 | 275 |

Nota: La dimensión de las profundidades está dada en cm.

Fuente: Instituto de Fomento Municipal, *Norma Generales para el Diseño de Alcantarillado*, 2001.

#### 2.1.13.4. Diámetro de tubería

Por requerimiento de flujo y por posibilidad de limpieza, el diámetro mínimo es de seis pulgada para tubería PVC en el colector central. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

La profundidad mínima para instalar la tubería debe de ser tal que el espesor del relleno evite daño al colector ocasionados por las cargas vivas y por los impacto; para lo cual se estima una profundidad mínima de 1,20 m. Ver tabla ancho libre de zanjas en Anexos.

#### **2.1.13.5. Relaciones hidráulicas**

Al analizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llenas y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

Se deberán determinar los valores de velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas, se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre el cual de sección llena; con este resultado, se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, y se obtienen las relaciones siguientes ( $d/D$ ) y ( $v/V$ ).

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas

- $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- El tirante debe de estar entre
- $0,10 < d/D < 0,75$
- $0,60 < V < 3,00$

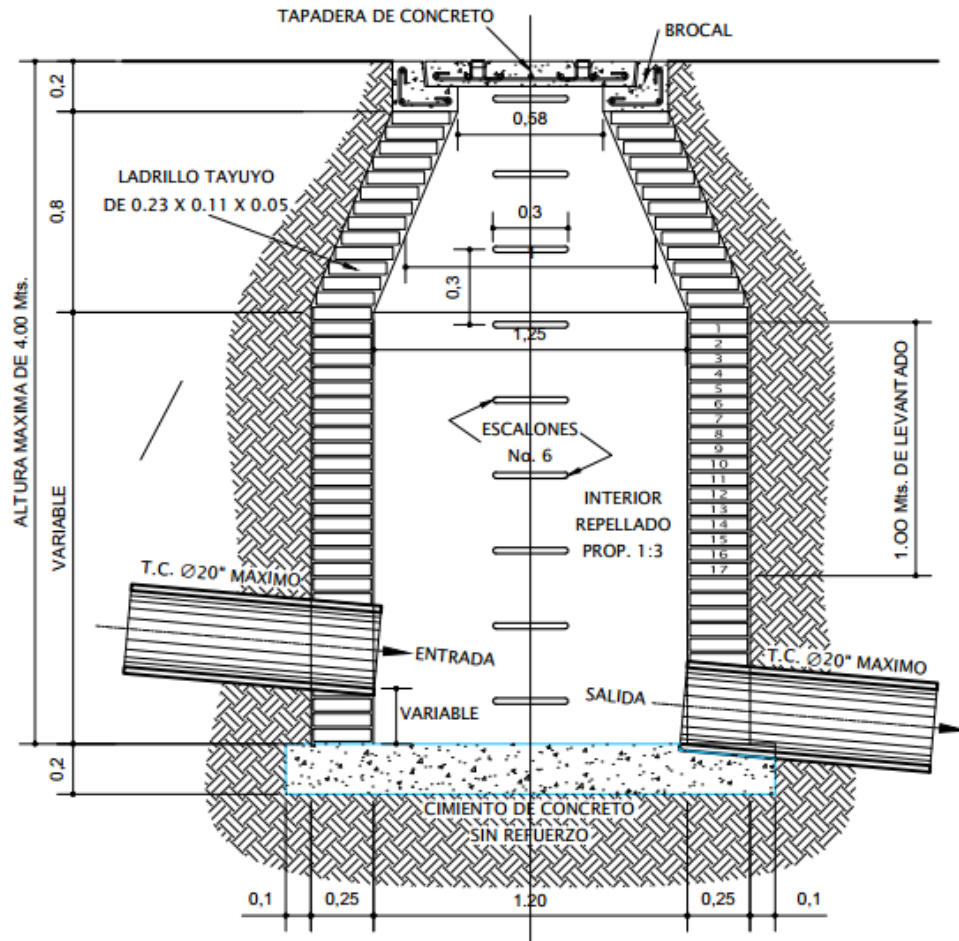
#### **2.1.14. Pozos de visitas**

Son estructuras de hormigón ciclópeo, piedra, ladrillo, (mampostería), rematadas en su parte superior en una tapa removible, forman parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar



donde concurren dos o más tuberías, así como, los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño.

Figura 3. **Figura detalle de pozo de visita**



Fuente: criterio de la Municipalidad de Villa Nueva, empleando Autocad 2014.

### 2.1.14.1. Especificaciones técnicas

Las normas para la construcción de alcantarillados recomiendan colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Al comienzo de todo colector.

- En toda intersección de dos o más colectores.
- En todo cambio de dirección.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 metros si diámetro < 24 pulgadas.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 300 metros si diámetro > 30 pulgadas.
- En todo principal de ramal.
- En cambios de diámetro.
- En cambio de pendiente.

#### **2.1.14.2. Especificaciones físicas**

Su estructura es de forma cilíndrica, construidas de reforzado o bien de ladrillo de arcilla reforzado con elementos de concreto reforzado. Los pozos tienen su parte superior un brocal y una tapadera echa de concreto con una apertura libre de 0,50 metros a 0,60 metros.

El brocal descansa sobre las paredes hasta alcanzar el diámetro de 1,20 a una distancia de 0,90 metros de la boca de pozo. Su profundidad es variable, sus paredes suelen construir de ladrillo de barro cocido cuando son pequeñas y concreto reforzado cuando son muy grandes y profundos.

Estas varean en cuanto a su profundidad, dependiendo de casos como:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Ubicación del pozo
- Caudal de diseño
- Cotas invert

### 2.1.14.3. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se moverá para colocar la tubería, está comprendida apartar de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería a utilizar y la longitud entre pozos. Se puede calcular de la siguiente manera.

$$V_{ex} = \frac{H_1 + H_2}{2} * DH * a * F.E$$

Donde

$V_{ex}$  = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

$H_1$  = profundidad del primer pozo (m)

$H_2$  = profundidad del segundo pozo (m)

DH = distancia horizontal

a = ancho de zanja (m)

F.E = factor de expansión del suelo

$$V_{ex} = \frac{1,65 + 1,76}{2} * 60,00 * 0,65 * 1,30 = 86,44\text{m}^3$$

### 2.1.15. Conexiones domiciliarias

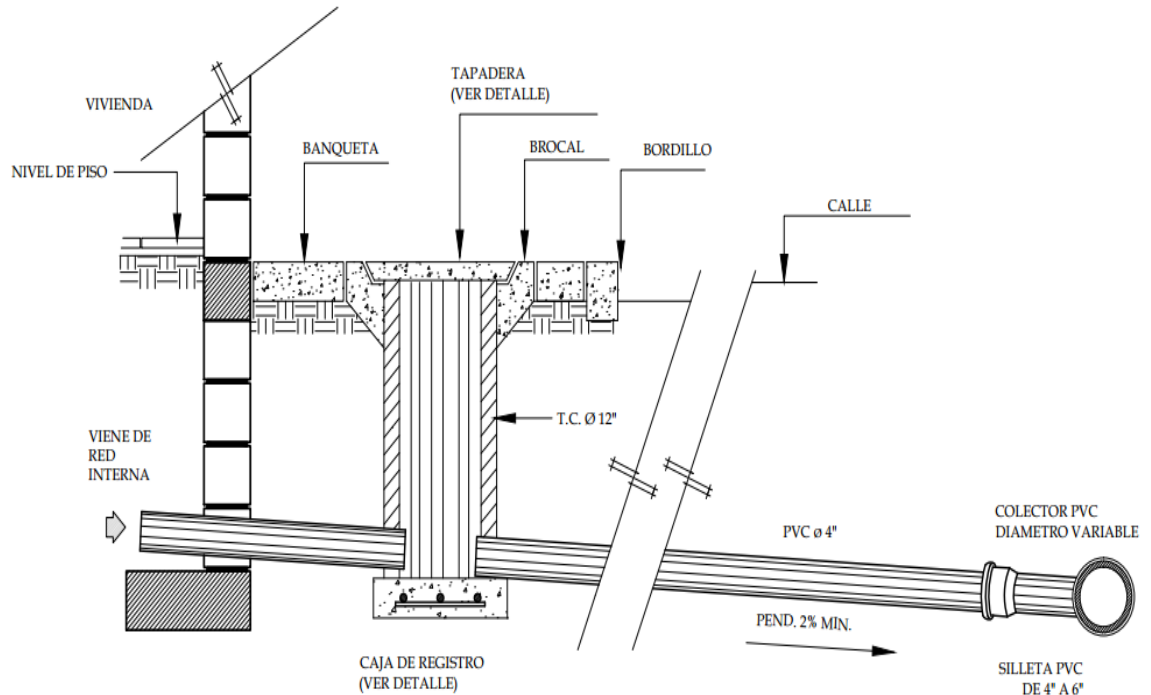
Tramo de tubería comprendida entre la última cámara de inspección de la vivienda y el colector público. En general, las conexiones domiciliarias comprenden lo siguiente:

- Disposición de excretas.
- Sistemas de recolección y disposición de basura.
- Tipo y condiciones de la vivienda.

- Cualquier otro aspecto relacionado con las condiciones sanitarias de la población.
- Caja o candelas: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente.
- El lado menor de la caja será de 45 centímetro. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.
- El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan llevarlas al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 %.

Al realizar el diseño de alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos esta resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

Figura 4. **Detalle de conexiones domiciliare**



Fuente: criterio de la Municipalidad de Villa Nueva, empleando Autocad 2014.

### 2.1.16. **Obras de protección**

Estas obras de protección no son más que estructuras auxiliares de las partes constituyentes del sistema, ya estipuladas en los planos finales. Estas estructuras según la finalidad de las mismas, serán de diversas formas y tamaños.

Para un sistema de drenaje sanitario existen varias obras de protección, entre las cuales se puede mencionar;

- Conexiones domiciliare
- Escaleras para pozo de visitas
- Tapadera de pozo de visitas
- Tapadera de conexiones domiciliar

### 2.1.17. Ejemplo de diseño de un tramo

A manera de ejemplo se diseñará el tramo comprendido entre los pozos de visita 6 y 7

Datos:

Tipo de sistema: drenaje sanitario

Período de diseño: 23 años

Población en el tramo, actual: 160 habitantes

Tasa de crecimiento: 3 % según el control de la municipalidad

Tipo de tubería: PVC 6 pulgadas

Cota terreno inicial: 525,06 m

Cota terreno final: 524,60 m

Distancia horizontal de diseño: 58,76 m

Fqm: 0,003

Dotación: 175lt/hab/día

Factor de retorno: 80 %

Coefficiente de rugosidad: 0,010

Cálculo de la pendiente del terreno  $S_t$  (%)

$$S_t = \frac{(CT_i - CT_f)}{DHD} * 100$$
$$S_t = \frac{(525,06 - 524,60)}{58,76} * 100 = 0,77$$

Cálculo de la población futura

$P_o = 160$  habitantes

$$P_f = P_o(r + 1)^n$$

$$P_f = 160(0,03 + 1)^{23} = 316 \text{ habitantes}$$

Cálculo de factor de Harmond

$$F.H_{actual} = \frac{18 + \sqrt{Po/1\ 000}}{4 + \sqrt{Po/1\ 000}}$$

$$F.H_{actual} = \frac{18 + \sqrt{160/1\ 000}}{4 + \sqrt{160/1\ 000}} = 4,18$$

$$F.H_{futuro} = \frac{18 + \sqrt{316/1\ 000}}{4 + \sqrt{316/1\ 000}} = 4,07$$

Caudal domiciliar actual

$$Q_{dom} = \frac{dot * \#hab * FR}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{175 * 160 * 0,80}{86\ 400} = 0,2593\text{lt/s}$$

Caudal domiciliar futuro

$$Q_{dom} = \frac{175 * 316 * 0,80}{86\ 400} = 0,5120\text{lt/s}$$

Caudal conexiones ilícitas

$$Q_{ci} = 0,1 * Q_{dom}$$

$$Q_{ci} = 0,1 * 0,2593 = 0,0259\text{lt/s}$$

Caudal infiltración

$$Q_{in} = 0,01 * \varnothing$$

$$Q_{in} = 0,01 * 6 = 0,06\text{lt/s}$$

Caudal sanitario

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{in}$$

$$Q_{san} = 0,2593 + 0,0259 + 0,06 = 0,3452$$

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = FH_{actual} * f_{qm} * \#hab$$

$$Q_{dis} = 4,18 * 0,003 * 160 = 2,0064\text{lt/s}$$

Diseño hidráulico

$\emptyset = 6$  pulgadas

Pendiente de tubería (s) = 1,50%

$$V = \frac{0,03429 * \emptyset^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$
$$V = \frac{0,03429 * 6^{\frac{2}{3}} * 0,015^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 1,39m/s$$

Caudal a sección llena

$$Q = AV$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (6" * 0,0254)^2 * 1,39 = 0,0253 * 1000 = 25,30lt/s$$

Relaciones hidráulicas

$$Q_{dis} = q$$

$$q/Q = 2,007/25,30 = 0,079328$$

Ya que cumple con la condición de que  $q/Q < 1$ , se toma el valor de 0,079328 y se busca en la tabla de relaciones hidráulicas de una alcantarilla de sección transversal circular para determinar la relación  $v/V$  la cual en este caso equivale a 0,596526

$$\frac{v}{V} = 0,596526 \rightarrow v = V * 0,596526$$

$$v = 1,39 * 0,596526 = 0,83m/s$$

Al ver el resultado de la velocidad de diseño, se cumple con el rango,  $0,40m/s < v < 3,00m/s$ . se busca el valor de  $d/D$  que es 0,19000, está dentro del rango que es  $0,10 < d/D < 0,75$ , entonces se procede continuar con los siguientes tramos.

Teniendo la velocidad y el caudal a sección llena, se hace lo mismo para encontrar las relaciones hidráulicas futuras.



$$Q_{dis fut} = q = 3,857 \text{ lt/s}, V = 1,39 \text{ m/s } Q = 25,30 \text{ lt/s}$$

$$q/Q = 0,152485$$

Como  $q/Q < 1$ , entonces se busca el valor de la relación  $d/D$ , el cual es 0,26300 y por lo tanto cumple la condición de  $0,10 < d/D < 0,75$ , se busca el valor de  $v/V$  en la tabla, en este caso equivale a 0,721193.

$$\frac{v}{V} = 0,721193 \rightarrow v = V * 0,721193$$

$$v = 0,721193 * 1,39 = 1,00 \text{ m/s}$$

Después de obtener el resultado de velocidad de diseño futuro, se verifica si cumple con la condición  $0,40 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$ . Entonces se continúa con los demás tramos.

Cotas invert

$$CIS_{PV6} = \text{cota invert de entrada} - 0,03 \text{ m}$$

$$CIS_{PV6} = 523,13 - 0,03 = 523,10 \text{ m}$$

$$CIE_{PV7} = \text{cota invert salida} - (DHD * S_{Tub\%})$$

$$CIE_{PV7} = 523,10 - 58,76 * 1,5 \% = 522,22 \text{ m}$$

Profundidad de pozo

PV-6:

$$H_{PV6} = CT - CIS$$

$$H_{PV6} = 525,06 - 523,10 = 1,96 \text{ m}$$

PV-7:

$$H_{PV7} = CT - CIS$$

$$H_{PV7} = 524,60 - 522,19 = 2,41 \text{ m}$$

Volumen de excavación

$$Vol. ex = \left[ \frac{(PV6 + PV7)}{2} * DH * a \right] * Fex$$

$$Vol. ex = \left[ \frac{(1,96 + 2,41)}{2} * 58,76 * 0,60 \right] * 1,3 = 77,03m^3$$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales, realizados con el procedimiento anterior mente descrito, se presentan en el apéndice

### 2.1.18. Estudio de impacto ambiental

Se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente. Este proyecto se realizará en el área urbana, el mayor riesgo sería el movimiento de tierra y la circulación de maquinaria pesada, por lo que se debe realizar un trabajo ordenado.

En la tabla VII se describen las alteraciones y medidas de restauración que se llevarán a cabo en este proyecto.

Tabla VII. **Alteraciones y medidas de mitigación ambiental**

| <b>ALTERACIONES</b>   | <b>MEDIDAS DE RESTAURACIÓN</b>  |
|---|---|
| <b>SISTEMAS ATMOSFÉRICOS</b>  |   |
| Presencia de partículas y presencia de polvo                              | Riego permanente para humedecer las fuentes de emanación de partículas suspendidas. |
|   | Dotación de equipos de seguridad al personal.                                       |
| Modificación auditiva por generación de ruidos propios de las actividades | Realización de trabajos en horas hábiles.   |
| <b>SISTEMA LÍTICO Y EDÁFICO</b>   |   |

Continuación de la tabla VII

|   |   |
|---|---|
| Movimiento de tierra, corte y relleno, sin extracción del área de trabajo | Manejo ordenado de volúmenes extraídos.                 |
|   | Compactación y nivelación adecuadas en área de rellenos |
| <b>SOCIEDAD Y CULTURA</b>   |   |
| Inconvenientes en la circulación peatonal y vehicular                     | Señalización del área de trabajo                        |
|   | Tener un espacio libre, adecuado para la circulación    |

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.19. Elaboración de planos**

Al terminar el diseño del proyecto se llega a la elaboración de los planos finales, luego del replanteo topográfico, para obtener una visión más clara de lo que se va a lograr y de esta manera obtener el diseño final.

### **2.1.20. Presupuesto**

Al seguir el proceso de diseño del proyecto se llega a la elaboración de los planos finales, luego del replanteo topográfico, para obtener una visión más clara de lo que se va a lograr y de esta manera obtener el diseño final del proyecto.

- La cantidad de arena de río y piedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico.

- La totalidad de materiales será local y será proporcionada por la municipalidad.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los que se manejan en la comunidad.
- Los precios de los materiales se tomaron con base en los que se manejan en el municipio.

Tabla VIII. **Factor de prestaciones**


| <b>1</b>   | <b>DÍAS NO TRABAJADOS</b>   |              |      |
|------------|-----------------------------|--------------|------|
| <b>1.1</b> | <b>ASUETOS NO LABORALES</b> |              |      |
|            | 1 De enero                  | 1            | Día  |
|            | Jueves santo                | 1            | Día  |
|            | Viernes santo               | 1            | Día  |
|            | Sábado santo                | 0,5          | Día  |
|            | 1 de Mayo                   | 1            | Día  |
|            | 30 De Junio                 | 1            | Día  |
|            | 15 De Septiembre            | 1            | Día  |
|            | 20 De Octubre               | 1            | Día  |
|            | 1 De Noviembre              | 1            | Día  |
|            | 24 De Diciembre (1/2 día)   | 0,5          | Día  |
|            | 25 De Diciembre             | 1            | Día  |
|            | 31 De Diciembre (1/2 día)   | 0.5          | Día  |
| 1.2        | Festividad del lugar        | 1            | Día  |
| 1.3        | Domingos                    | 52           | Días |
| 1.4        | Sábados                     | 26           | Días |
| 1.5        | Vacaciones                  | 15           | Días |
|            | <b>TOTAL</b>                | <b>104,5</b> |      |

Continuación de tabla VIII

| <b>2 TOTAL DE DÍAS TRABAJADOS</b> |                    |              |                |
|-----------------------------------|--------------------|--------------|----------------|
| 2.1                               | DÍAS NO LABORALES  | 104,5        | Días           |
| 2.2                               | DÍAS EFECTIVOS     | 260,5        | Días           |
|                                   | AÑO                | 365          | Días           |
| <b>3 PORCENTAJES</b>              |                    |              |                |
| 3.1                               | Días no laborales  | 104,5/260,5= | 40,12 %        |
| 3.2                               | Indemnización      | 30/260,5=    | 11,52 %        |
| 3.3                               | Aguinaldo          | 30/260,5=    | 11,52 %        |
| 3.4                               | Bono 14            | 30/260,5=    | 11,52 %        |
| 3.5                               | IGSS               |              | 10,67 %        |
| 3.5                               | INTECAP (opcional) |              | 1,00 %         |
| 3.6                               | IRTRA (opcional)   |              | 1,00 %         |
|                                   |                    | <b>TOTAL</b> | <b>87,33 %</b> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Precios unitarios

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS   |                 |               |   |                  |
|--|-----------------|---------------|---|------------------|
| Diseño de Drenaje Sanitario  | <b>Renglón:</b> | <b>11.00</b>  |  |                  |
| Colonia San Rafael Los Tanques   | <b>Fecha:</b>   | <b>oct-16</b> |   |                  |
| <b>Descripción del Renglón</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>P.U.</b>   | <b>Total</b>     |
| Tubería PVC corrugado Ø 6" Hpromedio= 1.96m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material | 1446,78         | unidad        | Q 468,03  | Q 677 136,44     |
| <b>Nota:</b>   |                 |               |   |                  |
| <b>Descripción de Maquinaria y Equipo</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>  | <b>Sub Total</b> |
|  |                 |               | Q -   | Q -              |
| Transporte de maquinaria y/o equipo  | 1,00            |               | Q -   | Q -              |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
|  |                 |               | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Combustible y Lubricantes</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>  | <b>Sub Total</b> |
|  |                 |               | Q -   | Q -              |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
|  |                 |               | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Materiales</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>  | <b>Sub Total</b> |
| Tubo Ø 6" corrugado con empaque, norma F949  | 1,00            | unidad        | Q 134,10  | Q 134,10         |
| Selecto  | 0,10            | m³            | Q 60,00   | Q 6,00           |
|  |                 |               | Q -   | Q -              |
| Transporte de material   | 1,00            |               | Q -   | Q -              |
|  |                 |               | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
|  |                 |               | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Mano de Obra directa</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b>  | <b>Sub Total</b> |
| Trazo de niveles   | 1,00            | ml            | Q 0,50  | Q 0,50           |
| Colocación de niveles  | 1,00            | ml            | Q 0,63  | Q 0,50           |
| Excavación manual para terreno Blando  | 1,67            | m³            | Q 29,02   | Q 0,50           |
| Conformar fondo de zanja   | 0,60            | m²            | Q 2,50  | Q 0,50           |
| Instalación de Tubería + emplantillado   | 1,00            | ml            | Q 2,30  | Q 0,50           |
| Colocación del material de relleno en capas  | 1,65            | m³            | Q 8,26  | Q 0,50           |
| Compactación con plato vibratorio  | 1,65            | m³            | Q 9,65  | Q 0,50           |
| Retiro ( a 50 metros de distancia)   | 0,02            | m³            | Q 43,38   | Q 0,50           |
|  |                 |               | Q -   | Q -              |
| Herramientas   | 1,00            | Global        | Q 4,20  | Q 4,20           |
|  |                 |               | <b>Sub-total</b>  | <b>Q 88,11</b>   |
| <b>Mano de obra Indirecta</b>  |                 |               |   |                  |
| Factor de ayudante   |                 |               | 34,00%  | Q 29,96          |
| <b>Prestaciones</b>  |                 |               | 87,33%  | Q 103,11         |
| <b>Sub-total Costo Directo (Materiales + Mano de obra + Herramientas)</b>                                      |                 |               |   | <b>Q 258,53</b>  |
| <b>Costo Indirecto</b>   |                 |               |   |                  |
| Utilidad   |                 |               | 10%   | Q 36,85          |
| Imprevisto   |                 |               | 7%  | Q 25,80          |
| Administrativo   |                 |               | 10%   | Q 36,85          |
| <b>Sub-total Costo Indirecto</b>   |                 |               |   | <b>Q 99,50</b>   |
| <b>Total del Renglón</b>   |                 |               |   | <b>Q 468,03</b>  |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla X. Resumen del presupuesto del drenaje sanitario**

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
 UBICACIÓN: COLONIA SAN RAFAEL LOS TANQUES ZONA 2 DE VILLA NUEVA

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

| No. | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN  | UNIDAD         | CANTIDAD | P UNITARIO  | TOTAL        |
|-----|--|----------------|----------|-------------|--------------|
| 1   | Replanteo Topográfico  | ml             | 1 682,21 | Q 3,34      | Q 5 618,17   |
| 2   | Trazo y estaqueado   | ml             | 1 682,21 | Q 29,36     | Q 49 389,69  |
| 3   | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)   | m <sup>2</sup> | 97,35    | Q 82,43     | Q 8 824,56   |
| 4   | Restitución del Asfalto espesor 0,05 m (Mezcla asfáltica en caliente)  | Ton-m          | 14,33    | Q 4 100,50  | Q 58 760,88  |
| 5   | Movimiento de material existente   | m <sup>3</sup> | 256,60   | Q 117,08    | Q 29 691,49  |
| 6   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,20m de Hprom = 1,25m | unidad         | 6,00     | Q 7 318,46  | Q 43 910,76  |
| 7   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,20m de Hprom = 1,80m | unidad         | 14,00    | Q 9 386,29  | Q 131 408,06 |
| 8   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,20m de Hprom = 2,28m | unidad         | 9,00     | Q 11 107,33 | Q 99 965,97  |
| 9   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,20m de Hprom = 2,79m | unidad         | 2,00     | Q 13 192,36 | Q 26 384,72  |
| 10  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,20m de Hprom = 3,37m | unidad         | 3,00     | Q 15 123,64 | Q 45 370,92  |
| 11  | Tubería PVC corrugado Ø 6" Hpromedio= 1,96m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                    | ml             | 1446,78  | Q 436,03    | Q 667 136,44 |
| 12  | Tubería PVC corrugado Ø 8" Hpromedio= 2,58m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                    | ml             | 106,68   | Q 663,17    | Q 70 746,98  |
| 13  | Tubería PVC corrugado Ø 10" Hpromedio= 2,98m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 90,93    | Q 974,01    | Q 88 566,73  |
| 14  | Conexiones domiciliarias con silleta de 4"x6"  | unidad         | 217,00   | Q 1 413,80  | Q 306 794,60 |
| 15  | Conexiones domiciliarias con silleta de 4"x8"  | unidad         | 10,00    | Q 1 848,52  | Q 18 485,20  |
| 16  | Conexiones domiciliarias con silleta de 4"x10"   | unidad         | 14,00    | Q 1 889,87  | Q 26 458,18  |

Q 1 686 713,76

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.21. Cronograma de ejecución

Figura 5. Cronograma de ejecución del drenaje sanitario

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
 UBICACIÓN: COLONIA SAN RAFAEL LOS TANQUES ZONA 2 DE VILLA NUEVA

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| No    | UM   | CANT/COSTO     | MES 1        |            |             |             | MES 2        |              |              |              | MES 3       |             |             |             | MES 4       |
|-------|--|----------------|--------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|       |  |                | semana 1     | semana 2   | semana 3    | semana 4    | semana 1     | semana 2     | semana 3     | semana 4     | semana 1    | semana 2    | semana 3    | semana 4    | semana 1    |
| 1.00  | Replanteo Topográfico  | m <sup>2</sup> | 1 682,21     | 1 682,21   |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 5 618,17   | Q 5 618,17 |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
| 2.00  | Trazo y estaqueado   | m <sup>2</sup> | 1 682,21     |            | 1 682,21    |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 49 389,69  |            | Q 49 389,69 |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
| 3.00  | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)   | m <sup>2</sup> | 97,35        |            | 97,35       |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 8 824,68   |            | Q 8 824,68  |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
| 4.00  | Restricción del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)  | Ton-m          | 14,33        |            |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             | 14,33       |
|       |  |                | Q 68 780,88  |            |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             | Q 68 780,88 |
| 5.00  | Movimiento de material existente   | m <sup>3</sup> | 256,60       |            |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 29 691,49  |            |             |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
| 6.00  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuyo Ø 23x0.11x0.05m+ brocal, diámetro interno de 1.20m de Hprom = 1.25m | unidad         | 6,00         |            | 6,00        |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 43 910,78  |            | Q 43 910,78 |             |              |              |              |              |             |             |             |             |             |
| 7.00  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuyo Ø 23x0.11x0.05m+ brocal, diámetro interno de 1.20m de Hprom = 1.80m | unidad         | 14,00        |            |             | 5,00        | 5,00         | 4,00         |              |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 131 408,08 |            |             | Q 48 931,45 | Q 48 931,45  | Q 48 931,45  |              |              |             |             |             |             |             |
| 8.00  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuyo Ø 23x0.11x0.05m+ brocal, diámetro interno de 1.20m de Hprom = 2.20m | unidad         | 9,00         |            |             |             |              | 4,00         | 5,00         |              |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 59 965,97  |            |             |             |              | Q 44 429,32  | Q 55 536,65  |              |             |             |             |             |             |
| 9.00  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuyo Ø 23x0.11x0.05m+ brocal, diámetro interno de 1.20m de Hprom = 2.70m | unidad         | 2,00         |            |             |             |              |              |              | 2,00         |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 28 384,72  |            |             |             |              |              |              | Q 28 384,72  |             |             |             |             |             |
| 10.00 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuyo Ø 23x0.11x0.05m+ brocal, diámetro interno de 1.20m de Hprom = 3.37m | unidad         | 3,00         |            |             |             |              |              |              |              | 3,00        |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 45 370,92  |            |             |             |              |              |              |              | Q 45 370,92 |             |             |             |             |
| 11.00 | Tubería PVC corrugado Ø 6" Hpromedio= 1.98m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                    | m              | 1446,78      |            |             |             | 361,70       | 361,70       | 361,70       | 361,70       |             |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 667 136,44 |            |             |             | Q 166 783,61 | Q 166 783,61 | Q 166 783,61 | Q 166 783,61 |             |             |             |             |             |
| 12.00 | Tubería PVC corrugado Ø 6" Hpromedio= 2.58m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                    | m              | 106,68       |            |             |             |              |              |              |              | 106,68      |             |             |             |             |
|       |  |                | Q 70 746,98  |            |             |             |              |              |              |              | Q 70 746,98 |             |             |             |             |
| 13.00 | Tubería PVC corrugado Ø 10" Hpromedio= 2.98m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | m              | 90,93        |            |             |             |              |              |              |              |             | 90,93       |             |             |             |
|       |  |                | Q 88 566,73  |            |             |             |              |              |              |              |             | Q 88 566,73 |             |             |             |
| 14.00 | Conexiones domiciliareas con sileta de 4"x6"   | unidad         | 217,00       |            |             |             |              | 25,00        | 25,00        | 25,00        | 40,00       | 45,00       |             |             |             |
|       |  |                | Q 306 794,60 |            |             |             |              | Q 35 345,00  | Q 35 345,00  | Q 35 345,00  | Q 56 552,00 | Q 63 621,00 | Q 80 566,60 |             |             |
| 15.00 | Conexiones domiciliareas con sileta de 4"x8"   | unidad         | 10,00        |            |             |             |              |              |              |              |             |             | 5,00        | 5,00        |             |
|       |  |                | Q 18 485,20  |            |             |             |              |              |              |              |             |             | Q 9 242,60  | Q 9 242,60  |             |
| 16.00 | Conexiones domiciliareas con sileta de 4"x10"  | unidad         | 14,00        |            |             |             |              |              |              |              |             |             | 7,00        | 7,00        |             |
|       |  |                | Q 26 458,18  |            |             |             |              |              |              |              |             |             | Q 13 229,00 | Q 13 229,00 |             |

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.22. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los flujos de costos beneficios y en los que incurre un país al ejecutar o no un determinado proyecto.

### 2.1.22.1. Valor presente neto (VPN)

Valor presente neto simplemente significa traer del futuro cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se traslada cantidades del futuro al presente se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo VNP, se dice que se utiliza una tasa de



descuento; por ello, a los flujos de efectividad ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$VPN < 0$$

$$VPN = 0$$

$$VPN > 0$$

Cuando el  $VPN < 0$ , el resultado es un valor negativo muy grande y alejado de cero, nos está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable. Cuando el  $VPN = 0$ , está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando  $VPN > 0$ , está indicando que la opción es rentable, y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

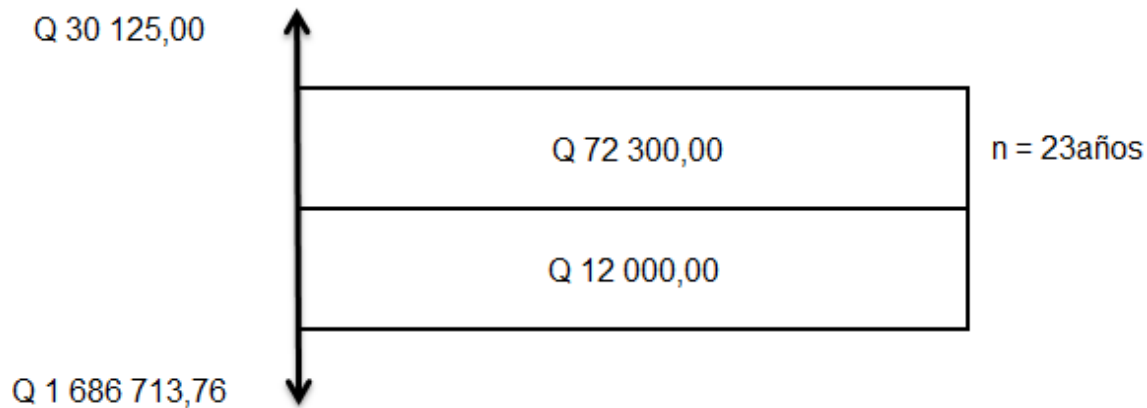
La municipalidad de Villa Nueva pretende invertir Q 1 686 713,76 en la ejecución del proyecto de drenaje sanitario para las colonias San Rafael los Tanques. El costo mensual de mantenimiento será de Q 1 000,00. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida es de Q 125,00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 25,00

Tabla XI. **Costos de operación del proyecto de drenaje sanitario**

| <b>GASTOS / INGRESOS</b> | <b>OPERACIÓN</b>        | <b>RESULTADO Q</b> |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Costo inicial            |                         | Q 1 686 713,76     |
| Ingreso inicial          | Q 125,00/viv*241viv     | Q 30 125,00        |
| Costo anuales            | Q 1000/mes*12meses      | Q 12 000,00        |
| Ingreso anual            | Q 25,00/viv*241*12meses | Q 72 300,00        |
| Vida útil en años        |                         | 23 años            |

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje sanitario.**



Fuente: elaboración propia.

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 12 %.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, entonces se tiene:

$$VNP = -1\,686\,713,76 + 30\,125,00 - 12\,000,00 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{23}} + 72\,300,00 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{23}}$$

$$VNP = -1\,652\,139,34$$

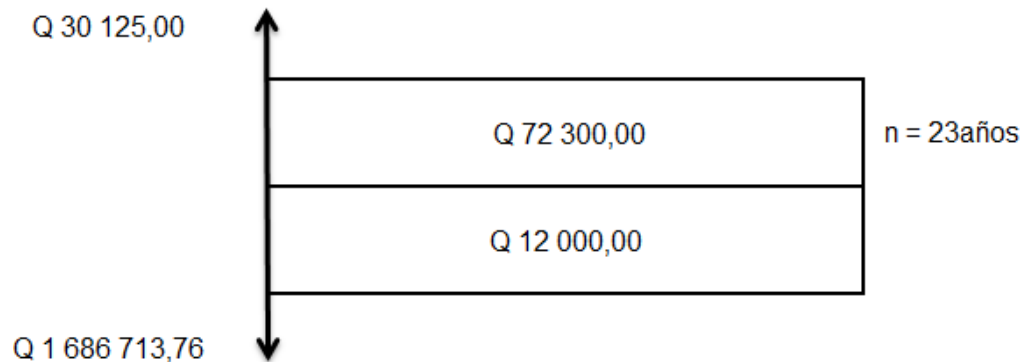
Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad alguna; puesto que el proyecto es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo de las colonias San Rafael los Tanques, Villa Nueva. Teniendo como beneficiarios los habitantes de dicha comunidad, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

### 2.1.22.2. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR mide la rentabilidad de un proyecto y si es igual o mayor que la TREMA, debe aceptarse, de lo contrario se rechaza, esto garantiza que el proyecto ganará más de su rendimiento esperado

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de drenaje para las colonias San Rafael los Tanques con un costo inicial de Q 1 651 457,23. Por otra parte, la alcaldía necesita de Q12 000,00, al final de cada año, como costo de mantenimiento y Q72 300,00 por la cuota de amortización; también se tendrá un ingreso inicial por derecho de cada conexión domiciliar, esto será de Q30 125,00 por total de 241 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 23 años, que corresponde a la vida útil del sistema.

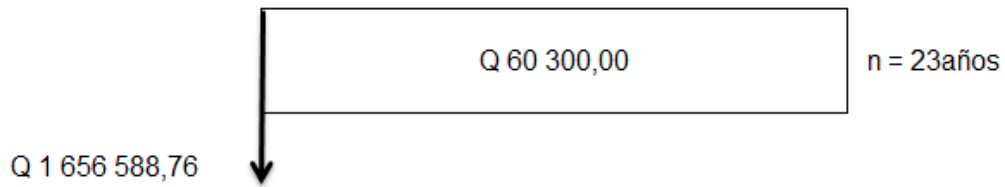
Figura 7. **Gráfica 1 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Puesto que los Q 72 300,00 y los Q 12 000,00, se encuentran enfrentados en el mismo período, como Q 1 651 457,23 y los Q 30 125,00 la gráfica podría simplificarse a:

Figura 8. **Gráfica 2 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la tasa de interna de retorno (TIR)

Se utiliza una tasa de interés de -13,50 %

$$VNP = -1\ 656\ 588,76 + 60\ 300,00 * \frac{1}{(1 + (-0,135))^{23}} = 37\ 541,66$$

Se utilizará una tasa de interés de -13 %

$$VNP = -1\ 621\ 332,23 + 60\ 300,00 * \frac{1}{(1 + (-0,13))^{23}} = -172\ 791,71$$

Se utiliza la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca:

$$\begin{array}{r} -13,05\ \% \text{ --- } 37\ 541,66 \\ i\ \% \text{ --- } VNP = 0 \\ -13,00\ \% \text{ --- } (-172\ 791,71) \end{array}$$

Se utiliza la proporción entre las diferencias que se correspondan.

$$\frac{-13,50 - i}{-13,50 - (-13)} = \frac{37\,541,66 - 0}{37\,541,66 - (-172\,791,71)}$$

$$i = -13,41 \%$$

La tasa de interés es de -13,41 %, la TIR es negativa y como ya se mencionó, antes el proyecto, es de carácter social. Es decir, es un proyecto del sector público que tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía, buscando el bienestar público y no a las ganancias.

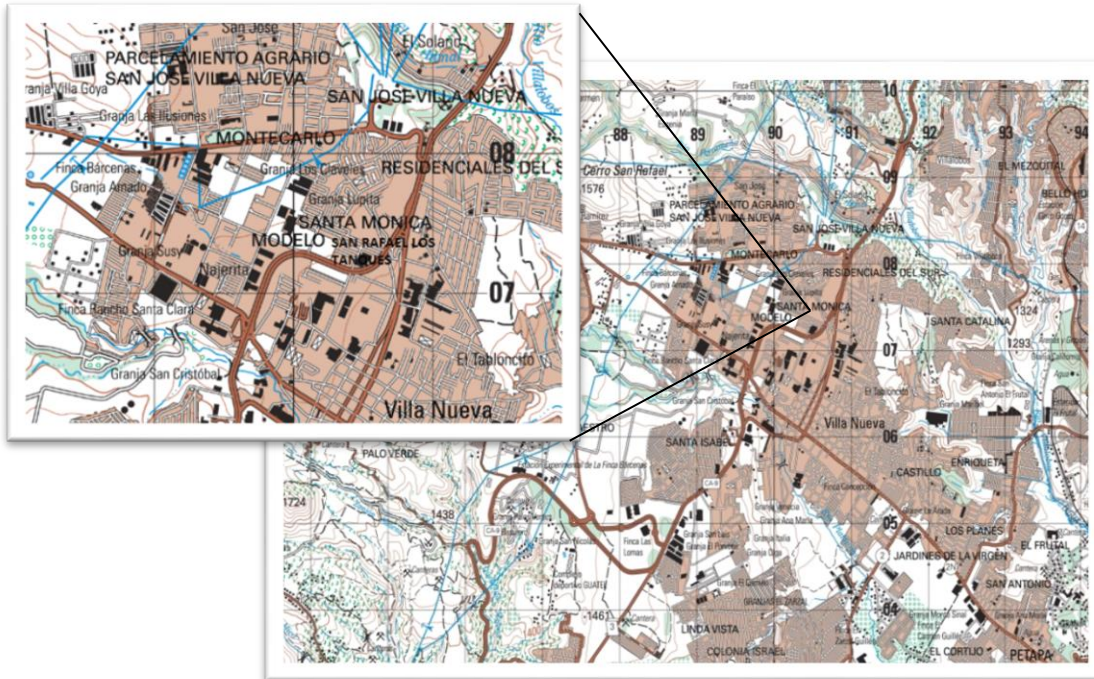
## **2.2. Diseño de drenaje pluvial**

Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales, que ocurren sobre las calles y avenidas, facilita la evacuación de agua de lluvia para proporcionar calles libres de contaminación.

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

El proyecto de drenaje pluvial de las colonias San Rafael los Tanques, del municipio de Villa Nueva, tiene una capacidad de servicio total de 2 500 habitantes, población que se espera atender en 25 años, su objetivo es recolectar el agua de lluvia y trasladarla a un punto de descarga en donde no dañe la urbanización para el cual se diseñó. El sistema tendrá una longitud de 1 711,61 metros dividida en varios tramos con un punto de descarga en el cual se conectará en un punto del drenaje principal que pasa allí mismo (ver anexo). Se utilizará tubería PVC norma ASTM F949 con diámetro de 10, 18 pulgadas, norma AASTHO M 304 de 24 y 30 pulgadas, pozos de visitas y tragantes.

Figura 9. **Ubicación de la colonia San Rafael los Tanques**



Fuente elaboración propia, mapa escala 1:50 000 IGN.

### 2.2.2. Levantamiento topográfico

Es el proceso de trabajo que se realiza previo a un estudio de proyecto de preinversión de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico.

El levantamiento topográfico se realizó para todas las líneas de conducción, con estación total donde paralelamente se llevó a cabo un censo poblacional para establecer los parámetros básicos del diseño del sistema. En la libreta topográfica se anotaron todos los datos como: calles, casas, poste de alumbrado público, cajas registradoras de teléfono etc. Se puede consultar en la municipalidad de Villa Nueva en la Unidad de Planificación e Infraestructura.

### **2.2.2.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de coordenadas X y Y, que proporciona la estación total en sus datos almacenados, se realizó por método de radiaciones. Se utilizó el siguiente equipo: estación total, prismas, brújula, plomada, estacas, clavos y pintura.

### **2.2.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de planimetría. Se partió de una referencia (BM), ubicada en la E-0 con cota 500 m. Se usó el método taquimétrico. La cota topográfica de una estación a otra da la referencia coordenadas Z en la estación total.

### **2.2.3. Diseño del sistema**

En el diseño de un sistema de drenaje de agua pluvial, el principal objetivo que se persigue es la determinación, lo más exacta posible, de los caudales máximos que provocarán las lluvias y que el sistema deberá desalojar con eficiencia del área drenada.

Estos caudales dependen de varios factores, tanto físicos, geográficos, meteorológicos, etc. En la práctica presentan gran dificultad para su evaluación debido a su variabilidad.

Los métodos de cálculo de caudales de escorrentía todavía son imprecisos, debido a la falta de información hidrológica que permita correlacionar las diferentes variables, la escorrentía, la topografía, la

permeabilidad del suelo, etc. El período de diseño es de 20 a 30 años, para este proyecto se tomó 25 años, de acuerdo a la experiencia de algunos profesionales.

### **2.2.3.1. Descripción del sistema a utilizar**

Cuando las pendientes son pronunciadas, las aguas de lluvia que corren a través de las calles, adquieren grandes velocidades y por lo tanto fuerzas de erosión, lo que combinado a la suavidad de la capa superficial del suelo, provoca el deterioro de las calles.

Estas aguas al llegar a lugares planos provocan la acumulación, produciendo inundaciones y estancamientos, los que a su vez obstruyen el paso de peatones y vehículos. Estos problemas, son los que se tienen que solucionar, contando para ello con dos alternativas:

- La evacuación del agua pluvial por medio de un sistema superficial (cunetas).
- Uso de alcantarillado.

A continuación los aspectos más importantes de cada uno de los anteriores.

- Sistema superficial: el sistema superficial tiene la ventaja de un menor costo y mantenimiento fácil, puesto que cada vecino podría limpiar la parte que le corresponde. La desventaja consiste en la dificultad y riesgo de accidente que causa a los vecinos al cruzar la cuneta y la destrucción de banquetas y paredes al no haber mantenimiento, además se pueden obtener anchos de cunetas muy grandes, ya que el área está dentro de las zonas con alto grado de precipitación y esto obstaculizaría el paso de las personas como el de vehículos.



- Alcantarillado: esta alternativa ofrece el problema de un costo elevado, pero se optó por diseñar este sistema, sabiendo que la municipalidad está pavimentando las pocas calles que no cuentan con algún revestimiento y que es necesario proteger esas y las que ya están revestidas. Además, este sistema conduce las aguas pluviales hasta los puntos de desfogue dentro de tubería, en donde el agua no erosiona las calles ni obstruye el paso de los peatones ni el de los vehículos.

### **2.2.3.2. Probabilidad de ocurrencia**

El sistema de alcantarillado fue diseñado para que tenga un funcionamiento adecuado durante un período de 23 años. Debido a que la construcción empezará dentro de dos años, para los cálculos se utilizaron 25 años, es decir para una probabilidad de ocurrencia de 25 años.

### **2.2.3.3. Tiempo de concentración**

Es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección en estudio. El tiempo de concentración en minutos se calculará de la siguiente manera:

Para tramos iniciales, el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos, debido a que no hay flujo en movimiento.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará con la siguiente fórmula:

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

Donde

$t_n$  = tiempo de concentración hasta el tramo considerado (min)

$t_{n-1}$  = tiempo de concentración del tramo anterior (m)

L = longitud del tramo anterior (m)

$V_{n-1}$  = velocidad a sección llena en el tramo anterior (m/s)

Datos:

Cálculo del tiempo de concentración

Velocidad anterior = 3,33m/s

Longitud = 65,83metros

Tiempo anterior = 13,05 minutos

$$t_n = 13,05 + \frac{65,83}{60 * 3,33} = 13,38min$$

#### **2.2.3.4. Características del subsuelo**

El subsuelo de las colonias San Rafael los Tanques es de un material común, constituido por limo arcilloso-arenoso color café, no es roca y puede excavar a mano por medios mecanizados.

#### **2.2.3.5. Determinación del coeficiente de escorrentía**

Debido a que cuando llueve, un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas verdes, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida.

El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté analizando. Mientras más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del

coeficiente de escorrentía, la siguiente tabla se muestran algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada:

Tabla XII. **Valores para coeficiente de escorrentía**

| SUPERFICIE   | C           | ADOPTADA |
|--|-------------|----------|
| Techos   | 0,70 a 0,95 | 0,80     |
| Pavimento de concreto y asfalto                              | 0,85 a 0,90 | 0,85     |
| Pavimento de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones | 0,75 a 0,85 | 0,80     |
| Pavimento de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones  | 0,60 a 0,70 |          |
| Calles macadamizadas   | 0,25 a 0,60 |          |
| Calles y banquetas de arena                                  | 0,15 a 0,30 |          |
| Calles sin pavimentos, lotes desocupados, etc.               | 0,10 a 0,30 |          |
| Parques, canchas jardines, prados, etc.                      | 0,05 a 0,25 |          |
| Bosques y tierra cultivada                                   | 0,01 a 0,20 | 0,15     |

Fuente: Dirección General de Obras Públicas, *Departamento de Acueducto y Alcantarillados*. p. 42.

El cálculo del coeficiente de escorrentía promedio se realizará de la siguiente manera:

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

Donde:

C = coeficiente de escorrentia promedio

a = área principales (en hectáreas)

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

|                           |      |
|---------------------------|------|
| Área de techo:            | 4,52 |
| Área de pavimento:        | 0,19 |
| Área de calle adoquinada: | 1,02 |
| Área verde:               | 0,27 |

$$C = \frac{4,52 * 0,80 + 0,19 * 0,85 + 1,02 * 0,80 + 0,27 * 0,15}{6,00}$$

$$C = 0,77$$

### **2.2.3.6. Determinación del lugar de descarga**

La descarga del sistema será en dos puntos, los caudales se conectarán a un colector principal que pasa cerca de las colonias, que está debajo de la carretera CA-9.

### **2.2.3.7. Determinación de áreas tributarias**

El factor de área, determina que el área que se va a drenar; generalmente esta se calculó como área tributaria y se expresa en hectáreas

El área por drenar se determina haciendo la sumatoria del área de las calles, área de techos y el área de los lotes que contribuyen al ramal en estudio.

### **2.2.3.8. Intensidad de lluvia**

Es el espesor de lámina de agua por unidad de tiempo, producida por esta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde se precipitó.

La intensidad de lluvia, se determinó de acuerdo con curvas de intensidad de lluvia calculadas por el INSIVUMEH, con base en estaciones pluviométricas ubicadas en las cercanías de las colonias, tomando la estación de INSIVUMEH, debido a que es la más cerca del lugar. Tomando estos parámetros de la tabla

núm. 2 del Informe de Intensidad de Lluvia para Guatemala. La probabilidad de ocurrencia, se tomará de 25 años, dada por la fórmula siguiente:

Tabla XIII. **Parámetros para la intensidad de lluvia para T = 25 años**

|   |       |
|---|-------|
| A | 820   |
| B | 2     |
| N | 0,656 |

Fuente: Colegio de Ingenieros, *Informe intensidad de lluvia Guatemala*. p. 5.

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

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = constante propia de la localidad

B = constante propia de la localidad

n = constante propia de la localidad

t = tiempo de concentración (min)

t = tiempo anterior =13,38min

$$i = \frac{820}{(2 + 13,38)^{0,656}} = 136,51 \text{ mm/h}$$

### 2.2.3.9. Caudal pluvial

Para la determinación del caudal pluvial se utilizará el método racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía.

Durante una precipitación máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado. Este método está representado por la siguiente fórmula:

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

Donde

Q = caudal pluvial (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área (hectáreas)

$$Q = \frac{0,77 * 136,51 * 1.2}{360} * 1\,000 = 370,81 \text{lt/s}$$

#### 2.2.3.10. Pendiente de tubería

Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal, diseñada para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente haciendo uso de la fuerza de gravedad. Existe una pendiente mínima en el sistema que permite que el agua conducida se desplace libremente. Esta pendiente es del 0,10 % según algunos fabricantes y la máxima es la que alcance la velocidad máxima admisible para la tubería que se utiliza.

Se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{(CT_i - CT_f)}{DHD} * 100\%$$

Donde:

S = pendiente de tubería (%)

CT<sub>i</sub> = cota terreno inicial (m)

$CT_f$  = cota terreno final (m)

DHD = distancia horizontal de diseño

Datos:

$CT_i$  = 506,09 m

$CT_f$  = 504,22 m

DHD = 38,90 m

$$S = \frac{(506,09 - 504,22)}{38,90} * 100\% = 4,81\%$$

#### **2.2.3.11. Diámetro de tubería**

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados pluviales es de 10 pulgadas de PVC y 12 pulgadas de concreto, como lo indica el INFOM, para este proyecto se utilizará tubería PVC AMANCO Norma ASTM F949, con diámetros de 18, norma AASTHO M304 con diámetro de 24 y 30 pulgadas y para los tragantes se usaron 10 pulgadas. Ver tabla Ancho libre de zanjas en ANEXO

#### **2.2.3.12. Velocidades y caudales a sección llena**

Con la velocidad máxima se asegura que el agua no provoque desgaste en la tubería y con la velocidad mínima se evita la acumulación de sólidos que puedan causar obstrucciones en la tubería.

- La velocidad mínima con el caudal de diseño es de 0,60m/s
- La velocidad máxima con el caudal de diseño es de 5,00m/s

Para determinar la velocidad a sección llena del tubo, actualmente se utiliza la fórmula de Manning y está dada por:

$$V = \frac{0,03429 * \emptyset^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Donde

V = velocidad de diseño (m/s)

$\emptyset$  = diámetro de tubería (pulgadas)

S = pendiente de la tubería (%)

n = coeficiente de rugosidad Manning

n= 0,010 para tubería PVC

Datos:

$\emptyset$  = 18 pulgadas

S = 1,50 %

$$V = \frac{0,03429 * (18'')^{\frac{2}{3}} * (1,50\%)^{1/2}}{0,010} = 2,88m/s$$

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

$$Q = V * A$$

Donde

Q = caudal a sección llena (m<sup>3</sup>/s)

V = velocidad a sección llena (m/s)

$\emptyset$  = diámetro de tubería (pulg)

Datos:

V = 2,88m/s

$\emptyset$  = 18 pulgadas

$$Q = 2,88 * \left(\frac{\pi}{4}\right) * (18 * 0,0254)^2 * 100 = 472,82lt/s$$



### **2.2.3.13. Revisión de relaciones**

Mediante la revisión de las relaciones hidráulicas se comprueba si el diseño hidráulico del sistema está trabajando bien, bajo condiciones dadas. Las relaciones hidráulicas  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo que se desea calcular y  $V$  es la velocidad a sección llena,  $v$  por norma debe ser mayor de 0,60 metros por segundo, para que no exista sedimentación y menor o igual que 5,00 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste.

El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena, la relación del tirante a sección parcial ( $d$ ) con el tirante a sección llena ( $D$ ),  $d/D$  debe ser menor o igual a 0,90 y mayor que 0,10.

### **2.2.3.14. Cotas invert**

La cota Invert es la altura a la que se encuentra la tubería, medida hasta la parte inferior e interior de la misma. Se calcula mediante la resta de la profundidad inicial de la tubería con la cota del terreno inicial.

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando estas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está 3 centímetros debajo de la de entrada, si la tubería que sale

es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

Tabla XIV. **Cotas Invertí mínimas para tubería**

| TIPO DE TRAFICO | DIÁMETRO (") |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | pul |
|-----------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 8            | 10  | 12  | 16  | 18  | 21  | 24  | 30  | 36  | 42  | 46  | 60  |     |
| Normal          | 122          | 128 | 133 | 141 | 150 | 158 | 166 | 184 | 199 | 214 | 225 | 255 | cm  |
| Pesado          | 142          | 148 | 151 | 153 | 170 | 178 | 186 | 204 | 219 | 234 | 245 | 275 | cm  |

Nota: La dimensión de las profundidades está dada en cm.

Fuente: Instituto de Fomento Municipal 2001, *Norma Generales para el Diseño de Alcantarillados*. P. 41.

### 2.2.3.15. Obras de captación

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial.

#### 2.2.3.15.1. Tragantes

Son estructuras de concreto o de mampostería que se encuentran situados en las calles, en puntos estratégicos, con el propósito de captar el agua de lluvia y conducirlos a las alcantarillas.

El escurrimiento superficial entra por las cunetas de las calles a través de los tragantes o colocación de calle hacia los drenajes. El tamaño, número y colocación de las entradas de calle gobiernan el grado de libertad contra inundaciones en las vías de tráfico y cruces de peatones.

Para permitir la inspección y la limpieza, es preferible descargar los tragantes directamente a los pozos de visita. Generalmente, sus paredes son de ladrillo con concreto armado.

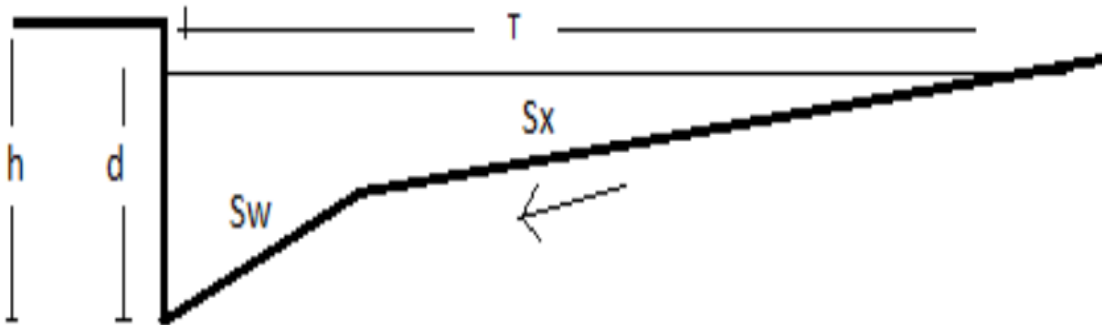
Los tragantes deben atender con las recomendaciones siguientes para ser funcionales:

- Se deben colocar de tres a cinco metros del final de cada cuadra en dirección de la pendiente.
- Se pueden colocar en puntos intermedios de las cuerdas, cuando se compruebe que el tirante de agua en la cuneta alcanza 0,10 metros.
- Se colocarán únicamente en calles con pavimento y con bordillo en las calles que se pavimentarán y cuando haya información de la rasante.
- Al ser colocados deben conectarse al pozo de visita más cercano. El tubo de conexión entre el pozo de visita y el tragante será de 8 pulgadas como mínimo, con una pendiente del 2 %.

Geometría del tragante:

Para determinar las características geométricas de un tragante, se deben calcular varios factores, como: el espejo de agua, el tirante de agua, el tirante máximo, el radio de flujo, la longitud efectiva, longitud propuesta y la eficiencia de captación.

Figura 10. Características geométricas del tragante



Fuente: elaboración propia, empleando paint versión 6,3.

- Espejo de agua (T):

Es el ancho de la superficie libre de agua y está en función de las características geométricas de la superficie.

Para el cálculo del espejo de agua se utiliza la siguiente fórmula.

$$T = [(Q_n)/K_u S_x^{167} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

Donde

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

Ku = 0,376 constante (Sistema internacional)

Sx = pendiente transversal de calle

SL = pendiente longitudinal de calle

N = coeficiente de rugosidad de la superficie

- Tirante parcial (d):

Es la altura parcial de un flujo en un determinado evento tal como se muestra en la figura y esta en función del espejo de agua y la pendiente transversal.

Para el cálculo del tirante de agua se utiliza la siguiente fórmula.

$$d = T * Sx + a$$

Donde

d = tirante de flujo en metros

T = espejo de agua en metros

Sx = pendiente transversal

a = altura del canal de depresión

- Tirante de agua máximo:

Es la altura máxima a la que el flujo se puede llegar en un determinado evento y está en función de la sección de la superficie y la pendiente transversal.

Para el cálculo del tirante máximo de agua se utiliza la siguiente fórmula:

$$d_{max} = \frac{\text{ancho de calle}}{2} * Sx + a$$

Donde

dmax = tirante máximo (m)

Sx = pendiente transversal de calle

a = altura del canal de depresión

- Radio de flujo:

Es la relación del flujo frontal al flujo total dentro del canal y la pendiente transversal. Este factor es adimensional y se utiliza para la pendiente equivalente (Se).

Para el cálculo del radio se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_o = 1 / \left\{ 1 + \frac{S_w / S_x}{\left[ 1 + \frac{S_w / S_x}{\frac{T}{W} - 1} \right]^{2.67}} \right\}$$

Donde

$E_o$  = radio de flujo

$W$  = ancho de inclinación o depresión entre 0,30 - 0,60 metros

$T$  = espejo de agua en metros

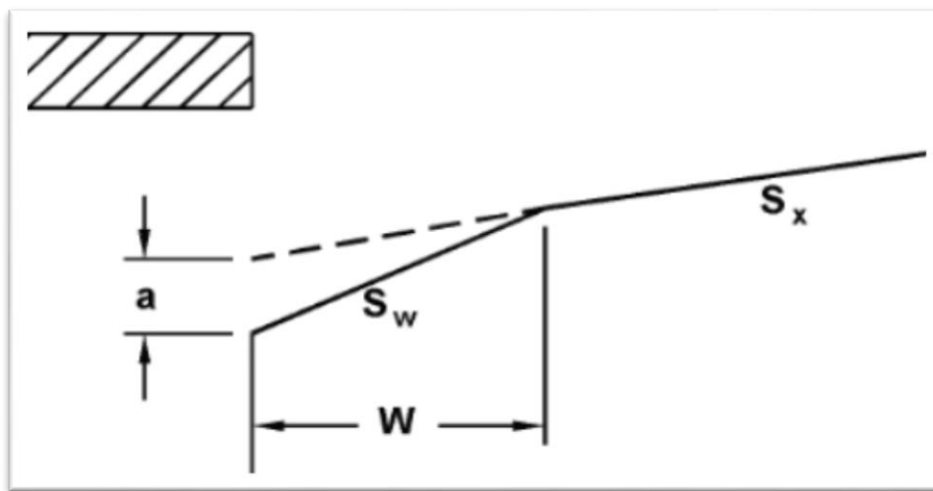
$S_w$  = pendiente dentro del tragante

$S_x$  = pendiente transversal

- Pendiente de inclinación:

Es la pendiente que da la dirección al flujo hacia el tragante y está en función del ancho de inclinación ( $w$ ) y la altura del canal de depresión ( $a$ ).

Figura 11. Perfil tragante



Fuente: elaboración propia, empleando paint versión 6,3.

$$S_w = \frac{a}{w}$$

Donde

$S_w$  = pendiente dentro del tragante

$a$  = canal de depresión puede ser entre 0,05 a 0,12 m

$w$  = ancho de cuneta puede ser entre 0,30 a 0,60 m

- Pendiente equivalente:

Es la relación entre la pendiente transversal y la pendiente de inclinación con el radio de flujo.

$$S_e = S_x + S_w * E_o$$

Donde

$S_e$  = pendiente equivalente

$E_o$  = radio de flujo

$S_w$  = pendiente dentro del tragante

$S_x$  = pendiente transversal

- Longitud efectiva:

Es la longitud que debe de tener el tragante para captar el 100 % del flujo superficial y está en función del caudal, la pendiente longitudinal, la pendiente equivalente y un factor  $k_T$

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

Donde

$L_T$  = longitud efectiva para captar el 100 % del flujo

$K_T = 0,817$

$Q$  = caudal en metros cúbicos por segundo

$S_L$  = pendiente longitudinal

$S_e$  = pendiente equivalente

- Eficiencia:

Determina la cantidad de flujo que es captado por el tragante y está en función de la longitud efectiva y la longitud propuesta. El porcentaje de captación puede estar entre 75 – 100 %, ya que está en función de las dimensiones del tragante y estas pueden variar según el diseñador.

$$E\% = 1 - \left[ 1 - \left( \frac{L}{L_T} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

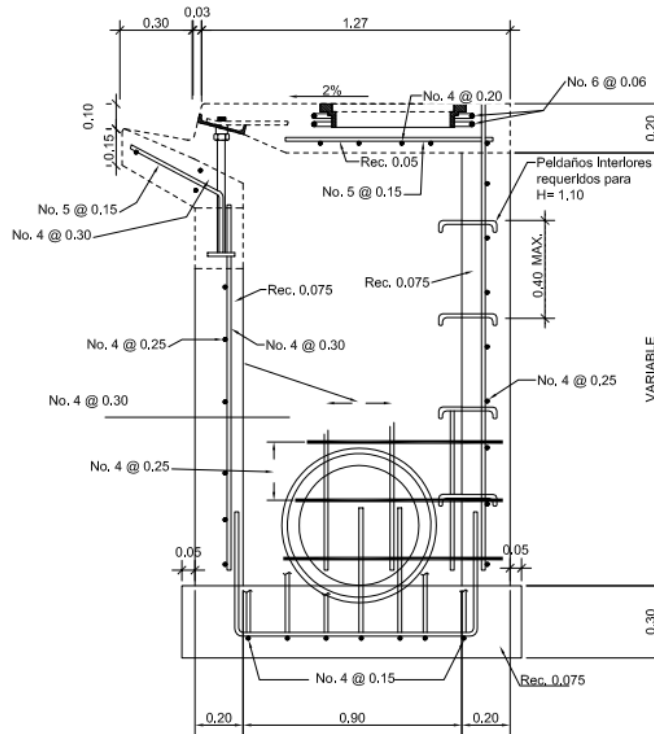
Donde

$L$  = Longitud del tragante propuesta por el diseñador en metros

$L_T$  = longitud efectiva en metros



Figura 12. Detalle de Tragante



Fuente: criterio de la Municipalidad de Villa Nueva, empleando Autocad 2014.

### 2.2.3.16. Ejemplo de diseño de un tramo

En este ejemplo se describe una pequeña parte de los cálculos para el drenaje pluvial.

Diseño del tramo 11, PV-16 al PV-23

Calculo de pendiente del terreno

$$S = \frac{(CT_i - CT_f)}{DHD} * 100$$

$$S = \frac{(506,09 - 504,22)}{38,90} * 100 = 4,81 \%$$

C = 0,77

Cálculo del tiempo de concentración

Velocidad anterior = 3,33m/s

Longitud = 65,83 metros

Tiempo anterior = 13,05 minutos

Área acumulada = 1,21

Área calculada = 0,056 = 0,06

Área de diseño = 1,21 + 0,06 = 1,27

$$t = t_{n-1} + \frac{L}{60 * v_{n-1}}$$
$$t = 13,05 + \frac{65,83}{60 * 3,33} = 13,38 \text{ minutos}$$

Cálculo de la Intensidad de lluvia

$$i = \frac{A}{(B + t)^n}$$
$$i = \frac{820}{(2 + 13,56)^{0,656}} = 136,51 \text{ mm/h}$$

Cálculo del caudal de diseño

$$Q_{dis} = \frac{CIA}{360}$$
$$Q_{dis} = \frac{0,77 * 136,51 * 1,27}{360} * 1000 = 370,81 \text{ lt/s}$$

Velocidad y caudal a sección llena

Diámetro = 18 pulgadas

Coeficiente de Manning = 0,010 para PVC

Pendiente de tubería = 1,50 %

Ecuación de Manning

$$V = \frac{0,03429 * \phi^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * 18^{\frac{2}{3}} * 0,015^{1/2}}{0,010} = 2,88m/s$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 2,88 * \left(\frac{\pi}{4}\right) * (18 * 0,0254)^2 * 1\,000 = 472,81lt/s$$

### Relaciones hidráulicas

Teniendo en cuenta el valor del caudal de diseño y el valor del caudal a sección llena se hace la relación de caudales  $q/Q$  y se busca en la tabla de relaciones hidráulicas  $q/Q = 370,81/472,81 = 0,784269$ , donde  $0,784269 < 1,00$ , si cumple, se procede a buscar el valor de  $v/V = 1,106523$ , donde  $v = 1,106523 * 2,88 = 3,19m/s$  y  $v$  es menor que  $5m/s$ , si cumple, el valor es aceptable y se busca el valor de  $d/D = 0,666000$ , está dentro del rango  $0,10 < 0,666000 < 0,85$ .

### Cotas invert

$$CIS_{PV16} = \text{cota invert de entrada} - 0,03m$$

$$CIS_{PV16} = 502,77m - 0,03m = 502,74m$$

$$CIE_{PV23} = \text{cota invert salida } PV_{16} - (DHD * S_{Tub\%})$$

$$CIE_{PV23} = 502,74 - 38,78 * 1,50\% = 502,16m$$

### Profundidad de pozo

$$CT_{PV16} = 505,27m$$

$$CT_{PV23} = 504,22m$$

### PV-16:

$$H_{PV16} = CT_{PV16} - CIS_{PV16}$$

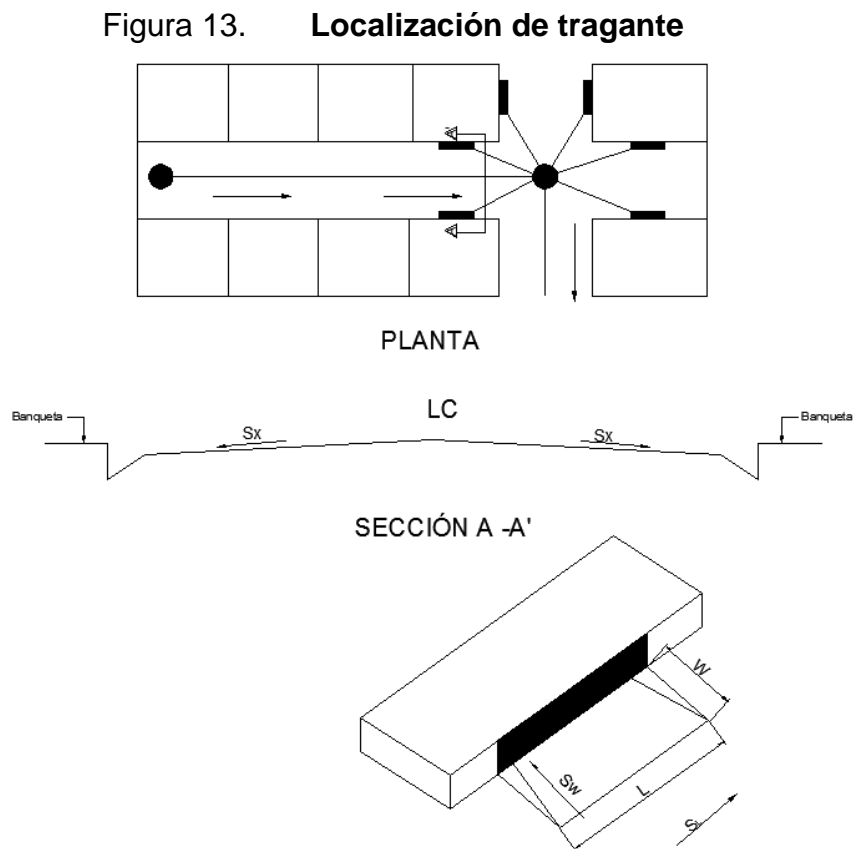
$$H_{PV16} = 505,27m - 502,74m = 2,53m$$

PV-23:

$$H_{PV23} = CT_{PV23} - CIS_{PV23}$$

$$H_{PV23} = 504,22\text{m} - 501,86\text{m} = 2,36\text{m}$$

- Cálculo de tragante 44



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2014.

Pendiente longitudinal ( $S_L$ ) = 17 %

Pendiente transversal calle ( $S_x$ ) = 3 %

Caudal (método racional) =  $0,016 \text{ m}^3/\text{s}$

Ancho de calle = 8,02 m

Coefficiente de rugosidad = 0,02

$K_u = 0,376$  constante SI

- Espejo de agua T:

$$T = [(Q_n)/K_u S_x^{1,67} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

$$T = \left[ \frac{0,016 * 0,015}{0,376 * 0,03^{1,67} * 0,17^{0,5}} \right]^{0,375} = 0,79m$$

El espejo de agua cumple ya que tiene que ser menor a la mitad de la calle  $0,79 < 2m$ .

- Tirante de agua máxima

$$d = \frac{\text{ancho calle}}{2} * Sx + a$$

$$d = \frac{4,02}{2} * 0,03 + 0,12 = 0,18m$$

- Tirante de agua parcial

$$d = T * Sx + 0,12$$

$$d = 0,79 * 0,03 + 0,12 = 0,14m$$

El tirante parcial debe ser menor que el tirante máximo, en este caso cumple,  $0,14m < 0,18m$ .

- Radio de flujo

$$W = 0,30m$$

$$T = 0,79m$$

$$a = 0,12m$$

$$Sw = \frac{a}{w}$$

$$S_w = \frac{0,12}{0,30} = 0,40m$$

$$E_o = \frac{1}{1 + \frac{0,40/0,03}{\left[1 + \frac{0,4/0,03}{\frac{1,00}{0,30} - 1}\right]^{2,67}} - 1}} = 0,97$$

- Pendiente equivalente

$$S_e = S_x + S_w * E_o$$

$$S_e = 0,03 + 0,40 * 0,97 = 0,42$$

- Longitud efectiva

$K_T = 8,17$  constante

$Q = 0,016m^3/s$

$S_L = 17 \%$

$S_e = 0,40 \%$

$n = 0,020$  coeficiente de maning

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

$$L_T = 0,817 * 0,016^{0,42} * 0,17^{0,3} * \left(\frac{1}{0,42 * 0,015}\right)^{0,60} = 1,77m$$

- Eficiencia

$$E\% = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T}\right)\right]^{1.8} \times 100$$

$$E = 1 - \left[1 - \left(\frac{1.50}{1.77}\right)\right]^{1.80} * 100\% = 97\%$$

La eficiencia del tragante núm. 44 es de 97 %, por lo tanto cumple con el reglamento, ya que la eficiencia debe ser mayor que 75 %, según la *Federal Highway Administration. Urban Drainage Design Manual*. Para que el tragante capte el 100 % del caudal se recomienda una longitud de 2,00 metros para evitar problemas en el futuro.

#### **2.2.3.17. Profundidad de pozos de visita**

Los pozos de visita sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material siempre que sea impermeable y duradero, dentro del período de diseño.

Los pozos de visita varían en cuanto a su diámetro y altura, esto se debe a varios factores entre los cuales están:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Caudal de diseño
- Ubicación del pozo
- Tubos que contribuyen al pozo
- Cotas de entrada al desfogue o descarga

Generalmente, la altura mínima de un pozo de visita es de 1,40 metros y la altura máxima depende del criterio del diseñador tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente. Lógicamente entre más profundidad tenga un pozo de visita, implica mayor trabajo y un costo mayor.

#### **2.2.4. Ubicación de los desfogues**

Los puntos de descarga del drenaje pluvial provenientes del casco urbano estarán localizados después de los pozos de visita núm. 37 y 20, en los puntos más bajos del casco urbano y se realizarán los desfogues en el recolector principal que pasa cerca de las colonias.

#### **2.2.5. Elaboración de planos finales**

Los planos están detallados en la parte de los anexos, los cuales contienen la topografía, detalles de planta perfil y detalles típicos de pozos y acometidas.

#### **2.2.6. Presupuesto del drenaje pluvial**

El presupuesto está integrado por costos directos e indirectos, a continuación se da un resumen del presupuesto. La cuantificación de materiales y mano de obra, para los trabajos de drenajes sanitarios se realizó con base en lo siguiente:

- La cantidad de arena de río y pedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico



- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por unidad de varilla.
- La totalidad de materiales será local y será proporcionada por la municipalidad.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los que se manejan en la comunidad, los precios de los materiales se tomaron con base en los que se manejan en el municipio.

Tabla XV. **Factor de prestaciones**

| <b>1</b>   | <b>DÍAS NO TRABAJADOS</b>   |              |             |
|------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| <b>1.1</b> | <b>ASUETOS NO LABORALES</b> |              |             |
|            | 1 De enero                  | 1            | Día         |
|            | Jueves santo                | 1            | Día         |
|            | Viernes santo               | 1            | Día         |
|            | Sábado santo                | 0,5          | Día         |
|            | 1 de Mayo                   | 1            | Día         |
|            | 30 De Junio                 | 1            | Día         |
|            | 15 De Septiembre            | 1            | Día         |
|            | 20 De Octubre               | 1            | Día         |
|            | 1 De Noviembre              | 1            | Día         |
|            | 24 De Diciembre (1/2 día)   | 0,5          | Día         |
|            | 25 De Diciembre             | 1            | Día         |
|            | 31 De Diciembre (1/2 día)   | 0,5          | Día         |
| 1.2        | Festividad del lugar        | 1            | Día         |
| 1.3        | Domingos                    | 52           | Días        |
| 1.4        | Sábados                     | 26           | Días        |
| 1.5        | Vacaciones                  | 15           | Días        |
|            | <b>TOTAL</b>                | <b>104,5</b> | <b>Días</b> |

Continuación de tabla XV

| <b>2</b> | <b>TOTAL DE DIAS TRABAJADOS</b> |                 |                |
|----------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| 2.1      | DÍAS NO LABORALES               | 104,5           | Días           |
| 2.2      | DÍAS EFECTIVOS                  | 260,5           | Días           |
|          | AÑO                             | 365             | Días           |
| <b>3</b> | <b>PORCENTAJES</b>              |                 |                |
| 3.1      | Días no laborales               | $104.5/260,5 =$ | 40,12 %        |
| 3.2      | Indemnización                   | $30/260,5 =$    | 11,52 %        |
| 3.3      | Aguinaldo                       | $30/260,5 =$    | 11,52 %        |
| 3.4      | Bono 14                         | $30/260,5 =$    | 11,52 %        |
| 3.5      | IGSS                            |                 | 10,67 %        |
| 3.5      | INTECAP (opcional)              |                 | 1,00 %         |
| 3.6      | IRTRA (opcional)                |                 | 1,00 %         |
|          |                                 | <b>TOTAL</b>    | <b>87,33 %</b> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Precios Unitarios

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS  |                 |                |                      |                     |
|---|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| Diseño de Drenaje Pluvial   | Renglón:        | 7,00           |                      |                     |
| Colonia San Rafael Los Tanques  | Fecha:          | oct-16         |                      |                     |
| <b>Descripción del Renglón</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>P.U.</b>          | <b>Total</b>        |
| <b>Tubería PVC Ø10" Tubo PVC Pefilada Hpmedio= 1,20 m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)</b> | 338,18          | ml             | Q 541,68             | <b>Q 183 185,34</b> |
| <b>Nota:</b>  |                 |                |                      |                     |
| <b>Descripción de Maquinaria y Equipo</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b>    |
| Transporte de maquinaria y/o equipo   | 1.00            |                | Q -                  | Q -                 |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>          |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>          |
| <b>Descripción de Combustible y Lubricantes</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b>    |
|   |                 |                | Q -                  | Q -                 |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>          |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>          |
| <b>Descripción de Materiales</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b>    |
| Tubo Ø 10" corrugado con empaque, norma F949  | 1,00            | m              | Q 305,17             | Q 305,17            |
| selecto   | 0,10            | m <sup>3</sup> | Q 60,00              | Q 6,00              |
|   |                 |                | Q -                  | Q -                 |
| Transporte de material  | 1.00            |                | Q 15,56              | Q 15,56             |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 326,73</b>     |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 291,72</b>     |
| <b>Descripción de Mano de Obra directa</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b>    |
| Trazo de niveles  | 1,00            | ml             | Q 0,50               | Q 0,50              |
| Colocación de niveles   | 1,00            | ml             | Q 0,63               | Q 0,63              |
| Excavacion manual para terreno Blando   | 0,72            | m <sup>3</sup> | Q 29,02              | Q 20,89             |
| Conformar fondo de zanja  | 0,60            | m <sup>2</sup> | Q 2,50               | Q 1,50              |
| Instalación de Tubería + emplentillado  | 1,00            | ml             | Q 2,30               | Q 2,30              |
| Colocación del material de relleno en capas   | 0,55            | m <sup>3</sup> | Q 8,26               | Q 4,54              |
| Compactación con plato vibratorio   | 0,55            | m <sup>3</sup> | Q 9,25               | Q 5,30              |
| Retiro ( a 50 metros de distancia)  | 0,05            | m <sup>3</sup> | Q 43,38              | Q 2,20              |
| Herramientas  | 1.00            | Global         | Q 1,89               | Q 1,89              |
|   |                 |                | <b>Sub-total</b>     | <b>Q 39,75</b>      |
| <b>Mano de obra Indirecta</b>   |                 |                |                      |                     |
| Factor de ayudante  |                 |                | 34,00%               | Q 13,52             |
| <b>Prestaciones</b>   |                 |                | 87,33%               | <b>Q 46,52</b>      |
| <b>Sub-total Costo Directo (Materiales + Mano de obra + Herramientas)</b>   |                 |                |                      | <b>Q 426,52</b>     |
| <b>Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      |                     |
| Utilidad  |                 |                | 10%                  | Q 42,65             |
| Imprevisto  |                 |                | 7%                   | Q 29,86             |
| Administrativo  |                 |                | 10%                  | Q 42,65             |
| <b>Sub-total Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      | <b>Q 115,16</b>     |
| <b>Total del Renglón</b>  |                 |                |                      | <b>Q 541,68</b>     |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Resumen del presupuesto de drenaje pluvial

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL  
 UBICACIÓN: COLONIA SAN RAFAEL LOS TANQUES ZONA 2 DE VILLA NUEVA

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

| No. | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN  | UNIDAD         | CANTIDAD | P UNITARIO  | TOTAL          |
|-----|--|----------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | Replanteo Topográfico  | ml             | 1 711,61 | Q 3,34      | Q 5 716,78     |
| 2   | Trazo y estaqueado   | ml             | 1 711,61 | Q 29,36     | Q 50 252,87    |
| 3   | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)   | m <sup>2</sup> | 207,68   | Q 82,43     | Q 17 127,31    |
| 4   | Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)  | Ton-m          | 30,54    | Q 4 100,55  | Q 125 230,80   |
| 5   | Movimiento de material existente   | m <sup>3</sup> | 373,06   | Q 117,08    | Q 43 677,86    |
| 6   | Construcción de Tragante Tipo R (episo=0,30 m + No. 4 @ 0,15 m ambos sentidos, epared=0,20 m + No. 4 @ 0,25 m y @ 0,30 m, elosa= 0,20 m + No. 4 @ 0,20 + No. 5 @ 0,15 m, f'c = 3 000Psi) | unidad         | 69,00    | Q 12 680,86 | Q 874 979,34   |
| 7   | Tubería PVC Ø10" Tubo PVC Pefilada Hpromedio= 1.20 m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)   | ml             | 338,18   | Q 541,68    | Q 183 185,34   |
| 8   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,11m   | unidad         | 22,00    | Q 12 950,73 | Q 284 916,06   |
| 9   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,77m   | unidad         | 4,00     | Q 15 969,49 | Q 63 877,96    |
| 10  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 3,16m   | unidad         | 3,00     | Q 18 050,10 | Q 54 174,30    |
| 11  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 3,76m   | unidad         | 2,00     | Q 20 771,07 | Q 41 542,14    |
| 12  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 4,25m   | unidad         | 2,00     | Q 24 628,81 | Q 49 257,62    |
| 13  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,12m   | unidad         | 4,00     | Q 15 238,56 | Q 609 541,24   |
| 14  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,62m   | unidad         | 2,00     | Q 18 133,59 | Q 36 267,18    |
| 15  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 4,42m   | unidad         | 1,00     | Q 30 129,34 | Q 30 129,44    |
| 16  | Tubería PVC corrugado Ø 18" Hpromedio= 2,25m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)   | ml             | 1 475,84 | Q 1 823,83  | Q 2 691 681,27 |
| 17  | Tubería PVC corrugado Ø 24" Hpromedio= 2,60m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)   | ml             | 82,30    | Q 2 477,64  | Q 203 909,77   |
| 18  | Tubería PVC corrugado Ø 30" Hpromedio= 2,75m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)   | ml             | 163,38   | Q 3 777,87  | Q 617 228,40   |

Q 5 434 108,68

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.7. Cronograma de ejecución

Figura 14. Cronograma de ejecución

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL  
 UBICACION: COLONIA SAN RAFAEL LOS TANQUES ZONA 2 DE VILLA NUEVA

### CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| No | REGLÓN  | UMI            | CANTICOSTO                 | MES 1                  |                        |                        |                        | MES 2                  |                        |                        |                        | MES 3                 |                       |          |          | MES 4                 |          |
|----|---|----------------|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|----------|
|    |   |                |                            | semana 1               | semana 2               | semana 3               | semana 4               | semana 1               | semana 2               | semana 3               | semana 4               | semana 1              | semana 2              | semana 3 | semana 4 | semana 1              | semana 2 |
| 1  | Replanteo Topográfico   | ml             | 1.711,61<br>Q 5.716,78     | 1.711,61<br>Q 5.716,78 |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 2  | Trazo y estaqueado  | ml             | 1.711,61<br>Q 5.716,78     |                        | 1.711,61<br>Q 5.716,78 |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 3  | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)  | m <sup>2</sup> | 207,68<br>Q 17.127,31      |                        | 207,68<br>Q 17.127,31  |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 4  | Restitución de Asfalto espesor 0,05 m (Mezcla asfáltica en caliente)  | Ton-m          | 30,54<br>Q 125.230,80      |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |                       |          |          | 30,54<br>Q 125.230,80 |          |
| 5  | Movimiento de material existente  | m <sup>3</sup> | 373,06<br>Q 43.677,86      |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |                       |          |          | 373,06<br>Q 43.677,86 |          |
| 6  | Construcción de Trágante Tipo R (espesor=0,30 m + No. 4 @ 0,15 m ambos sentidos, espesor=0,20 m + No. 4 @ 0,25 m y @ 0,30 m, abas= 0,20 m + No. 4 @ 0,20 + No. 5 @ 0,15 m, P <sub>2</sub> = 1,000%) | unidad         | 69,00<br>Q 874.979,34      |                        |                        | 10,00<br>Q 126.808,60  | 10,00<br>Q 126.808,60  | 10,00<br>Q 126.808,60  | 10,00<br>Q 126.808,60  | 10,00<br>Q 126.808,60  | 2,00<br>Q 25.361,72    |                       |                       |          |          |                       |          |
| 7  | Tubería PVC Ø10" Tubo PVC Perfilada Hpromed® 1,20 m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)   | ml             | 338,18<br>Q 183.165,34     |                        |                        |                        | 67,64<br>Q 36.637,07   | 67,64<br>Q 36.637,07   | 67,64<br>Q 36.637,07   | 67,64<br>Q 36.637,07   | 67,64<br>Q 36.637,07   |                       |                       |          |          |                       |          |
| 8  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,11m  | unidad         | 22,00<br>Q 204.916,06      |                        | 4,00<br>Q 51.802,92    | 4,00<br>Q 51.802,92    | 4,00<br>Q 51.802,92    | 2,00<br>Q 25.901,46    | 2,00<br>Q 25.901,46    | 2,00<br>Q 25.901,46    | 2,00<br>Q 25.901,46    |                       |                       |          |          |                       |          |
| 9  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,77m  | unidad         | 4,00<br>Q 63.877,86        |                        |                        |                        | 1,00<br>Q 15.969,49    | 1,00<br>Q 15.969,49    | 1,00<br>Q 15.969,49    | 1,00<br>Q 15.969,49    |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 10 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 3,16m  | unidad         | 3,00<br>Q 54.174,30        |                        |                        |                        |                        | 1,00<br>Q 18.058,10    | 1,00<br>Q 18.058,10    | 1,00<br>Q 18.058,10    |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 11 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 3,73m  | unidad         | 2,00<br>Q 41.942,14        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 2,00<br>Q 41.942,14    |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 12 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 4,29m  | unidad         | 2,00<br>Q 49.257,62        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 2,00<br>Q 49.257,62    |                       |                       |          |          |                       |          |
| 13 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,12m  | unidad         | 4,00<br>Q 60.954,24        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 2,00<br>Q 30.477,12    | 2,00<br>Q 30.477,12   |                       |          |          |                       |          |
| 14 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,52m  | unidad         | 2,00<br>Q 36.267,18        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 2,00<br>Q 36.267,18   |                       |          |          |                       |          |
| 15 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo layuys 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 4,42m  | unidad         | 1,00<br>Q 30.129,44        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 1,00<br>Q 30.129,44    |                       |                       |          |          |                       |          |
| 16 | Tubería PVC corrugado Ø 18" Hpromed® 2,50m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)  | ml             | 1.475,84<br>Q 2.691.681,27 |                        |                        | 184,48<br>Q 336.460,16 | 184,48<br>Q 336.460,16 | 184,48<br>Q 336.460,16 | 184,48<br>Q 336.460,16 | 184,48<br>Q 336.460,16 | 184,48<br>Q 336.460,16 |                       |                       |          |          |                       |          |
| 17 | Tubería PVC corrugado Ø 24" Hpromed® 2,50m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)  | ml             | 82,30<br>Q 203.909,77      |                        |                        |                        |                        | 41,15<br>Q 101.954,89  | 41,15<br>Q 101.954,89  |                        |                        |                       |                       |          |          |                       |          |
| 18 | Tubería PVC corrugado Ø 30" Hpromed® 2,75m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)  | ml             | 163,38<br>Q 677.228,40     |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 40,85<br>Q 154.307,10  | 40,85<br>Q 154.307,10  | 40,85<br>Q 154.307,10 | 40,85<br>Q 154.307,10 |          |          |                       |          |

Fuente; elaboración propia.

## 2.2.8. Estudio de impacto ambiental

Se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente. Este proyecto se realizará en el área urbana, el mayor riesgo sería el movimiento de tierra y la circulación de maquinaria pesada, por lo que se debe realizar un trabajo ordenado.

En la tabla XVIII se describen las alteraciones y medidas de restauración que se llevarán a cabo en este proyecto.

Tabla XVIII. **Alteraciones y medidas de mitigación ambiental**

| <b>ALTERACIONES</b>   | <b>MEDIDAS DE RESTAURACIÓN</b>  |
|---|---|
| <b>SISTEMAS ATMOSFÉRICOS</b>  |   |
| Presencia de partículas y presencia de polvo                              | Riego permanente para humedecer las fuentes de emanación de partículas suspendidas. |
|   | Dotación de equipos de seguridad al personal.                                       |
| Modificación auditiva por generación de ruidos propios de las actividades | Realización de trabajos en horas hábiles.   |
| <b>SISTEMA LÍTICO Y EDÁFICO</b>   |   |
| Movimiento de tierra, corte y relleno, sin extracción del área de trabajo | Manejo ordenado de volúmenes extraídos.   |
|   | Compactación y nivelación adecuadas en área de rellenos                             |
| <b>SOCIEDAD Y CULTURA</b>   |   |
| Inconvenientes en la circulación peatonal y vehicular                     | Señalización del área de trabajo  |
|   | Tener un espacio libre, adecuado para la circulación                                |

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.9. Evaluación socioeconómica**

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los flujos de costos y beneficios en los que incurren en un país al ejecutar o no un determinado proyecto.

### 2.2.9.1. Valor presente neto (VPN)

Valor presente neto simplemente significa traer del futuro cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se traslada cantidades del futuro al presente se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo VNP, se dice que se utiliza una tasa de descuento; por ello, por ello a los flujos de efectividad ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$\text{VPN} < 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} > 0$$

Cuando el  $\text{VPN} < 0$ , el resultado es un valor negativo muy grande y alejado de cero, nos está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable. Cuando el  $\text{VPN} = 0$ , está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando  $\text{VPN} > 0$ , está indicando que la opción es rentable, y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

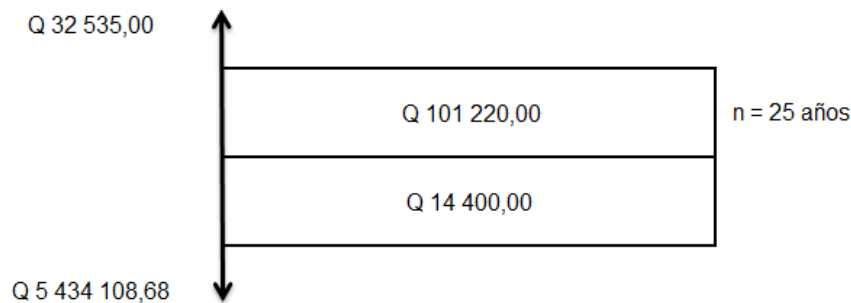
La municipalidad de Villa Nueva pretende invertir Q 5 434 108,68 en la ejecución del proyecto de drenaje pluvia para las colonias San Rafael los Tanques. El costo mensual de mantenimiento será de Q 1 200,00. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida es de Q 150,00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 35,00.

Tabla XIX. **Costos de operación del proyecto del drenaje pluvial**

| <b>GASTOS / INGRESOS</b> | <b>OPERACIÓN</b>        | <b>RESULTADO Q</b> |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Costo inicial            |                         | Q 5,434,108.68     |
| Ingreso inicial          | Q 135,00/viv*241viv     | Q 32,535.00        |
| Costo anuales            | Q 1 200/mes*12meses     | Q 14,400.00        |
| Ingreso anual            | Q 35,00/viv*241*12meses | Q 101,220.00       |
| Vida útil en años        |                         | 25 años            |

Fuente: elaboración propia,

Figura 15. **Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje pluvial**



Fuente: elaboración propia.

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 12 %.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, entonces se tiene:

$$VNP = -5\,434\,108,68 + 32\,535,00 - 14\,400,00 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{25}} + 101\,220,00 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{25}}$$

$$VNP = -5\,396\,466,64$$



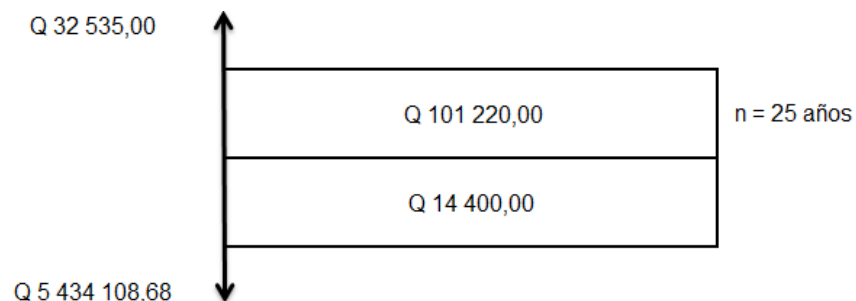
Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad alguna; puesto que el proyecto es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo de las colonias San Rafael los Tanques, Villa Nueva, teniendo como beneficiarios los habitantes de dicha comunidad, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

### 2.2.9.2. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR mide la rentabilidad de un proyecto y si es igual o mayor que la TREMA, debe aceptarse, de lo contrario se rechaza, esto garantiza que el proyecto ganará más de su rendimiento esperado

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de drenaje para las colonias San Rafael los Tanques con un costo inicial de Q 5 434 108,68 por otra parte, la alcaldía necesita de Q 14 400,00, al final de cada año, como costo de mantenimiento y Q 101 220,00 por la cuota de amortización; también se tendrá un ingreso inicial por derecho de cada conexión domiciliar, esto será de Q 32 535,00 por total de 241 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 25 años, que corresponde a la vida útil del sistema.

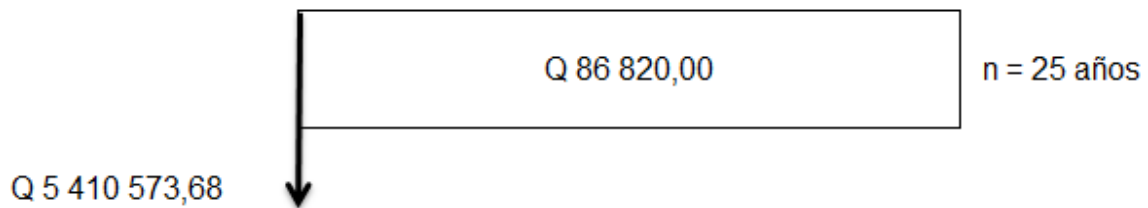
Figura 16. **Gráfica 1 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Puesto que los Q 101 220,00 y los Q 14 400,00, se encuentran enfrentados en el mismo período, como Q 5 431 376,00 y los Q 32 535,00 la gráfica podría simplificarse a:

Figura 17. **Gráfica 2 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la tasa de interna de retorno (TIR)

Se utiliza una tasa de interés de -13,50 %

$$VNP = -5\,410\,573,68 + 86\,820,00 * \frac{1}{(1 + (-0,135))^{25}} = -2\,150\,577,47$$

Se utilizará una tasa de interés de -15,25 %

$$VNP = -5\,410\,573,68 + 86\,820,00 * \frac{1}{(1 + (-0,1525))^{25}} = 440\,048,56$$

Se utiliza la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca:

$$\begin{array}{r} -13,50 \% \text{ --- } (-2\,150\,577,47) \\ i \% \text{ --- } VNP = 0 \\ -15,50 \% \text{ --- } 440\,048,56 \end{array}$$

Se utiliza la proporción entre las diferencias que se correspondan.

$$\frac{-13,50 - i}{-13,50 - (-15,50)} = \frac{-2\,150\,577,47 - 0}{(-2\,150\,577,47) - 440\,048,56}$$

$$i = -15,16 \%$$

La tasa de interés es de -15,16 %, la TIR es negativa y como ya se mencionó antes el proyecto es de carácter social. Es decir, es un proyecto del sector público que tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no a las ganancias.



### **3. DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3ª CALLE Y 3ª AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ª AVENIDA DE LA ZONA 5.**

#### **3.1. Diseño de drenaje sanitario**

El diseño consiste en una red de tuberías que se utiliza para recolectar y transportar aguas residuales hasta un punto de tratamiento y vertido a los puntos de desfogue.

##### **3.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto de drenaje sanitario de la zona 1 y 5, del municipio de Villa Nueva, tiene una capacidad para 23 160 habitantes, población que se espera atender en 23 años (período de diseño del sistema). Este sistema de drenaje funcionará como una línea de conducción, es decir recolectará varios sistemas de drenaje, ya que actualmente hay calles donde no hay drenaje y otras si lo tienen, este sistema recolectará todo ese caudal, descargándolo en un barranco donde se juntará con otros drenajes, conduciéndolo a una planta de tratamiento que será construido próximamente. El sistema tendrá una longitud de 3 317,18 metros. Se utilizará tubería PVC norma ASTM F949 con diámetro de 10, 12, 15, norma AASTHO M-305 con diámetro de 18, 24 y 30 pulgadas y pozos de visitas.

### **3.1.2. Levantamiento topográfico**

Es el proceso de trabajo que se realiza previo a un estudio de proyecto de preinversión de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico.

El levantamiento topográfico se realizó para todas las líneas de conducción, con estación total donde paralelamente se llevó a cabo un censo poblacional para establecer los parámetros básicos del diseño del sistema. En la libreta topográfica se anotaron todos los datos como calles, casas, poste de alumbrado público, cajas registradoras de teléfono etc. La cual se puede consultar en la municipalidad de Villa Nueva en la Unidad de Planificación e Infraestructura.

#### **3.1.2.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de coordenadas X y Y, que proporciona la estación total en sus datos almacenados, se realizó por método de radiaciones. Se utilizó el siguiente equipo: estación total, prismas, brújula, plomada, estacas, clavos y pintura.

#### **3.1.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de planimetría. Se partió de una referencia (BM), ubicada en la E-0 con cota 1 350 m. Se usó el método taquimétrico. La cota topográfica de una estación a otra da la referencia coordenadas Z en la estación total.

### 3.1.3. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema; pasado este, es necesario rehabilitarlo. Para determinar qué período utilizar, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Vida útil de las estructuras, tomando en cuenta: antigüedad, desgaste y daño del sistema.
- Crecimiento poblacional.
- Desarrollo de la obra en sus primeros años.

El tiempo de que se tomó para el diseño fue de 23 años, de acuerdo a la experiencia de algunos profesionales.

### 3.1.4. Cálculo de la población futura

La estimación de la población futura es de suma importancia, puesto que de este cálculo dependerá la cantidad de personas que utilizarán el servicio al final del período de diseño, además, que proporciona los datos necesarios para el cálculo de los diámetros de tubería, dependiendo del caudal a transportar.

Generalmente, se usan dos métodos para el cálculo de la población futura que son; el método aritmético y el método geométrico; para este caso se aplicó el método geométrico, por ser el que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio. La fórmula para calcular la población futura es:

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

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población inicial

r = tasa de crecimiento, en porcentaje (%)

n = período de diseño, en años

$$P_f = 23\ 160 * (1 + 0,03)^{23} = 45708 \text{ habitantes}$$

La cantidad de habitantes de este proyecto es de 23 160 según el dato proporcionado por la municipalidad de Villa Nueva, con un promedio de 6 habitantes por vivienda y para la tasa de crecimiento es de 3 %, según los registros de la Municipalidad de Villa Nueva.

### 3.1.5. Factor de Hardmond

También conocido como factor de flujo instantáneo, este es un factor que está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico.

Se calcula por medio de la ecuación de Hardmond:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde:

F.H = factor de Hardmond

P = población acumulada dividida entre 1000

Datos:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{23\ 160/1\ 000}}{4 + \sqrt{23\ 160/1\ 000}} = 2,59$$



### 3.1.6. Factor de retorno

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua que, después de ser usada, vuelve al drenaje; en este caso se considera un 80 % de factor de retorno. La información fue dada por la municipalidad de Villa Nueva.

### 3.1.7. Caudal domiciliar

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

Como se indicó anteriormente una parte de esta agua no será llevada al alcantarillado como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el vapor de caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0,70 a 0,90, el cual queda integrado de la siguiente manera.

$$Q_{dom} = \frac{Dot * Fr * Po}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (lt/s)

$P_o$  = población

$D_{ot}$  = dotación (lt/hab/día)

$Fr$  = factor de retorno

$$Q_{dom} = \frac{200 * 0,80 * 23\ 160}{86\ 400} = 42,88\text{lt/s}$$

Para este diseño se tomó el 0,80 de factor de retorno y la dotación de 200lt/hab/dia, porque es centro urbano y se está aproximando a una ciudad donde las dotaciones son de 200 a 300lt/hab/dia.

### **3.1.8. Caudal comercial**

Es el agua que se desecha de los comercios, restaurantes, hoteles, etcétera. La dotación varía según el establecimiento a considerar, pero en estas zonas no existe ninguno de estos, así que este caudal es nulo.

### **3.1.9. Caudal conexiones ilícitas**

Este caudal es producido por las aguas pluviales, que son evacuadas a través del alcantarillado doméstico o sanitario. En este caso se utilizó el 10 % del caudal doméstico, que es el valor que usa la municipalidad de Villa Nueva.

Entonces se tiene

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{dom}$$

Donde:

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas (lt/s)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (lt/s)

$$Q_{ci} = 0,10 * 42,88 = 4,29lt/s$$

### **3.1.10. Caudal industrial**

Es la cantidad de aguas negras que desecha la industria, como fábricas textiles e industrias en general, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 1000 y 1800lts/hab/dia, el cual

dependerá del tipo de industria, en estas colonias no existen industrias, por lo tanto el caudal es igual a cero.

### 3.1.11. Caudal infiltración

En la sección 2,70; infiltración del INFOM, se establece que para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, debe tomarse en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y el tipo de tuberías.

Los caudales por cada kilómetro de tubería que contribuya a los tramos se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar en litros por segundo. Para el diseño del alcantarillado, las tuberías serán de PVC y quedarán sobre el nivel freático obteniendo:

Para tubería que quedará sobre el nivel freático:

1. Tubería de cemento,  $Q_{in} = 0,025 * \emptyset$
2. Tubería de PVC,  $Q_{in} = 0,01 * \emptyset$

Donde

$Q_{in}$  = caudal infiltración (lt/s)

$\emptyset$  = diámetro de la tubería (pulg)

$$Q_{in} = 0,01 * 30" = 0,30lt/s$$

Para este diseño se usó el inciso núm. 2, debido a que la tubería es de PVC.

### 3.1.12. Factor de caudal medio

Es la suma de todos los caudales anteriores, se divide por la suma de habitantes a servir, el factor de caudal medio debe ser mayor que 0,002 y menor que 0,005, en todo caso, sí no está dentro de los límites, se debe tomar el más cercano, se expresa en litros por segundo por habitante.

$$f_{qm} = \frac{Q_m}{\#hab}$$

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{in}$$

Donde:

$f_{qm}$  = factor de caudal medio

$Q_m$  = caudal medio (lt/s)

$\#hab$  = número de habitantes

$Q_{dom}$  =caudal domiciliar

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas

$Q_{in}$  = caudal infiltración

$$Q_m = 42,88 + 4,29 + 0,30 = 47,47 \text{lt/s}$$

$$f_{qm} = \frac{47,47}{23\ 160} = 0,0020$$

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño del sistema de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor, con base a la experiencia.

- $F_{qm} = 0,0046$  según INFOM
- $F_{qm} = 0,003$  según EMPAGUA (la Municipalidad de Guatemala)
- $F_{qm} = 0,002 < f_{qm} < 0,005$  según Dirección General de Obras Públicas)

En este caso se utilizó el valor de 0,003, que es el valor con el que trabaja la municipalidad de Villa Nueva.

### **3.1.13. Parámetros de diseño**

Son todas aquellas variables que intervienen en el proceso de diseño del drenaje sanitario.

#### **3.1.13.1. Diseño de secciones y pendientes**

La pendiente a utilizar en el diseño, deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno para evitar un sobre-costos por excavación excesiva. Sin embargo, en todos los casos se deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad.

Dentro de las viviendas, se recomienda utilizar una pendiente mínima del dos por ciento, lo cual asegura el arrastre de las excretas. Para todo el diseño del alcantarillado es recomendable seguir la pendiente del terreno.

$$s = \frac{(CTi - CTf)}{DHD} * 100$$

Donde:

S = pendiente del terreno (%)

CTi = cota terreno inicial, en m

CTf = cota terreno final, en m

DH = distancia horizontal m

Datos de PV-6 a PV-7

CTi = 1331,88 m

CTf = 1330,45 m

DH = 84,23 m

$$S = \frac{(1331,88 - 1330,45)}{84,23} * 100 = 1,70$$

### **3.1.13.2. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad mínima admisible en tuberías de PVC es de 0,40 metros por segundo, esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Con respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de PVC por lo general, se aceptan 5,00 metros por segundo según los fabricantes de tubería. Pero se recomienda que se usa como 3,00 metros por segundo según las normas INFOM.

### **3.1.13.3. Cotas invert**

Son las cotas o elevaciones que indican a qué profundidad de la superficie se encuentra la tubería de llegada y de salida en un pozo de visita.

Estas cotas se calculan con base a la pendiente de la tubería y a la distancia del tramo respectivo.

Detalles de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca tres centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.

- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetro de las tuberías, cuando estas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está tres centímetros debajo de la de entrada; si la tubería que sale es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

Tabla XX. **Cotas Invertí mínimas para tubería**

| TIPO DE TRÁFICO | DIÁMETRO (" ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 8             | 10  | 12  | 16  | 18  | 21  | 24  | 30  | 36  | 42  | 46  | 60  |
| Normal          | 122           | 128 | 133 | 141 | 150 | 158 | 166 | 184 | 199 | 214 | 225 | 255 |
| Pesado          | 142           | 148 | 151 | 153 | 170 | 178 | 186 | 204 | 219 | 234 | 245 | 275 |

Nota: La dimensión de las profundidades está dada en cm.

Fuente: Instituto de Fomento Municipal 2001. *Norma Generales para el diseño de Alcantarillado.*

p. 41.

#### **3.1.13.4. Diámetro de tubería**

Por requerimiento de flujo y por posibilidad de limpieza, el diámetro mínimo es de seis pulgada para tubería PVC en el colector central. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

La profundidad mínima para instalar la tubería debe de ser tal que el espesor del relleno evite daño al colector ocasionados por las cargas vivas y

por los impactos, para lo cual se estima una profundidad mínima de 1,20 m. Ver tabla ancho libre de zanjas en ANEXOS.

### **3.1.13.5. Relaciones hidráulicas**

Al analizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llenas y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

Se deberán determinar los valores de velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre el caudal de sección llena, con este resultado se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, y se obtienen las relaciones siguientes ( $d/D$ ) y ( $v/V$ ).

Se debe considerar las siguientes especificaciones hidráulicas

- $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- El tirante debe estar entre
- $0,10 < d/D < 0,75$
- $0,60 < v < 3,00$

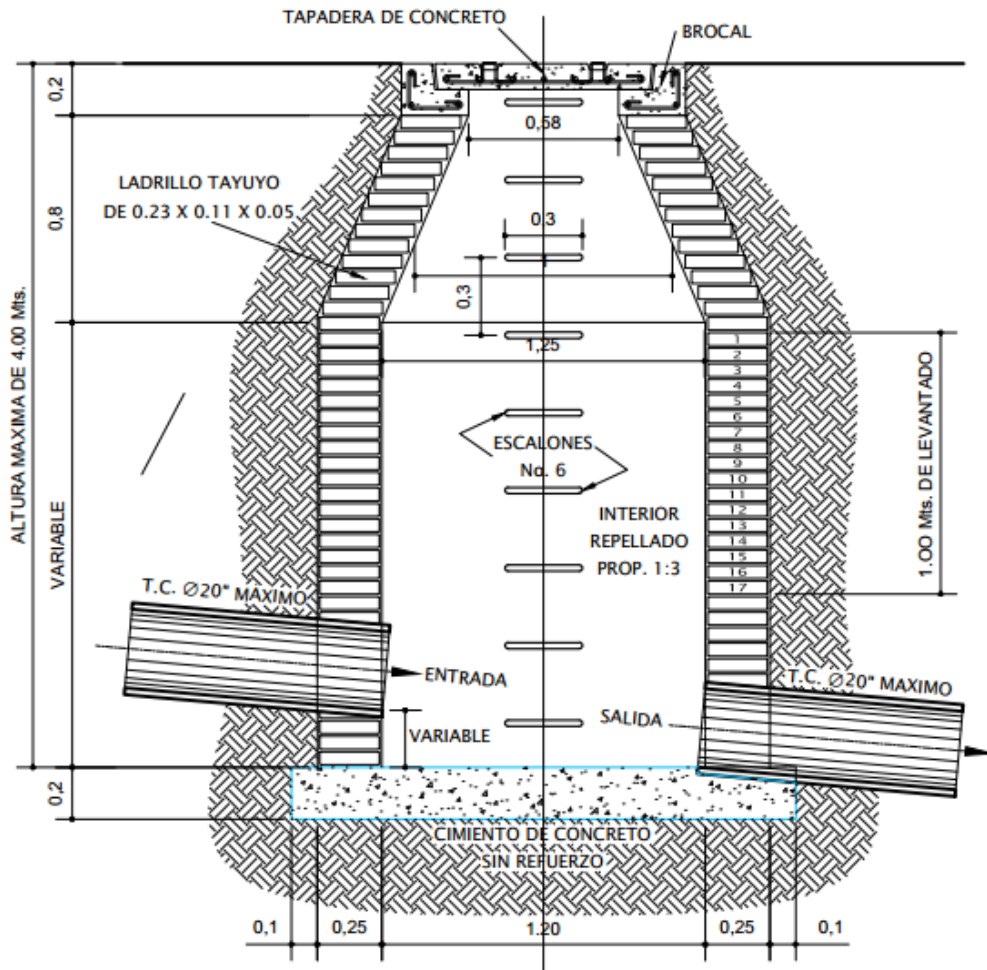
### **3.1.14. Pozos de visitas**

Son estructuras de hormigón ciclópeo, piedra, ladrillo, (mampostería), rematadas en su parte superior en una tapa removible; forman parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar



donde concurren dos o más tuberías, así como los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño.

Figura 18. **Figura detalle de pozo de visita**



Fuente: criterio de la Municipalidad de Villa Nueva, empleando Autocad 2014

### 3.1.14.1. Especificaciones técnicas

Las normas para la construcción de alcantarillados recomiendan colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Al comienzo de todo colector.

- En toda intersección de dos o más colectores.
- En todo cambio de dirección.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 metros si diámetro < 24 pulgadas.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 300 metros si diámetro > 30 pulgadas.
- En todo principal de ramal.
- En cambios de diámetro.
- En cambio de pendiente.

#### **3.1.14.2. Especificaciones físicas**

Su estructura es de forma cilíndrica, construidas de reforzado, o bien de ladrillo de arcilla reforzado con elementos de concreto reforzado. Los pozos tienen su parte superior un brocal y una tapadera hecha de concreto con una apertura libre de 0,50 metros a 0,60 metros.

El brocal descansa sobre las paredes hasta alcanzar el diámetro de 1,20 m a una distancia de 0,90 metros de la boca de pozo. Su profundidad es variable, sus paredes suelen construir de ladrillo de barro cocido cuando son pequeñas y concreto reforzado cuando son muy grandes y profundos.

Estas varen en cuanto a su profundidad, dependiendo de casos como:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Ubicación del pozo
- Caudal de diseño
- Cotas invert

### 3.1.14.3. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se moverá para colocar la tubería, está comprendida apartar de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería a utilizar y la longitud entre pozos. Se puede calcular de la siguiente manera.

$$V_{ex} = \frac{H1 + H2}{2} * DH * a$$

Donde:

V<sub>ex</sub> = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = profundidad del primer pozo (m)

H2 = profundidad del segundo pozo (m)

DH = distancia horizontal

A = ancho de zanja (m)

$$V_{ex} = \frac{2,14 + 2,19}{2} * 84,23 * 0,70 = 165,95m^3$$

### 3.1.15. Conexiones domiciliarias

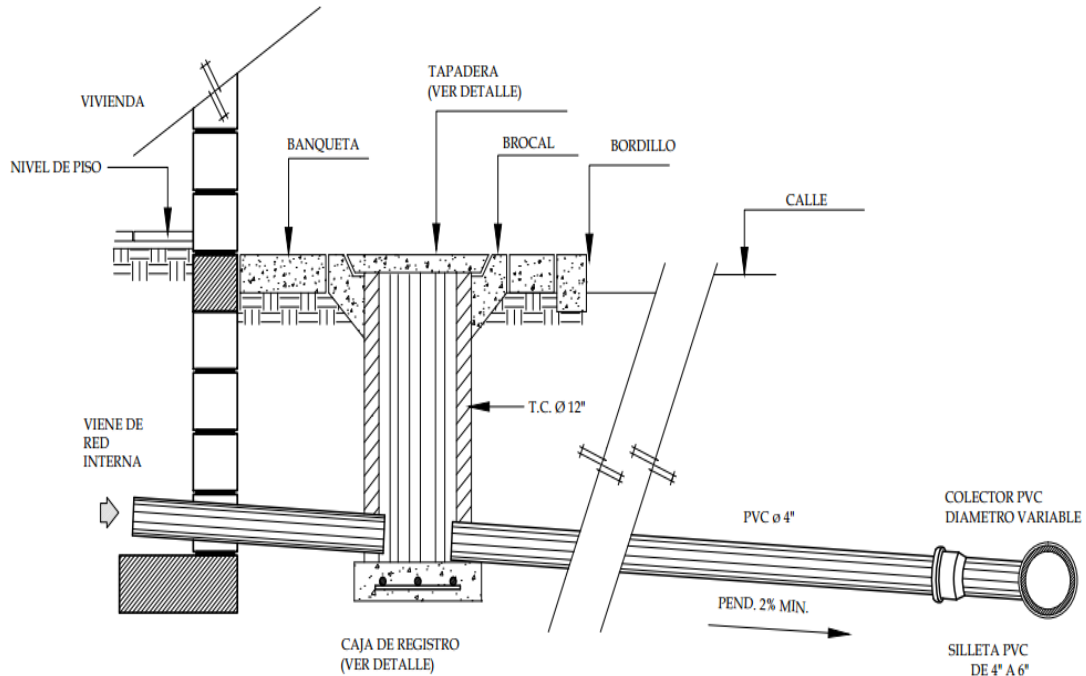
Tramo de tubería comprendida entre la última cámara de inspección de la vivienda y el colector público. En general, las conexiones domiciliarias comprenden lo siguiente:

- Disposición de excretas.
- Sistemas de recolección y disposición de basura.
- Tipo y condiciones de la vivienda.
- Cualquier otro aspecto relacionado con las condiciones sanitarias de la población.

- Caja o candelas: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente.
- El lado menor de la caja será de 45 centímetro. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.
- El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan llevarlas al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 %.

Al realizar el diseño de alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunas casas esta resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

Figura 19. **Detalle de conexiones domiciliare**



Fuente: criterio de la Municipalidad de Villa Nueva, empleando Autocad 2014.

### 3.1.16. **Obras de protección**

Estas obras de protección no son más que estructuras auxiliares de las partes constituyentes del sistema, ya estipuladas en los planos finales. Estas estructuras, según la finalidad de las mismas, serán de diversas formas y tamaños.

Para un sistema de drenaje sanitario existen varias obras de protección, entre las cuales se puede mencionar:.

- Conexiones domiciliare
- Escaleras para pozo de visitas
- Tapadera de pozo de visitas
- Tapadera de conexiones domiciliar

### 3.1.17. Ejemplo de diseño de un tramo

A manera de ejemplo se diseñará el tramo comprendido entre los pozos de visita 25 y 26.

Datos:

Tipo de sistema: drenaje sanitario

Período de diseño: 23 años

Población en el tramo actual: 1 811 habitantes

Tasa de crecimiento: 3 %

Tipo de tubería: PVC 18 pulgadas

Cota terreno inicial: 1313,62 m

Cota terreno final: 1312,35 m

Distancia horizontal de diseño: 73,92

Fqm: 0,003

Dotación: 200lt/hab/día

Factor de retorno: 80 %

Coefficiente de rugosidad: 0,010

Cálculo de la pendiente del terreno  $S_t$  (%)

$$S_t = \frac{(CT_i - CT_f)}{DHD} * 100$$
$$S_t = \frac{(1313,62 - 1312,35)}{75,42} * 100 = 1,68$$

Cálculo de la población futura

$P_o = 10\ 866$  habitantes

$$P_f = P_o(r + 1)^n$$
$$P_f = 10\ 866(0,03 + 1)^{23} = 21\ 445 \text{ habitantes}$$

Cálculo de factor de Harmond

$$F.H_{actual} = \frac{18 + \sqrt{Po/1\ 000}}{4 + \sqrt{Po/1\ 000}}$$
$$F.H_{actual} = \frac{18 + \sqrt{10\ 866/1\ 000}}{4 + \sqrt{10\ 866/1\ 000}} = 2,9188$$
$$F.H_{futuro} = \frac{18 + \sqrt{21\ 445/1\ 000}}{4 + \sqrt{21\ 445/1\ 000}} = 2,62$$

Caudal domiciliar actual

$$Q_{dom} = \frac{dot * \#hab * FR}{86\ 400}$$
$$Q_{dom} = \frac{200 * 10\ 866 * 0,80}{86\ 400} = 20,12lt/s$$

Caudal domiciliar futuro

$$Q_{dom} = \frac{200 * 21\ 445 * 0,80}{86\ 400} = 39,71lt/s$$

Caudal conexiones ilícitas

$$Q_{ci} = 0,1 * Q_{dom}$$
$$Q_{ci} = 0,1 * 21,12 = 2,012lt/s$$

Caudal infiltración

$$Q_{in} = 0,01 * \varnothing$$
$$Q_{in} = 0,01 * 18 = 0,18lt/s$$

Caudal sanitario

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{in}$$
$$Q_{san} = 20,12 + 2,012 + 0,18 = 22,31lt/s$$

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = FH_{actual} * f_{qm} * \#hab$$
$$Q_{dis} = 2,92 * 0,003 * 10\ 866 = 95,15t/s$$

Diseño hidráulico

$\emptyset = 18$  pulgadas

Pendiente de tubería (s) = 1,50 %

$$V = \frac{0,03429 * \emptyset^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$
$$V = \frac{0,03429 * 18^{\frac{2}{3}} * 0,015^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 2,88/s$$

Caudal a sección llena

$$Q = AV$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (18'' * 0,0254)^2 * 2,88 = 0,4735 * 1\ 000 = 473,55lt/s$$

Relaciones hidráulicas

$$Q_{dis} = q = 95,15lt/s$$

$$q/Q = 95,15/473,55 = 0,200921$$

Ya que cumple con la condición de que  $q/Q < 1,00$ , se toma el valor de 0,200921 y se busca en la tabla de relaciones hidráulicas de una alcantarilla de sección transversal circular para determinar la relación  $v/V$  la cual en este caso equivale a 0,781784

$$\frac{v}{V} = 0,781784 \rightarrow v = V * 0,781784$$

$$v = 2,88 * 0,781784 = 2,26m/s$$

Al ver el resultado de la velocidad de diseño, se cumple con el rango,  $0,40m/s < v < 3,00m/s$ . se busca el valor de  $d/D$  que es 0,30400, está dentro del rango que es  $0,10 < d/D < 0,75$ , entonces se procede continuar con los siguientes tramos.



Teniendo la velocidad y el caudal a sección llena, se hace lo mismo para encontrar las relaciones hidráulicas futuras.

$$Q_{dis fut} = q = 168,69 \text{ lt/s}, \quad Q_{llena} = 473,55 \text{ lt/s}$$
$$q/Q = 0,356230$$

Como  $q/Q < 1,00$ , entonces se busca el valor de la relación  $d/D$ , el cual es  $0,41200$  y por lo tanto cumple la condición de  $0,10 < d/D < 0,75$ , se busca el valor de  $v/V$  en la tabla, en este caso equivale a  $0,915317$ .

$$\frac{v}{V} = 0,915317 \rightarrow v = V * 0,915317$$
$$v = 0,915317 * 2,88 = 2,634 \text{ /s}$$

Después de obtener el resultado de velocidad de diseño futuro, se verifica si cumple con la condición  $0,40 \text{ m/s} < v < 3,00 \text{ m/s}$ . Entonces se continúa con los demás tramos.

Cotas invert

$$CT_{PV25} = 1313,62 \text{ m}$$

$$CT_{PV26} = 1312,35 \text{ m}$$

$$DHD = 73,92 \text{ m}$$

$$CIS_{PV25} = \text{Cota Invert de entrada}_{PV25} - 0,03 \text{ m}$$

$$CIS_{PV25} = 1311,21 - 0,03 \text{ m} = 1311,18 \text{ m}$$

$$CIE_{PV26} = \text{cota invert salida} - (DHD * S_{Tub\%})$$

$$CIE_{PV26} = 1311,18 - 73,92 * 1,50\% = 1310,07$$

Profundidad de pozo

PV-25:

$$H_{PV25} = CT - CIS$$

$$H_{PV25} = 1313,62 - 1311,18 = 2,44 \text{ m}$$

PV-26:

$$H_{PV26} = CT_{PV26} - CIS_{PV26}$$

$$H_{PV26} = 1312,35 - 1310,04 = 2,31 \text{ m}$$

Volumen de excavación

$$Vol. ex = \left[ \frac{(PV6 + PV7)}{2} * DH * a \right] * Fex$$
$$Vol. ex = \left[ \frac{(2,44 + 2,31)}{2} * 75,42 * 1,0 \right] * 1,3 = 232,86 \text{ m}^3$$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales, realizados con el procedimiento anterior mente descrito, se presentan en la sección de apéndice.

### **3.1.18. Estudio de impacto ambiental**

Se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente. Este proyecto se realizará en el área urbana, el mayor riesgo sería el movimiento de tierra y la circulación de maquinaria pesada, por lo que se debe realizar un trabajo ordenado.

En la tabla XXI se describen las alteraciones y medidas de restauración que se llevarán a cabo en este proyecto.

Tabla XXI. **Alteraciones y medidas de mitigación ambiental**

| <b>ALTERACIONES</b>   | <b>MEDIDAS DE RESTAURACIÓN</b>  |
|---|---|
| <b>SISTEMAS ATMOSFÉRICOS</b>  |   |
| Presencia de partículas y presencia de polvo                              | Riego permanente para humedecer las fuentes de emanación de partículas suspendidas. |
|   | Dotación de equipos de seguridad al personal.                                       |
| Modificación auditiva por generación de ruidos propios de las actividades | Realización de trabajos en horas hábiles.   |
| <b>SISTEMA LÍTICO Y EDÁFICO</b>   |   |
| Movimiento de tierra, corte y relleno, sin extracción del área de trabajo | Manejo ordenado de volúmenes extraídos.   |
|   | Compactación y nivelación adecuadas en área de rellenos                             |
| <b>SOCIEDAD Y CULTURA</b>   |   |
| Inconvenientes en la circulación peatonal y vehicular                     | Señalización del área de trabajo  |
|   | Tener un espacio libre, adecuado para la circulación                                |

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.19. Elaboración de planos**

Al seguir el terminar el diseño del proyecto se llega a la elaboración de los planos finales, luego del replanteo topográfico, para obtener una visión más clara de lo que se va a lograr y de esta manera obtener el diseño final del proyecto.

### 3.1.20. Presupuesto

Al seguir el proceso de diseño del proyecto se llega a la elaboración de los planos finales, luego del replanteo topográfico, para obtener una visión más clara de lo que se va a lograr y de esta manera obtener el diseño final del proyecto.

- La cantidad de arena de río y pedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico
- La totalidad de materiales será local y será proporcionada por la municipalidad.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los que se manejan en la comunidad.
- Los precios de los materiales se tomaron con base en que se manejan en el municipio.

Tabla XXII. **Factor de prestaciones**

| <b>1</b>   | <b>DÍAS NO TRABAJADOS</b>   |      |     |
|------------|-----------------------------|------|-----|
| <b>1.1</b> | <b>ASUETOS NO LABORALES</b> |      |     |
|            | 1 De enero                  | 1    | Día |
|            | Jueves santo                | 1    | Día |
|            | Viernes santo               | 1    | Día |
|            | Sábado santo                | 0,50 | Día |

Continuación tabla XXII

|          |                                 |                 |                |
|----------|---------------------------------|-----------------|----------------|
|          | 1 de Mayo                       | 1               | Día            |
|          | 30 De Junio                     | 1               | Día            |
|          | 15 De Septiembre                | 1               | Día            |
|          | 20 De Octubre                   | 1               | Día            |
|          | 1 De Noviembre                  | 1               | Día            |
|          | 24 De Diciembre (1/2 día)       | 0,50            | Día            |
|          | 25 De Diciembre                 | 1               | Día            |
|          | 31 De Diciembre (1/2 día)       | 0,50            | Día            |
| 1.2      | Festividad del lugar            | 1               | Día            |
| 1.3      | Domingos                        | 52              | Días           |
| 1.4      | Sábados                         | 26              | Días           |
| 1.5      | Vacaciones                      | 15              | Días           |
|          | TOTAL                           | 104,50          | Días           |
| <b>2</b> | <b>TOTAL DE DIAS TRABAJADOS</b> |                 |                |
| 2.1      | DÍAS NO LABORALES               | 104,50          | Días           |
| 2.2      | DÍAS EFECTIVOS                  | 260,50          | Días           |
|          | AÑO                             | 365             | Días           |
| <b>3</b> | <b>PORCENTAJES</b>              |                 |                |
| 3.1      | Días no laborales               | $104.5/260,50=$ | 40,12 %        |
| 3.2      | Indemnización                   | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.3      | Aguinaldo                       | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.4      | Bono 14                         | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.5      | IGSS                            |                 | 10,67 %        |
| 3.5      | INTECAP (opcional)              |                 | 1,00 %         |
| 3.6      | IRTRA (opcional)                |                 | 1,00 %         |
|          |                                 | <b>TOTAL</b>    | <b>87,33 %</b> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Precios Unitarios

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS  |                 |                |                      |                  |
|---|-----------------|----------------|----------------------|------------------|
| Diseño de Drenaje Sanitario   | <b>Renglón:</b> | <b>15,00</b>   |                      |                  |
| 3era calle y 2 avenida de la zona 1 hasta la 7 avenida de la zona 5   | <b>Fecha:</b>   | <b>oct-16</b>  |                      |                  |
| <b>Descripción del Renglón</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>P.U.</b>          | <b>Total</b>     |
| Tubería PVC corrugado Ø 10" Hpromedio= 2.56m (Incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material | 469,04          | unidad         | Q 776,05             | Q 363 998,49     |
| <b>Nota:</b>  |                 |                |                      |                  |
| <b>Descripción de Maquinaria y Equipo</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Transporte de maquinaria y/o equipo   | 1,00            |                | Q -                  | Q -              |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>       |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Combustible y Lubricantes</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
|   |                 |                | Q -                  | Q -              |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>       |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Materiales</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Tubo Ø 10" corrugado con empaque, norma F949  | 1,00            | unidad         | Q 305,17             | Q 305,17         |
| Selecto   | 0,10            | m <sup>3</sup> | Q 60,00              | Q 6,00           |
| Transporte de material  | 1,00            |                | Q 15,56              | Q 15,56          |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 326,73</b>  |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 291,72</b>  |
| <b>Descripción de Mano de Obra directa</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Trazo de niveles  | 1,00            | ml             | Q 0,50               | Q 0,50           |
| Colocación de niveles   | 1,00            | ml             | Q 0,63               | Q 0,63           |
| Excavación manual para terreno Blando   | 2,16            | m <sup>3</sup> | Q 29,02              | Q 62,78          |
| Conformar fondo de zanja  | 0,65            | m <sup>2</sup> | Q 2,50               | Q 1,63           |
| Instalación de Tubería + emplantillado  | 1,00            | ml             | Q 2,30               | Q 2,30           |
| Colocación del material de relleno en capas   | 2,11            | m <sup>3</sup> | Q 8,26               | Q 17,45          |
| Compactación con plato vibratorio   | 2,11            | m <sup>3</sup> | Q 9,65               | Q 20,39          |
| Retiro ( a 50 metros de distancia)  | 0,05            | m <sup>3</sup> | Q 43,38              | Q 2,20           |
| Herramientas  | 1,00            | Global         | Q 5,39               | Q 5,39           |
|   |                 |                | <b>Sub-total</b>     | <b>Q 113,27</b>  |
| <b>Mano de obra Indirecta</b>   |                 |                |                      |                  |
| Factor de ayudante  |                 |                | 34,00%               | Q 38,51          |
| <b>Prestaciones</b>   |                 |                | 87,33%               | Q 132,55         |
| <b>Sub-total Costo Directo (Materiales + Mano de obra + Herramientas)</b>                                       |                 |                |                      | <b>Q 611,06</b>  |
| <b>Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      |                  |
| Utilidad  |                 |                | 10%                  | Q 61,11          |
| Imprevisto  |                 |                | 7%                   | Q 42,77          |
| Administrativo  |                 |                | 10%                  | Q 61,11          |
| <b>Sub-total Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      | <b>Q 164,99</b>  |
| <b>Total del Renglon</b>  |                 |                |                      | <b>Q 776,05</b>  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Presupuesto drenaje sanitario

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL  
 UBICACIÓN: 3era CALLE Y 2da AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma AVENIDA DE LA ZONA 5

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

| No. | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN  | UNIDAD         | CANTIDAD | P UNITARIO  | TOTAL          |
|-----|--|----------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | Replanteo Topográfico  | ml             | 3317,88  | Q 3,34      | Q 11 081,72    |
| 2   | Trazo y estaqueado   | ml             | 3317,88  | Q 29,36     | Q 97 412,96    |
| 3   | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)   | m <sup>2</sup> | 3425,25  | Q 82,43     | Q 282 343,36   |
| 4   | Restitución del Asfalto espesor 0,05 m (Mezcla asfáltica en caliente)  | Ton-m          | 503,51   | Q 4 100,55  | Q 2 064 667,93 |
| 5   | Movimiento de material existente   | m <sup>3</sup> | 1420,01  | Q 117,08    | Q 166 254,77   |
| 6   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,29m | unidad         | 36,00    | Q 13 747,70 | Q 494 917,20   |
| 7   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 2,62m | unidad         | 4,00     | Q 15 401,27 | Q 61 605,08    |
| 8   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,50m de Hprom = 3,68m | unidad         | 1,00     | Q 20 343,48 | Q 20 343,48    |
| 9   | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,18m | unidad         | 6,00     | Q 15 490,41 | Q 92 942,46    |
| 10  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 2,78m | unidad         | 2,00     | Q 19 045,88 | Q 38 091,76    |
| 11  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 3,20m | unidad         | 1,00     | Q 21 413,75 | Q 21 413,75    |
| 12  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 4,10m | unidad         | 3,00     | Q 30 492,20 | Q 91 476,60    |
| 13  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 4,81m | unidad         | 1,00     | Q 32 169,87 | Q 32 169,87    |
| 14  | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,05m+ brocal, diámetro interno de 1,75m de Hprom = 5,80m | unidad         | 8,00     | Q 34 971,61 | Q 279 772,88   |
| 15  | Tubería PVC corrugado Ø 10" Hpromedio= 2,56m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 469,04   | Q 776,05    | Q 363 998,49   |
| 16  | Tubería PVC corrugado Ø 12" Hpromedio= 2,31m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 492,32   | Q 916,31    | Q 451 117,74   |
| 17  | Tubería PVC corrugado Ø 15" Hpromedio= 2,34m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 427,42   | Q 1 270,41  | Q 542 998,64   |
| 18  | Tubería PVC corrugado Ø 18" Hpromedio= 2,29m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 832,42   | Q 1 848,57  | Q 1 538 786,64 |
| 19  | Tubería PVC corrugado Ø 24" Hpromedio= 2,36m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 325,72   | Q 2 545,92  | Q 829 257,06   |
| 20  | Tubería PVC corrugado Ø 30" Hpromedio= 4,85m (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)                   | ml             | 675,59   | Q 3 898,94  | Q 2 634 084,87 |

Q 6 651 395,33

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.21. Cronograma de ejecución

Figura 20. Cronograma de ejecución

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL  
 UBICACIÓN: 3era CALLE Y 2da AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma AVENIDA DE LA ZONA 5

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| No | RENOZ (M)   | UM             | CANT/COSTO               | MES 1    |          |          | MES 2    |          |          | MES 3    |          |          | MES 4    |          |          | MES 5    |          |          | MES 6    |          |          |
|----|---|----------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|    |   |                |                          | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 1 | semana 2 | semana 3 |
| 1  | Preparación topográfica   | m              | 3077.08<br>Q 11 081.72   | 3077.08  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2  | Trazo y replanteo   | m              | 3077.08<br>Q 97 412.96   | 3077.08  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 3  | Construcción de paramento flexible existente (incluye corte, demolición, cimbra y curado)   | m <sup>2</sup> | 3426.26<br>Q 282 343.30  |          | 896.31   | 896.31   | 896.31   | 896.31   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 4  | Revolución del Haldex superior (3.05 m) (Blocke sintética en caliente)  | Tonm           | 922.01<br>Q 2 964 607.03 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 5  | Movimiento de material existente  | m <sup>3</sup> | 1426.01<br>Q 186 254.77  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 6  | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.50m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 36.00<br>Q 484 917.20    |          | 6.00     | 6.00     | 6.00     | 6.00     | 6.00     | 6.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 7  | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.50m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 4.80<br>Q 61 625.08      |          |          |          |          |          |          |          | 2.40     | 2.40     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 8  | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.50m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 1.20<br>Q 30 343.88      |          |          |          |          |          |          |          | 1.20     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 9  | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 6.00<br>Q 92 942.46      |          |          |          |          |          |          |          | 2.00     | 2.00     | 2.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 10 | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 2.00<br>Q 30 951.76      |          |          |          |          |          |          |          | 2.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 11 | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 2.20m) | unidad         | 1.00<br>Q 21 413.75      |          |          |          |          |          |          |          |          | 1.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 12 | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 4.00m) | unidad         | 3.00<br>Q 91 476.80      |          |          |          |          |          |          |          |          | 3.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 13 | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 4.00m) | unidad         | 1.00<br>Q 32 169.67      |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 1.00     |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 14 | Construcción de pozos de visita para drenaje sanitario, ladrillo (Hoyos Ø 226x114x0.05m basecal, diámetro interno de 1.75m de Hignen + 4.00m) | unidad         | 6.00<br>Q 239 772.80     |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 2.00     | 2.00     | 2.00     |          |          |          |          |          |          |
| 15 | Tubos PVC conegato Ø 10" (Hignen=2.05m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 469.04<br>Q 361 999.49   |          | 76.17    | 76.17    | 76.17    | 76.17    | 76.17    | 76.17    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 16 | Tubos PVC conegato Ø 12" (Hignen=2.20m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 492.32<br>Q 461 117.24   |          |          |          | 62.88    | 62.88    | 62.88    | 62.88    | 62.88    | 62.88    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 17 | Tubos PVC conegato Ø 15" (Hignen=2.26m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 427.42<br>Q 542 998.64   |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 71.24    | 71.24    | 71.24    | 71.24    |          |          |          |          |          |
| 18 | Tubos PVC conegato Ø 18" (Hignen=2.26m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 632.42<br>Q 1 538 986.64 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 136.74   | 136.74   | 136.74   | 136.74   |          |
| 19 | Tubos PVC conegato Ø 24" (Hignen=2.05m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 525.72<br>Q 620 227.26   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 20 | Tubos PVC conegato Ø 30" (Hignen=4.05m (incluye suministro, colocación, excavación y sellado con material selecto)                            | m              | 675.89<br>Q 2 634 094.97 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.22. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los flujos de costos beneficios y en los que incurre un país al ejecutar o no un determinado proyecto.

#### 3.1.22.1. Valor presente neto (VPN)

Valor presente neto simplemente significa traer del futuro cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se traslada cantidades del futuro al presente se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al



presente, como en el cálculo VNP, se dice que se utiliza una tasa de descuento; por ello, a los flujos de efectividad ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$VPN < 0$$

$$VPN = 0$$

$$VPN > 0$$

Cuando el  $VPN < 0$ , el resultado es un valor negativo muy grande y alejado de cero, nos está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable. Cuando el  $VPN = 0$ , está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando  $VPN > 0$ , está indicando que la opción es rentable, y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

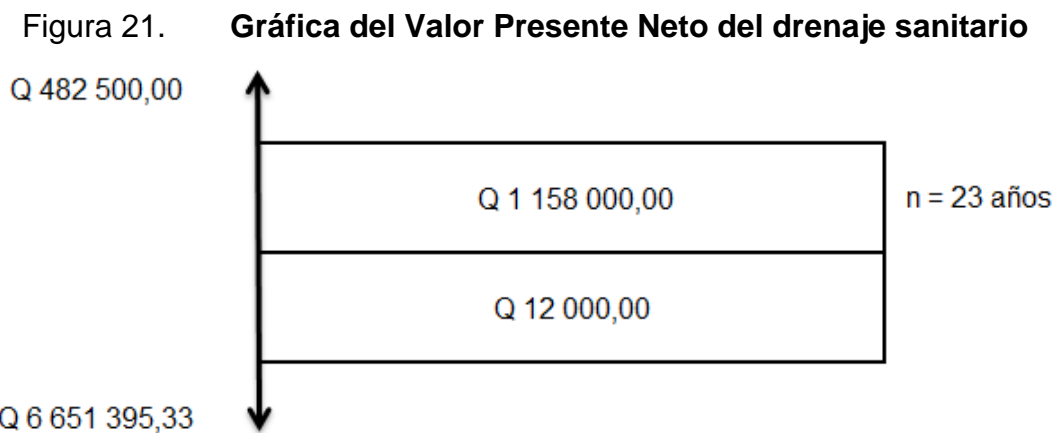
La municipalidad de Villa Nueva pretende invertir Q 6 651 395,33 en la ejecución del proyecto de drenaje sanitario de la zona 1 y 5 de Villa Nueva. El costo mensual de mantenimiento será de Q 1 000,00. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida es de Q 125,00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 25,00.

Tabla XXV. **Costos de operación del drenaje sanitario de la zona 1 y 5**

| <b>GASTOS / INGRESOS</b> | <b>OPERACIÓN</b>          | <b>RESULTADO Q</b> |
|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Costo inicial            |                           | Q 6 651 395,33     |
| Ingreso inicial          | Q 125,00/viv*3 860viv     | Q 482 500,00       |
| Costo anuales            | Q 1 000/mes*12meses       | Q 12 000,00        |
| Ingreso anual            | Q 25,00/viv*3 860*12meses | Q 1 158 000,00     |
| Vida útil en años        |                           | 23 años            |

Fuente: elaboración propia.

Una forma de analizar este proyecto es situar una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés, debido a que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más bajo posible, para este caso se analizó con una tasa de interés  $i = 12\%$ .



Fuente: elaboración propia.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, entonces se tiene:

$$VNP = -6\,651\,395,33 + 30\,125,00 - 12\,000 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{23}} + 72\,300 * \frac{1}{(1 + 0,12)^{23}}$$

$$VNP = -6\,084\,334,33$$

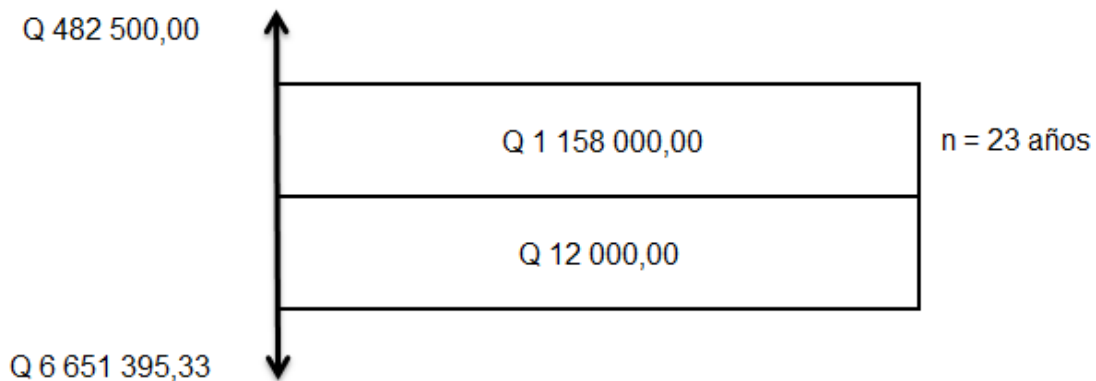
Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad alguna; puesto que el proyecto es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo a los vecinos favorecidos de Villa Nueva.

### 3.1.22.2. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR mide la rentabilidad de un proyecto y si es igual o mayor que la TREMA, debe aceptarse, de lo contrario se rechaza, esto garantiza que el proyecto ganará más de su rendimiento esperado

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de drenaje para la zona 1 y 5 de Villa Nueva, con el costo inicial de Q 6 651 395,33. Por otra parte, la alcaldía necesita de Q 12 000,00, al final de cada año, como costo de mantenimiento y Q 1 158 000,00 por la cuota de amortización; también se tendrá un ingreso inicial por derecho de cada conexión domiciliar, esto será de Q 482 500,00 por total de 3 860 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 23 años, que corresponde a la vida útil del sistema.

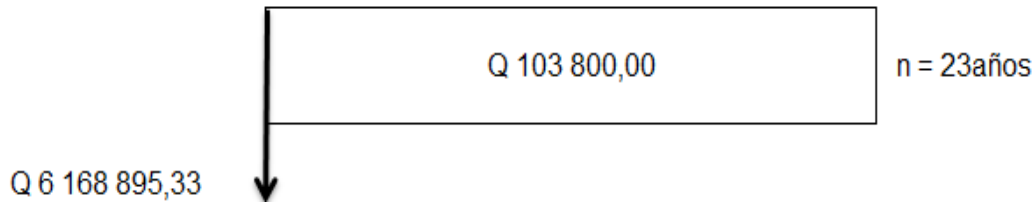
Figura 22. **Gráfica 1 del valor de Tasa Interna de Retorno (TIR)**



Fuente: elaboración propia.

Puesto que los Q 1 158 000,00 y los Q 12 000,00 se encuentran enfrentados en el mismo período, como también Q 6 651 395,33 y los Q 482 500,00, la gráfica podría simplificarse así.

Figura 23. Gráfica 2 del valor de Tasa Interna de Retorno (TIR)



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en claro lo anterior, se plantea y se soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Si se utiliza una tasa de interés del -13,50 %

$$VNP = -6\,168\,895,33 + 103\,800,00 * \frac{1}{(1 + (-0,1350))^{23}} = -325\,263,03$$

Si se utiliza una tasa de interés de 16,50 %

$$VNP = -6\,168\,895,33 + 103\,800,00 * \frac{1}{(1 + (-0,1650))^{23}} = 398\,730,73$$

Se utiliza la interpolación matemática para encontrar la tasa de interés que se busca:

|          |           |               |
|----------|-----------|---------------|
| -13,50 % | - - - - - | (-325 263,03) |
| i %      | - - - - - | 0             |
| -16.50 % | - - - - - | 398 730,73    |

$$\frac{-13,50 - i}{-13,50 - (-16,50)} = \frac{-325\,263,03 - 0}{-325\,263,03 - 398\,730,73}$$

$$i = 14,85 \%$$

La tasa de interés es de -14,85 %, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es negativa y como ya se mencionó antes, el proyecto es de carácter social. Es decir es un proyecto de inversión pública y tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no intereses económicos.



## **4. DISEÑO DE UN PAVIMENTO INTERCONEXIÓN DE LA CA-9 CON LA COLONIA CIUDAD PERONIA.**

### **4.1. Descripción del proyecto**

En este capítulo se desarrollará el proyecto: diseño del pavimento interconexión de la colonia, Ciudad Peronia con la carretera CA-9, en el municipio de Villa Nueva. De esta manera se mejorará el nivel de vida de los pobladores beneficiados, dado que no existe varias vías de acceso adecuado. En lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño del pavimento.

### **4.2. Estudio preliminar de campo**

#### **4.2.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de coordenadas X y Y, que proporciona la estación total en sus datos almacenados. Se realizó por método de radiaciones. Se utilizó el siguiente equipo: estación total, prismas, brújula, plomada, estacas, clavos y pintura.

#### **4.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de planimetría. Se partió de una referencia (BM), ubicada en la E-0 con cota 1 460 m. Se usó el método taquimétrico. La cota

topográfica de una estación a otra da la referencia coordenadas Z en la estación total.

### **4.3. Estudio de suelos**

#### **4.3.1. Ensayos de laboratorio de suelos**

En todo proyecto de pavimentación a realizar, se debe tener conocimientos de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuado con material de suelo del lugar del proyecto.

##### **4.3.1.1. Ensayo de granulometría**

La granulometría sirve para conocer la variedad en el tamaño de las partículas del suelo, para tamizarlas, el procedimiento más expedito es el de tamizado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Conocida las composiciones granulométricas del material, se representan gráficamente. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee 0,11 % de grava, 27,58 % de arena y 72,31 % de finos. El suelo se clasifica como Limo arenoso color café oscuro.

##### **4.3.1.2. Límites de Atterberg**

Los límites de Atterber son los límites de contenido de humedad para que el suelo pueda deformarse sin romperse, se clasificaron en cuatro estados de consistencia: líquido, plástico, semi-plástico y sólido.



#### **4.3.1.2.1. Límite líquido**

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico, el método que se utiliza para determinar el límite líquido es el que ideó Casagrande y su norma es AASTHO T-89. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que se hayan cruzado la malla o tamiz No. 40; si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico. En este caso el resultado fue de 35,9 %

#### **4.3.1.2.2. Límite plástico.**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgadas sin romperse y su norma es AASTHO T-89, según los ensayos la muestra posee poca plasticidad, durante el ensayo a veces no se forman bien los cilindros.

#### **4.3.1.2.3. Índice plástico**

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico según AASTHO T-90, tanto el límite líquido como el límite plástico, depende de la cantidad de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

|                 |             |                              |
|-----------------|-------------|------------------------------|
| Índice plástico | = 0         | Suelo no plástico            |
| Índice plástico | < 7         | Suelo de baja plasticidad    |
| Índice plástico | 7 < IP < 17 | Suelo de mediana plasticidad |

Índice plástico > 17 Suelo altamente plástico

Dado que el índice plástico, es de 6,5 % el suelo tiene poca o baja plasticidad.

#### **4.3.1.3. Ensayo de compactación proctor modificado**

La prueba de proctor modificado, según la AASTHO T-180. La densidad que se puede obtener es un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se llama "Contenido óptimo de humedad" para aquel método de compactación dado. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación. Antes de la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pesado por el tamiz No. 4. se entiende por triturado únicamente al espolvorear terrones, no así las gravas si las hubiera.

Los resultados indican que posee una densidad seca máxima de 1533,11kg/m<sup>3</sup> humedad óptima de 24,30 %. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

#### **4.3.1.4. Ensayo de valor de soporte (C.B.R.)**

Este ensayo es conocido como california Bearing Ratio (C.B.R) por sus iniciales en inglés, sirve para determinar la capacidad de soporte que tiene un cuerpo compactado a su densidad máxima en las peores condiciones de humedad que pueda tener. Este se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra del suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. Para

determinar el C.B.R. se toma como material de comparación o patrón, piedra triturada bien graduada, que tiene un C.B.R. igual al 100 %.

Los resultados del laboratorio demuestran que la sub-rasante tiene un valor de soporte de soporte de 3,70 % a una compactación de 95 %, clasificando el suelo como para una sub-rasante con una estabilidad regular o mala.

#### **4.4. Análisis de resultados**

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas que se encuentran en anexos. De estos resultados dependen de los espesores de las capas que conforman el pavimento rígido.

El resumen de los resultados se muestra a continuación.

- Clasificación P.R.A.: A-4
- Clasificación S.C.U.: ML
- Descripción del suelo: Limo arenoso color café oscuro.
- Límite líquido: 35,90 %
- Índice plástico: 6,50 %
- Descripción del suelo con respecto a los límites: Limo de baja plasticidad.
- Densidad seca máxima: 1 533,11kg/m<sup>3</sup>
- Humedad óptima: 24,30 %
- C.B.R. crítico: 3,70 %

## **4.5. Diseño geométrico de carreteras**

### **4.5.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y grados de curvatura que permite una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares y viceversa o también entre dos curvas circulares de radio diferente. El alineamiento debe permitir un recorrido de operación suave y segura a una velocidad de diseño específica.

#### **4.5.1.1. Conceptos y generalidades básicas**

Para alcanzar las operaciones deseadas es necesario los parámetros, cálculo y diseño de los diferentes elementos geométricos que interactúan entre sí, concibiendo de esta manera el alineamiento horizontal.

##### **4.5.1.1.1. Velocidad**

La velocidad es uno de los factores más importantes a considerar para la movilización en diferentes alternativas de rutas y medios de transportes. Esta característica es de gran valor para determinar el transporte y/o movilización de personas y bienes, así como sinónimos de convivencia y economía, los cuales están relacionados directamente con la velocidad.

##### **4.5.1.1.2. Velocidad de diseño**

Es la velocidad seleccionada para determinar los varios diseños geométricos de una carretera. La determinación de una velocidad de diseño

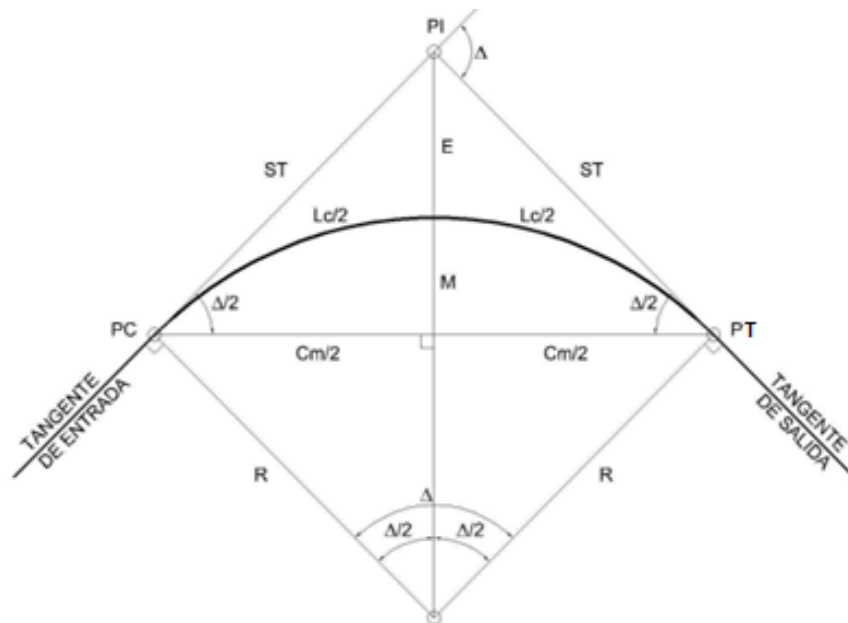
debe ser lógica, considerando la topografía, anticipando una velocidad de operación, el uso de la tierra y la clasificación funcional de la misma.

Para este proyecto la velocidad de diseño es de 40km/h, debido a que es una carretera Tipo E onduladas.

#### 4.5.1.1.3. Curvas circulares

Las curvas circulares del alineamiento horizontal están definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que las caracterizan se muestran en la figura 24 y las cuales son descritas a continuación.

Figura 24. Elementos de las curvas circulares simple



Fuente: elaboración propia

Donde:

PC = punto de comienzo de curva

PT = punto término de curva

PI = punto de intersección de 2 alineamientos

ST = subtangente

LC = longitud de curva

Cm = cuerda máxima

E = external

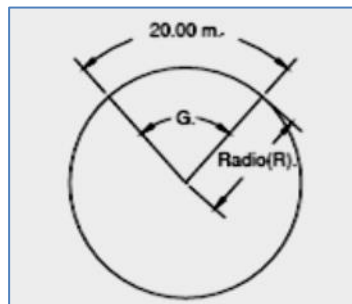
M = ordenada media

$\Delta$  = ángulo de deflexión de la tangente

R = radio

- Grado de curvatura: el grado de curvatura G se define como el ángulo central, subtendido por un arco de 20m.

Figura 25. **Elemento de curva circular grado de curvatura**



Fuente: Dirección General de Caminos.

- Radio de giro: los radios de giro son los valores límites del grado de curvatura para una velocidad de diseño determinada.

$$\frac{G}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R}$$
$$R = \frac{20 * 360^\circ}{2 * \pi * G}$$
$$R = \frac{1145,9156}{G}$$

Para resolver de la siguiente manera, según las características geométricas de la carretera diseñada, se tiene que el radio mínimo de la curva es de 47 m, ya que es una carretera tipo E, llana, pero por algunos criterios de la municipalidad se tomó el radio de 75 m.

$$R = \frac{1145,9156}{G} \rightarrow G = \frac{1145,9156}{75} = 15,27^\circ = 15^\circ 16' 44''$$

- Longitud de curva: la longitud de curva (LC) es la distancia, siguiendo la curva, desde el principio de curva (PC), hasta el principio de tangentes (PT).

$$\frac{LC}{2R} = \frac{LC}{360} = \frac{20}{G}$$

Datos en la curva 3:

$$PC = 0 + 667,15m$$

$$\Delta = 31^\circ 44' 10''$$

$$LC = \frac{20 * 31^\circ 44' 10''}{15^\circ 16' 44''} = 41,54m$$

- Sub-tangente: la sub-tangente (ST) corresponde a la distancia entre el PC y el punto de inflexión o intersección (PI) o entre PI y el PT.

$$Tg(\Delta/2) = \frac{St}{R} \rightarrow St = R * Tg(\Delta/2)$$

$$ST = 75 * \tan\left(\frac{31^\circ 44' 10''}{2}\right) = 21,32m$$

- Cuerda máxima: se conoce como cuerda máxima (Cm) a la distancia en la línea recta desde el Pc al Pt.

$$\text{Sen}(\Delta/2) = \frac{cm/2}{R} \rightarrow Cm = 2 * R * \text{Sen}(\frac{\Delta}{2})$$

$$Cm = 2 * 75 * \text{sen}\left(\frac{31^{\circ}44'10''}{2}\right) = 41,01m$$

- External: external (E) es la distancia entre el PI y el punto medio de la curva.

$$\text{Cos}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = \frac{R}{R + E} \rightarrow E = \frac{R}{\text{cos}(\frac{\Delta}{2})} - R$$

$$E = \frac{75}{\text{cos}\left(\frac{31^{\circ}44'10''}{2}\right)} - 75 = 2,97m$$

- Ordenada media: la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima es llamada ordenada medio (M).

$$\text{Cos}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = \frac{R - OM}{R} \rightarrow OM = R(1 - \text{Cos}(\Delta/2))$$

$$OM = 75 * \left(1 - \text{cos}\left(\frac{31^{\circ}44'10''}{2}\right)\right) = 2,86m$$

- PC y PT: los estacionamientos se calculan con base en las distancias entre los PI de localización, la sub-tangente y la longitud de curva.

$$PT = PC + LC$$

$$PT = (0 + 667,15) + 41,54 = 0 + 708,69m$$



**Tabla XXVI. Tabulación de datos curva horizontal**

| ELEMENTOS DE CURVA |               |             |       |       |        |        |       |       |          |          |          |                    |
|--------------------|---------------|-------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|----------|----------|----------|--------------------|
| CURVA              | DIRECCIÓN     | DELTA       | RADIO | ST    | LC     | CM     | E     | OM    | PI       | PC       | PT       | Grado de curvatura |
| CURVA No:1         | S10° 40' 05"W | 71° 04' 17" | 60,00 | 42,85 | 74,43  | 69,75  | 13,73 | 11,17 | 0+209,85 | 0+167,00 | 0+241,42 | 19° 05' 55"        |
| CURVA No:2         | S6° 15' 49"W  | 79° 52' 48" | 26,97 | 22,59 | 37,61  | 34,63  | 8,21  | 6,29  | 0+322,54 | 0+299,95 | 0+337,56 | 42° 29' 00"        |
| CURVA No:3         | S17° 48' 30"E | 31° 44' 10" | 75,00 | 21,32 | 41,54  | 41,01  | 2,97  | 2,86  | 0+688,47 | 0+667,15 | 0+708,69 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:4         | S22° 10' 50"E | 40° 28' 49" | 75,00 | 27,65 | 52,99  | 51,89  | 4,94  | 4,63  | 0+836,34 | 0+808,68 | 0+861,67 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:5         | S54° 19' 31"E | 23° 48' 33" | 75,00 | 15,81 | 31,17  | 30,94  | 1,65  | 1,61  | 1+011,91 | 0+996,10 | 1+027,27 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:6         | S22° 21' 15"E | 87° 45' 05" | 75,00 | 72,11 | 114,87 | 103,96 | 29,04 | 20,94 | 1+488,85 | 1+416,74 | 1+531,60 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:7         | S4° 22' 32"W  | 34° 17' 31" | 50,00 | 15,43 | 29,93  | 29,48  | 2,33  | 2,22  | 1+632,75 | 1+617,33 | 1+647,25 | 22° 55' 06"        |
| CURVA No:8         | S36° 09' 26"E | 46° 46' 27" | 75,00 | 32,44 | 61,23  | 59,54  | 6,71  | 6,16  | 1+828,02 | 1+795,58 | 1+856,81 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:9         | S70° 03' 02"E | 21° 00' 45" | 75,00 | 13,91 | 27,51  | 27,35  | 1,28  | 1,26  | 2+027,08 | 2+013,18 | 2+040,68 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:10        | N64° 41' 32"E | 69° 30' 05" | 75,00 | 52,03 | 90,98  | 85,50  | 16,28 | 13,38 | 2+224,03 | 2+172,00 | 2+262,98 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:11        | N76° 24' 42"E | 92° 56' 25" | 33,76 | 35,54 | 54,77  | 48,96  | 15,26 | 10,51 | 2+438,55 | 2+403,01 | 2+457,78 | 33° 56' 24"        |

Fuente: elaboración propia

#### **4.5.1.1.4. Peralte**

El peralte es la sobreelevación que se le da a la sección transversal en la curva. Para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular, esta fuerza hace que el vehículo tenga un movimiento hacia fuera de la curva. Para el cálculo del peralte se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver el peralte recomendado, dependiendo del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

#### **4.5.1.1.5. Sobreancho**

El sobreancho es el ancho adicional proporcionado en las curvas debido a que al circular en ellas, los vehículos ocupan mayor espacio, porque aun los neumáticos sigan la dirección de la curva, la carrocería tiende a seguir tangencialmente el movimiento. Para el cálculo de sobre ancho se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver los anchos

máximos, dependiendo de estos del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura. El peralte y sobre ancho serán repartidos proporcionalmente en una longitud de la curva, empezando a partir del PC menos  $LS/2$  y terminando en PT más  $LS/2$ .

#### **4.5.1.1.6. Corrimiento**

El corrimiento es el desplazamiento radial que es necesario darle hacia adentro de la curva circular, para darle cabida a la curva espiral, su función es la de compensar el movimiento que sufren los vehículos hacia el interior de la curva debido a la fuerza centrífuga, evitando que abandonen su carril respectivo. La espiral es una curva de transición que se intercala entre una tangente y una curva circular o entre dos curvas circulares.

También sirve para lograr el desarrollo o cambio de bombeo en la tangente a peralte de curva.



Para determinar la longitud de las tangentes se debe tomar en cuenta la longitud espiral, ya que la tangente debe tener la longitud suficiente para las curvas de transición que se encuentran antes y después de ellas, por lo que la longitud de la tangente mínima debe ser igual a la suma de la mitad de la longitud de espiral de la curva que le precede y la mitad de la longitud espiral de la curva posterior.

También se debe tomar en cuenta que la longitud de curva horizontal debe ser igual que la espiral como mínimo.

Para calcular los peraltes y sobreanchos hay que tomar en cuenta lo siguiente: se escoge el grado de curvatura para la curva. En este caso para la curva No. 3 se tiene  $15^{\circ}16'44''$ .

Se calcula los peraltes, sobre anchos y corrimiento para la curva, estos cambian proporcionalmente con la longitud de espiral, para esta curva la longitud de espiral (LS) es 42, según la figura 26. Entonces los cambios en el peralte, sobreancho y corrimiento empezarán en la estación:

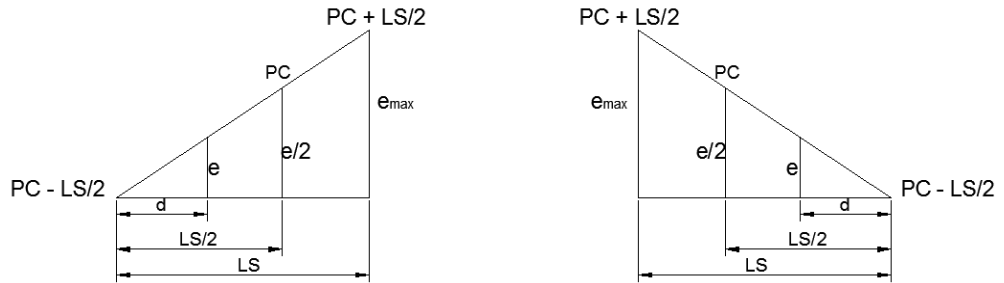
$$PC - LS/2 = 0 + 667,15 - 42/2 = 0 + 646,16m$$

Y terminará en la estación:

$$PT + LS/2 = 0 + 708,69 + 42/2 = 0 + 729,69m$$

Tendrá el valor máximo, cuando alcance el valor máximo y se mantiene este valor hasta que empiece a decrecer, no puede existir un valor mayor, en la figura 24 se ilustra el cambio de proporcional de peralte, cuando se entra y se sale de la curva horizontal.

Figura 27. **Cambio proporcional de peralte**



Fuente: elaboración propia.

Por medio de la relación de triángulos se calcula el peralte a una distancia cualquiera (d).

$$\frac{e}{d} = \frac{e_{max}}{LS}$$

$$e = \frac{e_{max} * d}{LS}$$

Para el cálculo de sobreancho se tiene la misma relación de triángulos, entonces, para una distancia cualquiera (d) se tiene un sobreancho:

$$\frac{SA}{d} = \frac{S_{max}}{LS}$$

$$SA = \frac{S_{max} * d}{LS}$$

Tabla XXVII. **Cálculo de elementos de curva horizontal, sobreancho**

| No. Curva | Carretera tipo E ondulada, V=40 km/h |       |      |
|-----------|--------------------------------------|-------|------|
|           | Ls                                   | e%    | Sa   |
| 1         | 48,00                                | 9,50  | 1,60 |
| 2         | 50,00                                | 10,00 | 1,80 |
| 3         | 42,00                                | 8,40  | 1,40 |
| 4         | 42,00                                | 8,40  | 1,40 |
| 5         | 42,00                                | 8,40  | 1,40 |

Continuación de tabla XXVII

|    |       |       |      |
|----|-------|-------|------|
| 6  | 42,00 | 8,40  | 1,40 |
| 7  | 50,00 | 10,00 | 1,80 |
| 8  | 42,00 | 8,40  | 1,40 |
| 9  | 42,00 | 8,40  | 1,40 |
| 10 | 42,00 | 8,40  | 1,40 |
| 11 | 50,00 | 10,00 | 1,80 |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5.1.1.7. Bombeo

Bombeo es la pendiente que se da a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

Empíricamente se ha demostrado que en función del tipo de superficie, puede ser determinado el valor requerido para la pendiente del bombeo, obteniendo una evacuación eficiente del agua, sobre el área de rodadura.

Figura 28. Tipos de Bombeo

| Eficiencia     | Tipo de superficie de rodadura  | Bombeo % |
|----------------|---|----------|
| Muy buena      | Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con colocadoras mecánicas. | 1 a 3    |
| Buena          | Superficie de concreto asfáltico, tendido con motoniveladora.                     | 2 a 3    |
| Regular a mala | Superficie de tierra o grava.   | 2 a 4    |

Fuente: *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. p. 369.

## **4.5.2. Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical está formado por la rasante, constituida por una serie de rectas por arcos verticales parabólica, a los cuales dichas rectas son tangentes. La inclinación de la rasante depende principalmente de la topografía de la zona que atraviesa, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en las diferentes pendientes de ascenso y descenso que lleguen a configurar el perfil longitudinal de la carretera.

### **4.5.2.1. Concepto y generalidades básicas**

Es de esta manera, como al igual que el alineamiento horizontal, es necesario el conocimiento de los diferentes factores, parámetros y elementos que conforman el alineamiento vertical, además del cálculo y diseño de los mismos, procurando siempre alcanzar con el diseño una operación adecuada, así como una interacción congruente con el alineamiento horizontal.

#### **4.5.2.1.1. Tangentes verticales**

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente, están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia media horizontal entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre los dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de las tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se les representa con la letra A.

#### **4.5.2.1.2. Pendiente gobernadora**

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para dominar de un desnivel determinado o en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendiente que se deba proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

#### **4.5.2.1.3. Pendiente máxima**

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto, queda determinado por el volumen y la compasión del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar criterios obstáculos locales tales como acantilados, fallas y zonas inestables, para este caso la pendiente máxima es de 9% ya que la carretera tipo E ondulada con velocidad de 40 k/h.

**Tabla XXVIII. Valor de pendiente**

| TIPO DE CARRETERA | VELOCIDAD (km/h) | PENDIENTE MÁXIMA (%) |
|-------------------|------------------|----------------------|
| TIPO E            |                  |                      |
| REGIONES          |                  |                      |



Continuación de tabla XXVIII

|            |    |    |
|------------|----|----|
| LLANAS     | 50 | 8  |
| ONDULADAS  | 40 | 9  |
| MONTAÑOSAS | 30 | 10 |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5.2.1.4. Pendiente mínima**

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los rellenos o terraplenes puede ser nula, en los cortes se recomienda 0,5 % mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

#### **4.5.2.1.5. Curvas verticales**

Las curvas verticales sirven de enlace entre dos tangentes consecutivas de alineamiento vertical, con el fin de efectuar un paso gradual de la tangente de entrada a la tangente de salida, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo de vehículos. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Tipos de curvas verticales



Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. p.31

La finalidad de una curva vertical, es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque las más usadas en nuestro país es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y la gran adaptación a las condiciones del terreno.

Las especificaciones para curvas verticales, dadas por la Dirección General de Caminos, están en función de la diferencia algebraica de pendientes y la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierras. La longitud de las curvas verticales debe garantizar: el drenaje, tener una buen apariencia y proporcionar comodidad al usuario. Al momento de diseñar, se debe considerar las longitudes mínimas permisibles en curvas, con el objeto de evitar su traslape y dejar la mejor visibilidad a los conductores.

La Tabla XXIX muestra los diferentes valores de K para la visibilidad de parada según la Dirección General de Caminos.

Tabla XXIX. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

| VELOCIDAD DE DISEÑO | VALORES DE K SEGÚN EL TIPO DE CURVA |         |
|---------------------|-------------------------------------|---------|
|                     | CÓNCAVA                             | CONVEXA |
| 20                  | 2                                   | 1       |
| 30                  | 4                                   | 2       |
| 40                  | 6                                   | 4       |
| 50                  | 9                                   | 7       |
| 60                  | 12                                  | 12      |
| 70                  | 17                                  | 19      |
| 80                  | 23                                  | 29      |
| 90                  | 29                                  | 43      |

Fuente: Dirección General de Caminos.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de curva.

- Criterio de comodidad: se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo.

$$K = LCV/A \geq V^2/395$$

En donde:

K = es una constante del recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

V = es la velocidad de diseño, en km/h.

A = es la diferencia algebraica de las pendientes, en porcentaje.

LCV = es la longitud de la curva vertical, en m.

- Criterio de apariencia: se aplica en el diseño de curvas verticales con visibilidad completa, o sea las curvas cóncavas, para evitar al usuario la

impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente la norma AASTHO ha determinado que:

$$A = P_s - P_e$$

En donde:

$P_s$  = pendiente de salida

$P_e$  = pendiente de entrada

$$K = LCV/A \geq 30$$

- Criterio de drenaje: se aplica al diseño de curvas verticales convexas y/o cóncavas, cuando están alojados en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La norma AASTHO ha encontrado que para esto ocurra de cumplirse la siguiente ecuación:

$$K = LCV/A \leq 43$$

En donde:

$K$  = constante del recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud

$A$  = diferencia algebraica de pendiente, en porcentaje

$LCV$  = longitud de curva vertical, en m

- Criterio de seguridad: se aplica en curvas convexas y cóncavas. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas con la distancia de visibilidad de alineamiento.

$$LCV = K * A$$

Para realizar las correcciones máximas en las curvas verticales se debe calcular la ordenada máxima de la siguiente manera:

$$OM = \frac{Ps - Pe}{800} * LCV$$

Donde

OM = ordenada máxima

Pe = pendiente de entrada

Ps = pendiente de salida

LCV = longitud de curva vertical

Para corregir cualquier punto en una curva vertical se utiliza la siguiente fórmula.

$$Y = \frac{(Pe - Ps)}{200 * LCV} * l^2$$

Donde

$l$  = distancia desde el PCV al punto o desde el PTV

Ps = pendiente de salida en %

Pe = pendiente de entrada

Y = corrección de un punto cualquier distancia

Datos de curva No. 7

EST. PIV = 1+250 m

ELEV. PIV = 1418 m

Pe = 8,28 %

Ps = 4,14 %

l = 60

LCV = 120 m

$$OM = \frac{-8,28 - (4,14)}{800} * 60^2 = 1,86$$

$$Y = \frac{(-8,28 - 4,14)}{200 * 120} * 40^2 = 0,83$$

A continuación se muestran todas las correcciones de la curva vertical No.7

Tabla XXX. Corrección de subrasante

|     | ESTACIÓN | PENDIENTE | SUB-RASATE | CORRECCIÓN | SUBRASANTE CORREGIDA |
|-----|----------|-----------|------------|------------|----------------------|
| PCV | 1+190    | 8,28      | 1 422,97   | 0,00       | 1 422,97             |
|     | 1+210    |           | 1 421,31   | 0,21       | 1 421,52             |
|     | 1+230    |           | 1 419,66   | 0,83       | 1 420,49             |
| PIV | 1+250    | 4,14      | 1 418,00   | 1,86       | 1 419,86             |
|     | 1+270    |           | 1 418,83   | 0,83       | 1 419,66             |
|     | 1+290    |           | 1 418,66   | 0,21       | 1 418,87             |
| PTV | 1+310    |           | 1 420,48   | 0,00       | 1 420,48             |

Fuente: elaboración propia

Tabla XXXI. Tabulación de curvas verticales

| No. DE CURVA | ESTACION PIV | ELEVACIÓN PIV | PENDIENTE ENTRADA | PENDIENTE SALIDA | DIFERENCIA A | TIPO DE CURVA | K MINIMA DE VISIBILIDAD SEGUN TABLAS |       | LCV DE DISEÑO | K = LCV/A | CRITERIO DE APARIENCIA (CURVAS CONC.) | CRITERIO DE COMODIDAD (CURVAS CONC.) | CRITERIO DE DRENAJE (CURVAS CONC. Y CONV.) | CRITERIO DE SEGURIDAD (CURVAS CONC. Y CONV. CON K DE DISEÑO) | CRITERIO DE SEGURIDAD (CURVAS CONC. Y CONV. CON K SEGUN TABLA D.G.C.) | OM     |               |   |               |     |     |
|--------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------------------------|-------|---------------|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|---|--------|---------------|---|---------------|-----|-----|
|              |              |               |                   |                  |              |               | conc.                                | conv. |               |           |                                       |                                      |  |  |   |        | (LCV/A) >= 30 | (LCV/A) >= V <sup>2</sup> /395<br>(V <sup>2</sup> /395) = 4,05<br>06329 | (LCV/A) <= 43 | A*K | A*K |
|              |              |               |                   |                  |              |               |                                      |       |               |           |                                       |                                      |  |  |   |        |               |   |               |     |     |
| 1            | 0+193,61     | 1 452,00      | -2,95             | 1,04             | 3,99         | CONC.         | 6                                    |       | 40,00         | 10,03     | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,00  | 23,94   | 0,1995 |               |   |               |     |     |
| 2            | 0+285,26     | 1 452,96      | 1,04              | -4,95            | 5,99         | CONV.         |                                      | 4     | 40,00         | 6,68      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,00  | 23,96   | 0,2995 |               |   |               |     |     |
| 3            | 0+448,23     | 1 444,89      | -4,95             | -0,02            | 4,93         | CONC.         | 6                                    |       | 43,00         | 8,72      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 43,00  | 29,58   | 0,2650 |               |   |               |     |     |
| 4            | 0+527,31     | 1 444,87      | -0,02             | -4,65            | 4,63         | CONV.         |                                      | 4     | 42,00         | 9,07      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 42,00  | 18,52   | 0,2431 |               |   |               |     |     |
| 5            | 0+839,46     | 1 430,36      | -4,65             | -0,14            | 4,51         | CONC.         | 6                                    |       | 40,59         | 9,00      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,59  | 27,06   | 0,2288 |               |   |               |     |     |
| 6            | 1+105,00     | 1 430,00      | -0,14             | -8,28            | 8,14         | CONV.         |                                      | 4     | 45,00         | 5,53      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 45,00  | 32,56   | 0,4579 |               |   |               |     |     |
| 7            | 1+250,00     | 1 418,00      | -8,28             | 4,14             | 12,42        | CONC.         | 6                                    |       | 120,00        | 9,66      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 120,00   | 74,52   | 1,8630 |               |   |               |     |     |
| 8            | 1+395,00     | 1 424,00      | 4,14              | -7,08            | 11,22        | CONV.         |                                      | 4     | 50,00         | 4,46      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 50,00  | 44,88   | 0,7013 |               |   |               |     |     |
| 9            | 1+547,85     | 1 413,18      | -7,08             | -1,35            | 5,73         | CONC.         | 6                                    |       | 51,53         | 8,99      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 51,53  | 34,38   | 0,3691 |               |   |               |     |     |
| 10           | 1+782,58     | 1 410,00      | -1,35             | -13,86           | 12,51        | CONV.         |                                      | 4     | 54,47         | 4,35      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 54,47  | 50,04   | 0,8518 |               |   |               |     |     |
| 11           | 1+890,41     | 1 395,06      | -13,86            | -3,57            | 10,29        | CONV.         |                                      | 4     | 92,57         | 9,00      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 92,57  | 41,16   | 1,1907 |               |   |               |     |     |
| 12           | 2+030,89     | 1 390,04      | -3,57             | -0,06            | 3,51         | CONC.         | 6                                    |       | 40,00         | 11,40     | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,00  | 21,06   | 0,1755 |               |   |               |     |     |
| 13           | 2+168,01     | 1 389,06      | -0,06             | -4,42            | 4,36         | CONC.         | 6                                    |       | 40,00         | 9,17      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,00  | 26,16   | 0,2180 |               |   |               |     |     |
| 14           | 2+275,00     | 1 385,23      | -4,42             | 3,08             | 7,50         | CONV.         |                                      | 4     | 67,52         | 9,00      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 67,52  | 30,00   | 0,6330 |               |   |               |     |     |
| 15           | 2+430,00     | 1 390,00      | 3,08              | -3,87            | 6,95         | CONC.         | 6                                    |       | 40,00         | 5,76      | NO CUMPLE                             | CUMPLE                               | CUMPLE                                     | 40,00  | 41,70   | 0,3475 |               |   |               |     |     |

Fuente: elaboración propia.

## **4.6. Movimiento de Tierras**

El movimiento de tierra consiste en trasladar volúmenes de tierra de un lugar a otro, para modificar la configuración de la superficie del terreno y condición física. Esta actividad está dentro de las operaciones más importante en la construcción de una carretera, su influencia en la alineación y sobre todo en el costo total, es muy significativo.

La condición ideal para el movimiento de tierra de un proyecto de ingeniería, es aquel donde el material de corte es utilizado para la construcción de los rellenos, sin que sea necesaria para la utilización de material de préstamo o la eliminación del material de desperdicio.

### **4.6.1. Cálculo de área de secciones transversales**

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera determina el volumen del movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto de carretero.

Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, marcando con esta área de relleno y debajo del terreno natural, área de corte; a partir del cual, se habrá de trazar la sección típica, contemplando el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3% o el peralte que sea apropiado si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón al tipo de material del terreno y la altura que precisen. El perfil exacto de la cuneta, por lo general se calcula aparte de considerarlo como excavación de canales.

Se mide o se calcula el área enmarcado entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando aparte del corte y el relleno necesario. Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación en la siguiente tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Taludes recomendados en corte y relleno**

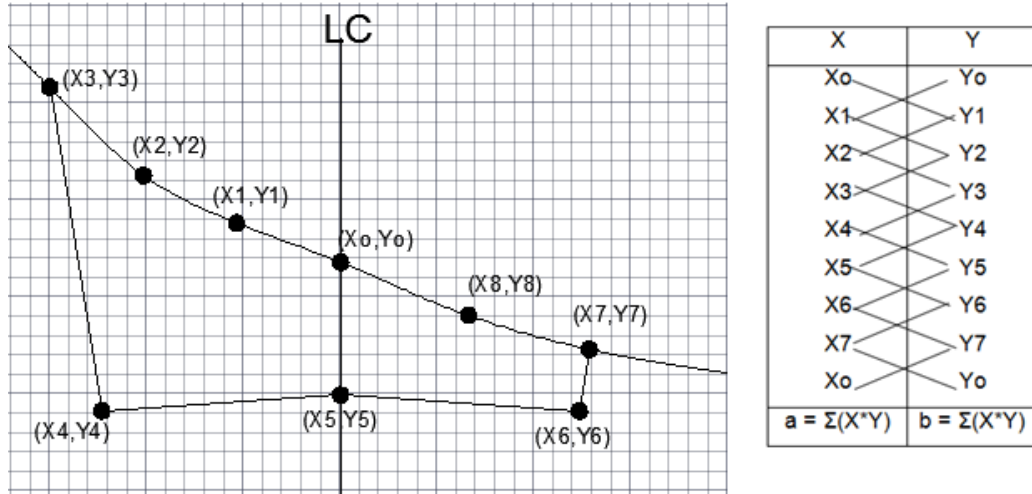
| CORTE  |       | RELLENO |       |
|--------|-------|---------|-------|
| ALTURA | V - H | ALURA   | V - H |
| 0 - 3  | 1 - 1 | 0 - 3   | 2 - 1 |
| 3 - 7  | 1 - 7 | > 3     |       |
| > 3    | 1 - 3 |         |       |

Fuente: PÉREZ GARCÍA, Rafael Alexander. *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la Aldea Guayabal, Municipio de Valenzuela del Departamento de Zacapa*. p. 32.

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar a través de un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignado coordenada totales como se considera conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área. Ver figura 30.



Figura 30. Cálculo de áreas de secciones transversales



$$\text{ÁREA} = \frac{(\Sigma (X_i * Y_{i+1}) - \Sigma (Y_i * X_{i+1}))}{2}$$

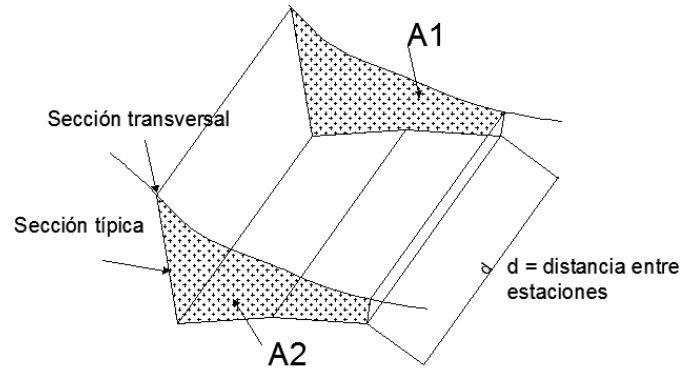
Fuente: elaboración propia.

Para determinar el área se utilizó el método gráfico, haciendo uso de coordenadas cartesianas.

#### 4.6.2. Cálculo de volumen de tierras

Cada una de las áreas anteriormente se constituyen de un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse. Asumiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por las distancias horizontales entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo (ver figura 31).

Figura 31. **Cálculo de volúmenes de tierra**



Fuente: elaboración propia.

La fórmula que facilita este cálculo es la siguiente:

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} * d$$

Donde:

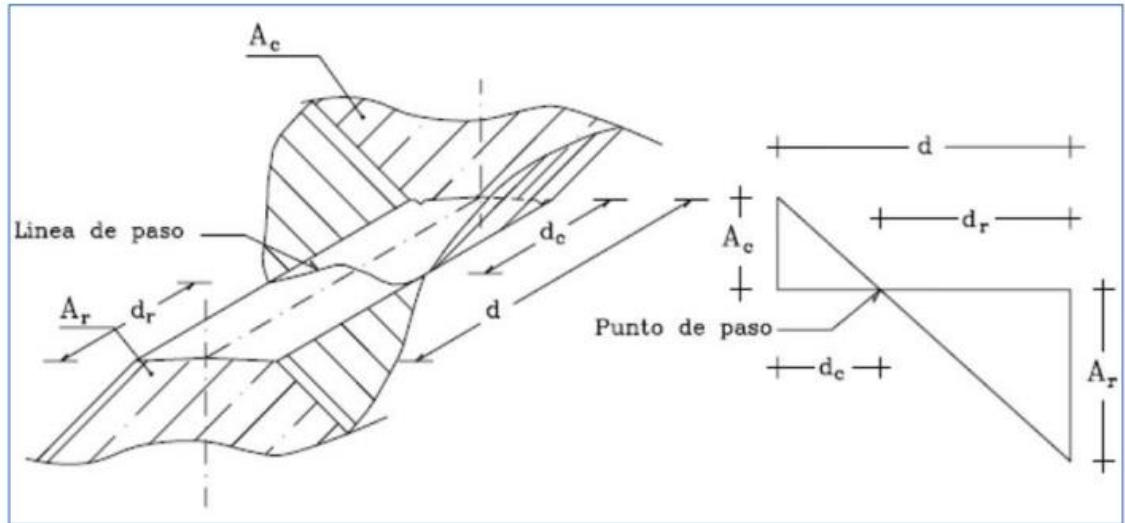
V = volumen de tierra

A<sub>1</sub> = área de sección núm. 1

A<sub>2</sub> = área de sección núm. 2

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y el otro solamente relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser corte a relleno. Esto se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas. Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes:

Figura 32. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M, Leonardo. *Elemento de geometría*. p. 25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte  $A_c$  y el área de la línea de paso, que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno  $A_r$  y el área de la línea de paso, se calcula de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{1}{2} * (A_c + A_o) * d_c, \quad V_r = \frac{1}{2} * (A_c + A_o) * d_r$$

$$V_c = \frac{1}{2} * A_c * d_c \quad V_r = \frac{1}{2} * A_r * d_r$$

Donde:

$V_c, V_r$  = volumen de corte y relleno en metros cúbicos

$A_c, A_r$  = área de las secciones en corte y relleno en metros cuadrados

$A_o$  = área de sección en línea de paso = 0

$d_c, d_r$  = distancia de corte y relleno en metros

$d$  = distancia total del prismoide, por lo general se toma como 20 metros

Por medio de la relación de triángulos se determina los valores de  $dc$  y  $dr$  de la siguiente manera:

$$dc = \left( \frac{Ac}{Ac+Ar} \right) * d \qquad dr = \left( \frac{Ar}{Ac+Ar} \right) * d$$

La totalidad de los cálculos se adjuntan en el capítulo de Anexo.

## **4.7. Drenajes**

Se le llama drenaje a los medios utilizados para recoger, conducir y evacuar el agua que cae sobre el camino, producto de lluvias o que fluye en corriente de agua que atraviesan el camino para asegurar el buen funcionamiento de la carretera.

### **4.7.1. Localización de drenajes**

Consiste en realizar un recorrido del tramo de estudio, determinado de la siguiente información.

- Tipo y sentido de la corriente.
- Pendiente media con un clinómetro.
- Condiciones del lecho como ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedras sueltas y su tamaño.
- Condiciones de aguas altas.
- Vegetación de la cuenca.
- Perímetro, áreas y forma del lecho.
- Probables canalizaciones de entrada y salida.
- Determinación de tramos de subdrenaje.

- Puntos de erosión.

En este caso se colocarán drenajes transversales en los puntos más bajos de la carretera, así como puntos intermedios donde el tramo era demasiado largo y se podía llegar a tener un caudal muy alto. (Ver anexo).

#### **4.7.2. Cálculo de Caudal, método racional**

El método racional, se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (caudal de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

La fórmula está dada por

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

Donde:

Q = caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = coeficiente por escorrentía

Tabla XXXIII. Valores de coeficiente de escorrentía “c”

| Uso del suelo   | Pendiente del terreno | Capacidad de infiltración del suelo |                           |                             |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                 |                       | Alto<br>(suelos arenosos)           | Medio<br>(suelos francos) | Bajo<br>(suelos arcillosos) |
| Tierra agrícola | <5 %                  | 0,3                                 | 0,5                       | 0,6                         |
|                 | 5-10 %                | 0,4                                 | 0,6                       | 0,7                         |
|                 | 10 -30 %              | 0,5                                 | 0,7                       | 0,8                         |
| Potreros        | <5 %                  | 0,1                                 | 0,3                       | 0,4                         |
|                 | 5-10 %                | 0,15                                | 0,35                      | 0,55                        |
|                 | 10 -30 %              | 0,2                                 | 0,4                       | 0,6                         |
| Bosques         | <5 %                  | 0,1                                 | 0,3                       | 0,4                         |
|                 | 5-10 %                | 0,25                                | 0,35                      | 0,5                         |
|                 | 10 -30 %              | 0,3                                 | 0,5                       | 0,6                         |

Fuente: USDA. *National Engineering Handbook sec. 4 Hydrology*. p. 3405.

El valor de I a seleccionar, depende de las curvas para la intensidad de la lluvia ploteadas para la vecindad local y el período asumido de recurrencia, así como el período de concentración requerido por la afluencia de la superficie para fluir desde el punto más distante en el área en estudio, hasta el punto de observación.

El valor de A en hectáreas se puede medir y determinar con precisión en los planos a escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional, en este caso usó el programa Autocad 2014 para calcular el área.

El valor de C, a usar, debe estimarse a partir de un estudio del terreno, la pendiente y la condición de superficie, la impermeabilidad de la superficie y una consideración de cambios futuros probables en la superficie dentro del área.

El coeficiente de escorrentía C es el porcentaje de lluvia en un área dada que fluye como agua superficie libre. Es improbable que este valor nunca

alcance el 100 por ciento, debido a que siempre se dará algún porcentaje de evaporación incluso durante una tormenta. Las superficies impermeables absorben alguna humedad y las pequeñas irregularidades detienen cantidades adicionales. Sin embargo, C gradualmente se incrementará a medida de una tormenta progresa hasta que el terreno se sature, o bien el área impermeable se humedezca completamente y se llena todas las depresiones.

Tiempo de concentración para el método racional, un factor importante es el tiempo requerido para avenidas de agua desde la parte más remota y alta de un área de drenaje para alcanzar el punto bajo diseño, esto se conoce como el tiempo de concentración. La ecuación de Kirpich utiliza el desnivel y la longitud del cauce tal como se muestra.

$$T_c = 0,02 * \frac{L^{1,15}}{H^{,385}}$$

En donde:

Tc = tiempo de concentración o duración, en minutos.

L = longitud de la avenida principal de la cuenca, en m.

H = diferencia de altura entre la parte más remota de la cuenca y el punto bajo de diseño, en m.

Un tiempo mínimo de 5 minutos es recomendado por la *Federal Highway Administration*.

Datos:

L = 965,00m

H = 34,96m

$$T_c = 0,02 * \frac{965^{1,15}}{34,96^{,385}} = 31,77min$$

Con datos obtenidos en el INSIVUMEH se puede calcular la intensidad de lluvia que recibe en el área de Villa Nueva. Ya obtenida las curvas DIF, el tipo de modelo representa matemáticamente las curvas tiene la forma de:

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

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/h)

Tc = tiempo de concentración (min)

A, B y n son parámetros de ajuste

Tabla XXXIV. **Tabla de valores de intensidad de lluvia**

| INSIVUMEH |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tr        | 2     | 5     | 10    | 20    | 25    | 30    | 50    | 100   |
| A         | 1 970 | 7 997 | 1 345 | 720   | 820   | 815   | 900   | 890   |
| B         | 15    | 30    | 9     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |
| n         | 0,958 | 1,161 | 0,791 | 0,637 | 0,656 | 0,65  | 0,66  | 0,649 |
| R2        | 0,989 | 0,991 | 0,982 | 0,981 | 0,973 | 0,973 | 0,981 | 0,981 |

Fuente: Colegio de Ingenieros, *Informe intensidad de lluvia Guatemala*. p. 5.

$$i = \frac{720}{(2 + 13,77)^{0,637}} = 124,25 \text{ mm/h}$$

Una vez conocida la intensidad de lluvia (i) y el coeficiente de escorrentía (C), entonces se aplica la expresión del Método Hidrometeorológico aplicando el área de la cuenca (A).

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

Donde

Q = caudal desaguado por la cuneta (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía



I = intensidad de lluvia ( mm/h)

A = área en hectáreas

$$Q = \frac{0,35 * 124,25 * 4,90}{360} = 0,59m^3/s$$

#### 4.7.3. Drenaje longitudinal

Las cunetas son canales abiertos que sirven para interceptar el agua superficial que proviene de la plataforma y de los taludes existentes cuando existe corte. Las cunetas pueden ir colocadas dentro de la calzada o lateralmente a ella dependiendo de la clase de carreteras.

Puede ser de sección triangular, rectangular, trapezoidal, entre otras, en este caso será colocado lateralmente a ella y en ambos lados. En la elección del tipo y diseño de estos elementos deberán tenerse en cuenta, aún por encima de las consideraciones hidráulicas, factores de seguridad en la circulación y el posible peligro de obstrucción y acumulación de sedimentos térreos lo que haría totalmente inútil la presencia.

Elaboración de cuneta: concreto de calidad especificado para uso de cunetas: que el resultado de la mezcla combinada con cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos tengan las proporciones adecuadas. Utilizar la proporción 1:2:3, con la resistencia de 4000 Psi.

El diseño de cuneta se calcula por el método de Manning

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

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente del canal (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para el diseño de cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica, es decir con la menor pendiente, que corresponde al tramo que drenará el área tributaria mostrada en la figura 32, siendo la que va desde el estacionamiento 0 + 840 hacia el estacionamiento 1 + 100. El área a drenar es de 0,65 hectáreas, la diferencia de altura es 1,50 metros y la longitud del cauce es 260,00 metros. Se usó un factor de rugosidad de Manning para canales revestidos de concreto de 0,016.

Figura 33. Sección del mapa de la cuenca drenaje crítica



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>.

Consulta: 24 de octubre de 2015.

Caudal o gasto máximo a drenar: dicho caudal es encontrado por medio de la fórmula del método racional, que fue lo que se calculó anteriormente.

Con los datos se procede a calcular las dimensiones de la sección de la cuneta trapezoidal

$$S = 0,14 \%$$

$$Q = 0,091\text{m}^3/\text{s}$$

Pendiente talud canal 1:2

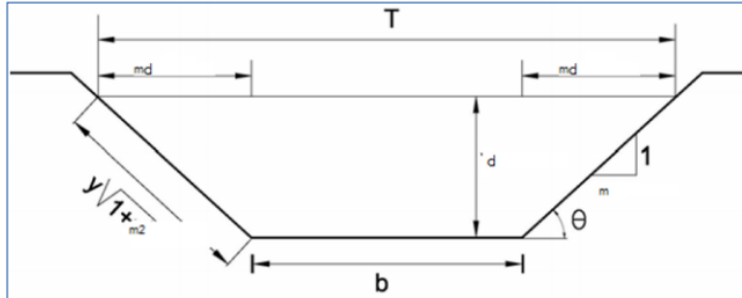
Determinación del área hidráulica: asignándole la letra  $d$  al tirante hidráulico de la sección trapezoidal. Los elementos de la sección transversal de un canal trapezoidal se muestran en la figura 34.

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} * d * d\right) + d * b = \frac{1}{2} * d^2 + db$$

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} * d\right)^2 + d^2} + b = 2,236d + b$$

Figura 34. **Cuneta de sección trapezoidal**



Fuente: RODRIGUEZ RUIZ, Pedro. *Hidráulica II*. p. 15.

Se ha determinado que para canales trapezoidales, la sección de máxima eficiencia hidráulica, ocurre cuando el radio hidráulico es igual a la mitad del tirante, es decir.

$$R = \frac{d}{2}$$

Por definición de radio hidráulico es:

$$R = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$$

Por lo tanto se establece la condición de igualdad

$$\frac{\left(\frac{1}{2} * d^2 + db\right)}{(2,236 * d + d)} = \frac{d}{2}$$

$$2 * \left(\frac{1}{2} * d^2 + bd\right) = d * (2,236 * d + b)$$

$$b = 1,236d$$

Se sustituye el valor de d para el área.

$$A = \frac{1}{2} * d^2 + d.b = \frac{1}{2} * d^2 + (1,236 * d) * d = 1,736 * d$$

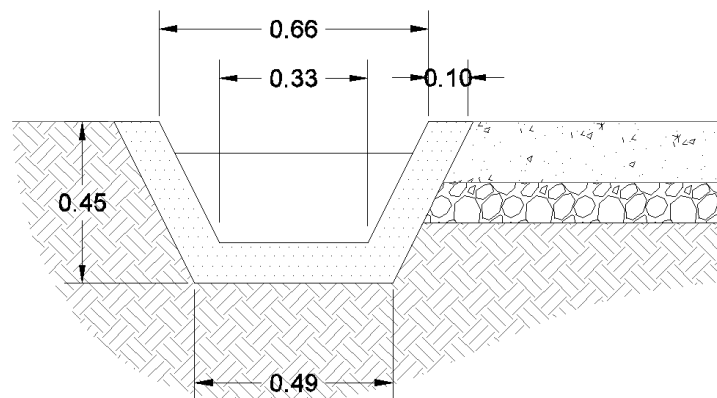
Utilizando la ecuación de Manning de despeja el valor de  $d$  necesario para caudal a drenar.

$$0,091 = \frac{(1,736 * d^2)}{(0,016)} * \left(\frac{d}{2}\right)^{2/3} * (0,0014)^{1/2}$$

$$d = 0,27m$$

$$b = 1,236 * d \rightarrow 1,236 * 0,27 = 0,33m$$

Figura 35. **Detalles de la cuneta**



Fuete: elaboración con propia

#### 4.7.4. Drenaje Transversal

Como el drenaje transversal trabaja con su sección parcialmente llena, se ha estimado que para una sección al 90 por ciento llena, es decir, un tirante hidráulico equivalente a  $0,90 * D$ , donde  $D$  es a sección llena 100 % el diámetro de la tubería, el radio hidráulico equivale aproximadamente a  $D/4$ .

$$Rh = \frac{D}{4} ;$$

$$\text{Área sección circular} = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$Q = A * V = \frac{\pi * D^2}{4} * \frac{1}{n} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Despejando D se tiene

$$D = \left( \frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * n}{\pi * S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Figura 36. Sección del mapa de la cuenca drenaje crítica



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=w|>.

Consulta: 24 de octubre de 2015

Datos:

$$Q = 0,091 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0,010 \text{ (PVC)}$$

$$S = 3 \%$$

$$D = \left( \frac{0,091 * 4^{\frac{5}{3}} * 0,010}{\pi * 0,03^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,22m$$

Se utilizará un diámetro de 30 pulgadas, tubo PVC norma F949.

#### **4.8. Estructura y diseño de pavimento rígido**

##### **4.8.1. Definición de pavimentos**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

##### **4.8.2. Tipos de pavimentos**

Estudiando a la forma de cómo se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimento; los pavimentos rígidos, que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

Además existen los pavimentos flexibles, los que están constituidos por asfaltos y en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula en todo el espesor del pavimento y, en este caso, su capacidad estructural es proporcionada por las capas de base, sub-base y subrasante. También se puede mencionar en la clasificación de pavimentos los de tipo adoquín, que por la forma de cómo se distribuyen las cargas en las capas inferiores a la superficie de rodadura, se le considera un pavimento semiflexible

#### **4.8.2.1. Pavimento flexible**

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

#### **4.8.2.2. Pavimento rígidos**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.



### 4.8.3. Componentes de la estructura del pavimento rígido

#### 4.8.3.1. Subrasante

Es el suelo natural donde se construirá el pavimento. Puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de este. El tipo de suelo que conforma la subrasante, depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de los ensayos de laboratorio.

Los espesores de las diferentes capas del pavimento, dependen de la capacidad soporte de la subrasante, la cual se clasifica en los siguientes rangos:

Tabla XXXV. **Espesor de pavimento según capacidad de subrasante**

| <b>C.B.R.</b>    | <b>Calidad de la sub rasante</b> |
|------------------|----------------------------------|
| <b>0% - 3%</b>   | <b>Muy mala</b>                  |
| <b>3% - 5%</b>   | <b>Mala</b>                      |
| <b>5% - 20%</b>  | <b>Regular o buena</b>           |
| <b>20% - 30%</b> | <b>Excelente</b>                 |

Fuente: WESTERGAARD H. N. *Computation of stresses in concret roads*. p. 85.

Comúnmente los suelos de mala calidad son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso. Para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelo, la mejor manera es sustituirlos.

La subrasante debe compactarse hasta obtener como mínimo el 95 % de compactación, con respecto a la densidad máxima obtenido en laboratorio.

El valor del CBR según los resultados se encuentra entre 3 % - 5 % por lo que es una subrasante mala.

#### **4.8.3.2. Base**

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la subbase o subrasante, donde el espesor debe estar entre 35 centímetros máximo y 10 centímetros mínimo, dentro de sus principales funciones y características están las siguientes

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Servir de material de transición entre la subbase y la carpeta de rodadura.
- Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.
- Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

La base se encuentra conformada por materiales granulares como: piedra triturada, arenas, grava o suelos estabilizados. Los materiales empleados para la construcción de bases de pavimentos de carreteras deben llenar los siguientes requisitos:

- Tener un C.B.R de 90 % a una compactación mínima del 95 %.

- El agregado retenido en la malla No.4 no debe tener un desgaste mayor del 50 %.
- Tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6.

La compactación de la base deberá ser minuciosamente atendida, pues se puede correr el riesgo de fallas en la carretera por una compactación inadecuada de la base y sobre todo cuando se emplean materiales difíciles de compactar.

La obtención del material de base, se lleva a cabo generalmente de la grava de río o de antiguos depósitos de gravas de río, que pueden triturarse para llenar las especificaciones. Cuando el material mencionado no puede encontrarse dentro de los límites económicos, entonces se recurre a usar roca sólida, para lo cual es necesario abrir una cantera, triturar el material y generalmente añadir un material de relleno apropiado para satisfacer los requisitos de graduación.

#### **4.8.4. Diseño del espesor del pavimento**

Para determinar el espesor de la losa de concreto, se utilizó el método simplificado de la Portland Cement Association (PCA), el cual se desarrolla a través de tablas. A continuación se describe el proceso del mismo.

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar los costos. La municipalidad de Villa Nueva adoptó para todos sus proyectos de infraestructura un período de 20 años, por lo cual en el presente trabajo se utilizó este dato.

Para el cálculo del tránsito promedio diario anual futuro se utilizó el modelo de crecimiento exponencial, con los datos bases para el mismo.

- Tasa de crecimiento vehicular: 6.5 %
- $n = 20$  años
- Transito promedio diario anual: 150 vehículos al día

$$TPD_{futuro} = TPD(1 + r)^n$$

$$TPD_{futuro} = 150(1 + 0.065)^{20} = 529 \text{ vehiculos}$$

#### **4.8.4.1. Categoría de carga por eje de la vía**

Se debe tener en cuenta que la proyección dada por el modelo exponencial nunca es exacta por diferentes factores, por tal razón se propone un aumento a la expresión anterior a 600 vehículos por día. La PCA propone el cálculo del TPD-C como un porcentaje del TPD, con la utilización de la tabla XXXVI, el camino se clasifica dentro de la categoría 1, el cual da un rango del TPDC del 1 % al 3 % por cada día. El porcentaje correspondiente para este caso, es de 3 %, obteniendo finalmente un TPD-C como mínimo de 18.

Tabla XXXVI. **Categorías de carga por eje**

| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN  | TRANSITO  |      |                     | MÁXIMA CARGA<br>POR EJE, KN |               |
|-----------|--|---|------|---------------------|-----------------------------|---------------|
|           |  | TPD   | TPDC |                     | EJE<br>SENCILLO             | EJE<br>TANDEM |
|           |  |   | %    | POR DÍA             |                             |               |
| 1         | Calles residenciales.<br>Carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)   | 200 a 800   | 1-3  | Arriba de 25        | 98                          | 160           |
| 2         | Calles colectoras. Carreteras rurales y secundarias (altas).<br>Carreteras primarias y calles arteriales (bajo).     | 700 a 5 000   | 5-18 | De 40 a 1 000       | 115                         | 195           |
| 3         | Calles arteriales y carreteras primarias (bajo). Súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio). | 3 000 a<br>12 000 2<br>carriles<br>3 000 a<br>50 000<br>4 carriles  | 8-30 | De 500 a 5 000      | 133                         | 230           |
| 4         | Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (alto). Interestatales urbanas y rurales (media alto).     | 3 000 a<br>20 000 2<br>carriles<br>3 000 a<br>150 000<br>4 carriles | 8-30 | De 1 500 a<br>8 000 | 151                         | 267           |

Los descriptores alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.  
TPDC: Camiones dos ejes, camiones cuatro llantas excluidos.

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. *Diseño de Pavimento PCA*, p. 31.

#### 4.8.4.2. Valor del módulo de reacción sobre K sobre la base

El módulo de reacción sobre la base, es un valor que depende del módulo de reacción de la sub-rasante, del tipo y espesor de la base del pavimento. Se usó una subrasante con un valor de C.B.R. de 3,70 %, se busca el valor en la tabla XXXVII y se obtiene el valor de K que es igual a 117lb/in<sup>3</sup>.

Tabla XXXVII. Interpolaciones aproximadas de clasificación de suelos

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

|   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| <b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.S.T.M.</b>                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | GP |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | GM |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | GC |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | GW |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O</b>                        |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACION FEDERAL DE AVIACION</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| <b>VALOR DE RESISTENCIA R</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| <b>MODULO DE LA REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K) LBS/PULG<sup>3</sup></b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| <b>VALOR DE SOPORTE LBS/PULG<sup>2</sup></b>                            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |

Fuente: elaboración propia.

Se propone el espesor de una base granular de 4 pulgadas (10 centímetros). Por lo tanto, utilizando la tabla XXXVIII, con el valor de C.B.R de 3,70 %, el módulo de reacción sobre la base es de aproximadamente, 147,30 lb/plg<sup>3</sup>, y con la tabla XXXIX, se clasifica al soporte subrasante/base del camino que es medio.

Tabla XXXVIII. **Valores de k de subrasante y bases no tratadas**

| Valor de K de la subrasante, lb/pul <sup>3</sup> | Valor de "K" sobre la base, lb/pul <sup>3</sup> |               |               |                |
|--|---|---------------|---------------|----------------|
|  | 4" de espesor                                   | 6" de espesor | 9" de espesor | 12" de espesor |
| 50   | 65  | 75            | 85            | 110            |
| 100  | 130   | 140           | 160           | 190            |
| 200  | 220   | 230           | 270           | 320            |
| 300  | 320   | 330           | 370           | 430            |

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. *Diseño de Pavimento PCA*, p. 5.

Tabla XXXIX. **Clasificación subrasante base por soporte**

| TIPO DE SUELO  | RANGO DE VALORES DE "K" | SOPORTE  |
|--|-------------------------|----------|
| Suelos de grano fino, en el cual el tamaño predominante son partículas de limo arcilla.      | 75-120                  | BAJO     |
| Arenas y mezclas de arena con grava conteniendo una cantidad considerable de limo y arcilla. | 130-170                 | MEDIO    |
| Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.                           | 180-220                 | ALTO     |
| Bases tratadas con cemento.  | 250-400                 | MUY ALTO |

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. *Diseño de Pavimento PCA*, p.

32.

#### 4.8.4.3. **Determinación del espesor de la losa**

Con los datos de categoría por eje, clasificación del soporte subrasante base, el módulo de ruptura del concreto, el cual se calcula por medio de un porcentaje del valor de resistencia del concreto a utilizar, siendo éste de 15 % de  $f'_c$ , también contar con el valor del transporte promedio diario camión futuro por eje, el pavimento no utilizará juntas doveladas, que trabajará con hombros o

bordillos integrados, se procedió a determinar el espesor de la losa de concreto, utilizando para ello la tabla XL

El concreto a utilizar tendrá una resistencia de 4 000 psi, tal como la norma DGC por la tanto el módulo de ruptura tiene un valor de 600 psi.

Tabla XL. **TPDC permisible**

**ADTT permisible, Categoría 1 de Carga por Eje - Pavimentos con Trabazón de Agregados en las Juntas**

| Sin Berna de Concreto o Sardinell |                                 |         |      | Con Berna de Concreto o Sardinell |                                 |         |      |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------|------|-----------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Espesor de losa (pulg.)           | Soporte de Subrasante - subbase |         |      | Espesor de losa (pulg.)           | Soporte de Subrasante - subbase |         |      |
|                                   | Bajo                            | Mediano | Alto |                                   | Bajo                            | Mediano | Alto |
| MR = 650 PSI                      | 4.5                             |         | 0.1  | 4                                 | 0.2                             | 0.9     |      |
|                                   | 5                               | 0.1     | 0.8  | 4.5                               | 2                               | 8       |      |
|                                   | 5.5                             | 3       | 15   | 5                                 | 30                              | 130     |      |
|                                   | 6                               | 40      | 160  | 5.5                               | 320                             | 330     |      |
|                                   | 6.5                             | 330     |      |                                   |                                 |         |      |
| MR = 600 PSI                      | 5                               |         | 0.1  | 4                                 |                                 | 0.1     |      |
|                                   | 5.5                             | 0.5     | 3    | 4.5                               | 0.2                             | 1       |      |
|                                   | 6                               | 8       | 36   | 5                                 | 6                               | 27      |      |
|                                   | 6.5                             | 76      | 300  | 5.5                               | 73                              | 290     |      |
|                                   | 7                               | 520     |      | 6                                 | 610                             | 730     |      |
| MR = 550 PSI                      | 5.5                             | 0.1     | 0.3  | 4.5                               | 0.2                             | 0.6     |      |
|                                   | 6                               | 1       | 6    | 5                                 | 0.8                             | 4       |      |
|                                   | 6.5                             | 13      | 60   | 5.5                               | 13                              | 57      |      |
|                                   | 7                               | 110     | 400  | 6                                 | 130                             | 480     |      |
|                                   | 7.5                             | 620     |      |                                   |                                 |         |      |

**Nota:**

El análisis por fatiga controla el diseño.

Un ADTT fraccional indica que el pavimento puede soportar ilimitados carros de pasajeros y camiones de los ejes - cuatro ruedas, pero solo unos pocos camiones por semana (ADTT de 0.3 x 7 días, indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. *Diseño de Pavimento PCA*, p.



Al observar la tabla XL, el espesor del pavimento corresponde a 5 pulgadas, aproximadamente a 12,50 centímetros. En resumen, para la pavimentación del camino de Colonia Ciudad Peronia hacia la interconexión de la CA-9, se propone la construcción de un pavimento de 22,50 centímetros de espesor, integrado por 10 centímetros de base granular y 12,50 centímetros de losa de concreto de cemento hidráulico.

#### **4.8.4.4. Diseño de la mezcla de concreto**

Para el cálculo de las proporciones, se utilizará un método adaptado de varias fuentes, el procedimiento resultante es bastante simple, basándose principalmente en tablas. Otro elemento importante a destacar es el hecho de que se asumirán ciertas características de los agregados, en función de las especificaciones de los mismos.

- Resistencia requerida 4 000 psi
- Tamaño máximo de agregado grueso 1"
- Módulo de finura de agregado fino: 2,6 - 2,9

Asentamiento para pavimento de concreto: 2-4 pulgadas (5-10, centímetros)

Se define la relación agua/cemento para la mezcla, con la ayuda de la tabla XLI. Para ello se cuenta con los datos anteriores, la cual de una relación de 0.49.

Por lo tanto se obtiene los resultados siguientes:  $171/c = 0,49$

$$\frac{171}{c} = 0.49 \rightarrow c = 171,49 = 348,98/kg/m^3$$

Tabla XLI. **Diseño de mezclas (calculados para 1 m<sup>3</sup> de concreto fresco)**

| Clase de concreto  |                     | Tamaño máximo del agregado |      | Concentración de pasta |      | Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm. |       |        |         | % de agregados fino Vol. Avs./Agr. Total |         |         | Contenido de cemento mínimo, sacos de 42,5 kg/m <sup>3</sup> de concreto |
|--------------------|---------------------|----------------------------|------|------------------------|------|--|-------|--------|---------|--|---------|---------|--|
|                    |                     |                            |      |                        |      |  |       |        |         | M.F.                                     |         |         |  |
| kg/cm <sup>2</sup> | lb/plg <sup>2</sup> | mm.                        | plg. | A/C                    | C/A  | 0 a 2  | 2 a 5 | 5 a 10 | 10 a 15 | 2,2-2,6                                  | 2,6-2,9 | 2,9-3,2 |  |
| 140                | 2 000               | 19,1                       | 3/4  | 0,65                   | 1,54 | 165  | 175   | 186    | 197     | 47                                       | 49      | 51      | 6,5  |
|                    |                     | 25,4                       | 1    | 0,65                   | 1,54 | 157  | 165   | 173    | 181     | 44                                       | 46      | 48      |  |
|                    |                     | 38,1                       | 1/2  | 0,65                   | 1,54 | 154  | 160   | 166    | 193     | 42                                       | 44      | 46      |  |
| 175                | 2 500               | 19,1                       | 3/4  | 0,60                   | 1,67 | 165  | 175   | 186    | 197     | 45                                       | 47      | 49      | 7  |
|                    |                     | 25,4                       | 1    | 0,60                   | 1,67 | 157  | 165   | 173    | 181     | 42                                       | 44      | 46      |  |
|                    |                     | 38,1                       | 1/2  | 0,60                   | 1,67 | 154  | 160   | 166    | 193     | 40                                       | 42      | 44      |  |
| 210                | 3 000               | 19,1                       | 3/4  | 0,56                   | 1,79 | 164  | 171   | 184    | 195     | 44                                       | 46      | 48      | 7,5  |
|                    |                     | 25,4                       | 1    | 0,56                   | 1,79 | 156  | 164   | 172    | 180     | 41                                       | 43      | 45      |  |
|                    |                     | 38,1                       | 1/2  | 0,56                   | 1,79 | 154  | 160   | 166    | 191     | 39                                       | 41      | 43      |  |
| 246                | 3 500               | 19,1                       | 3/4  | 0,52                   | 1,92 | 164  | 174   | 184    | 195     | 42                                       | 44      | 46      | 8  |
|                    |                     | 25,4                       | 1    | 0,52                   | 1,92 | 156  | 164   | 172    | 180     | 39                                       | 41      | 43      |  |
|                    |                     | 38,1                       | 1/2  | 0,52                   | 1,92 | 154  | 160   | 166    | 191     | 37                                       | 39      | 41      |  |
| 281                | 4 000               | 19,1                       | 3/4  | 0,49                   | 2,04 | 172  | 172   | 182    | 193     | 40                                       | 42      | 44      | 8,5  |
|                    |                     | 25,4                       | 1    | 0,49                   | 2,04 | 163  | 163   | 171    | 179     | 37                                       | 39      | 41      |  |
|                    |                     | 38,1                       | 1/2  | 0,49                   | 2,04 | 160  | 160   | 166    | 189     | 35                                       | 37      | 39      |  |

Fuente: MORAN GALLARDO, Julio. *Diseño Geométrico Y Estructural de Pavimento Rígido para el Camino Caserío Vasconcelos, Municipio de Sololá, Departamento de Sololá.* p. 71.

El peso unitario del concreto se compone de la sumatoria de los pesos del cemento, agua y agregados, según la siguiente fórmula:

$$Puc = C + A + Ag.$$

Donde:

Puc = peso unitario del concreto en kg/m<sup>3</sup>.

C = peso del cemento en kg/m<sup>3</sup>

A = peso del agua en kg/m<sup>3</sup>

Ag = peso de los agregados (fino y grueso) en kg/m<sup>3</sup>.

Ahora se sustituye los datos en la formula anterior y despejamos Ag, nos queda lo siguiente:

$$Ag = Puc - C - A \quad Ag = 2\,400\text{kg/m}^3 - 3\,48,98\text{kg/m}^3 - 171\text{lt}$$

$$Ag = 1\,880,02\text{kg/m}^3$$

De la tabla XLI se obtiene el porcentaje de los agregados:

Agregado fino: 39 %

Agregado grueso: 61 %

Con estos porcentajes, se calcula los pesos de cada material, multiplicando el peso del agregado por cada porcentaje de los mismos.

$$Agregado\ fino = 1\,880,02 * 0,39 = 733,21\text{kg/m}^3$$

$$Agregado\ grueso = 1\,880,02 * 0,61 = 1\,146,81\text{kg/m}^3$$

El diseño teórico se define en función de las proporciones, tomando como referencia la unidad de cemento.

$$\frac{Cemento}{Cemento} = \frac{Arena}{Cemento} = \frac{Piedrín}{Cemento} = \frac{Agua}{Cemento}$$

$$\frac{348,98}{348,98} = \frac{733,21}{348,98} = \frac{1\,146,81}{348,98} = \frac{171}{348,98}$$

El resultado final del diseño teórico es lo siguiente:

$$\mathbf{1 : 2,10 : 3,28 : 0,49}$$

La relación en volumen para 1 metro cúbico de concreto, primero se debe multiplicar por ese valor y dividirlo después los valores dentro del peso

específico de cada material, obteniéndose así también, la cantidad de materiales para el mismo.

$$\text{Cemento} = \frac{348,98kg}{m^3} * 1m^3 = \frac{348,98kg}{\frac{42,5kg}{saco}} = 8.21sacos$$

$$\text{Arena} = \frac{733,21kg}{m^3} * 1m^3 = \frac{733,21kg}{\frac{1\,400kg}{m^3}} = 0,52m^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{1\,146,81kg}{m^3} * 1m^3 = \frac{1\,146,81kg}{\frac{1\,600kg}{m^3}} = 0,71m^3$$

$$\text{Agus} = \frac{171lt}{m^3} * 1m^3 = \frac{171kg}{\frac{3,785lt}{gal}} = 45gal$$

La conversión de la relación de peso a relación en volumen, se debe tomar en cuenta un saco de cemento tiene un volumen de un pie cúbico.

$$\text{Cemento} = 1pie^3 * \left(\frac{1m}{3.28}\right)^3 = 0,02833m^3$$

$$\text{Arena} = \frac{2,10 * 42,5kg}{\frac{1\,400kg}{m^3}} = 0,06375m^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{3,28 * 42,5kg}{\frac{1\,600kg}{m^3}} = 0,08712m^3$$

$$\begin{array}{l} \text{Cemento: Arena: Piedrín} \\ \frac{0,02833}{0,02833} : \frac{0,06375}{0,02833} : \frac{0,08712}{0,02833} \end{array}$$

Concluye que, la proporción teórico final en volumen para alcanzar la resistencia requerida será:

Proporción volumen/m<sup>3</sup>

|         |       |         |       |
|---------|-------|---------|-------|
| Cemento | Arena | Piedrín | Agua  |
| 1       | 2,25  | 3,08    | 45gal |

#### 4.8.4.5. Cálculo de cantidad de materiales para un 1m<sup>3</sup>

Para determinar las cantidades aproximadas de materiales en la elaboración de un metro cúbico de concreto, se utilizarán las fórmulas desarrolladas por W.B. Fuller, presentadas a continuación.

$$C = \frac{57,60}{c+a+p} \quad A = 0,02675 * C * a \quad P = 0,02675 * C * p$$

Donde:

C = número de sacos de cemento Portland

A = número de metros cúbicos de arena

P = números de metros cúbicos de grava

a = número de partes de arena

c = número de partes de cemento

p = número partes de grava

A continuación se detalla el cálculo de cantidades por metro cúbico de concreto.

$$C = \frac{57,60}{1 + 2,25 + 3,08} = 9,10 \text{ sacos}$$

$$A = 0,02675 * 9,09 * 2,25 = 0,55m^3$$

$$A = 0,02675 * 9,09 * 3,28 = 0,80$$

Tabla XLII. **Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto**

| <b>Material</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  |
|-----------------|-----------------|----------------|
| Cemento         | 9,10            | saco           |
| Arena           | 0,55            | m <sup>3</sup> |
| Grava           | 0,80            | m <sup>3</sup> |
| Agua            | 171             | litros         |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.8.4.6. Bombeo**

El principal objetivo de la construcción de pendientes en dirección transversal como también se le conoce, es facilitar el retiro del agua superficial del pavimento en el menor tiempo posible. Esto se logra mediante el coronamiento de la superficie al centro del pavimento, construyendo para ello el bombeo desde la línea central o construyendo una pendiente en una dirección a través del ancho del pavimento. Sin embargo, a los acotamientos se les construye una pendiente para permitir el drenaje del pavimento, excepto en las carreteras con separador realizado angosto. La necesidad del bombeo con pendiente alta para facilitar el drenaje entra un poco en conflicto con la con la necesidad de pendientes relativamente suaves para la comodidad de los conductores. Por tanto, la sección de una pendiente de bombeo adecuada, es generalmente un balance entre los dos requerimientos. Se ha determinado que una pendiente de bombeo al 2 % o menores, no afectan notoriamente la comodidad de los conductores, en especial respecto al esfuerzo del conductor en el volante.

Tabla XLIII. **Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie**

| Tipo de superficie | Material         | Bombeo      |
|--------------------|------------------|-------------|
| Muy buena          | Concreto         | 1,0% - 2,0% |
| Buena              | Mezcla asfáltica | 1,5% - 3,0% |
| Regular            | Adoquín          | 2,0% - 2,5% |
| Mala               | Tierra o grava   | 2,5" – 3,0% |

Fuente: WESTERGAARD H. N. *Computation of stresses in concrete roads*. p. 165.

#### 4.8.4.7. Juntas de los pavimentos de concretos

Las juntas tiene por objetivo principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena observación del pavimento, y cuando así se especifique, deben proveer además una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas.

- Determinar tipo de juntas: el espacio entre juntas longitudinales no debe exceder de 12,5 pies (3,81 metros). Las juntas transversales deben ir a un espacio de intervalo regular de 15 pies (4,6 metros) o menos, por lo que se definieron juntas transversales a cada 3 metros, y la junta longitudinal a cada 2,50 metros, que es la que define el ancho del carril. El tipo de junta a utilizar será del tipo trabazón agregados.
- Según la forma en que se diseñan las juntas podrán transmitir la carga del tránsito de una losa hacia la siguiente, las juntas más comunes en un pavimento rígido son:

- a. Juntas longitudinales: van paralelamente al eje longitudinal del pavimento. Su función es prever las grietas longitudinales, pueden realizarse en forma mecánica, es decir unión macho hembra. La profundidad de la ranura debe ser menor o igual a  $\frac{1}{4}$  del espesor de la losa y de 6 mm. De ancho.
- b. Juntas de contracción: controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe tener una profundidad del  $\frac{1}{4}$  de espesor de la losa. Se construyen perpendicular a la dirección del tránsito.
- c. Juntas de construcción: deben realizarse cuando se suspenderá la construcción por más de 30 minutos, como sucede en donde los tramos son demasiado largos y la forma de construcción es similar a las juntas de contracción.
- d. Juntas de expansión: son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, parqueos, aceras, alcantarillados, entre otras, y donde sea necesario. Deben tener una separación de 2 cm como mínimo.

Tamaño final: las juntas longitudinales centradas a 2,50 metros y transversal a cada 3 metros, corte y relleno de juntas, 5 mm de espesor, 4 cm de profundidad.

#### **4.9. Elaboración de planos y detalles**

Los planos que se elaboraron del proyecto son los siguientes:



- Planta general: contiene la planta general del proyecto, curva de nivel e información del diseño geométrico.
- Perfil: consisten en el perfil del terreno natural y sub-rasante, ubicación de drenajes transversales, pendientes y curvas verticales.
- Secciones transversales: contiene las secciones transversales a cada veinte metros y a cada diez metros cuando es curvas.
- Tablas y detalles: contiene detalles de drenaje, pavimentos, cunetas y corte de taludes. Se incluyeron tablas de resumen de volúmenes de corte y relleno, localización de drenajes y cunetas

#### 4.10. Presupuestos

Para la elaboración del presupuesto, primero se encontraron los renglones de trabajo y las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de carretera, luego se calcularon los costos directos. con estos resultados se establecieron las relaciones que deben existir entre ellos para el éxito de la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta los rendimientos de la maquinaria. Los precios de los materiales son precios de venta en el municipio de Villa Nueva. Los precios de arrendamiento de maquinaria incluyeron operador y combustible.

Tabla XLIV. **Factor de prestaciones**

|            |                             |      |     |
|------------|-----------------------------|------|-----|
| <b>1</b>   | <b>DÍAS NO TRABAJADOS</b>   |      |     |
| <b>1.1</b> | <b>ASUETOS NO LABORALES</b> |      |     |
|            | 1 De enero                  | 1    | Día |
|            | Jueves santo                | 1    | Día |
|            | Viernes santo               | 1    | Día |
|            | Sábado santo                | 0,50 | Día |

Continuación de tabla XLIV

|          |                                 |                 |                |
|----------|---------------------------------|-----------------|----------------|
|          | 1 de Mayo                       | 1               | Día            |
|          | 30 De Junio                     | 1               | Día            |
|          | 15 De Septiembre                | 1               | Día            |
|          | 20 De Octubre                   | 1               | Día            |
|          | 1 De Noviembre                  | 1               | Día            |
|          | 24 De Diciembre (1/2 día)       | 0,50            | Día            |
|          | 25 De Diciembre                 | 1               | Día            |
|          | 31 De Diciembre (1/2 día)       | 0,50            | Día            |
| 1.2      | Festividad del lugar            | 1               | Día            |
| 1.3      | Domingos                        | 52              | Días           |
| 1.4      | Sábados                         | 26              | Días           |
| 1.5      | Vacaciones                      | 15              | Días           |
|          | <b>TOTAL</b>                    | <b>104,50</b>   | <b>Días</b>    |
| <b>2</b> | <b>TOTAL DE DÍAS TRABAJADOS</b> |                 |                |
| 2.1      | DÍAS NO LABORALES               | 104,50          | Días           |
| 2.2      | DÍAS EFECTIVOS                  | 260,50          | Días           |
|          | AÑO                             | 365             | Días           |
| <b>3</b> | <b>PORCENTAJES</b>              |                 |                |
| 3.1      | Días no laborales               | $104.5/260,50=$ | 40,12 %        |
| 3.2      | Indemnización                   | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.3      | Aguinaldo                       | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.4      | Bono 14                         | $30/260,50=$    | 11,52 %        |
| 3.5      | IGSS                            |                 | 10,67 %        |
| 3.5      | INTECAP (opcional)              |                 | 1,00 %         |
| 3.6      | IRTRA (opcional)                |                 | 1,00 %         |
|          |                                 | <b>TOTAL</b>    | <b>87,33 %</b> |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.10.1. Integración de precios unitarios

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS  |                 |                |                      |                  |
|---|-----------------|----------------|----------------------|------------------|
| Pavimentación de la carretera entre la colonia Ciudad Peronia y Valles de Maria | <b>Renglón:</b> | <b>2,00</b>    |                      |                  |
| Zona 2 de Villa Nueva   | <b>Fecha:</b>   | <b>oct-16</b>  |                      |                  |
| <b>Descripción del Renglón</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>P.U.</b>          | <b>Total</b>     |
| <b>EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA</b>  | 1               | m <sup>3</sup> | Q 104,92             | <b>Q 104,92</b>  |
| <b>Nota:</b>  |                 |                |                      |                  |
| <b>Descripción de Maquinaria y Equipo</b>                                       | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Retro Excavadora CAT 416  | 0,03            | hr-maquina     | Q 335,00             | Q 8,38           |
| Motoniveladora patrol 120 G   | 0,05            | hr-maquina     | Q 445,00             | Q 22,25          |
| Camion de volteo  | 0,10            | hr-maquina     | Q 415,00             | Q 41,50          |
| Transporte de maquinaria y/o equipo   | 1,00            | Unidad         | Q 3,61               | Q 3,61           |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 75,74</b>   |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 67,63</b>   |
| <b>Descripción de Combustible y Lubricantes</b>                                 | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>       |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Materiales</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Transporte de material  | 1,00            |                | Q -                  | Q -              |
|   |                 |                | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b>       |
|   |                 |                | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b>       |
| <b>Descripción de Mano de Obra directa</b>                                      | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Costo</b>         | <b>Sub Total</b> |
| Operario de Retro Excavadora CAT 416  | 0,03            | hora           | Q 29,00              | Q 0,87           |
| Operario de Motoniveladora patrol 120 G   | 0,06            | hora           | Q 29,00              | Q 1,74           |
| Herramientas  | 1,00            | Global         | Q 0,13               | Q 0,13           |
|   |                 |                | <b>Sub-total</b>     | <b>Q 2,74</b>    |
| <b>Mano de obra indirecta</b>   |                 |                |                      |                  |
| Factor de ayudante  |                 |                | 34,00%               | <b>Q 0,93</b>    |
| Prestaciones  |                 |                | 87,33%               | <b>Q 3,21</b>    |
| <b>Sub-total Costo Directo (Materiales + Mano de obra + Herramientas)</b>       |                 |                |                      | <b>Q 82,62</b>   |
| <b>Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      |                  |
| Utilidad  |                 |                | 10%                  | <b>Q 8,26</b>    |
| Imprevisto  |                 |                | 7%                   | <b>Q 5,78</b>    |
| Administrativo  |                 |                | 10%                  | <b>Q 8,26</b>    |
| <b>Sub-total Costo Indirecto</b>  |                 |                |                      | <b>Q 22,30</b>   |
| <b>Total del Renglón</b>  |                 |                |                      | <b>Q 104,92</b>  |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.10.2. Resumen de integración de costos

| RESUMEN DEL PRESUPUESTO |  |                |           |            |                        |
|-------------------------|--|----------------|-----------|------------|------------------------|
| No.                     | DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN                          | UNIDAD         | CANTIDAD  | P UNITARIO | TOTAL                  |
| 1                       | Replanteo Topográfico                            | km             | 2,52      | Q 3 340,00 | Q 8 413,33             |
| 2                       | Excavación no clasificada                        | m <sup>3</sup> | 1 922,16  | Q 104,92   | Q 201 673,03           |
| 3                       | Excavación no clasificada de desperdicio         | m <sup>3</sup> | 33 919,41 | Q 75,89    | Q 2 574 144,02         |
| 4                       | Coformación de subrasante                        | m <sup>2</sup> | 20 152,00 | Q 14,96    | Q 301 473,92           |
| 5                       | Colocación de bas granular con e = 10cm          | m <sup>3</sup> | 2 015,20  | Q 274,49   | Q 553 152,25           |
| 6                       | Colocación de pavimento rígido con e = 12,50cm   | m <sup>3</sup> | 3 022,80  | Q 1 935,09 | Q 5 849 390,05         |
| 7                       | Alcantarillado de diámetro de 30" PVC norma F949 | ml             | 81,00     | Q 3 022,75 | Q 244 842,75           |
| 8                       | Excavación para drenaje transversal              | m <sup>3</sup> | 202,50    | Q 461,98   | Q 93 550,95            |
| 9                       | Cuneta revestida                                 | ml             | 2 519,00  | Q 917,45   | Q 2 311 056,55         |
| 10                      | Cajas y cabezal (concreto ciclopeo)              | m <sup>3</sup> | 9,90      | Q 2 646,46 | Q 26 199,95            |
|                         |  |                |           |            | <b>Q 12 163 896,80</b> |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.11. Cronograma de ejecución física y financiera

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| No           | UM   | CANTICOSTO                                    | MES 1                 |                          |                          |                           | MES 2                     |                          |                          |                          | MES 3                    |                          |          |          | MES 4    |          |  |
|--------------|--|---|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|--|
|              |  |   | semana 1              | semana 2                 | semana 3                 | semana 4                  | semana 1                  | semana 2                 | semana 3                 | semana 4                 | semana 1                 | semana 2                 | semana 3 | semana 4 | semana 1 | semana 2 |  |
| 1            | Replanteo Topográfico                            | km<br>2,52<br>Q 8 413,33                      | 0 8 413,33            |                          |                          |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 2            | Excavación no clasificada                        | m <sup>3</sup><br>1 922,16<br>Q 201 673,03    | 640,72<br>Q 67 224,34 | 640,72<br>Q 67 224,34    | 640,72<br>Q 67 224,34    |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 3            | Excavación no clasificada de desperdicio         | m <sup>3</sup><br>33 919,41<br>Q 2 574 144,02 |                       |                          | 11 306,7<br>Q 859 046,01 | 11 306,7<br>Q 859 046,01  | 11 306,7<br>Q 859 046,01  |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 4            | Conformación de subrasante                       | m <sup>2</sup><br>20 152,00<br>Q 301 473,92   |                       |                          |                          | 10 076,00<br>Q 150 736,96 | 10 076,00<br>Q 150 736,96 |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 5            | Colocación de bas granular con e = 10cm          | m <sup>3</sup><br>2 015,20<br>Q 553 162,25    |                       |                          |                          | 1 007,60<br>Q 276 576,12  | 1 007,60<br>Q 276 576,12  |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 6            | Colocación de pavimento rígido con e = 12,50cm   | m <sup>3</sup><br>3 022,80<br>Q 5 946 390,05  |                       |                          |                          |                           | 604,56<br>Q 1 139 637,92  | 604,56<br>Q 1 139 637,92 | 604,56<br>Q 1 139 637,92 | 604,56<br>Q 1 139 637,92 | 604,56<br>Q 1 139 637,92 | 604,56<br>Q 1 139 637,92 |          |          |          |          |  |
| 7            | Alcantarillado de diámetro de 30" PVC norma F949 | ml<br>81,00<br>Q 244 842,75                   |                       |                          |                          |                           |                           |                          | 81,00<br>Q 244 842,75    |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 8            | Excavación para alcantarillado                   | m <sup>3</sup><br>202,50<br>Q 93 550,95       |                       |                          |                          |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 9            | Cuneta revestida                                 | ml<br>2 519,00<br>Q 2 311 066,55              |                       |                          |                          |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| 10           | Cajas y cabsas (concreto ciclopeo)               | m <sup>3</sup><br>9,80<br>Q 26 169,95         |                       |                          |                          |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |
| <b>TOTAL</b> |  |   | Q 12 163 896,80       | Q 1 068 134,36<br>20,93% | Q 3 740 600,20<br>71,80% | Q 5 814 457,88<br>5,62%   | Q 1 540 704,37<br>2,66%   |                          |                          |                          |                          |                          |          |          |          |          |  |

Fuente: elaboración propia.

## **4.12. Evaluación socioeconómica**

El estudio socioeconómico trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias. Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el Valor Presente Neto y la comparación con la Tasa Interna de Retorno.

### **4.12.1. Valor Presente Neto**

El VPN designa una cantidad presente o actual de dinero, este valor se encuentra al comienzo del período inicial. El concepto del valor presente al igual que el de valor futuro, con base en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo en que se recibe.

Sobre la escala de tiempo ocurre en el tiempo cero o en cualquier otro punto desde el cual se escoge medir el tiempo.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$\text{VPN} < 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} > 0$$

Cuando el  $\text{VPN} < 0$ , el resultado es un valor negativo muy grande y alejado de cero, nos está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable. Cuando el  $\text{VPN} = 0$ , está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando  $\text{VPN} > 0$ , está indicando que la opción es rentable, y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Para el análisis del proyecto del pavimento rígido de la carretera conduce a la colonia Valles de María, se asume una tasa de interés del 3 %; dado que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible.

Se deberá cobrar un costo simbólico inicial por mejora de ornato a 200 viviendas alrededor de la calle, de Q 150,00 por vivienda. Así mismo se deberá cobrar una cuota simbólica de Q 35,00 mensuales por cada vivienda, por concepto de mantenimiento preventivo del pavimento, el cual se pretende gastar Q 1 500,00 mensuales.

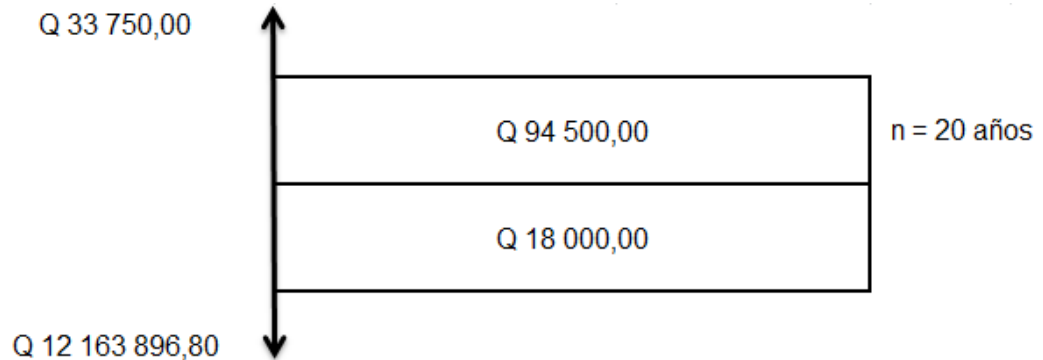
Tabla XLV. **Costo de operación del proyecto de pavimentación de carretera**

| <b>GASTOS / INGRESOS</b> | <b>OPERACIÓN</b>        | <b>RESULTADO Q</b> |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Costo inicial            |                         | Q 12 163 896,80    |
| Ingreso inicial          | Q 150,00/viv*225viv     | Q 33 750,00        |
| Costo anuales            | Q 1 500/mes*12meses     | Q 18 000,00        |
| Ingreso anual            | Q 35,00/viv*225*12meses | Q 94 500,00        |
| Vida útil en años        |                         | 20 años            |

Fuente: elaboración propia.

Una forma de analizar este proyecto es situar una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés, debido a que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más bajo posible, para este caso se analizó con una tasa de interés  $i = 3,00\%$  según Tasa Líder de BANGUAT.

Figura 37. **Gráfica del Valor Presente Neto del drenaje sanitario**



Fuente: elaboración propia.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, entonces se tiene:

$$VNP = -12\,163\,896,80 + 33\,750,00 - 18\,000,00 * \frac{1}{(1 + 0,03)^{20}} + 94\,000,00 * \frac{1}{(1 + 0,03)^{20}}$$

$$VNP = -12\,088\,067,44$$

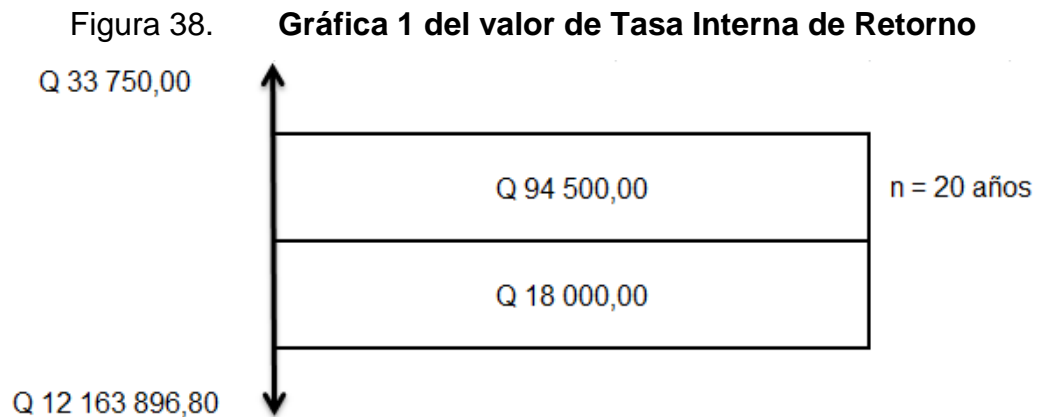
Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad alguna; puesto que el proyecto es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo a los vecinos favorecidos de Villa Nueva.

#### 4.12.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR mide la rentabilidad de un proyecto y si es igual o mayor que la TREMA, debe aceptarse, de lo contrario se rechaza, esto garantiza que el proyecto ganará más de su rendimiento esperado.

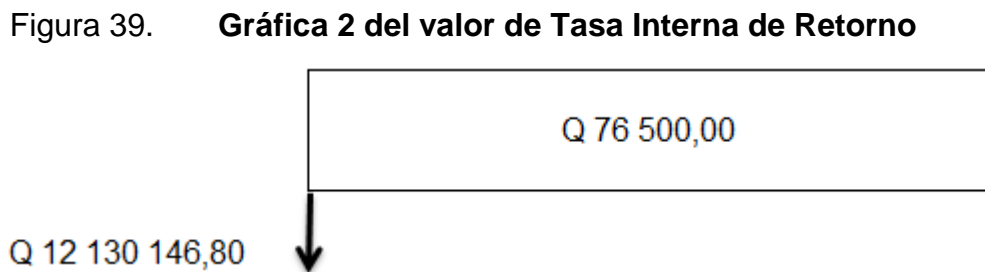
La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir la pavimentación de la carretera entre la colonia Ciudad Peronia y Valles de María, con un costo inicial aproximado de Q 12 163 896,80. Por otra parte, la alcaldía necesita de Q

18 000,00 al final de cada año, como costo de mantenimiento y Q 94 500,00 por la cuota de amortización; también se tendrá un ingreso inicial por el derecho de uso de la carretera, este será de Q 33 750,00 por el total de 225 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 20 años, que corresponde a la vida útil del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

Puesto que los Q 94 00,00 y los Q 18 000,00 se encuentran enfrentados en el mismo período de tiempo, como también Q 15 767 524,43 y los Q 33 750,00 la gráfica podría simplificarse a:



Fuente: elaboración propia.



Teniendo claro lo anterior, se plantea y se soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Ahora de buscará la tasa de interés para que el VNP = 0, se despeja el valor de  $i$ .

$$VNP = 0$$

$$0 = -12\,130\,146,80 + 76\,500,00 * \frac{1}{(1+x)^{20}}$$

$$x = -0,40$$

$$i = -40 \%$$

La tasa de interés es de -40 %, la TIR es negativa y como ya se mencionó antes el proyecto es de carácter social. Es decir, es un proyecto del sector público que tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no a las ganancias.

#### **4.13. Evaluación de Impacto Ambiental**

Este estudio sobre un pavimento de concreto rígido es importante para proteger el medio ambiente. El fin primordial de esta clase de estudios es la proteger la naturaleza. El proyecto consta de dos etapas: la de construcción y la de funcionamiento, por lo general, la etapa más crítica, es decir la que hace más daño al ambiente, es la etapa de construcción.

En la etapa de planificación y diseño, se debe pensar en las medidas de mitigación de situaciones que pueden contaminar de manera visual, auditiva, calidad del aire y generación de olores al medio ambiente. A continuación, se resume en un cuadro de síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental específico para este proyecto.

Tabla XLVI. **Síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental**

| <b>Impacto</b>   | <b>Medida de mitigación</b>   | <b>Responsable</b>                           | <b>Localización</b>     | <b>Frecuencia</b>     |
|--|---|--|-------------------------|-----------------------|
| Erosión de suelos  | Extracción correcta y controlada de la cubierta vegetal.  | Contratista de obra                          | Zona de obra            | Etapa de construcción |
| Alteraciones sobre el recurso hídrico, superficial y subterráneo | Prohibición de lavado de camiones y mezcladoras de concreto en lugares no especificados por la inspección.<br>Traslado de aguas residuales. | Contratista de obra                          | Zona de obra            | Etapa de construcción |
|  | Evitar acopios de materiales innecesarios o por tiempos prolongados.  | Contratista de obra                          | Zona de obra            | Etapa de construcción |
|  | Control del uso de lubricantes y aceites.<br>Lavado de equipos en zonas permitidas.   | Contratista de obra                          | Zona de obra            | Etapa de construcción |
|  | Ejecutar correctamente la explotación de canteras.  | Contratista de obra                          | Cantera                 | Etapa de construcción |
| Calidad del aire   | Ejecución correcta de las juntas entre tuberías para evitar socavamientos.<br>Control en niveles y pendientes.                              | Contratista de obra- empresa supervisora     | Zona de obra            | Etapa de construcción |
|  | Control permanente sobre la carburación de los vehículos.   | Contratista de obra                          | Zona de obra            | Etapa de construcción |
|  | Optimizar el movimiento de maquinarias.   | Contratista de obra                          | Zona del proyecto       | Etapa de construcción |
|  | Durante la carga y descarga de materiales sueltos, mantener condiciones de humedad de   | Contratista de obra - operador de maquinaria | Zona de obra y canteras | Etapa de construcción |

Continuación tabla XLVI

|                      |  |  |  |                         |
|----------------------|--|--|--|-------------------------|
| Calidad del aire     | estos.   |  |  |                         |
|                      | Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.      | Contratista de obra                          | Zona de obra y galeras de obra principales | Etapa de construcción   |
|                      | Mantener la humedad necesaria en lugares de                          | Contratista de obra                          | Zona de obra y canteras                    | Etapa de construcción   |
|                      | almacenamiento de materiales.  |  |  |                         |
|                      | Mantener con humedad vías de circulación de terracería.              | Contratista de obra - operador de maquinaria | Zona del proyecto                          | Etapa de construcción   |
| Generación de olores | Almacenamiento en contenedores cerrados de residuos sólidos.         | Contratista de obra                          | Zona de obra y galeras de obra principales | Etapa de construcción   |
|                      | Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.      | Contratista de obra                          | Zona de obra y galeras de obra principales | Etapa de construcción   |
|                      | Control permanente sobre la carburación de vehículos.                | Contratista de obra                          | Zona de obra                               | Etapa de construcción   |
|                      | Traslado de residuos sólidos resultante de la limpieza de tracantes. | Municipalidad                                | Zona del proyecto                          | Etapa de funcionamiento |
| Contaminación sonora | Optimizar el movimiento de maquinaria y camiones.                    | contratista de obra                          | Zona de proyecto                           | Etapa de construcción   |
|                      | Uso de protección auditiva por partes de los operarios.              | Supervisión                                  | Zona de obra obra                          | Etapa de construcción   |
|                      | Consensuar horas de  | Contratista de obra                          | Zona de                                    | Etapa de                |

Continuación tabla XLVI

|  |   |                     |                                     |                          |
|--|---|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|
|  | trabajo en la población.  | supervisión         | proyecto                            | construcción             |
|  | Almacenamiento de contenedores cerrados   | contratista de obra | Zona de obra y área de              | Etapas de construcción   |
| Alteraciones sobre las características físico-químicas del suelo | de residuos sólidos. Ejecutar una correcta explotación de canteras. Restitución de suelos.  | contratista de obra | galeras canteras                    | Etapas de construcción   |
|  | Prohibición de lavado de camiones y   | contratista de obra | Zona de obra                        | Etapas de construcción   |
|  | en lugares no autorizados por la supervisión.   |                     |                                     |                          |
|  | Traslado de residuos sólidos resultantes de la limpieza.  | Municipalidad       | Zona de obra                        | Etapas de funcionamiento |
| Sobre el medio perceptivo o paisaje                              | Recuperación de zonas utilizadas para las galeras de los trabajadores. Retiro de instalaciones provisionales.   | contratista de obra | Zonas de obra y galeras principales | Etapas de construcción   |
| Sobre el tránsito y medios de transporte                         | Correcta señalización de desvíos. Indicación de velocidades máximas. Colocación de barreras de protección de iluminación nocturna. Empleo de banderilleros. | Contratista de obra | Zona de proyecto                    | Etapas de construcción   |
|  | Colocación de pasarelas o puentes de ingreso a propiedades.   | Contratista de obra | Zona de obra                        | Etapas de construcción   |
| Sobre el tránsito y medios de transporte                         | Garantizar la seguridad de visitantes y pobladores.   | Contratista de obra | Zona de proyecto                    | Etapas de construcción   |

Fuente: GONZÁLEZ GÓMEZ, José Daniel. *Diseño de pavimento de concreto y drenaje pluvial, de la ruta entre el caserío yerbabuena, municipio de Chimaltenango y aldea puerta abajo, municipio de Zaragoza, departamento de Guatemala.* p. 117.

Este proyecto ayudará a mejorar la condición de salud de las personas que habitan en el lugar, ya que disminuirá considerablemente el polvo de las calles y en época de invierno evitara la acumulación de agua previniendo enfermedades infectocontagiosas.



## CONCLUSIONES

1. El diseño de la red de drenaje sanitario y pluvial mejorará las condiciones sanitarias y urbanísticas del casco urbano del municipio, eliminando la contaminación producida por las aguas servidas descargadas a cielo abierto y, por ende, disminuyendo las enfermedades gastrointestinales que afectan a la población.
2. El diseño del pavimento mediante el método PCA es de fácil aplicación y garantiza el buen funcionamiento del pavimento cuando no se tiene un control de tráfico local.
3. Se realizó un estudio socioeconómico para ambos proyectos, presentando resultados negativos, debido a que son proyectos sociales, en los cuales el Estado absorbe un alto porcentaje del costo de proyecto, estos podrán llevarse a cabo.
4. A través del Ejercicio Profesional Supervisado, el estudiante de Ingeniería Civil, contribuye con la solución de diversas necesidades de infraestructura que se tienen en la mayoría de municipios de Guatemala





## RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta un plan de limpieza de cunetas y tuberías transversales, antes de la época de invierno, ya que si estos se encuentran obstruidos o tapados con basura, es difícil que el agua pluvial evacue por ellos, lo cual puede generar consecuencias como: taponamientos e inundaciones en el lugar.
2. Darle el mantenimiento necesario a los drenajes para no tener problemas en el futuro, también capacitar a los usuarios para que no llenen el drenaje de basura ni de ningún objeto que obstaculice el libre paso de las aguas sanitarias.
3. Para garantizar la calidad de construcción de ambos proyectos, es importante verificar, mediante ensayos, la calidad de los materiales a utilizar. Además de esto, se necesita tener mano de obra calificada.
4. Utilizar mano de obra local en lo que sea posible, para generar fuentes de trabajo temporal y generar ingresos a la población.
5. Conocer adecuadamente la conformación, compactación de la subrasante y la base, así como la calidad de los agregados que se utilizarán para el concreto, ya que de esto depende el funcionamiento del pavimento.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: 2001. 304-1 p.
2. Empresas Públicas de Medellín. *Guías para el Diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado*. Medellín, 2009. 50 p.
3. Empresas Públicas de Medellín. E.S.P. *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E.P.S.* Medellín, 2013. 4-55p.
4. Hurban Drainage Design Manual. *Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition*. 2009. 4-76 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillado*. Guatemala, 2001, 30 p.
6. RAYMUNDO VELASCO. Pedro Enrique. *Diseño del drenaje sanitario y pluvial y edificio de tres niveles para las oficinas municipales de San Pedro Jocopilas, Departamento del Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 96 p.



## APÉNDICES

- Memoria de cálculo
- Tabla drenaje pluvial
- Tabla de tragantes
- Cuadro de diseño del drenaje sanitario
- Planos del diseño de drenaje sanitario y pluvial



DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO

COLONIA SAN RAFAEL LOS TANQUES, VILLA NUEVA, GUATEMALA

PARÁMETROS DE DISEÑO

Table with design parameters: Periodo de Diseño: 23 Años, Habitantes/Vivienda: 8 Hab., Tasa Crecimiento: 3 %, Dotación: 175 lt/hab/día, Factor Retorno: 80 %, Coeficiente Rugosidad: 0.010 P.V.C

Main data table with columns: DE PV, A PV, Cotas Terreno, DH (m), DHD, 5% Terreno, No. Casas, Hab. Servir Act., Hab. Servir Fut., Caudal Domiciliar, Q conexiones llida, Q. Infiltracion, Caudal Sanitario, FQM, FQM a Utilizar, Factor Harmond, q diseño (l/s), Ø, S (%), Sección Llena, q/Q, v/v, d/D, v (m/s), Cotas Invert, Prof. Pozo. Includes sub-sections for TRAMO 1 through TRAMO 9.









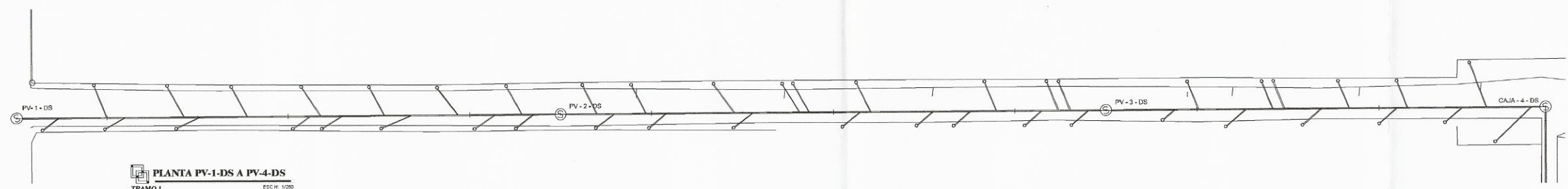


**PLANTA GENERAL (DRENAJE SANITARIO)**

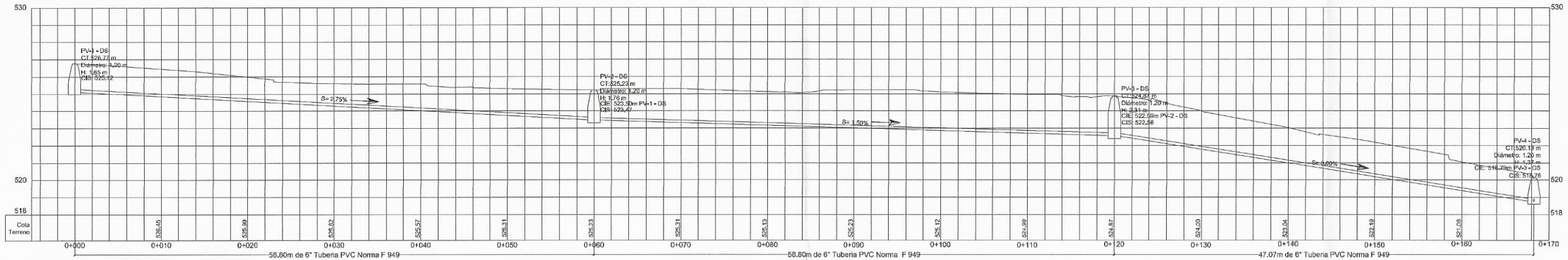
ESCALA: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Argueta Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

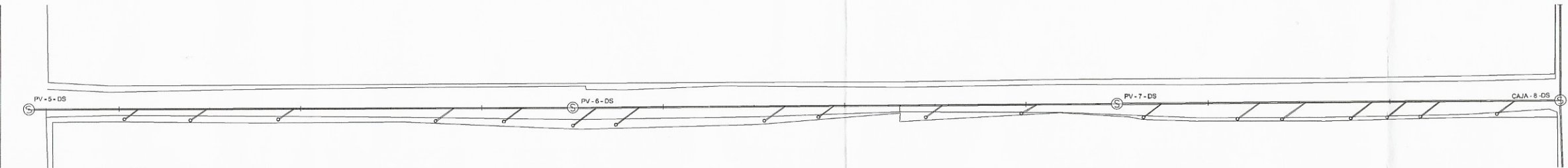
|  |                   |
|--|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |                   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |                   |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS TANQUES I, S. B SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |                   |
| MADEÑO<br>MARCELO CASTAÑEDA  | ESCALA INDICADA   |
| DIENES<br>MARCELO CASTAÑEDA  | ZONA 2            |
| ASESOR<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | FECHA: JULIO 2016 |
| CHIEF OF ENGINEERING<br>MARCELO CASTAÑEDA DIBO   | HOJA 01           |
|  | 32                |



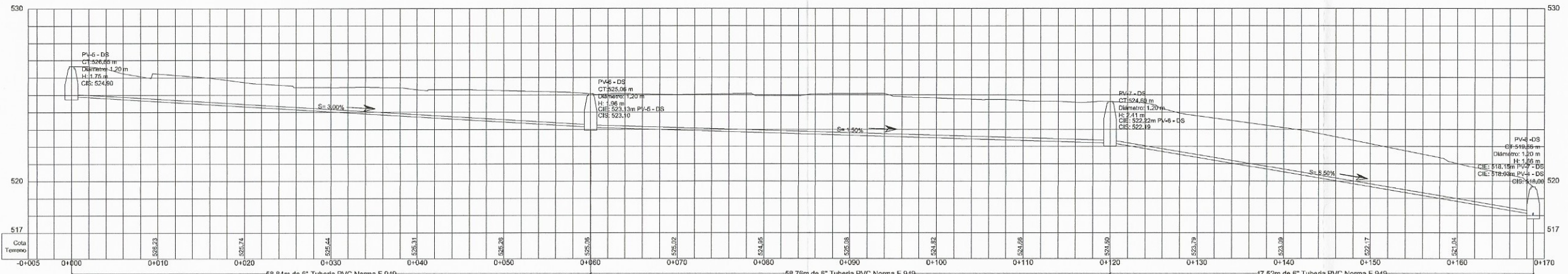
**PLANTA PV-1-DS A PV-4-DS**  
TRAMO 1



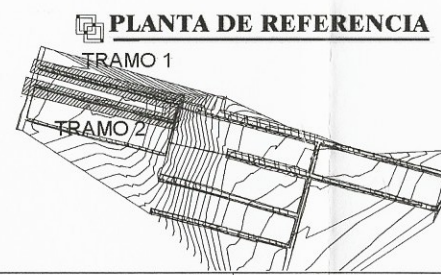
**PERFIL PV-1-DS A PV-4-DS**  
TRAMO 1



**PLANTA PV-5-DS A PV-8-DS**  
TRAMO 2



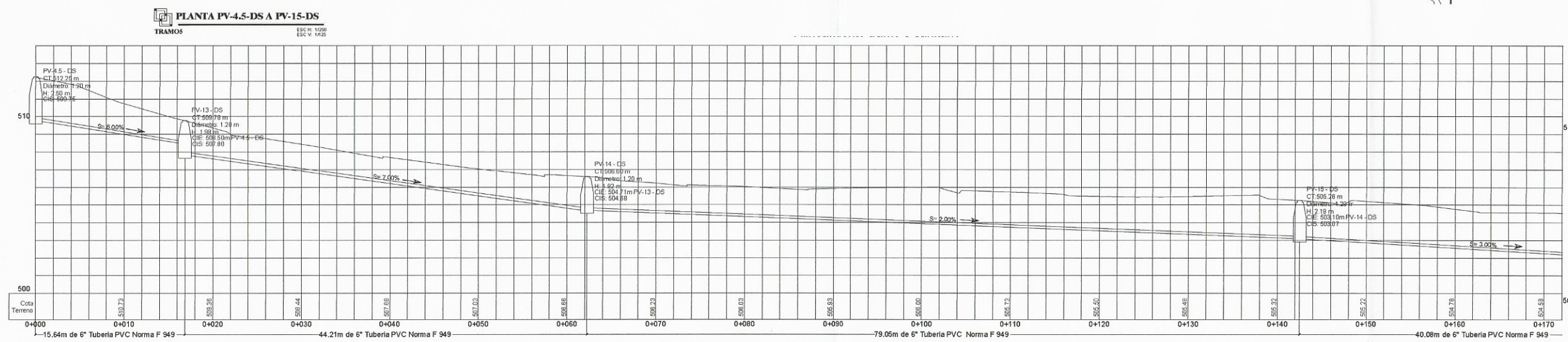
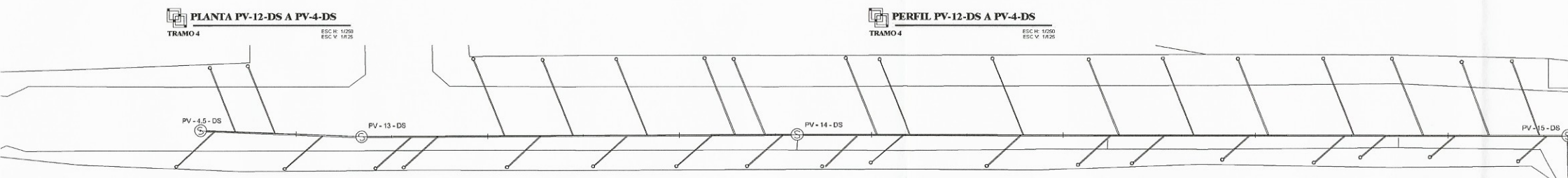
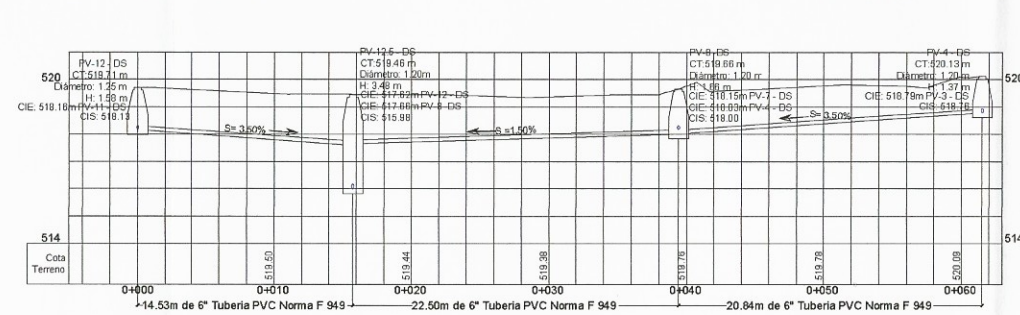
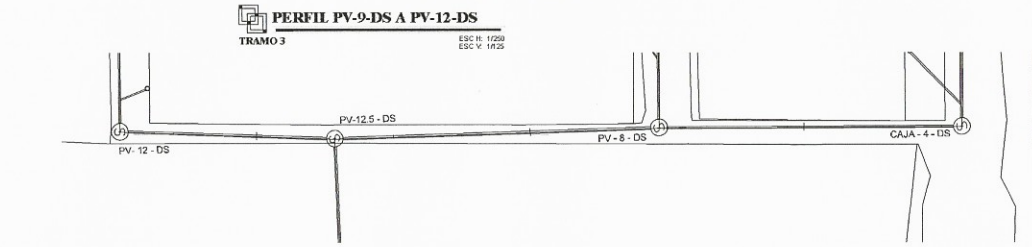
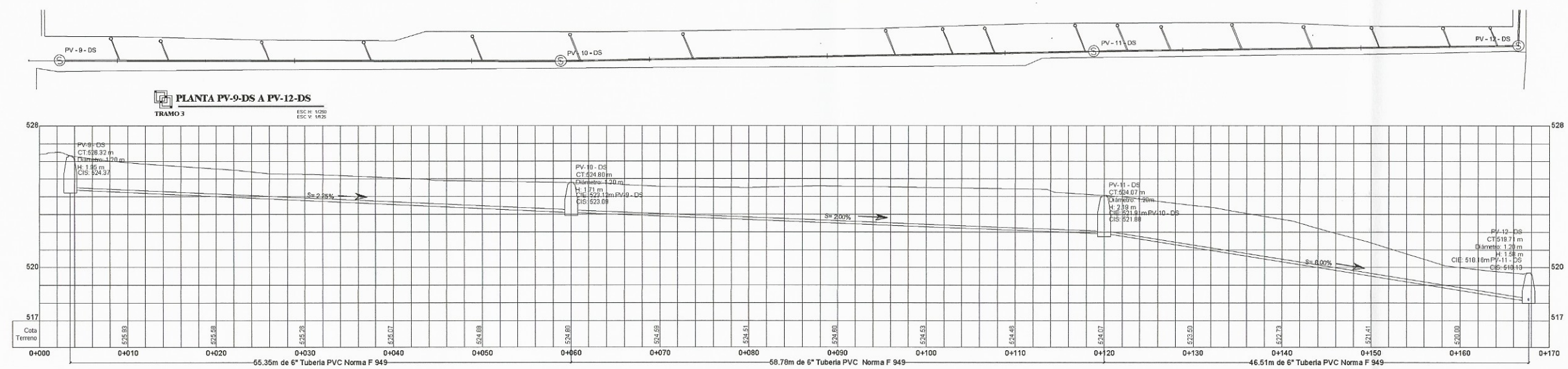
**PERFIL PV-5-DS A PV-8-DS**  
TRAMO 2



**PLANTA DE REFERENCIA**



|   |  |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  |  |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS TANQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |  |
| CALIFICADO:<br>MARCELO CASTAÑEDA<br>DISEÑO:<br>MARCELO CASTAÑEDA<br>ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ           | CONTENIDO:<br><b>PLANTA Y PERFIL DRENAJE SANITARIO (TRAMO 1 Y TRAMO 2)</b> |
| ESCALA INDICADA<br>ZONA 2   | HOJA 02  |
| DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELO CASTAÑEDA DIBO  | FECHA<br>JULIO 2018<br>HOJA 32   |



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

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

PROYECTO: CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS TANQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2.

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DRENAJE SANITARIO (TRAMO 3, TRAMO 4 Y TRAMO 5)

ESCALA INDICADA: 03

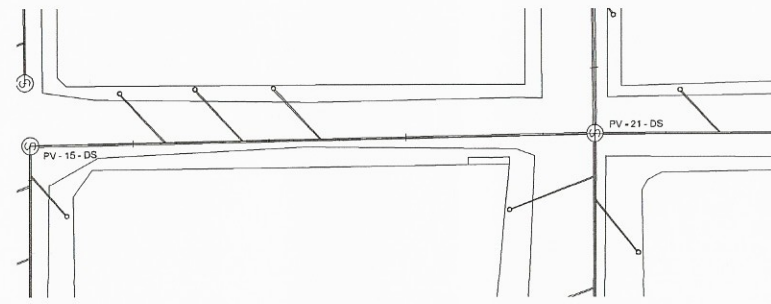
ZONA: 2

FECHA: JULIO/2018

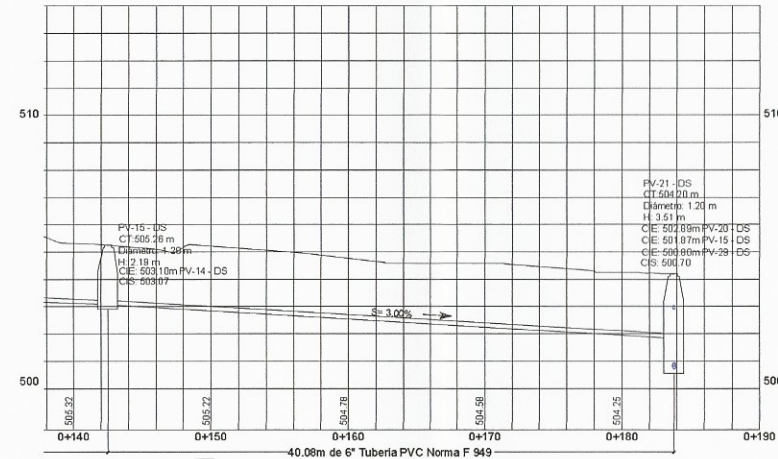
ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ

MARCELINO CASTAÑEDA DIEGO

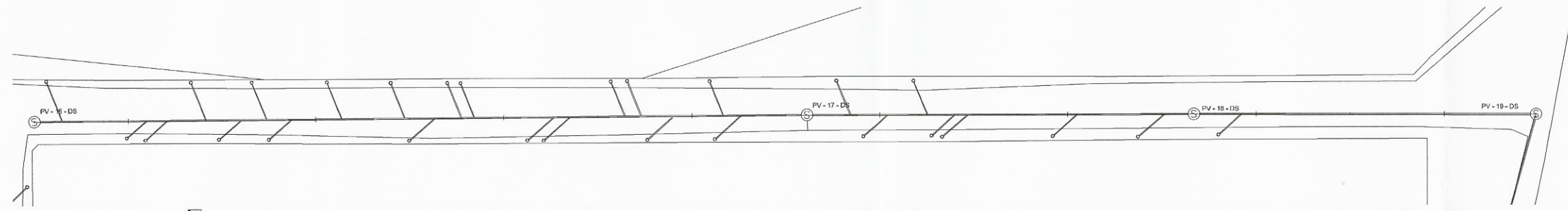




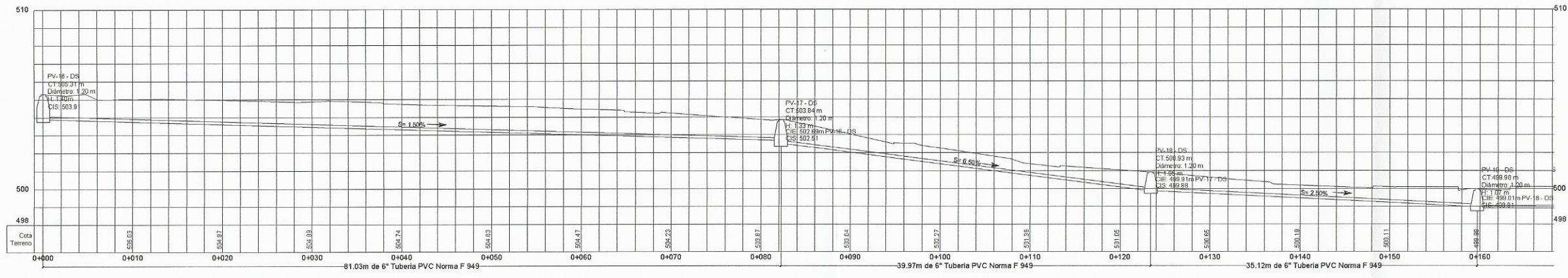
**PLANTA PV-15-DS A PV-21-DS**  
TRAMO 5  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25



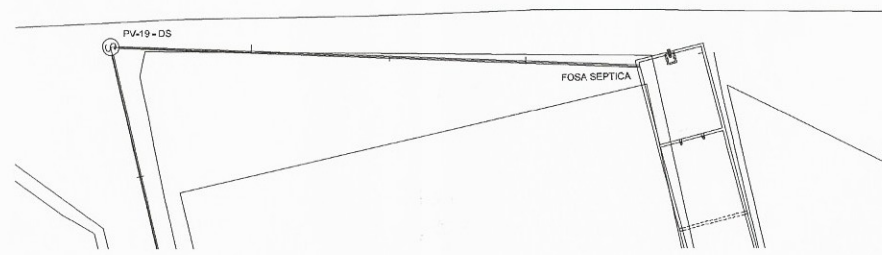
**PERFIL PV-15-DS A PV-21-DS**  
TRAMO 5  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25



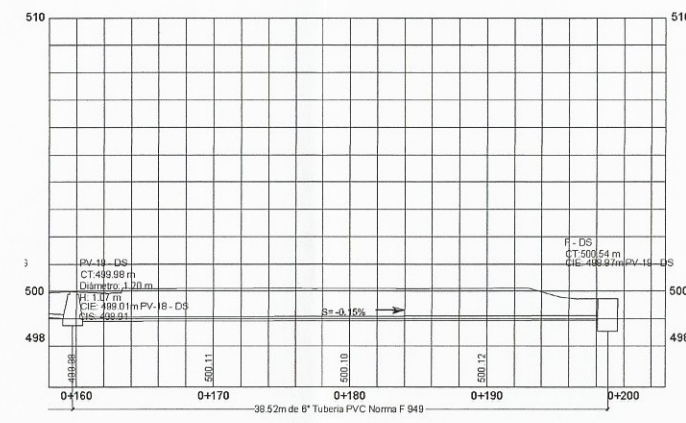
**PLANTA PV-16-DS A PV-18-DS**  
TRAMO 6  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25



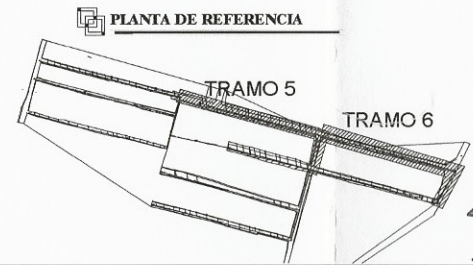
**PERFIL PV-16-DS A PV-18-DS**  
TRAMO 6  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25



**PLANTA PV-19-DS A PV-25-DS**  
TRAMO 6  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25



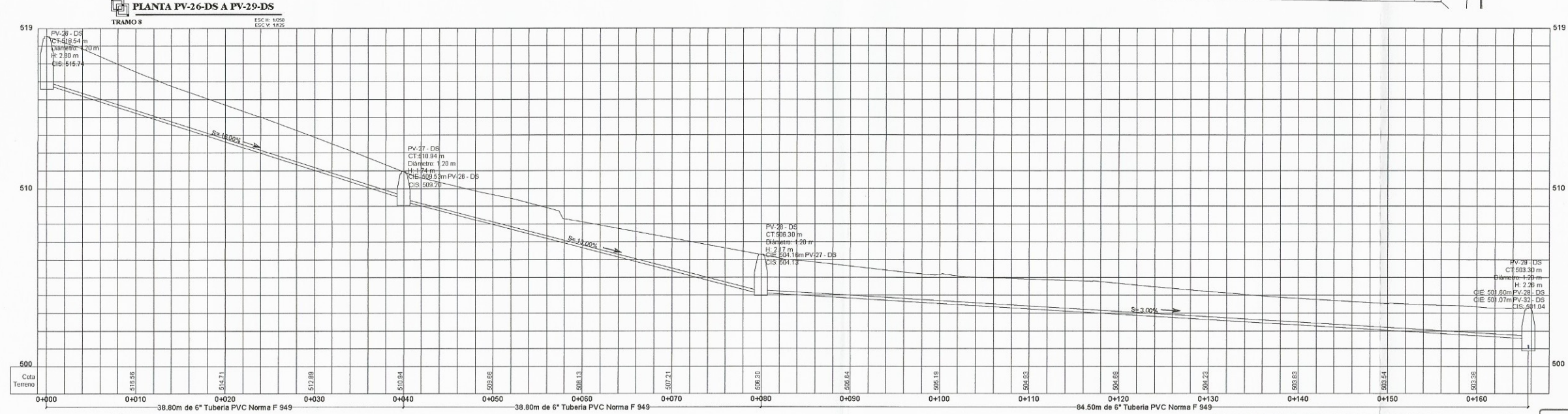
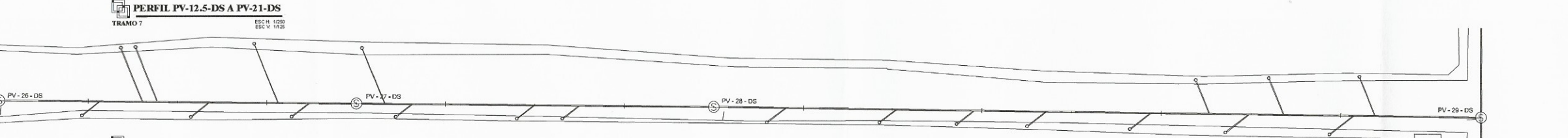
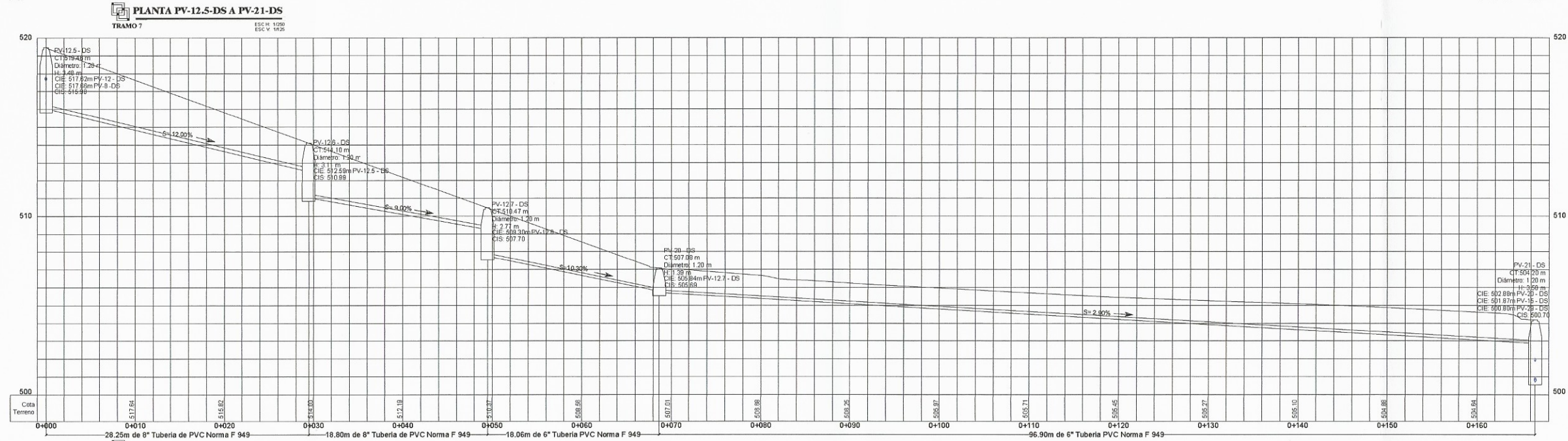
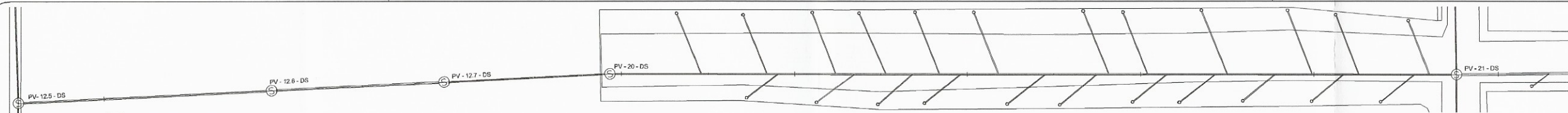
**PERFIL PV-19-DS A PV-25-DS**  
TRAMO 6  
ESC: H: 1/200  
ESC: V: 1/25

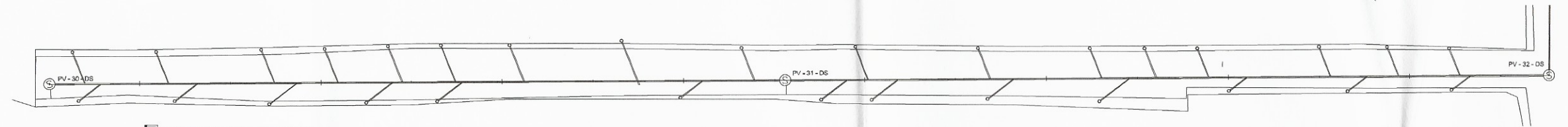


**PLANTA DE REFERENCIA**

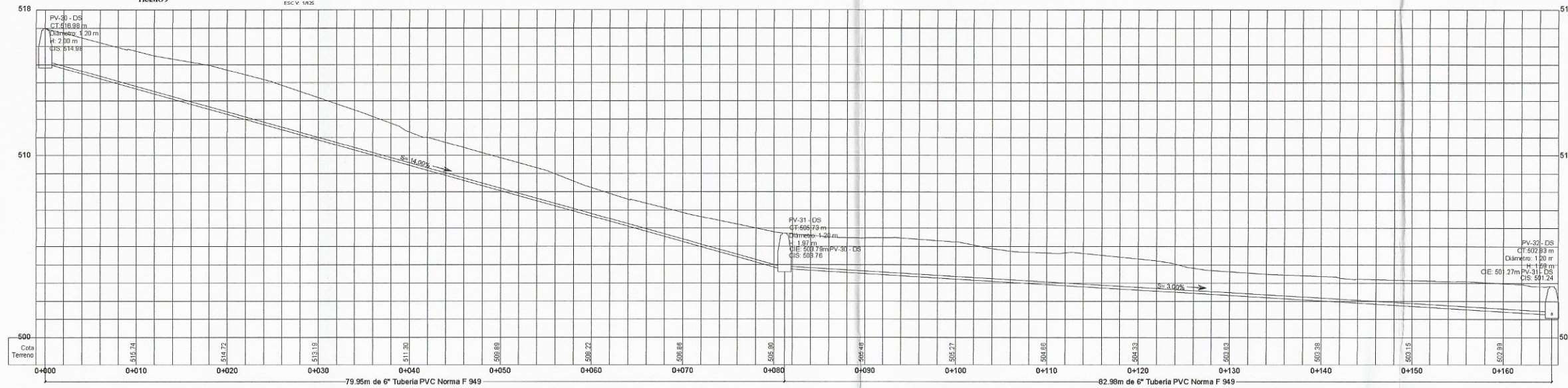
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|  |  |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA   |  |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE ORENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS<br>TANQUES I, II, B, SAN JOSE VILA NUEVA, ZONA 2. |  |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>SANITARIO (TRAMO 5 Y TRAMO 6) |
| DISEÑO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | ESCALA:<br>INDICADA  |
| ASISTENTE:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ   | FECHA:<br>JULIO 2018   |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIBO  | HOJA:<br>32  |

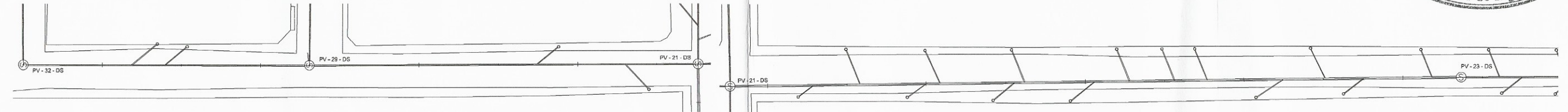




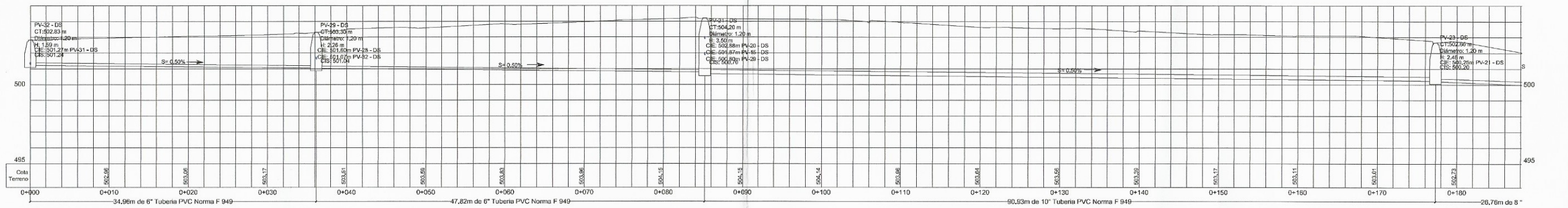
**PLANTA PV-30-DS A PV-32-DS**  
TRAMO 9  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



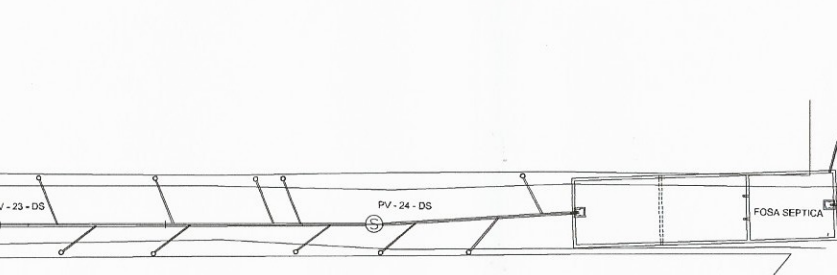
**PERFIL PV-30-DS A PV-32-DS**  
TRAMO 9  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



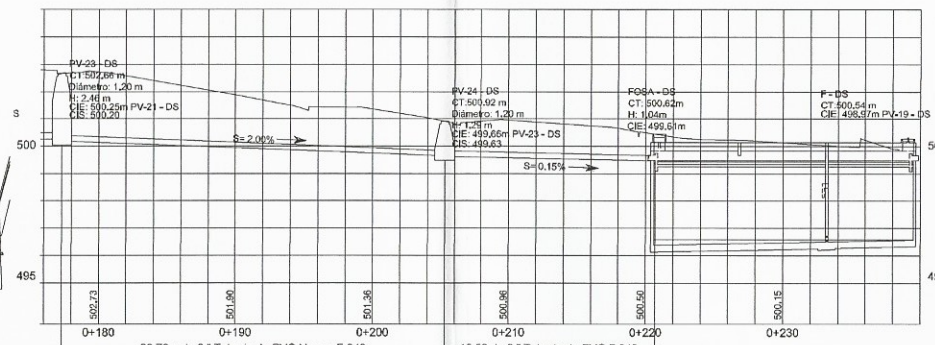
**PLANTA PV-32-DS A FOSA SEPTICA**  
TRAMO 10  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



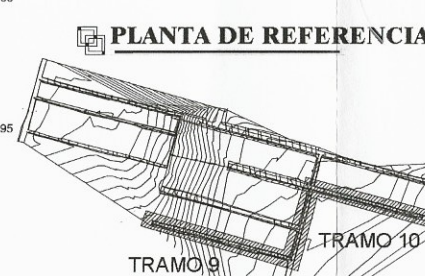
**PERFIL PV-32-DS A FOSA SEPTICA**  
TRAMO 10  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



**PLANTA PV-32-DS A FOSA SEPTICA**  
TRAMO 10  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



**PERFIL PV-32-DS A FOSA SEPTICA**  
TRAMO 10  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25

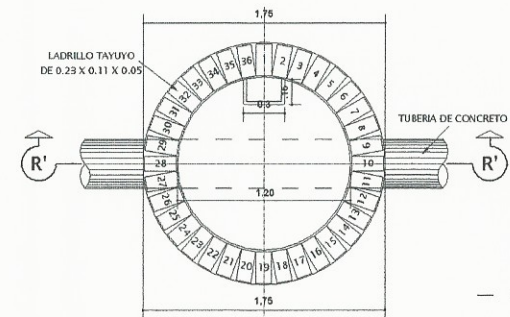


**PLANTA DE REFERENCIA**

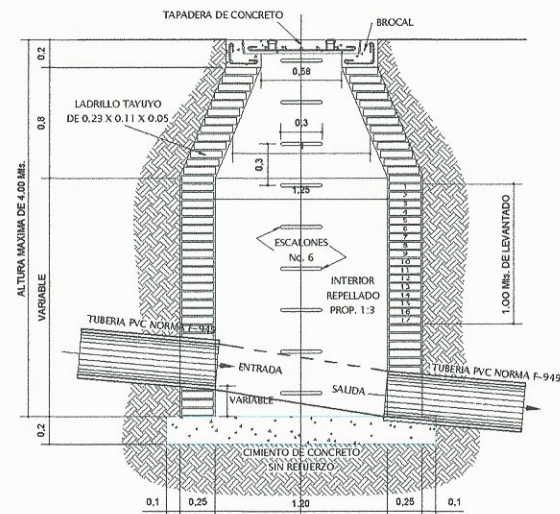
|   |   |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  |   |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS TANQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |   |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>SANITARIO (TRAMO 9 Y TRAMO 10) |
| ESQUEMA:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | ESCALA INDICADA:<br>ZONA 2  |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARQUETA HERNANDEZ   | FECHA:<br>JULIO/2016  |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIBO   | HOJA:<br>06   |
|   | TOTAL:<br>32  |



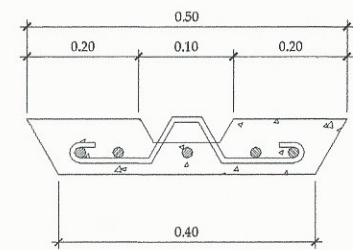




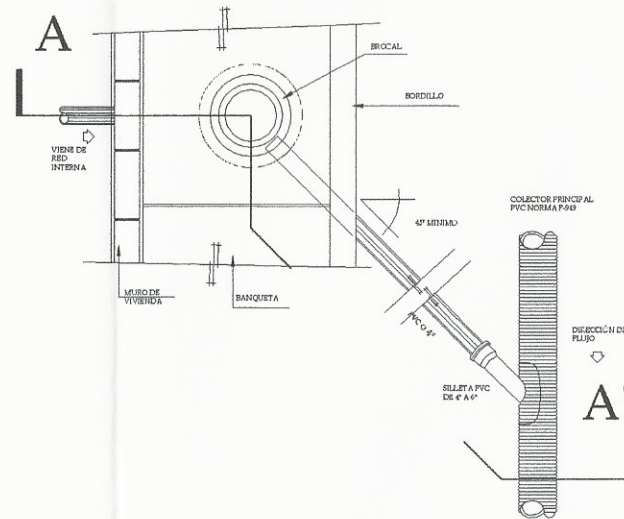
**PLANTA POZO CON DIÁMETRO DE 1.20Mts**  
ESC. 1/50



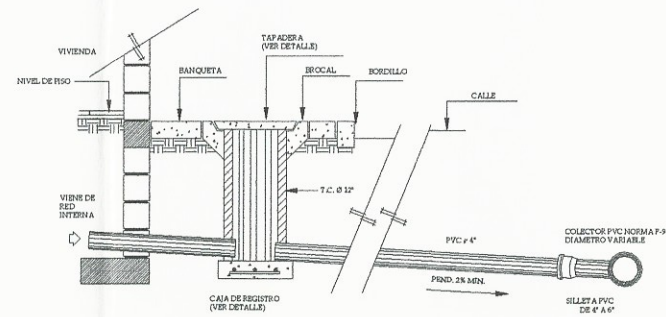
**SECCION POZO CON DIÁMETRO 1.20Mts**  
ESC. 1/25



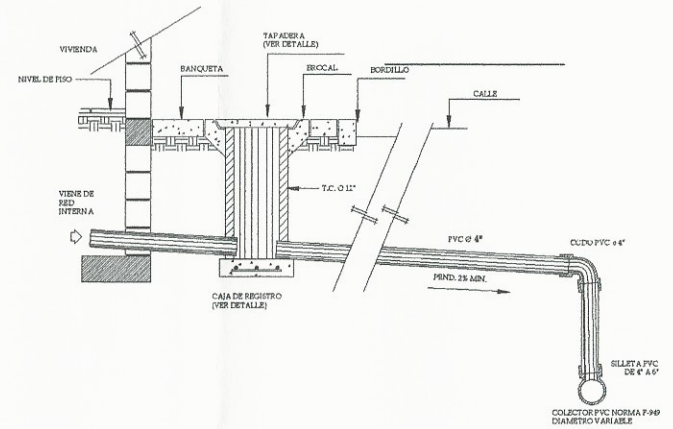
**SECCION POZO CON DIÁMETRO DE 1.20Mts**  
ESC. 1/50



**PLANTA ACOMETIDA DRENAJE SANITARIO**  
ESC. 1/100



**SECCION A-A'**  
ESC. 1/100



**DETALLE DE ACOMETIDA DRENAJE SANITARIO**  
ESC. 1/100

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS  
TANQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2.

|   |   |                      |             |
|---|---|----------------------|-------------|
| ELABORADO:<br>MAJELINDU CASTAÑEDA       | CONTENIDO:<br>DETALLES DE POZO DE VISITA Y<br>ACOMETIDA DRENAJE SANITARIO | ESCALA:<br>INDICADA  | FOJA:<br>07 |
| DISEÑADO:<br>MAJELINDU CASTAÑEDA        |   | ESCALA:<br>2         | FOJA:<br>32 |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MAJELINDU CASTAÑEDA DIBO                         | FECHA:<br>JULIO/2016 | FOJA:<br>32 |

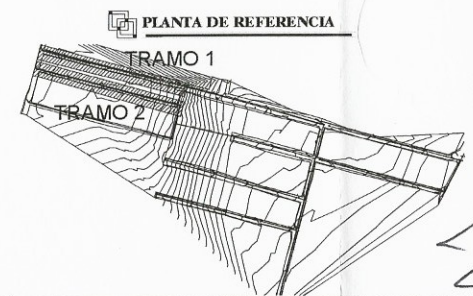
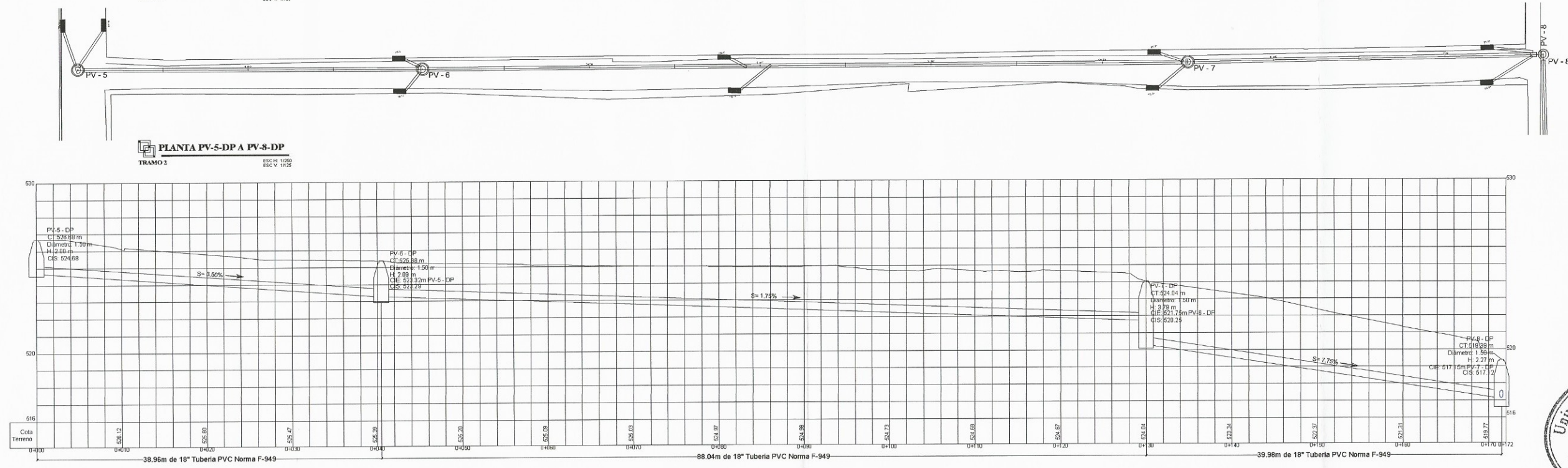
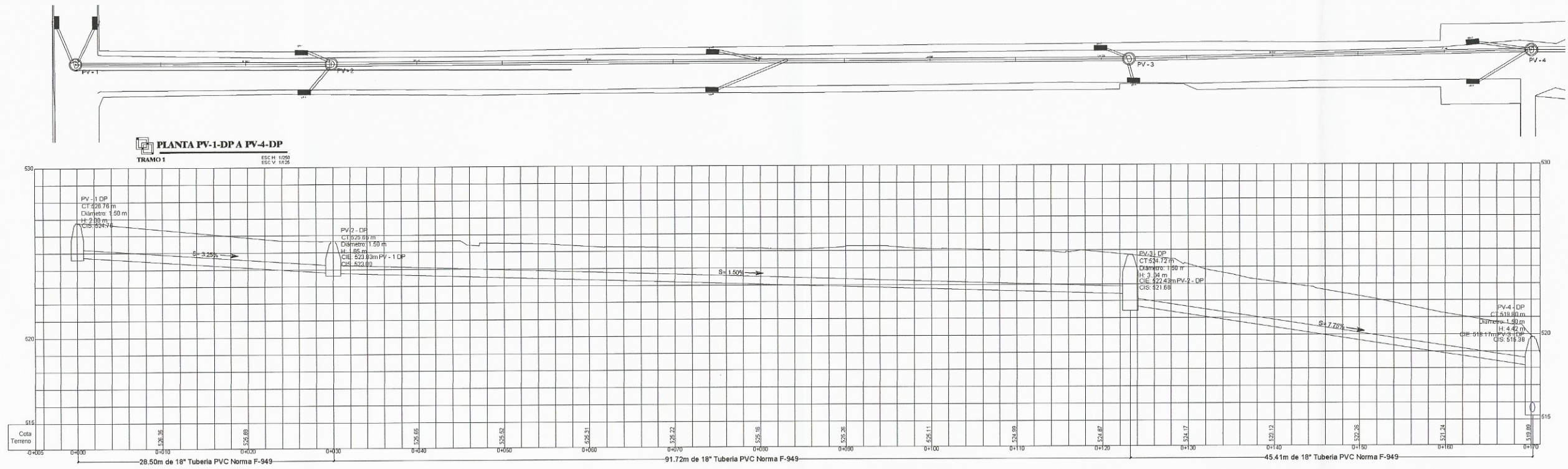


**PLANTA GENERAL (DRENAJE PLUVIAL)**

ESCALA: 1/750

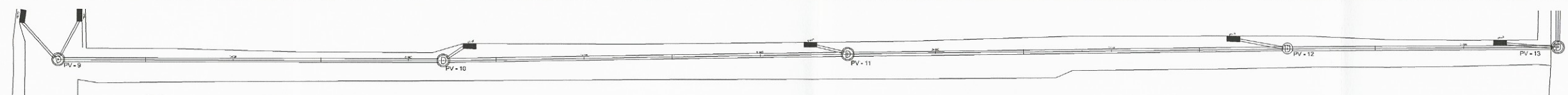
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |   |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILA MERVA  |   |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANTUARIO COLOMBIA LOS<br>TANQUES I, II, III SAN JOSE Y LA NUEVA ZONA 2. |   |
| DISEÑADO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>PLANTA GENERAL<br>DRENAJE PLUVIAL   |
| ESCALA:<br>INDICADA<br>ZONA<br>2  | HOJA:<br>08                                       |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA D.B.C. |
| FECHA:<br>JULIO 2016  | HOJA:<br>32                                       |

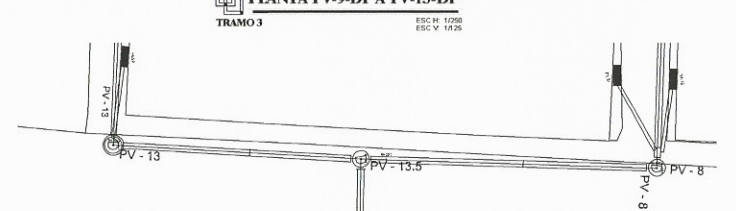
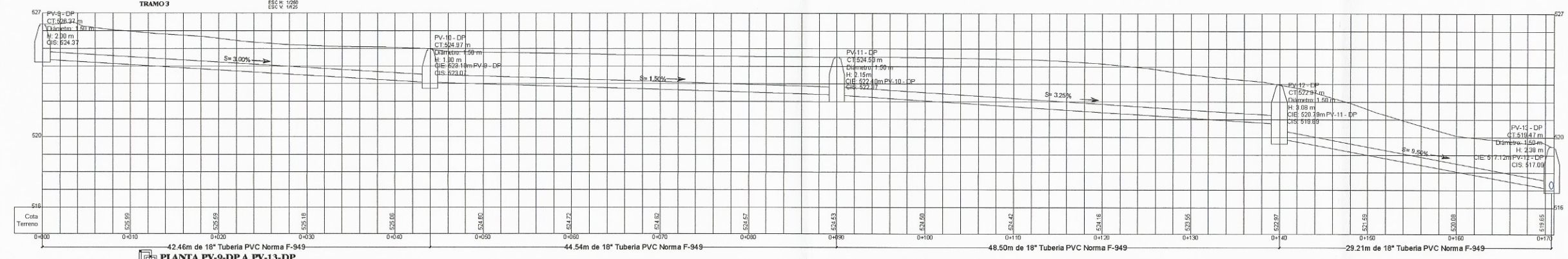


Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

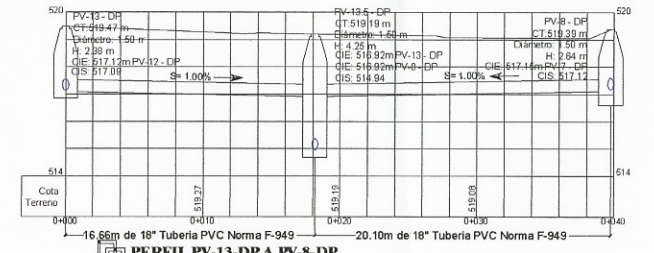
|   |                      |
|---|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA  |                      |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS TANGRES S. B. EN SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |                      |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE PLUVIAL (TRAMO 1 Y TRAMO 2)   | ESCALA:<br>INDICADA  |
| INTEGRANTE:<br>MARCELINEO CASTAÑEDA   | ZONA:<br>2           |
| INTEGRANTE:<br>MARCELINEO CASTAÑEDA   | FECHA:<br>JULIO/2018 |
| INTEGRANTE:<br>OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  | FECHA:<br>JULIO/2018 |
| INTEGRANTE:<br>MARCELINEO CASTAÑEDA   | FECHA:<br>JULIO/2018 |
| INTEGRANTE:<br>OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  | FECHA:<br>JULIO/2018 |
| INTEGRANTE:<br>MARCELINEO CASTAÑEDA   | FECHA:<br>JULIO/2018 |



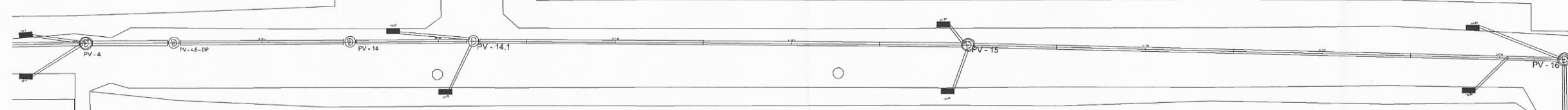
**PLANTA PV-9-DP A PV-13-DP**  
TRAMO 3  
ESC H: 1/200  
ESC V: 1/25



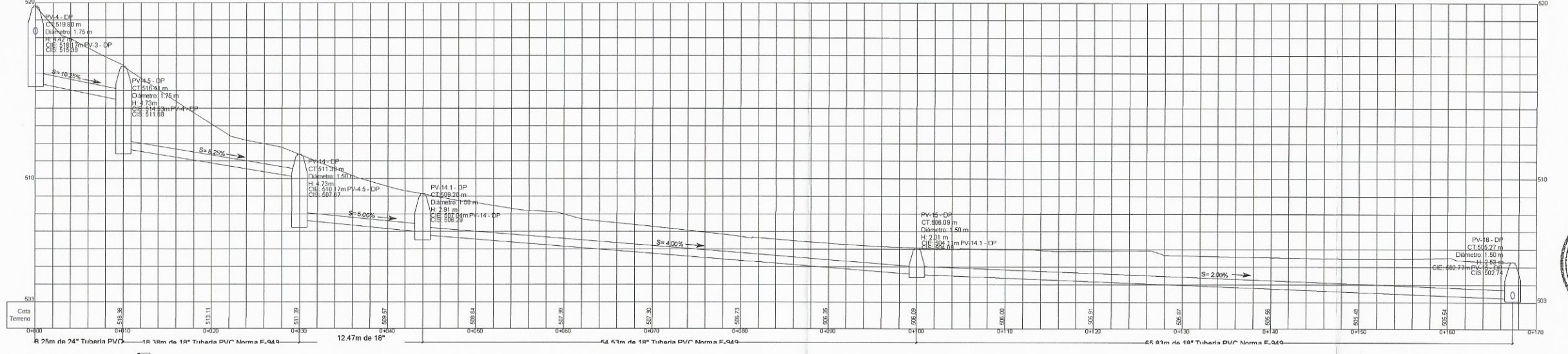
**PLANTA PV-13-DP A PV-8-DP**  
TRAMO 4  
ESC H: 1/200  
ESC V: 1/25



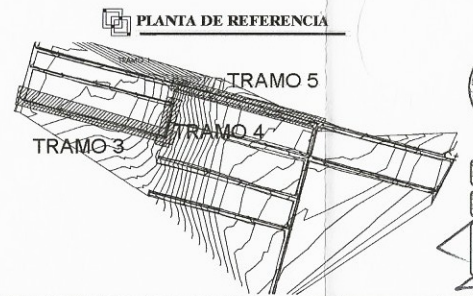
**PERFIL PV-13-DP A PV-8-DP**  
TRAMO 4  
ESC H: 1/200  
ESC V: 1/25



**PLANTA PV-13-DP A PV-8-DP**  
TRAMO 5  
ESC H: 1/200  
ESC V: 1/25

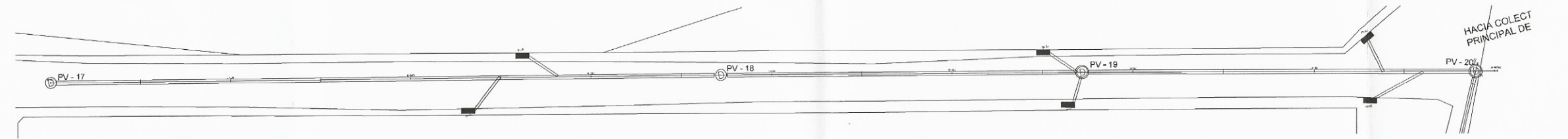


**PLANTA PV-13-DP A PV-8-DP**  
TRAMO 5  
ESC H: 1/200  
ESC V: 1/25

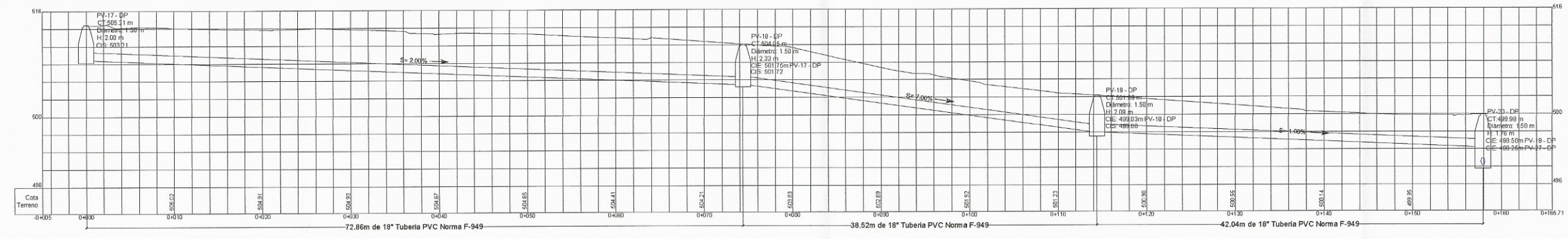


Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

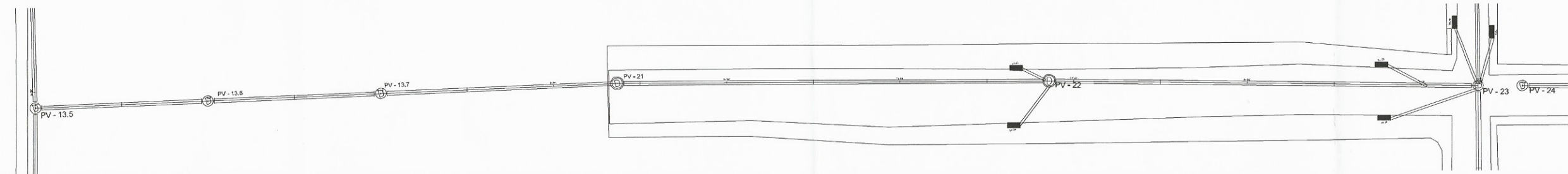
|   |  |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE MELANIEVA   |  |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS<br>TANQUES S.L. EN SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |  |
| ELABORADO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>PLUVIAL (TRAMO 3, TRAMO 4 Y<br>TRAMO 5) |
| REVISADO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | ESCALA:<br>INDICADA  |
| ASESOR:<br>OSCAR ARGUETA  | DISEÑO DE INGENIERIA   |
| FECHA:<br>JULIO 2018  | FOJA:<br>32  |



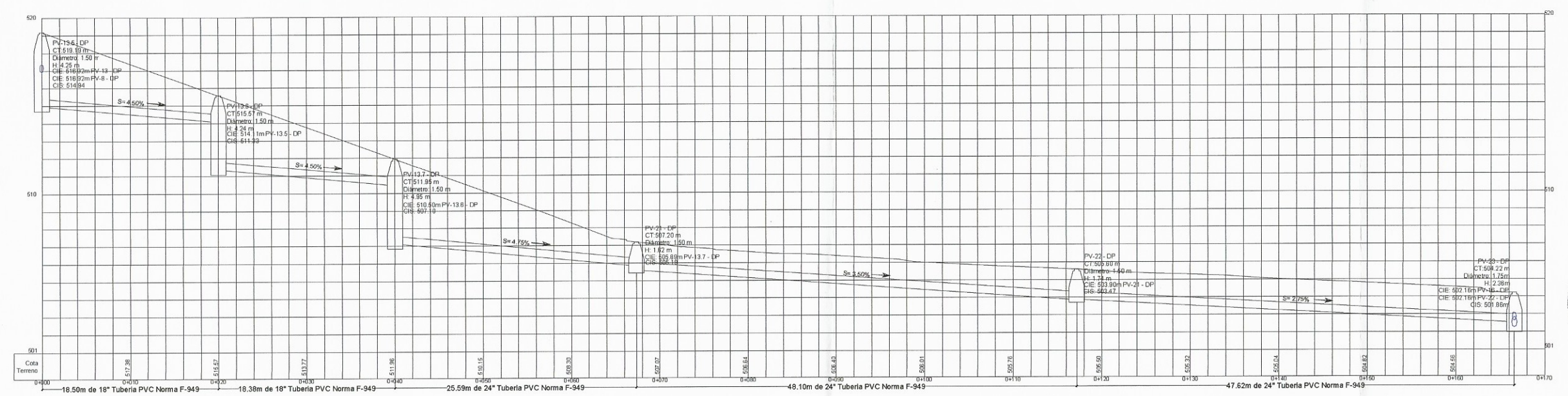
**PLANTA PV-17-DP A PV-20-DP**  
TRAMO 6  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



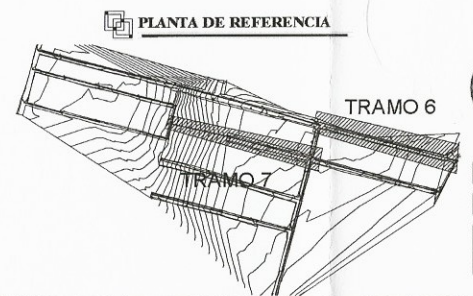
**PERFIL PV-17-DP A PV-20-DP**  
TRAMO 6  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



**PLANTA PV-13.5-DP A PV-23-DP**  
TRAMO 7  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



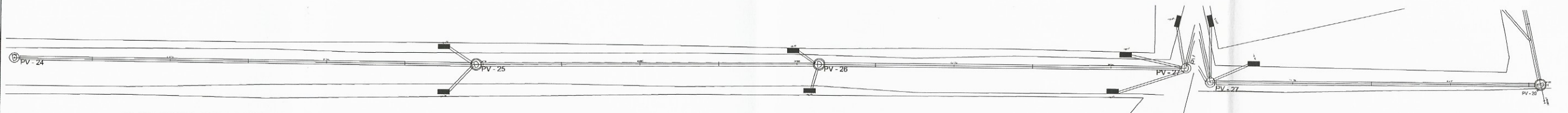
**PLANTA PV-13.5-DP A PV-23-DP**  
TRAMO 7  
ESC H: 1/250  
ESC V: 1/25



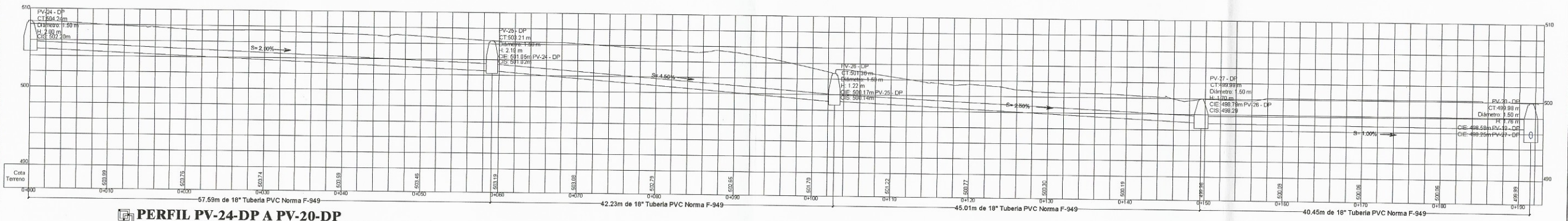
**PLANTA DE REFERENCIA**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

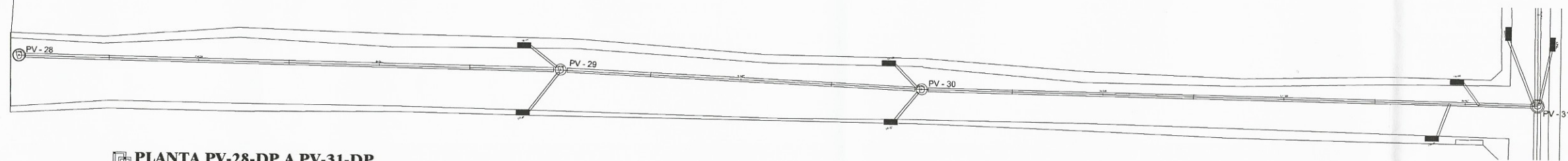
|   |                      |
|---|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLAVIEJA  |                      |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS<br>TANQUES 1, 8, 9 SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |                      |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | ESCALA:<br>INDICADA  |
| DISEÑO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | FECHA:<br>2          |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA   | FECHA:<br>JULIO 2018 |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEGO  | FECHA:<br>32         |



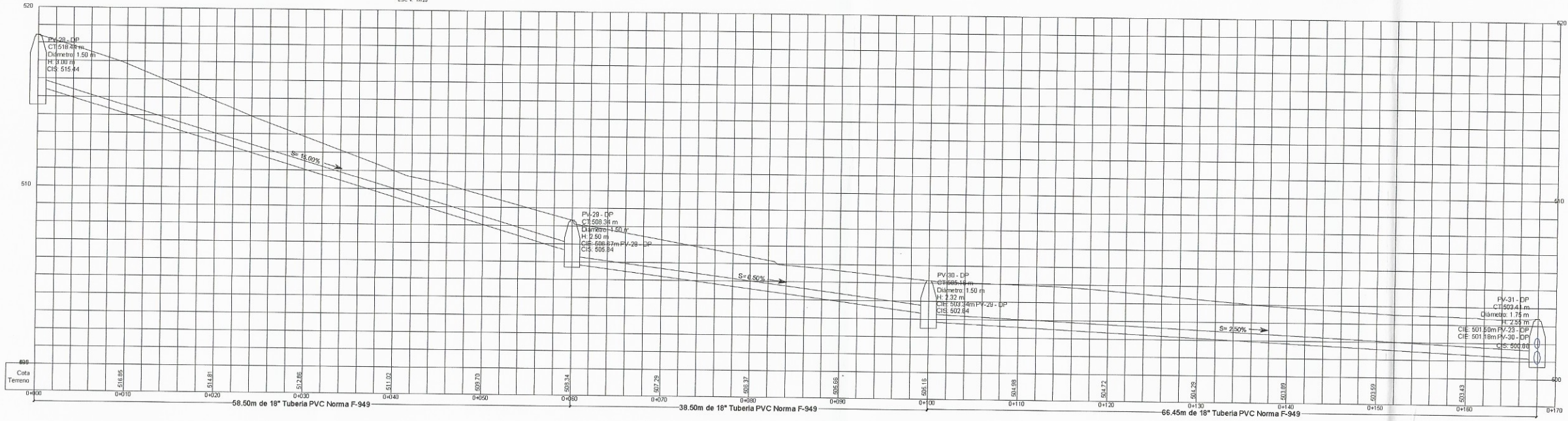
**PLANTA PV-24-DP A PV-20-DP**  
TRAMO 8



**PERFIL PV-24-DP A PV-20-DP**  
TRAMO 8

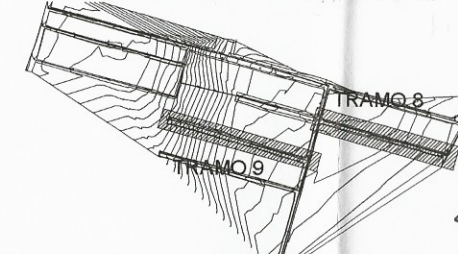


**PLANTA PV-28-DP A PV-31-DP**  
TRAMO 9



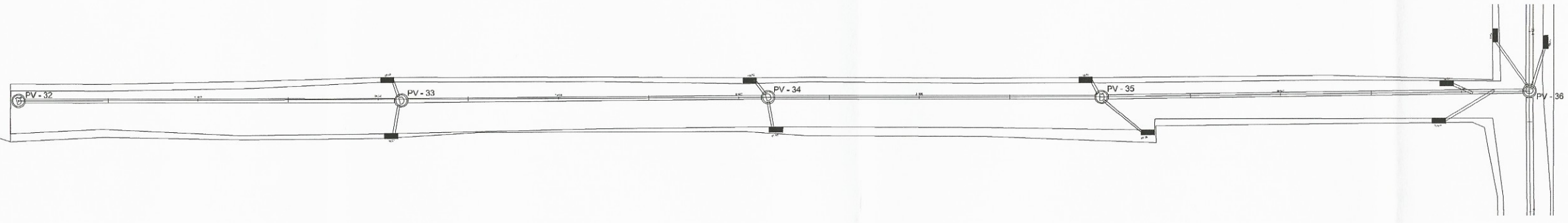
**PERFIL PV-28-DP A PV-31-DP**  
TRAMO 9

**PLANTA DE REFERENCIA**

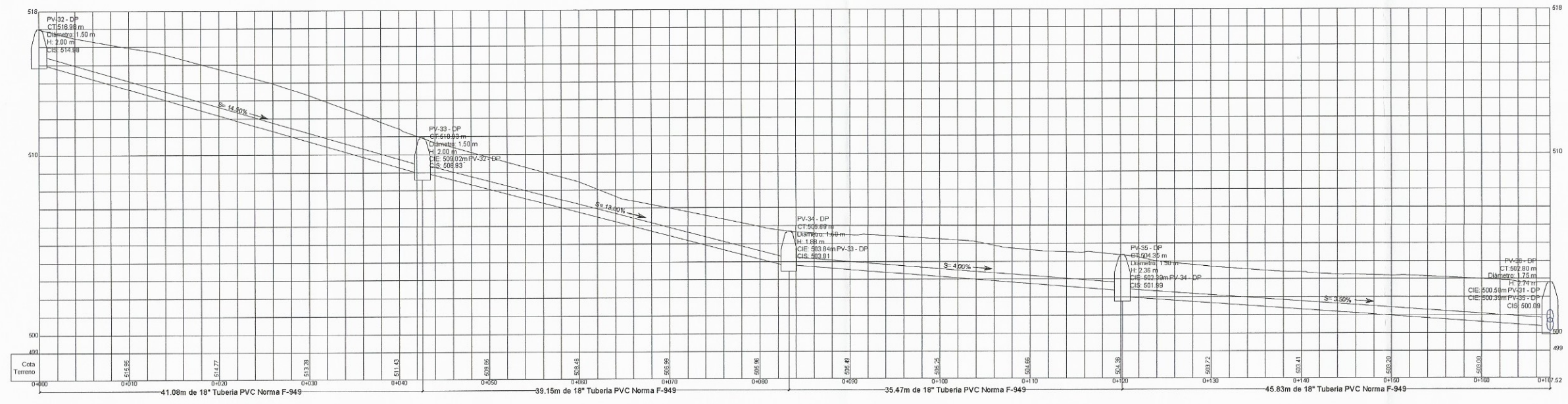


Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                                 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILANUEVA   |                                 |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLOMIA LOS<br>TANQUES S. R. EN SAN JOSE VILA NUEVA, ZONA 2. |                                 |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>PLUVIAL (TRAMO 8 Y TRAMO 9)  | ESCALA<br>INDICADA<br>ZONA<br>2 |
| DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEGO   | FECHA<br>JULIO/2016             |
| ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  | 32                              |

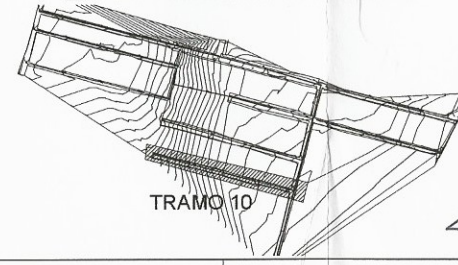


**PLANTA PV-32-DP A PV-36-DP**  
 TRAMO 10 ESC: H. 1/200 ESC: V. 1/25



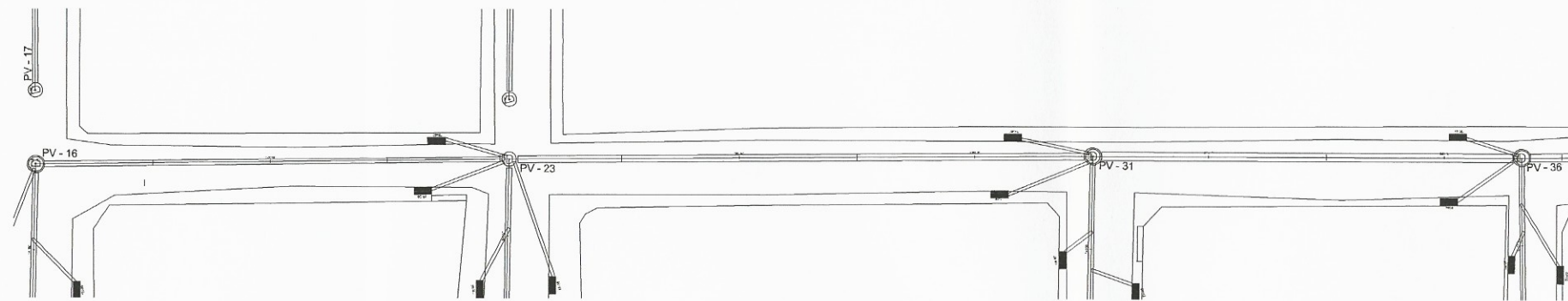
**PERFIL PV-32-DP A PV-36-DP**  
 TRAMO 10 ESC: H. 1/200 ESC: V. 1/25

**PLANTA DE REFERENCIA**

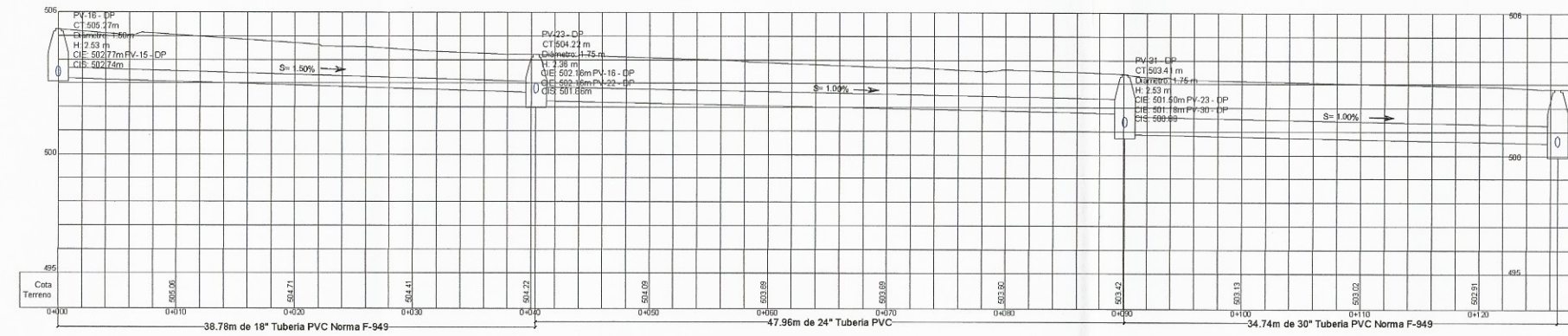


Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

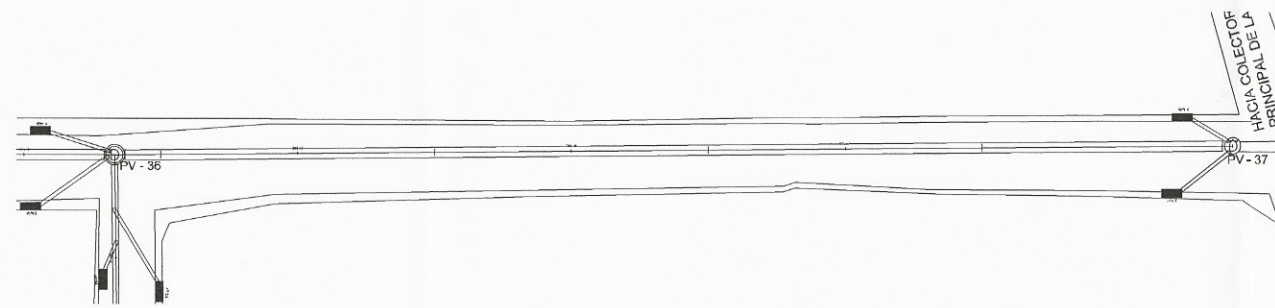
|  |   |                      |             |
|--|---|----------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |   |                      |             |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILAHUEVA  |   |                      |             |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE BREAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS<br>TANQUES I, II Y SAN JOSE VELA NUEVA, ZONA 5 |   |                      |             |
| CANCION:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>PLUVIAL (TRAMO 10) | ESCALA:<br>INDICADA  | HOJA:<br>13 |
| CANCION:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | ADSOR:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ                      | FECHA:<br>JULIO 2018 | HOJA:<br>32 |



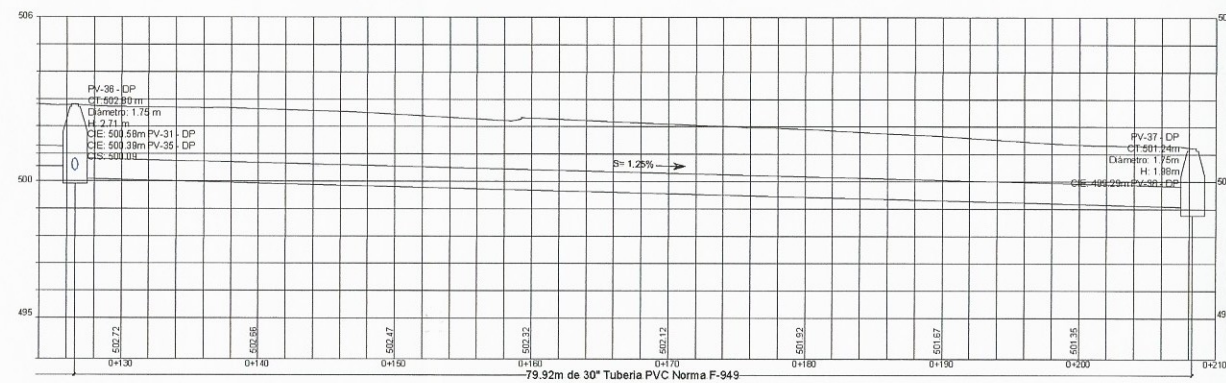
**PLANTA PV-16-DP A PV-36-DP**  
TRAMO 11  
ESC. H: 1/250  
ESC. V: 1/25



**PLANTA PV-16-DP A PV-36-DP**  
TRAMO 11  
ESC. H: 1/250  
ESC. V: 1/25

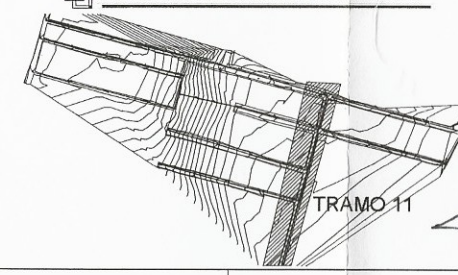


**PLANTA PV-16-DP A PV-36-DP**  
TRAMO 11  
ESC. H: 1/250  
ESC. V: 1/25



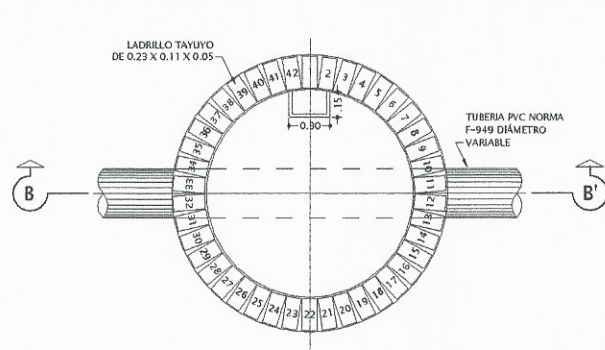
**PLANTA PV-16-DP A PV-36-DP**  
TRAMO 11  
ESC. H: 1/250  
ESC. V: 1/25

**PLANTA DE REFERENCIA**

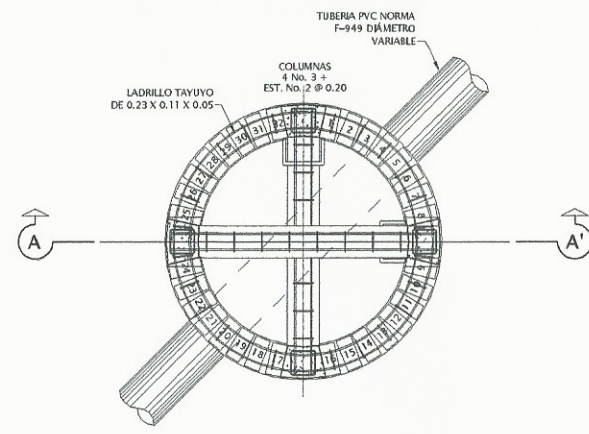


|  |   |                         |             |
|--|---|-------------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |   |                         |             |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLALUEVA   |   |                         |             |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONIA LOS<br>TANQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |   |                         |             |
| PROYECTO:<br>M. MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE<br>PLUVIAL (TRAMO 11) | ESCALA:<br>INDICADA     | FOJA:<br>14 |
| PROYECTO:<br>M. MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>DISEÑO DE INGENIERIA                          | FECHA:<br>2             | FOJA:<br>32 |
| ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ   |   | MARCELO CASTAÑEDA DIEGO | JULIO 2015  |

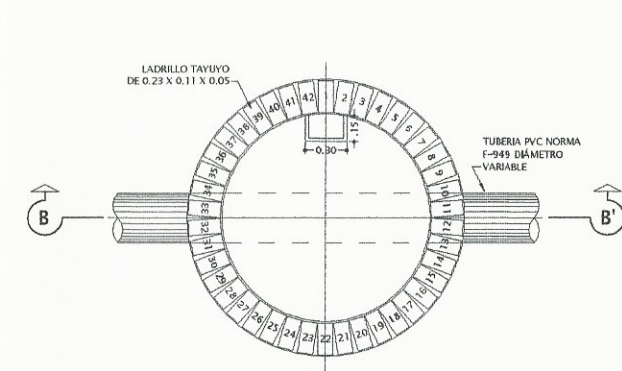




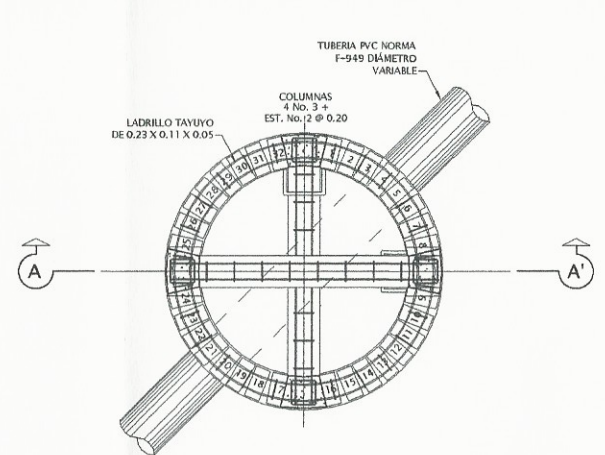
PLANTA POZO CON DIÁMETRO DE 1.50Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts  
ESC. 1/25



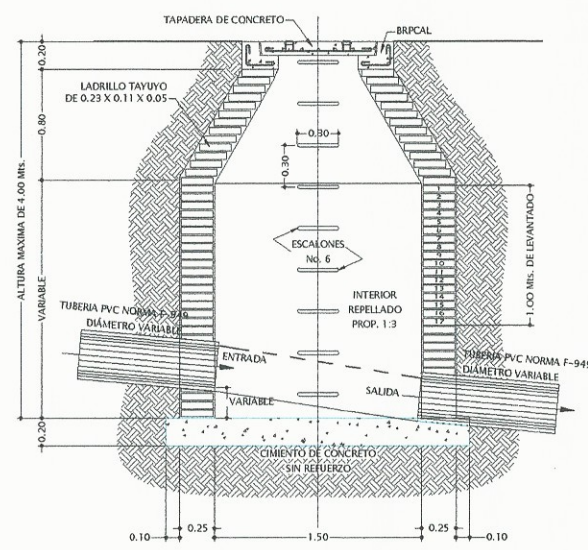
PLANTA POZO CON DIÁMETRO DE 1.50Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts  
ESC. 1/25



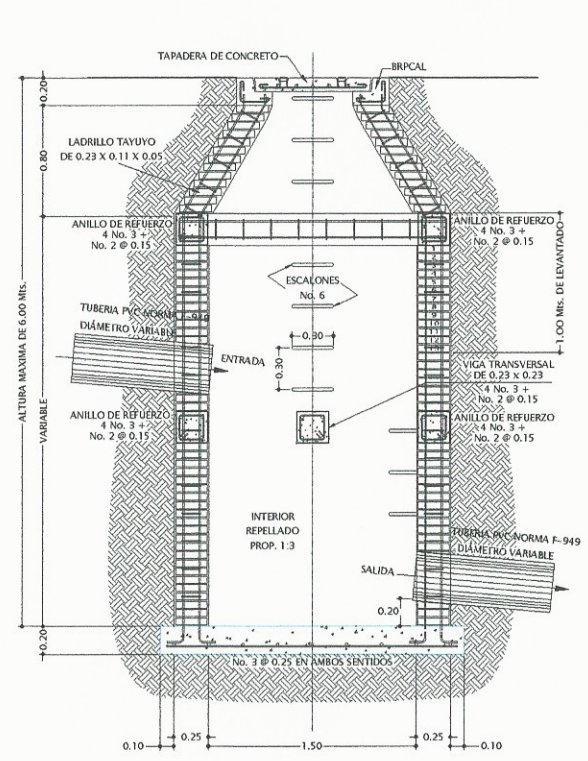
PLANTA POZO CON DIÁMETRO DE 1.75Mts ALTURA MENOR DE 4Mts  
ESC. 1/25



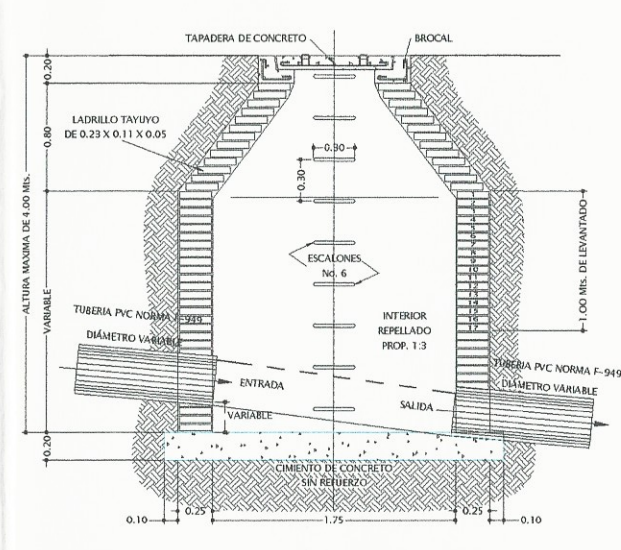
PLANTA POZO CON DIÁMETRO DE 1.75Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts  
ESC. 1/25



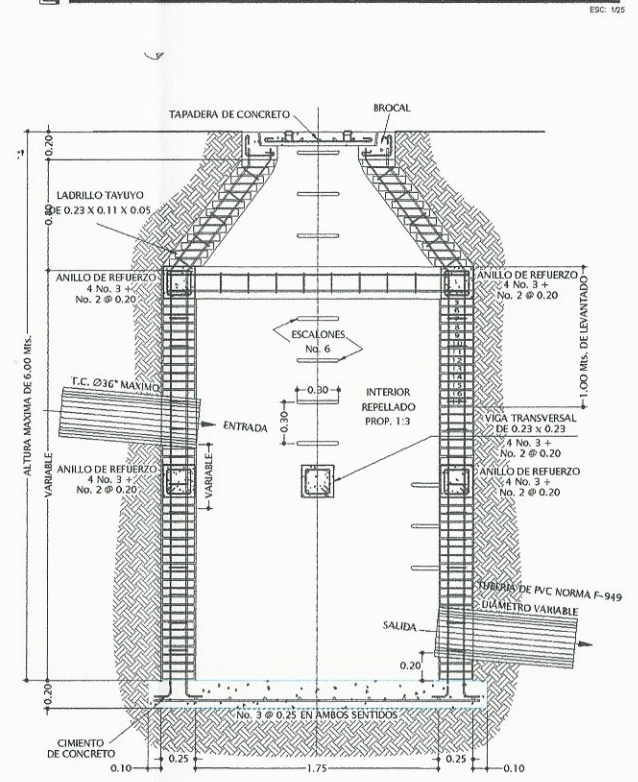
SECCION POZO CON DIÁMETRO 1.50Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts  
ESC. 1/25



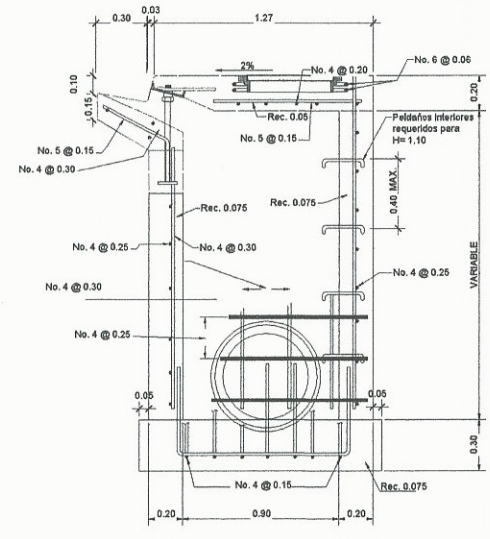
SECCION POZO CON DIÁMETRO 1.50Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts  
ESC. 1/25



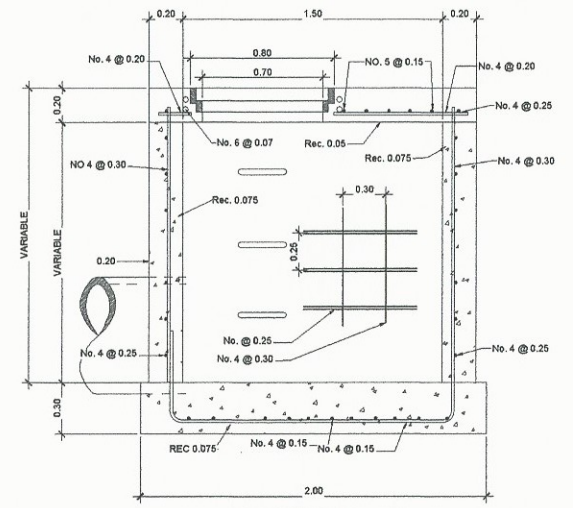
SECCION POZO CON DIÁMETRO 1.75Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts  
ESC. 1/25



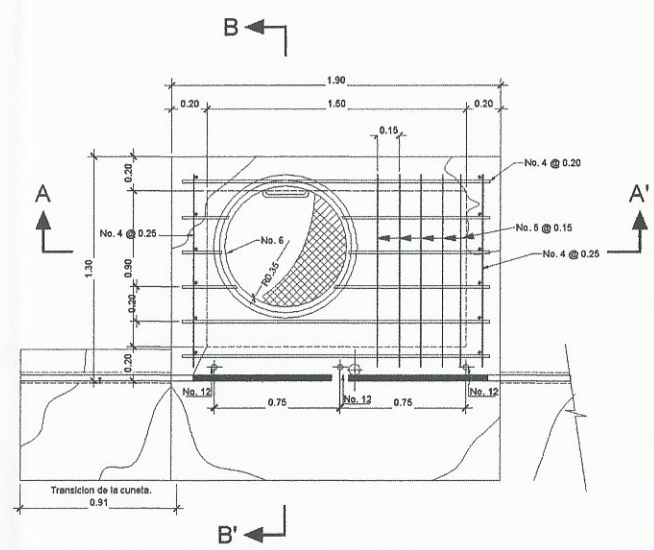
SECCION POZO CON DIÁMETRO 1.75Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts  
ESC. 1/25



SECCIÓN B-B  
ESC. 1/20



SECCION A-A  
ESC. 1/20



PLANTA TRAGANTE TIPO R  
ESC. 1/20

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|  |                      |
|--|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |                      |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |                      |
| PROYECTO:<br>CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO COLONA LOS<br>TRINQUES I, II, III SAN JOSE VILLA NUEVA, ZONA 2. |                      |
| ALUMNO:<br>MAJCELU CASTAÑEDA   | FECHA:<br>JULIO/2016 |
| CONTENIDO:<br>DETALLES DE POZO DE VISITA Y<br>TRAGANTES TIPO R   | ESCALA INDICADA<br>2 |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | FECHA:<br>JULIO/2016 |
| MAPCELIN CASTAÑEDA   | 32                   |

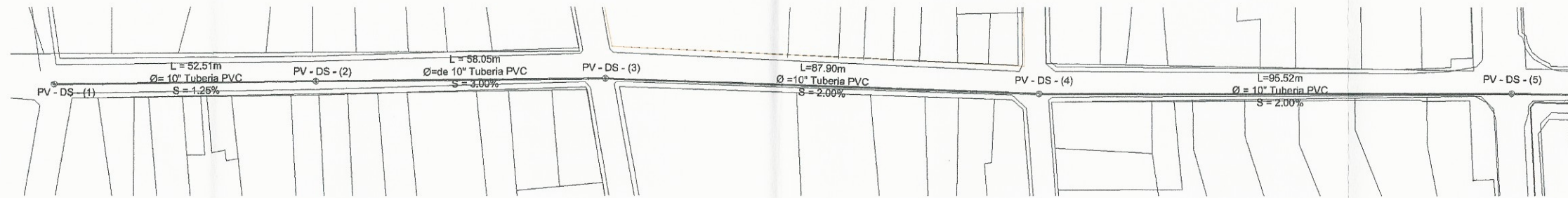


# PLANTA GENERAL

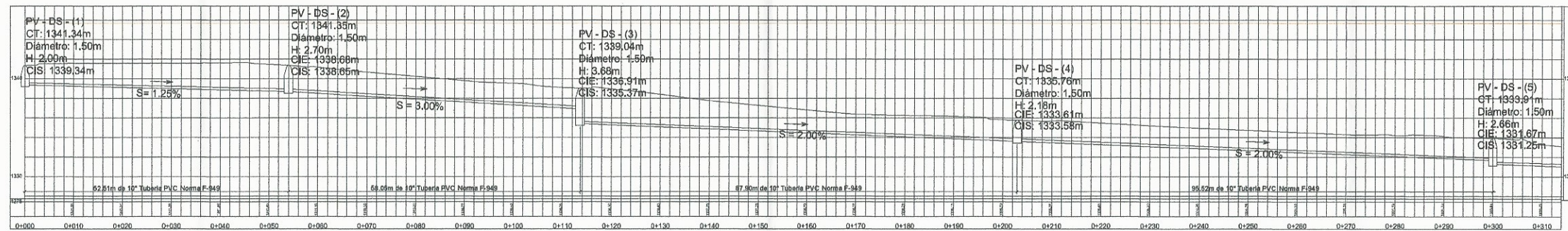
ESC: 1/3500



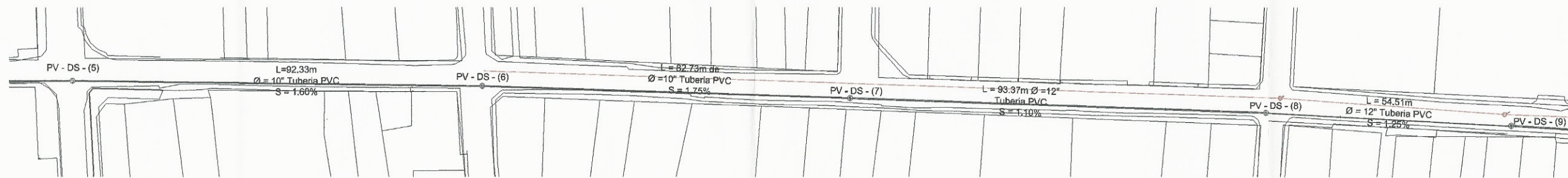
|   |                                |                      |             |
|---|--------------------------------|----------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                                |                      |             |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILAHERMOSA   |                                |                      |             |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA<br>3era CALLE Y 4ta AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma<br>AVENIDA DE LA ZONA 6 |                                |                      |             |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>PLANTA GENERAL   | ESCALA:<br>INDICADA  | HOJA:<br>16 |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | FECHA:<br>DISEÑO DE INGENIERIA | FECHA:<br>JULIO 2018 | HOJA:<br>32 |



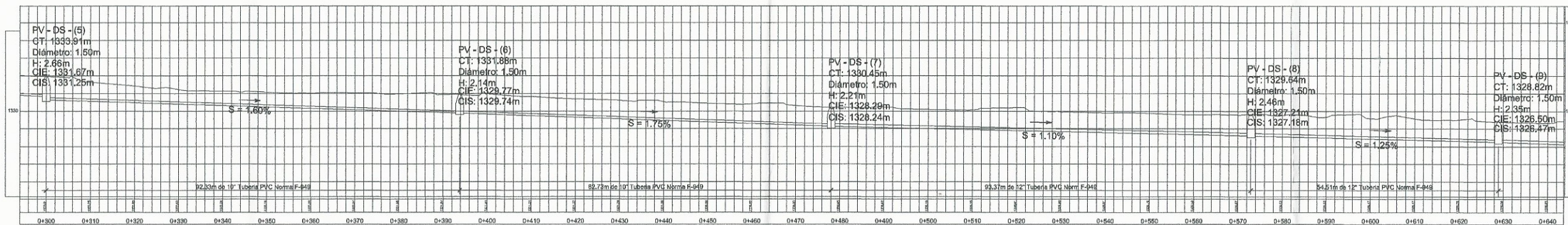
**PLANTA DE PV-1 A PV-5**



**PERFIL DE PV-1 A PV-5**



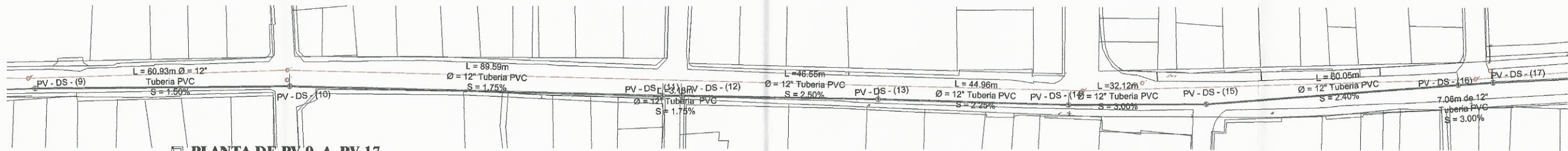
**PLANTA DE PV-5 A PV-9**



**PERFIL DE PV-5 A PV-9**

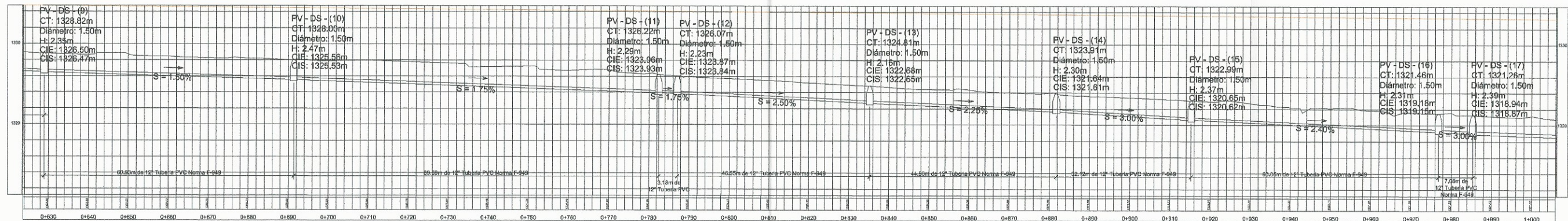


|   |   |                             |               |
|---|---|-----------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA  |   |                             |               |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILAHERVA   |   |                             |               |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA<br>SERA CALLE Y Hacia AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma<br>AVENIDA DE LA ZONA 5 |   |                             |               |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL DRENAJE SANITARIO<br>DE PV-1 A PV-9 | ESCALA<br>INDICADA<br>1 Y 5 | FOLIO:<br>17  |
| ASESOR<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEGO                   | FECHA<br>JULIO 2016         | PÁGINA:<br>32 |



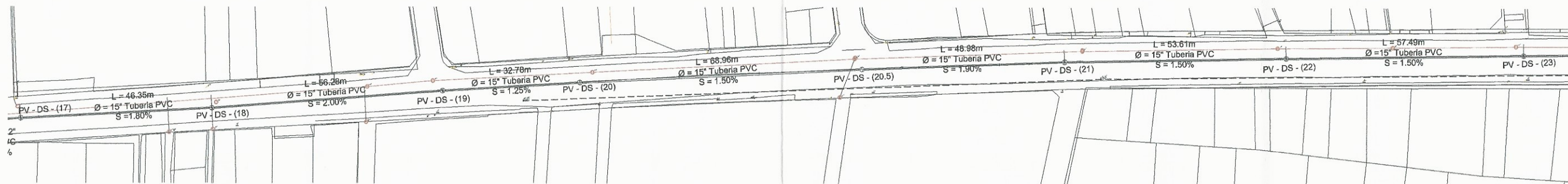
**PLANTA DE PV-9 A PV-17**

ESC: H. 1/500  
ESC: V. 1/200



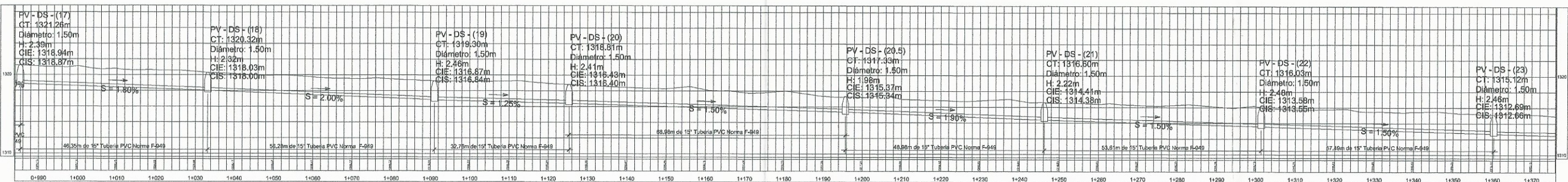
**PERFIL DE PV-9 A PV-17**

ESC: H. 1/500  
ESC: V. 1/200



**PLANTA DE PV-17 A PV-23**

ESC: H. 1/500  
ESC: V. 1/200

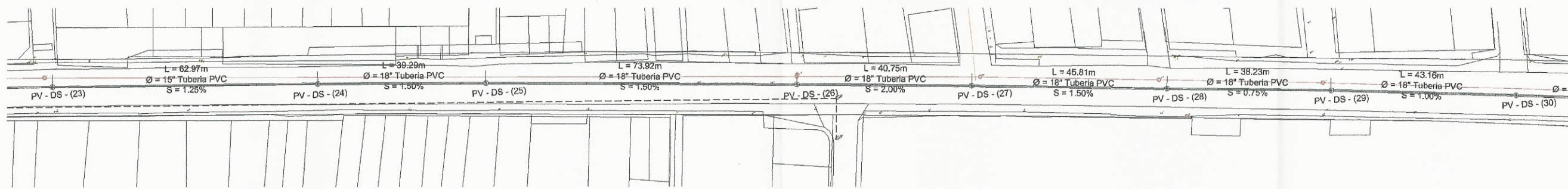


**PERFIL DE PV-17 A PV-23**

ESC: H. 1/500  
ESC: V. 1/200

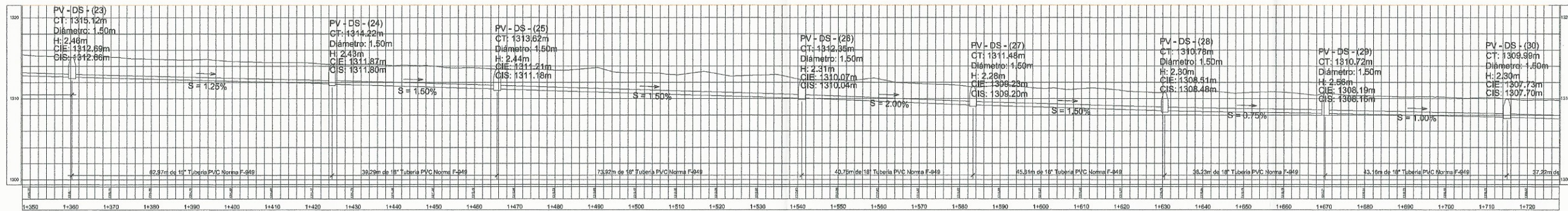


|   |  |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |  |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA<br>3era CALLE Y 8va AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma<br>AVENIDA DE LA ZONA 5 |  |
| CURSO:<br>INGENIERIA CIVIL  | ESCALA<br>INDICADA                             |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL, DRENAJE SANITARIO<br>DE PV-9 A PV-23   | FECHA<br>1 Y 5                                 |
| ASESOR<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  | DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELO CASTAÑEDA DIBO |
| FECHA<br>JULIO 2016   | PÁGINA<br>32                                   |



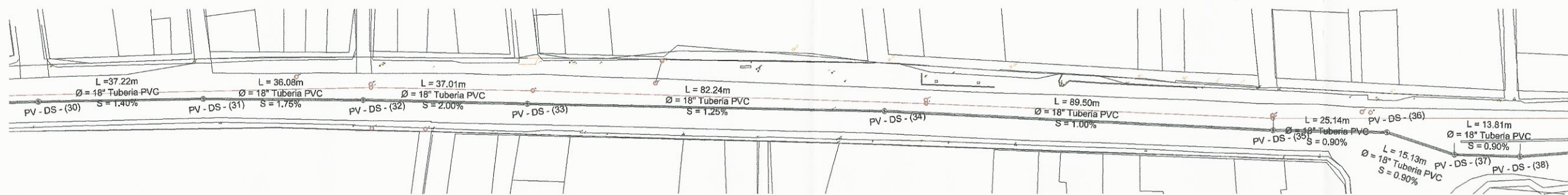
**PLANTA DE PV-23 A PV-30**

ESC 1:1000  
ESC V: 1:250



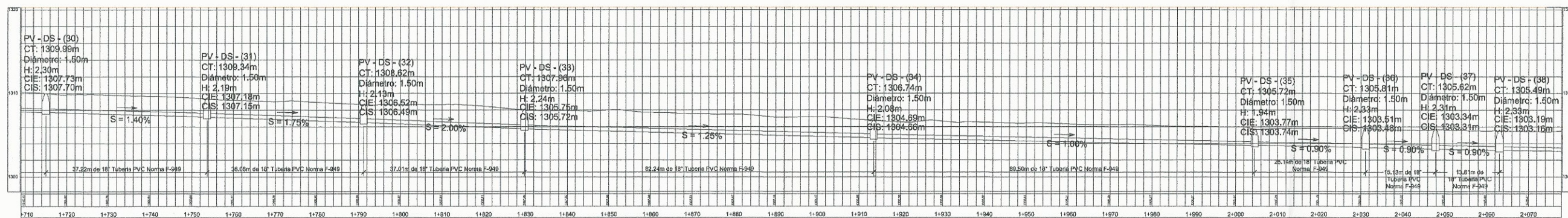
**PERFIL DE PV-23 A PV-30**

ESC H: 1:500  
ESC V: 1:250



**PLANTA DE PV-30 A PV-38**

ESC H: 1:500  
ESC V: 1:250

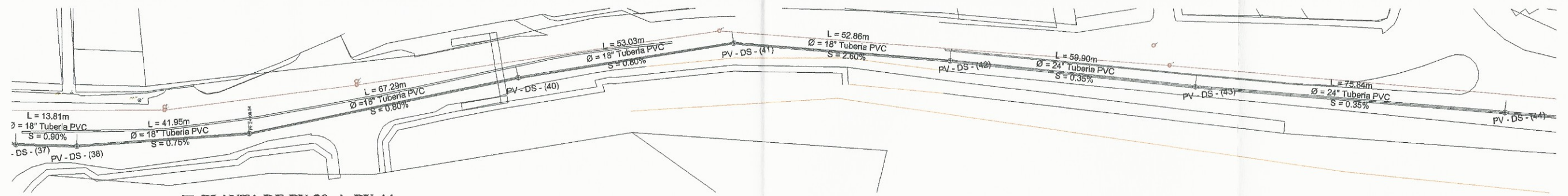


**PERFIL DE PV-30 A PV-38**

ESC H: 1:500  
ESC V: 1:250

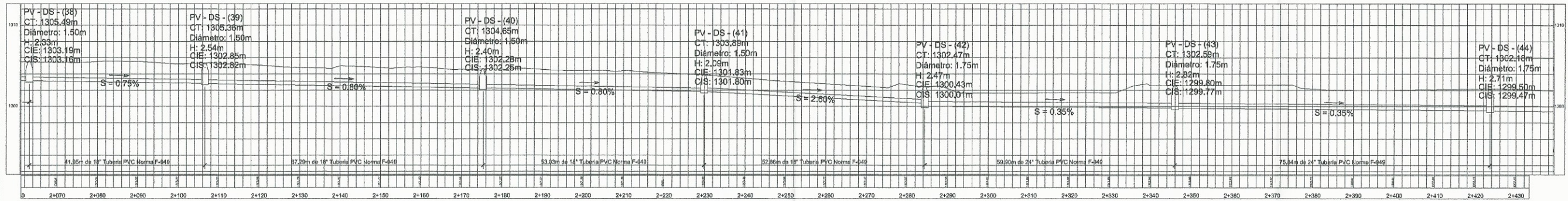
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|  |                          |
|--|--------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |                          |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA   |                          |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3era CALLE Y de AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma AVENIDA DE LA ZONA 5 |                          |
| CALCULO:<br>MAYELIN CASTAÑEDA  | ESCALA INDICADA<br>1 Y 5 |
| CONTENIDO:<br>PLANTA + PERFIL DRENAJE SANITARIO DE PV-23 A PV-38   | FOJA<br>19               |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  | FECHA<br>JULIO 2016      |
| CREADO POR:<br>MARCELO CASTAÑEDA DISCO   | FOJA<br>32               |



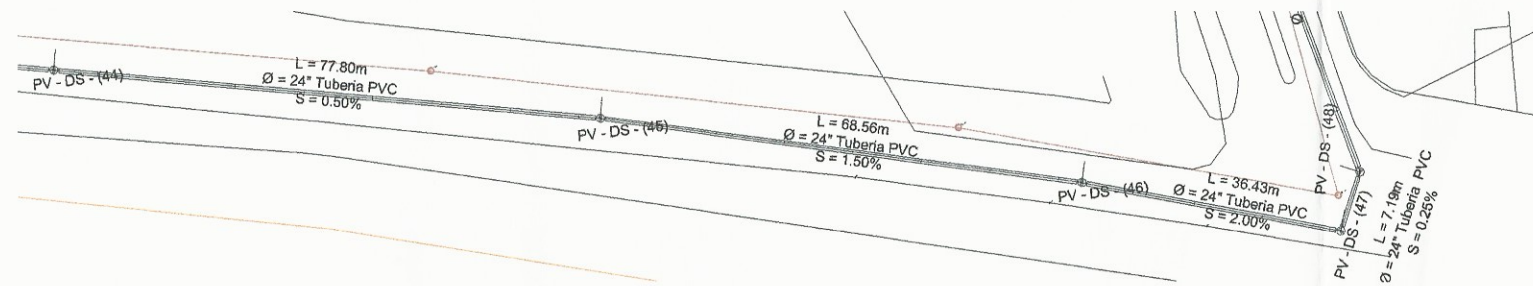
**PLANTA DE PV-38 A PV-44**

ESC N 1/500  
ESC V 1/200



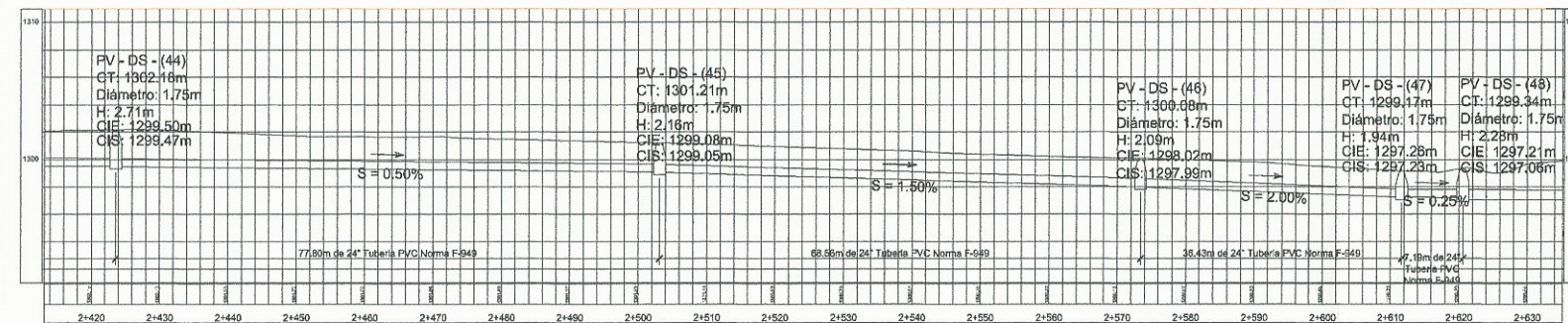
**PERFIL DE PV-38 A PV-44**

ESC H 1/500  
ESC V 1/200



**PLANTA DE PV-44 A PV-48**

ESC H 1/500  
ESC V 1/200

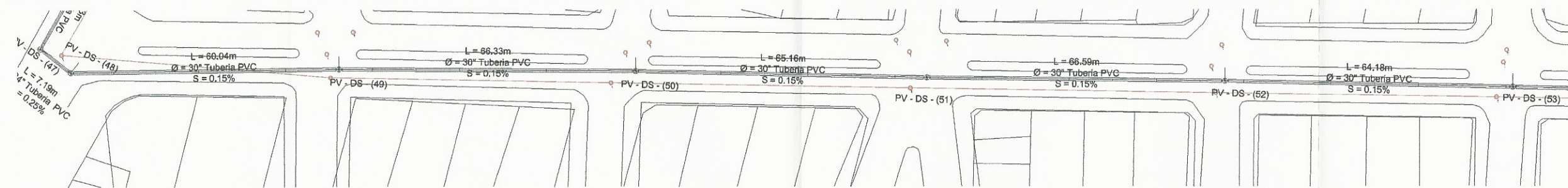


**PERFIL DE PV-44 A PV-48**

ESC H 1/500  
ESC V 1/200

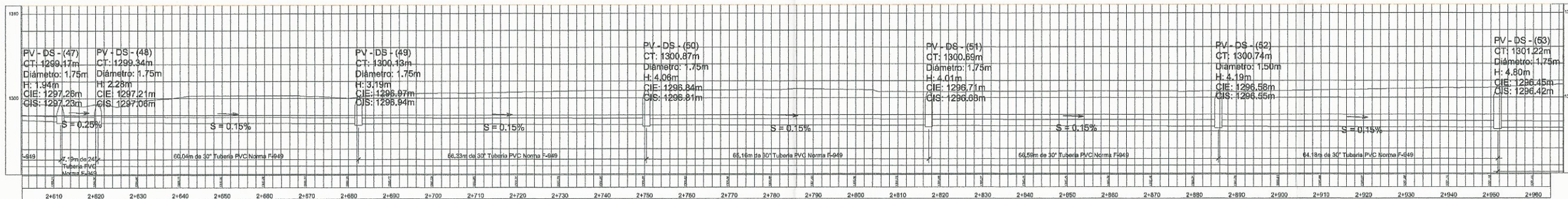


|   |   |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA  |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |   |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3era CALLE Y 4ta AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma AVENIDA DE LA ZONA 5 |   |
| CATEDRA:<br>MATEMÁTICA  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL, DRENAJE SANITARIO DE PV-38 A PV-48 |
| CATEDRA:<br>MATEMÁTICA  | ESCALA INDICADA:<br>ZONA 1 Y 5                                    |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ   | FECHA:<br>JULIO 2016  |
| ASESOR:<br>MARCELANO CASTAÑEDA DIEGO  | FECHA:<br>JULIO 2016  |



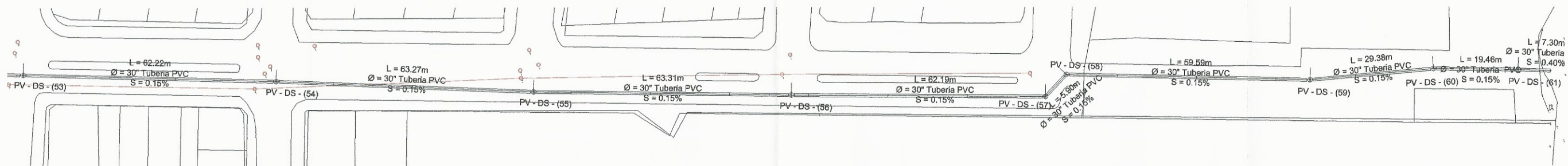
**PLANTA DE PV-48 A PV-53**

ESC. H. 1/500  
ESC. V. 1/200



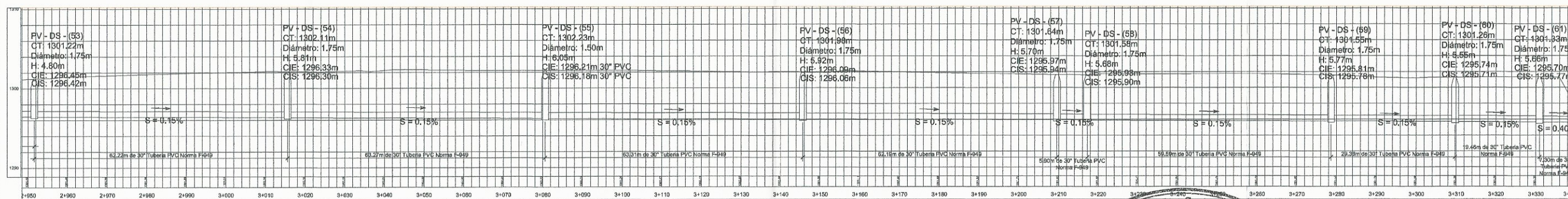
**PERFIL DE PV-48 A PV-53**

ESC. H. 1/500



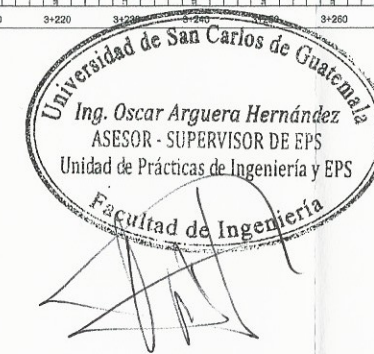
**PLANTA DE PV-53 A PV-61**

ESC. H. 1/500  
ESC. V. 1/200

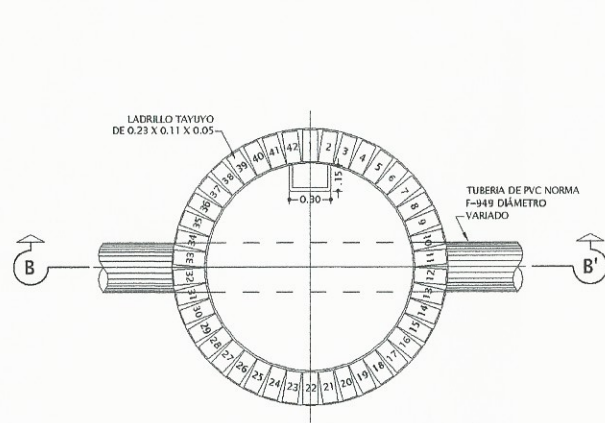


**PERFIL DE PV-53 A PV-61**

ESC. H. 1/500  
ESC. V. 1/200

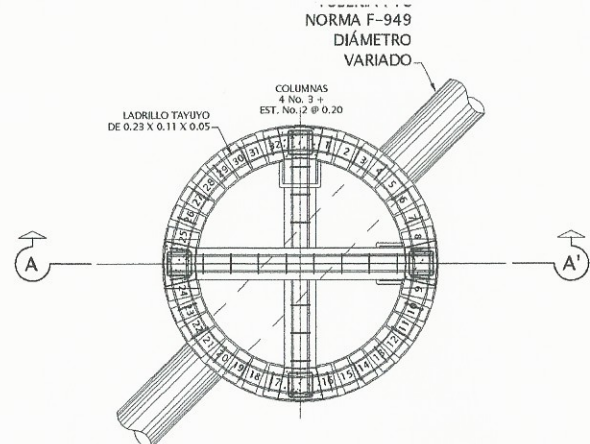


|  |  |                           |              |
|--|--|---------------------------|--------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |  |                           |              |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILA VERDE   |  |                           |              |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA 3era CALLE Y de AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma AVENIDA DE LA ZONA 5 |  |                           |              |
| CATEGORÍA:<br>MAYOR: CATEDRATA   | CONTENIDO:<br>PLANTA + PERFIL DRENAJE SANITARIO DE PV-48 A PV-61 | ESCALA INDICADA:<br>1 Y 5 | FOLIO:<br>21 |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ  | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELINEO CASTAÑEDA DISCO              | FECHA:<br>JULIO 2016      | FOLIO:<br>32 |



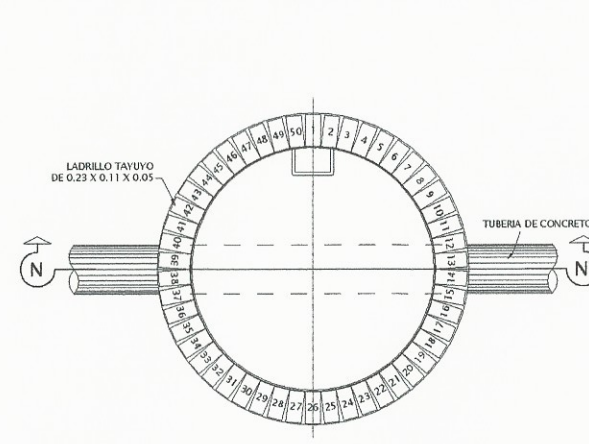
PLANTA POZO DIÁMETRO DE 1.50Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts

ESC. 1/25



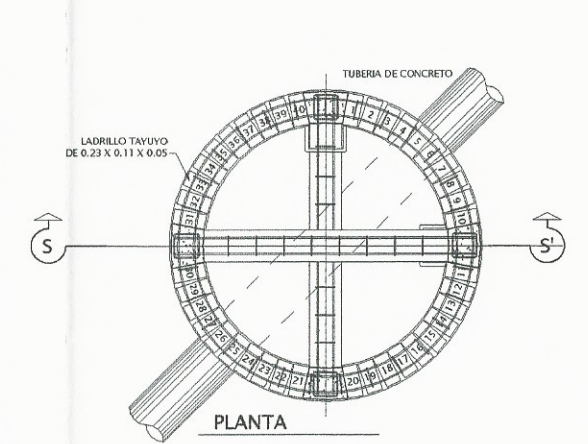
PLANTA POZO DIÁMETRO DE 1.50Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts

ESC. 1/25



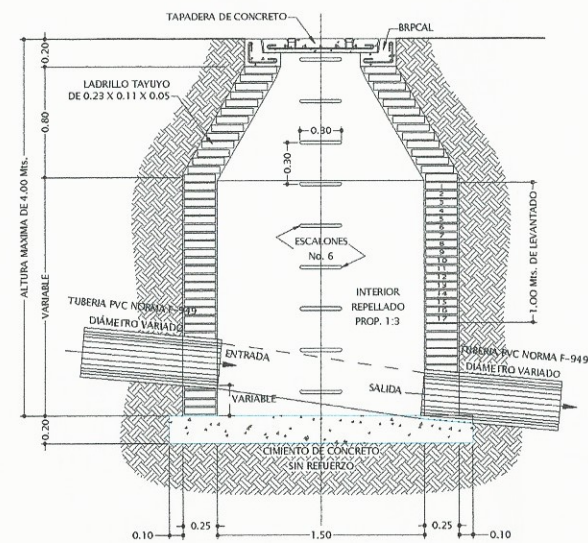
PLANTA POZO DIÁMETRO DE 1.75Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts

ESC. 1/25



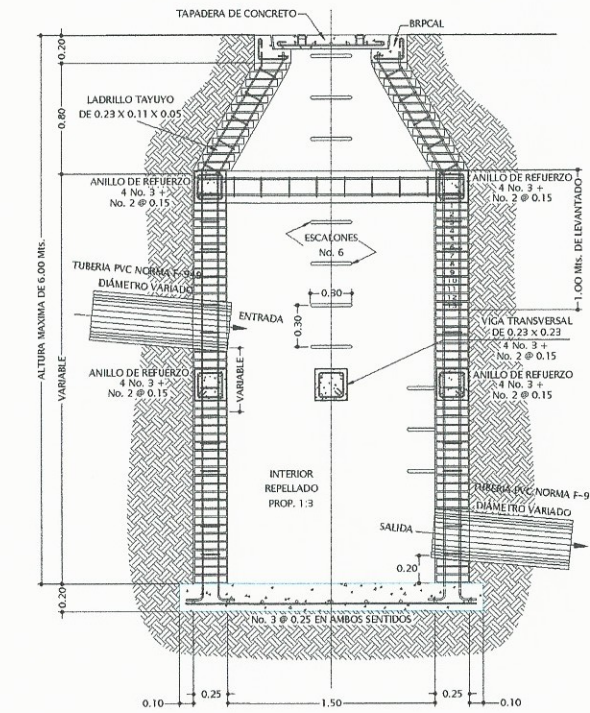
PLANTA POZO DIÁMETRO DE 1.75Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts

ESC. 1/25



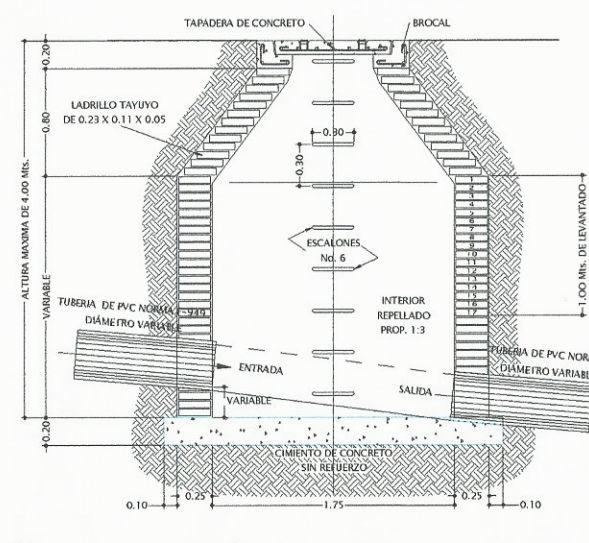
SECCION POZO CON DIÁMETRO DE 1.50M, ALTURA MENOR DE 4Mts

ESC. 1/25



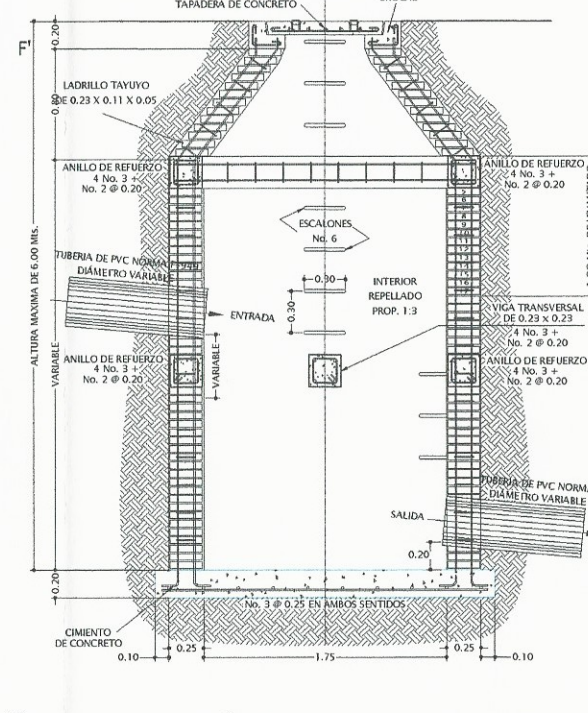
SECCION POZO CON DIÁMETRO DE 1.50Mts, ALTURA ENTRE 4Mts y 6Mts

ESC. 1/25



SECCION POZO CON DIÁMETRO DE 1.75Mts, ALTURA MENOR DE 4Mts

ESC. 1/25



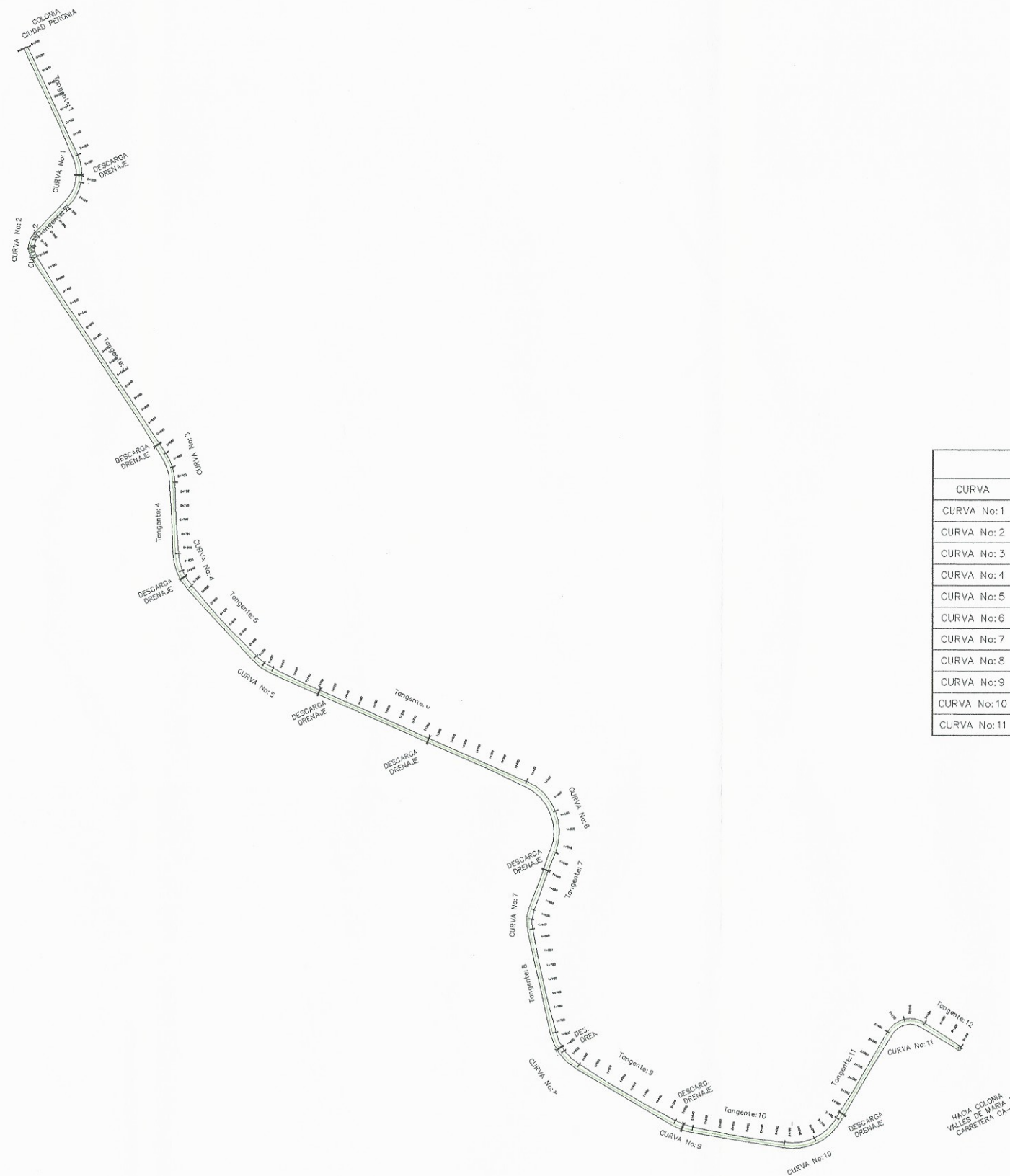
SECCION POZO CON DIÁMETRO DE 1.75Mts, ALTURA ENTRE 4Mts Y 6Mts

ESC. 1/25

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|  |   |                                     |              |
|--|---|-------------------------------------|--------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |   |                                     |              |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILA NUEVA   |   |                                     |              |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DESDE LA<br>5ra CALLE Y 4ta AVENIDA DE LA ZONA 1 HASTA LA 7ma<br>AVENIDA DE LA ZONA 5 |   |                                     |              |
| CATEDRÓ:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>DETALLE DE POZOS DE VISITA        | ESCALA<br>INDICADA<br>ZONA<br>1 Y 5 | FOLIO<br>22  |
| ASESOR<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEGO | FECHA<br>JULIO/2016                 | PÁGINA<br>32 |





**TABLA DE DATOS DE TANGENTES ALINEAMIENTO**

| No. TANGENTE | ESTACION INICIAL | DIRECCION        | AZIMUT     | ESTACION FINA | DISTANCIA |
|--------------|------------------|------------------|------------|---------------|-----------|
| Tangente: 1  | 0+000.00         | S24° 52' 03.68"E | 155°07'56" | 0+167.00      | 167.00    |
| Tangente: 2  | 0+241.42         | S46° 12' 12.82"W | 226°12'13" | 0+299.95      | 58.53     |
| Tangente: 4  | 0+708.69         | S1° 56' 24.87"E  | 178°03'35" | 0+808.68      | 99.99     |
| Tangente: 5  | 0+861.67         | S42° 25' 14.19"E | 137°34'46" | 0+996.10      | 134.43    |
| Tangente: 7  | 1+531.60         | S21° 31' 17.77"W | 201°31'18" | 1+617.33      | 85.72     |
| Tangente: 8  | 1+647.25         | S12° 46' 12.92"E | 167°13'47" | 1+795.58      | 148.33    |
| Tangente: 9  | 1+856.81         | S59° 32' 39.75"E | 120°27'20" | 2+013.18      | 156.37    |
| Tangente: 10 | 2+040.68         | S80° 33' 25.22"E | 99°26'35"  | 2+172.00      | 131.32    |
| Tangente: 11 | 2+262.98         | N29° 56' 29.71"E | 29°56'30"  | 2+403.01      | 140.03    |
| Tangente: 12 | 2+457.78         | S57° 07' 04.95"E | 122°52'55" | 2+518.96      | 61.18     |
| Tangente: 6  | 1+027.27         | S66° 13' 46.90"E | 113°46'13" | 1+416.74      | 389.47    |
| Tangente: 3  | 0+337.56         | S33° 40' 34.80"E | 146°19'25" | 0+667.15      | 329.60    |

**ELEMENTOS DE CURVA**

| CURVA       | DIRECCION     | DELTA       | RADIO | ST    | LC     | CM     | E     | OM    | PI       | PC       | PT       | Grado de curvatura |
|-------------|---------------|-------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|----------|----------|----------|--------------------|
| CURVA No:1  | S10° 40' 05"W | 71° 04' 17" | 60.00 | 42.85 | 74.43  | 69.75  | 13.73 | 11.17 | 0+209.85 | 0+167.00 | 0+241.42 | 19° 05' 55"        |
| CURVA No:2  | S6° 15' 49"W  | 79° 52' 48" | 26.97 | 22.59 | 37.61  | 34.63  | 8.21  | 6.29  | 0+322.54 | 0+299.95 | 0+337.56 | 42° 29' 00"        |
| CURVA No:3  | S17° 48' 30"E | 31° 44' 10" | 75.00 | 21.32 | 41.54  | 41.01  | 2.97  | 2.86  | 0+688.47 | 0+667.15 | 0+708.69 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:4  | S22° 10' 50"E | 40° 28' 49" | 75.00 | 27.65 | 52.99  | 51.89  | 4.94  | 4.63  | 0+836.34 | 0+808.68 | 0+861.67 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:5  | S54° 19' 31"E | 23° 48' 33" | 75.00 | 15.81 | 31.17  | 30.94  | 1.65  | 1.61  | 1+011.91 | 0+996.10 | 1+027.27 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:6  | S22° 21' 15"E | 87° 45' 05" | 75.00 | 72.11 | 114.87 | 103.96 | 29.04 | 20.94 | 1+488.85 | 1+416.74 | 1+531.60 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:7  | S4° 22' 32"W  | 34° 17' 31" | 50.00 | 15.43 | 29.93  | 29.48  | 2.33  | 2.22  | 1+632.75 | 1+617.33 | 1+647.25 | 22° 55' 06"        |
| CURVA No:8  | S36° 09' 26"E | 46° 46' 27" | 75.00 | 32.44 | 61.23  | 59.54  | 6.71  | 6.16  | 1+828.02 | 1+795.58 | 1+856.81 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:9  | S70° 03' 02"E | 21° 00' 45" | 75.00 | 13.91 | 27.51  | 27.35  | 1.28  | 1.26  | 2+027.08 | 2+013.18 | 2+040.68 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:10 | N64° 41' 32"E | 69° 30' 05" | 75.00 | 52.03 | 90.98  | 85.50  | 16.28 | 13.38 | 2+224.03 | 2+172.00 | 2+262.98 | 15° 16' 44"        |
| CURVA No:11 | N76° 24' 42"E | 92° 56' 25" | 33.76 | 35.54 | 54.77  | 48.96  | 15.26 | 10.51 | 2+438.55 | 2+403.01 | 2+457.78 | 33° 56' 24"        |

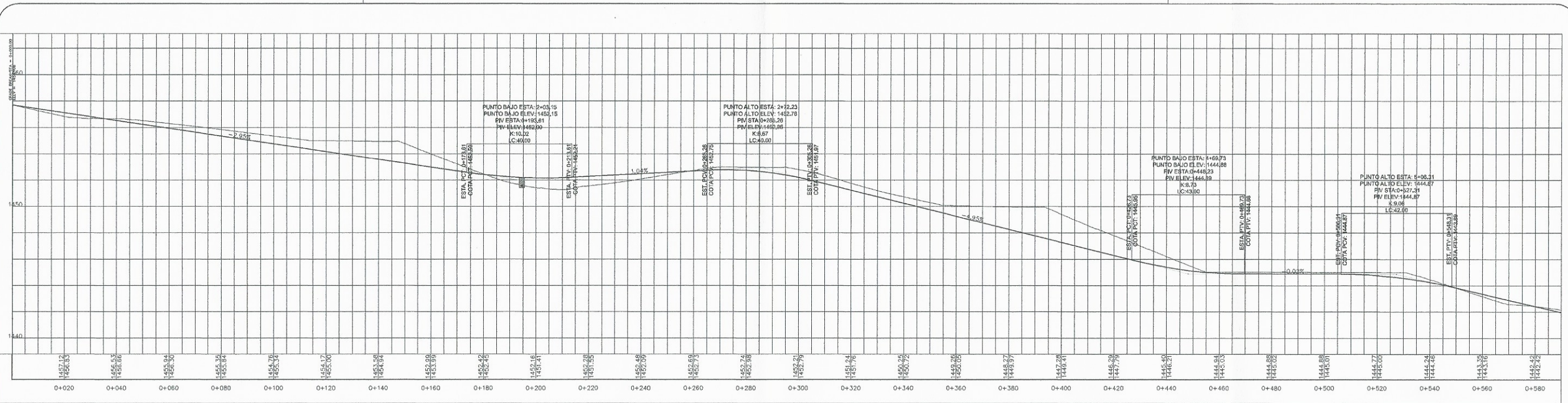
# PLANTA GENERAL

ESC: 1/3500



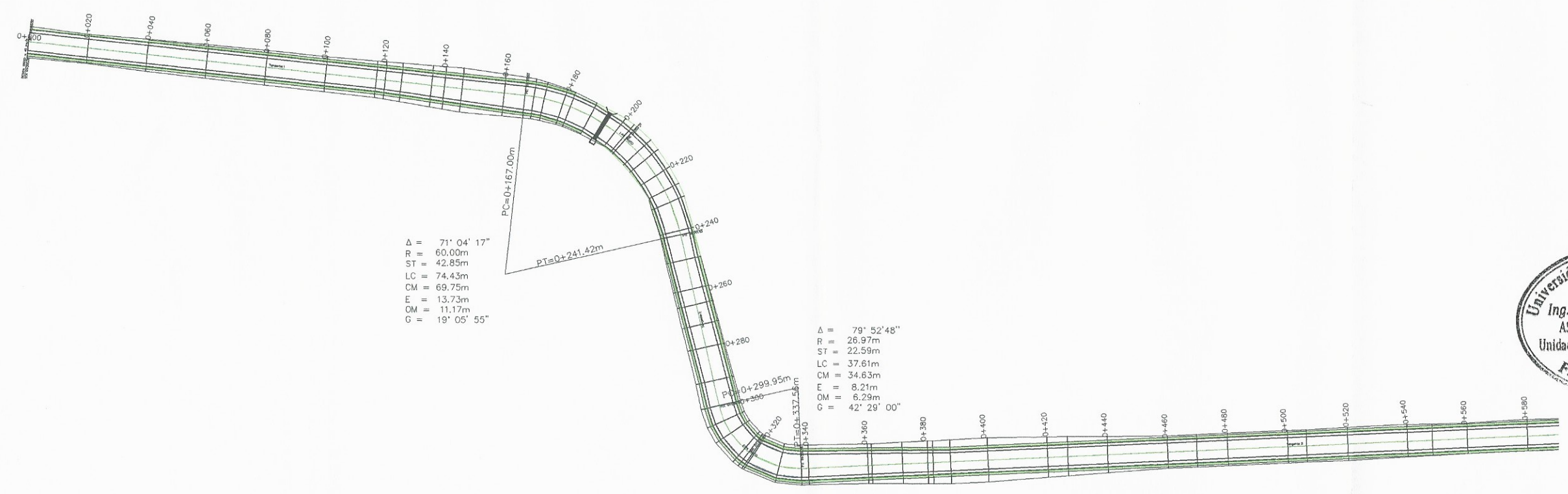
*[Handwritten signature]*

|   |   |                            |             |
|---|---|----------------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                                      |   |                            |             |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                     |   |                            |             |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLUMA CIUDAD PERDIDA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |   |                            |             |
| CALEDO: MATEJUNO CASTAÑEDA  | CONTENIDO:<br>PLANTA GENERAL                          | ESCALA INDICADA:<br>FOJA 2 | FOJA:<br>23 |
| ASesor:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MATEJUNO C. CASTAÑEDA DIBUJO | FECHA:<br>JULIO/2016       | FOJA:<br>32 |



# PERFIL ESTACIÓN 0+000 A 0+580

ESC: H = 1/750  
ESC: V = 1/375



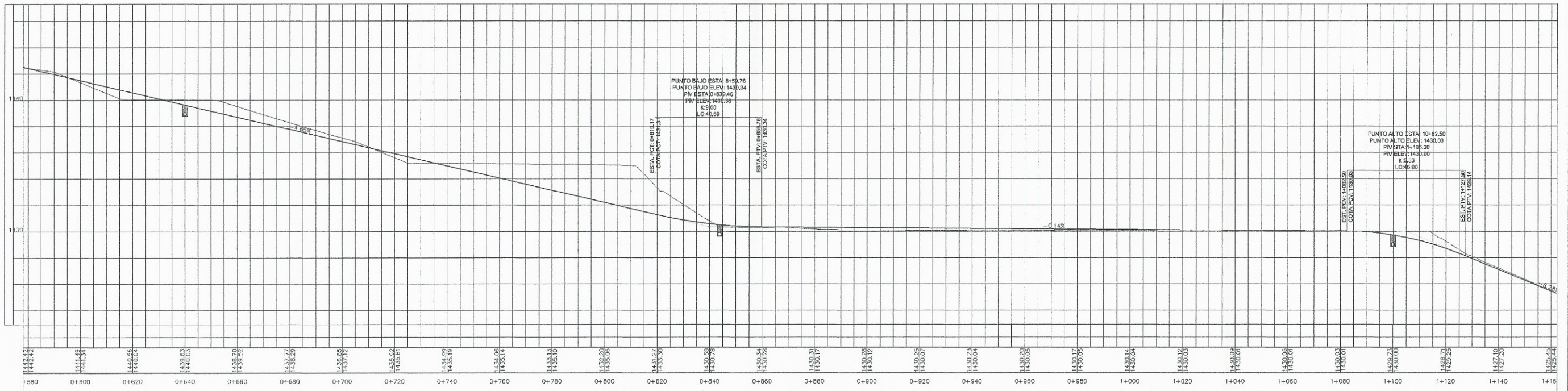
# PLANTA ESTACIÓN 0+000 A 0+580

ESC: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

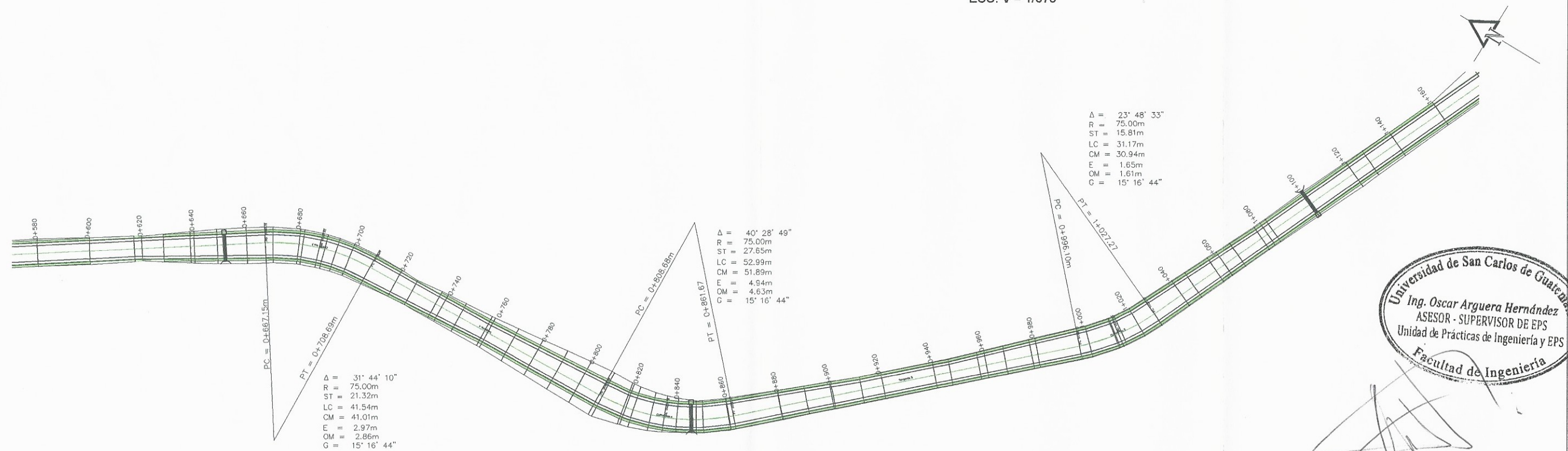
*[Handwritten signature]*

|   |   |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                                      |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                     |   |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |   |
| CALCULO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | ESCALA INDICADA<br>PLANTA Y PERFIL ESTACIÓN 0+000 A 0+580 |
| DISEÑO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  | FECHA:<br>2   |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DISEÑO         |
|   | FECHA:<br>JULIO/2016                                      |
|   | PÁGINA:<br>32   |



# PERFIL ESTACIÓN 0+580 A 1+160

ESC: H = 1/750  
ESC: V = 1/375

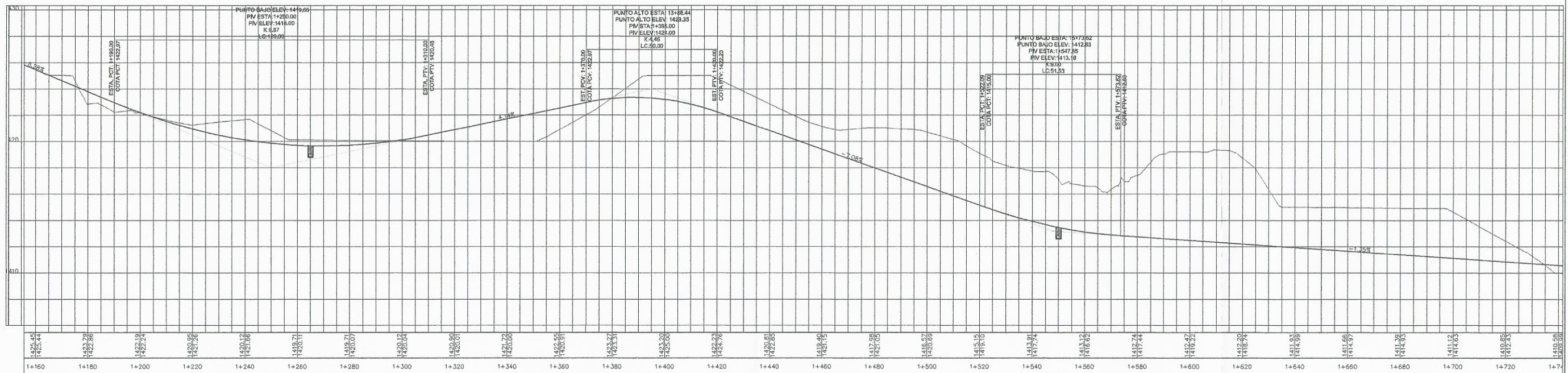


# PLANTA ESTACIÓN 0+580 A 1+160

ESC: 1/750

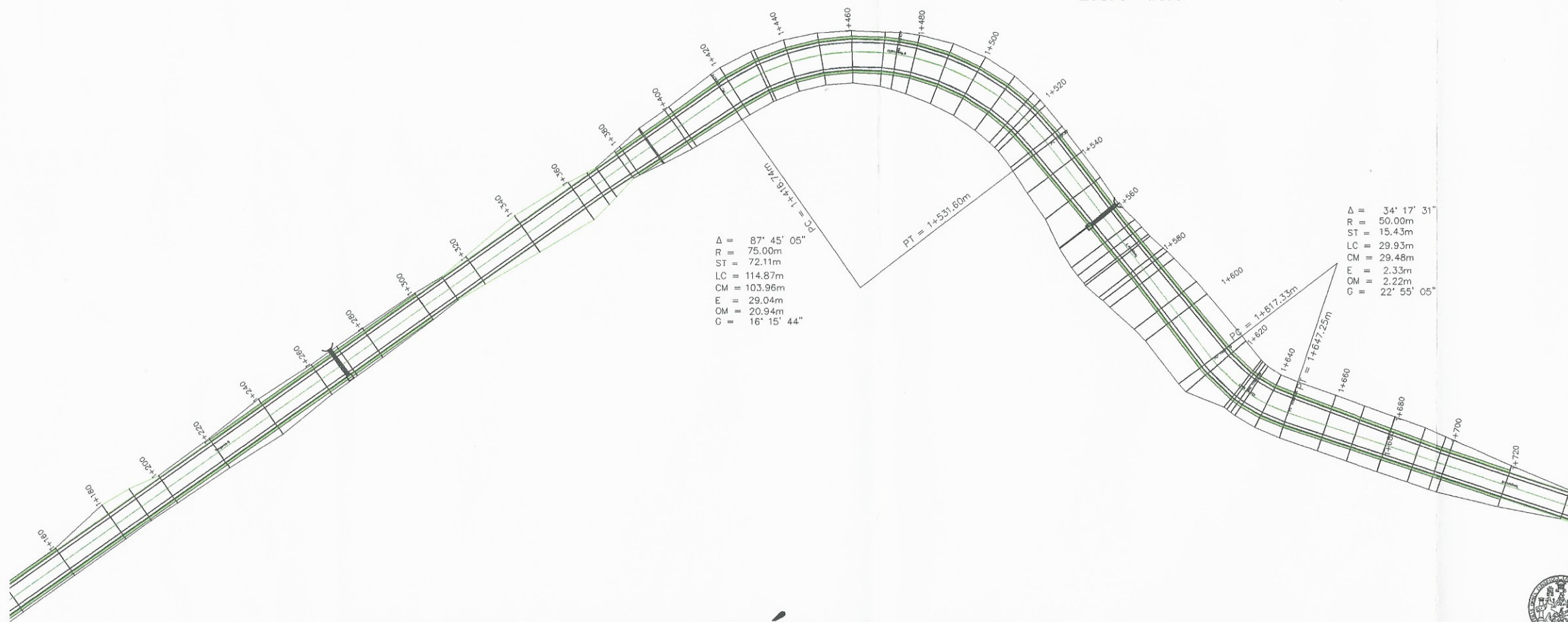
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |  |                      |    |
|---|--|----------------------|----|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                                      |  |                      |    |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                     |  |                      |    |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |  |                      |    |
| CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL ESTACIÓN 0+580 A 1+160  | ESCALA:<br>INDICADA                              | HOJA:<br>25          |    |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEZU | FECHA:<br>JULIO/2016 | 32 |



# PERFIL ESTACIÓN 1+160 A 1+740

ESC: H = 1/750  
ESC: V = 1/375



# PLANTA ESTACIÓN 1+160 A 1+740

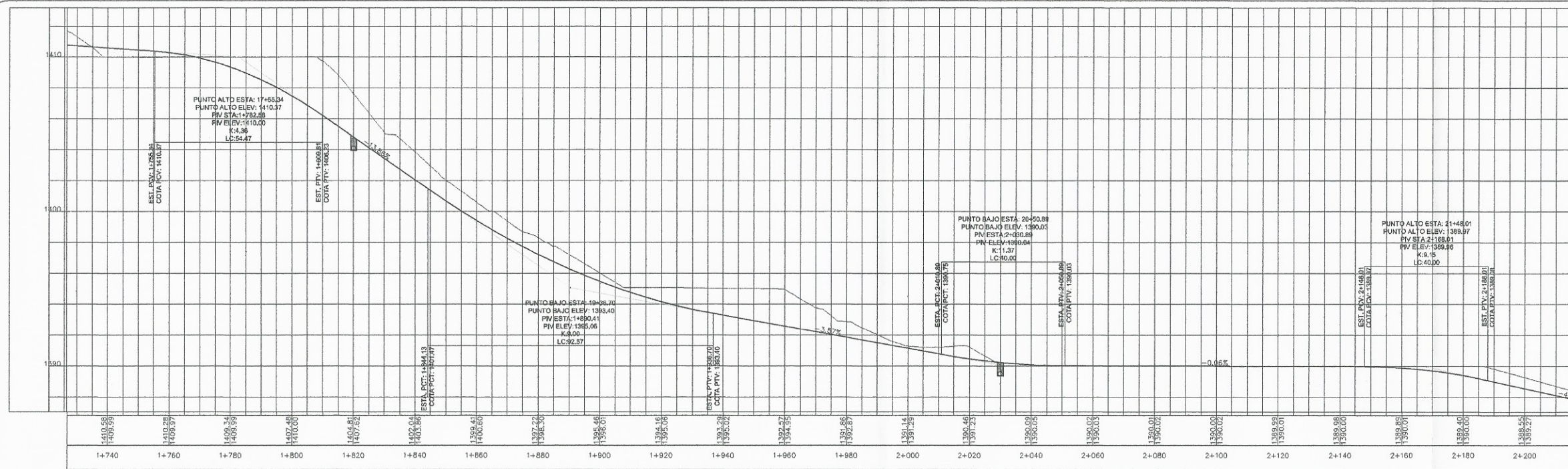
ESC: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



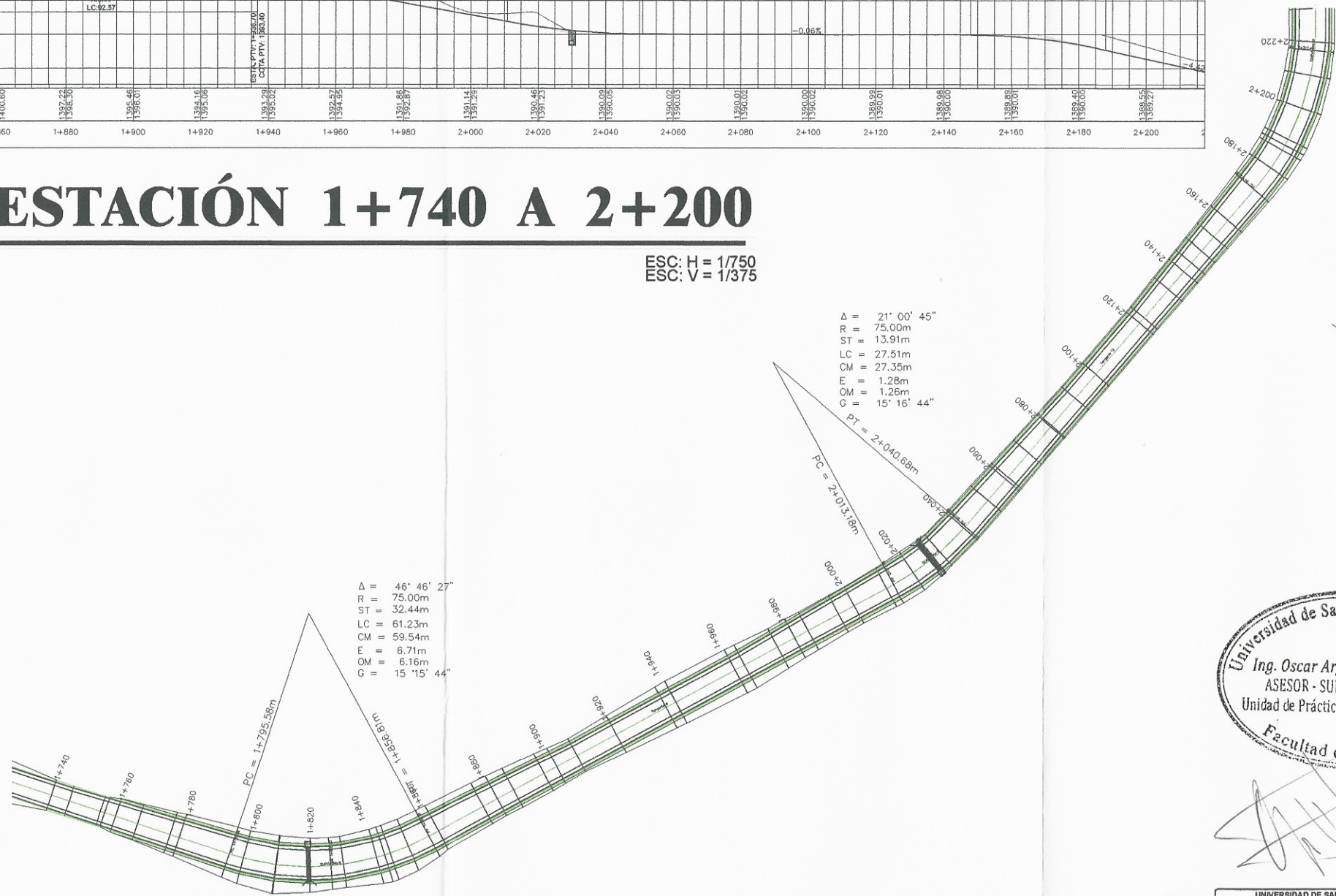
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

|   |  |                      |              |
|---|--|----------------------|--------------|
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL ESTACIÓN 1+160 A 1+740 | ESCALA:<br>INDICADA  | FOLIO:<br>26 |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEZU     | FECHA:<br>JULIO/2016 | FOLIO:<br>32 |



# PERFIL ESTACIÓN 1+740 A 2+200

ESC: H = 1/750  
ESC: V = 1/375



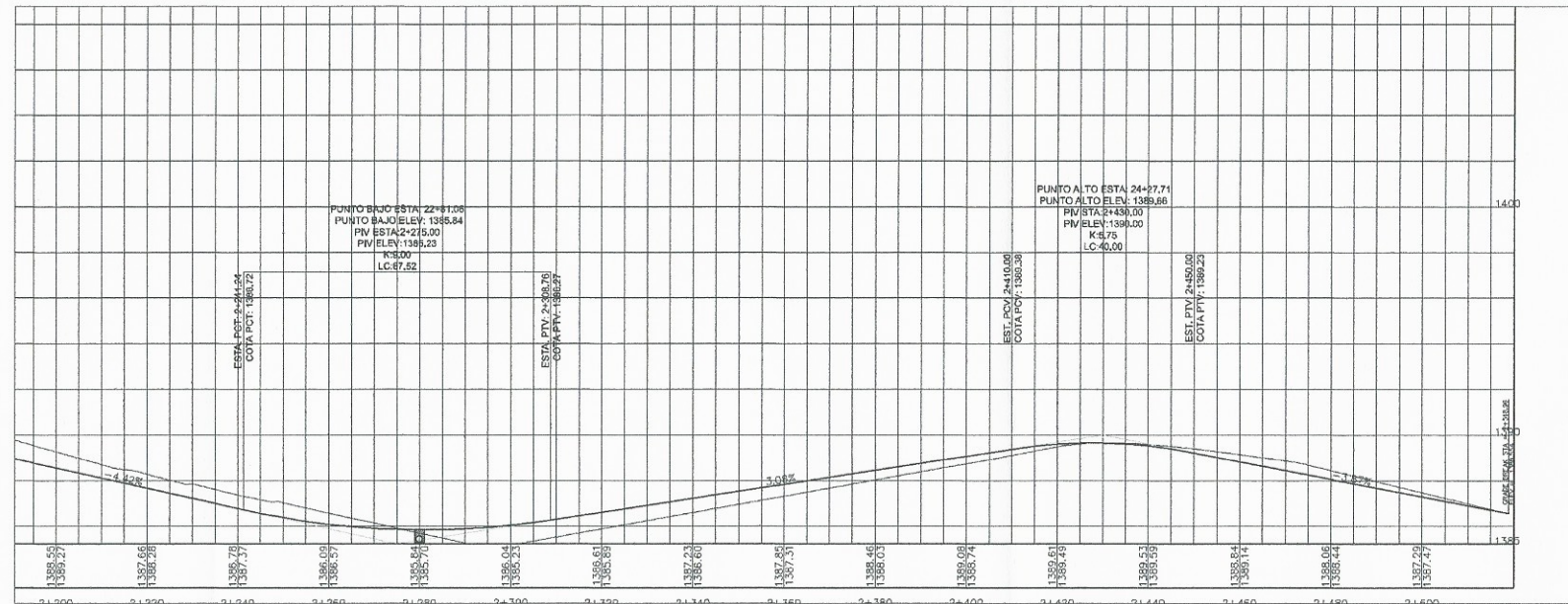
# PLANTA ESTACIÓN 1+740 A 2+200

ESC: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

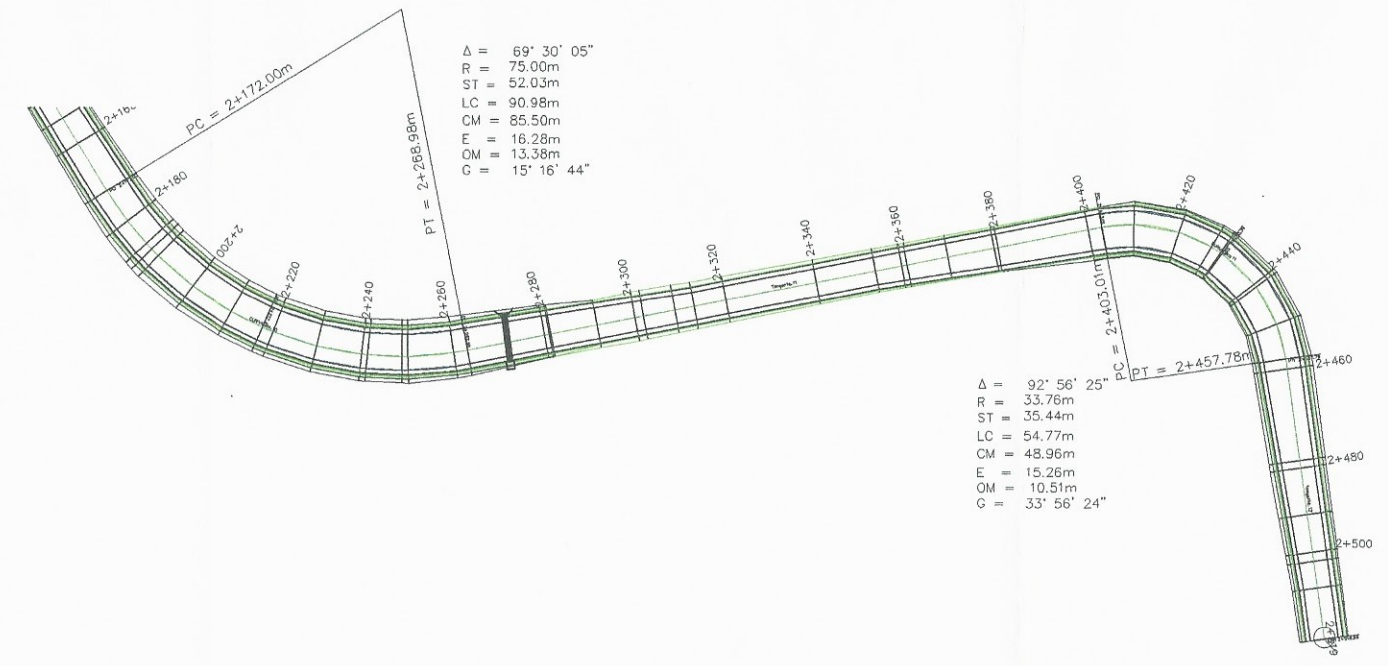
*[Handwritten signature]*

|  |  |                        |
|--|--|------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                                       |  |                        |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                      |  |                        |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONIA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |  |                        |
| ALUMNO:<br>MARCELO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL ESTACIÓN 1+740 A 2+200 | ESCALA INDICADA:<br>27 |
| ASesor:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | DEBERO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DIEGO     | FECHA:<br>JULIO 2016   |
|  |  | 32                     |



# PERFIL ESTACIÓN 2+200 A 2+519

ESC: H = 1/750  
ESC: V = 1/375



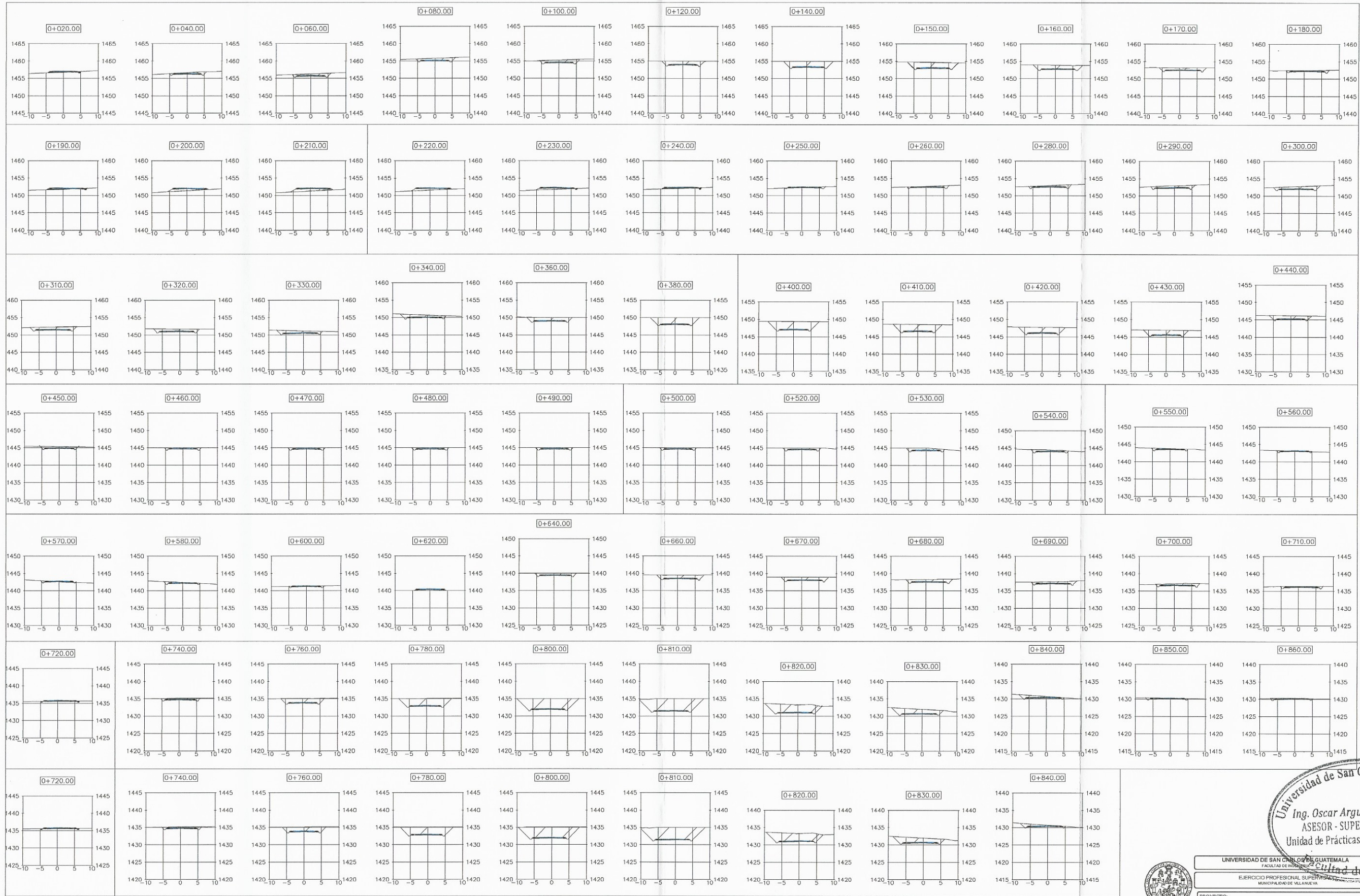
# PLANTA ESTACIÓN 2+200 A 2+519

ESC: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

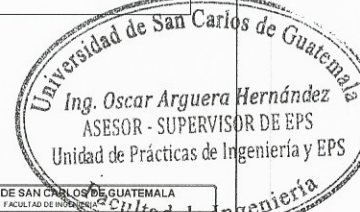
*[Handwritten signature]*

|   |   |                      |            |
|---|---|----------------------|------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |   |                      |            |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                       |   |                      |            |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRTERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD<br>PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |   |                      |            |
| ESCUELA:<br>INGENIERIA CIVIL  | CONTENIDO:<br>PLANTA Y PERFIL ESTACIÓN 2+200<br>A 2+519 | ESCALA:<br>INDICADA  | PÁG:<br>28 |
| DISEÑO:<br>MARCELO CASTAÑEDA  |   | ZONA:<br>2           |            |
| ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ   | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELO CASTAÑEDA DISEÑO       | FECHA:<br>JULIO 2016 | PÁG:<br>32 |

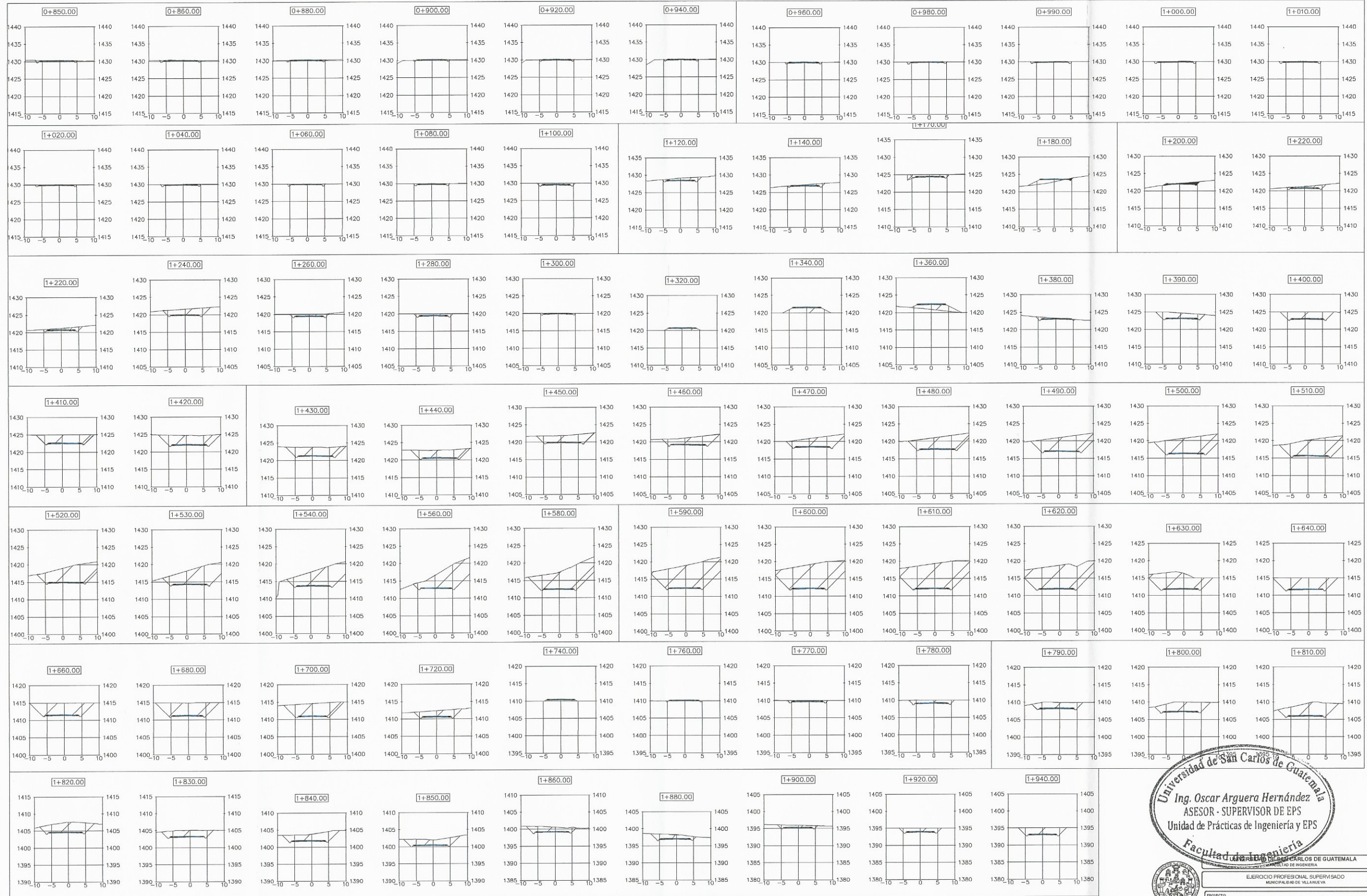


# SECCIÓN TRANSVERSAL DE ESTACIÓN 0+000 A 0+840

ESC: 1/500

  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA                                      |                                 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR<br>MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA                                       |                                 |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |                                 |
| ESCALA INDICADA: 2<br>ZONA: 2   | ESCALA: 29<br>ZONA: 2           |
| CONTENIDO:<br>SECCIÓN DE CARRETERA ESTACIÓN 0+000 HASTA 0+840   |                                 |
| ASesor: OSCAR ARGUERA HERNANDEZ<br>DISEÑO DE INGENIERIA: MARCELO CASTAÑEDA DIEGO                      | FECHA: JULIO/2016<br>ESCALA: 32 |



# SECCIÓN TRANSVERSAL DE ESTACIÓN 0+850 A 1+940

ESC: 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguera Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

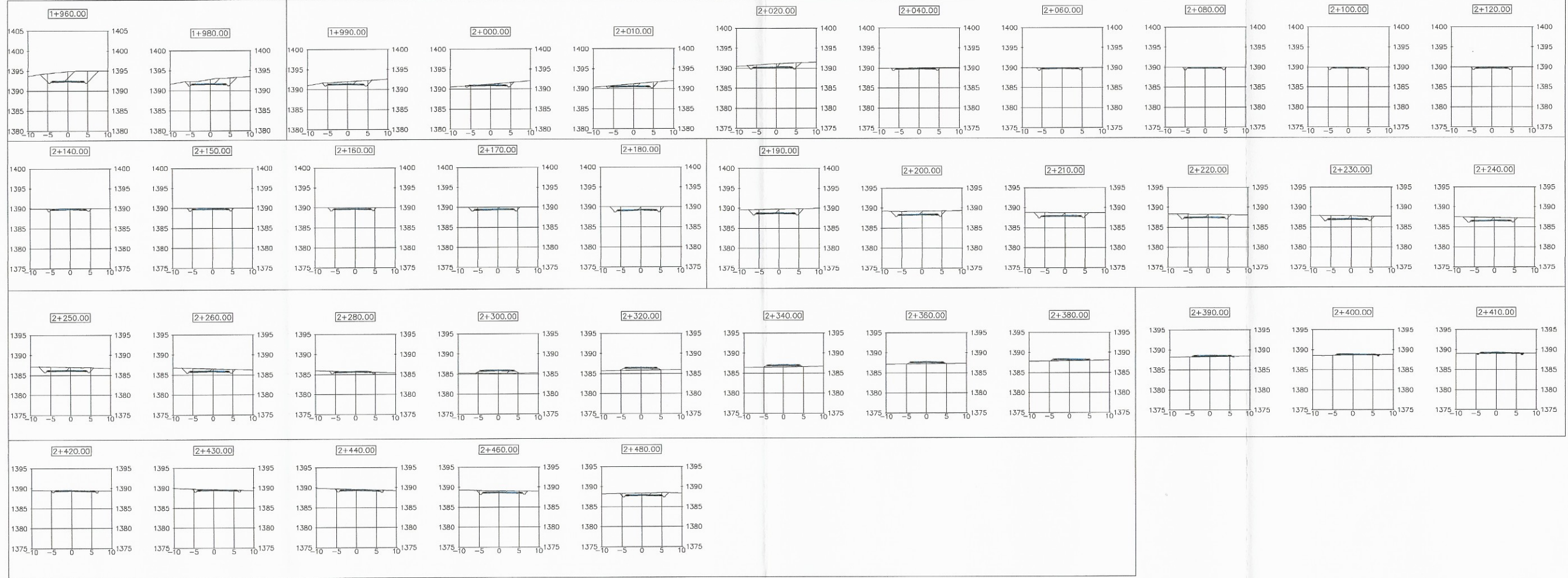


EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA

PROYECTO:  
 PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD  
 PERONIA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA

|  |                                |                                   |                      |             |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------|
| CALCULO:<br>MARCELYNO CASTAÑEDA                    | DISEÑO:<br>MARCELYNO CASTAÑEDA | ASERA:<br>OSCAR ARGUERA HERNANDEZ | INDICADA:<br>2       | FOJA:<br>30 |
| SECCION DE CARRETERA ESTACION<br>0+850 HASTA 1+940 |                                |                                   | ZONA:<br>2           | FOJA:<br>32 |
| DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELYNO CASTAÑEDA DIBO  |                                |                                   | FECHA:<br>JULIO 2016 | FOJA:<br>32 |





# SECCIÓN TRANSVERSAL DE ESTACIÓN 1+960 A 2+480

ESC: 1/500

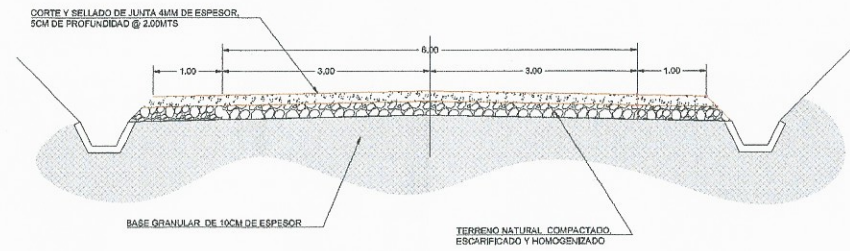


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

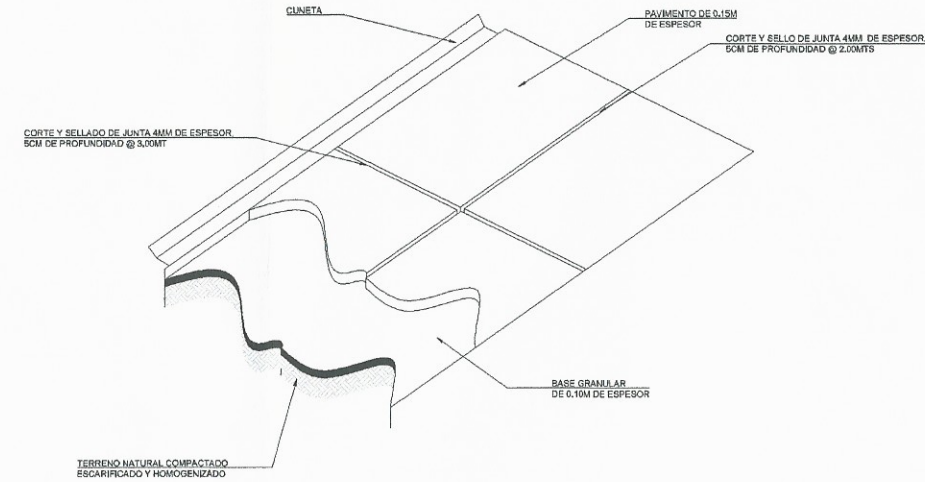
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONIA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA

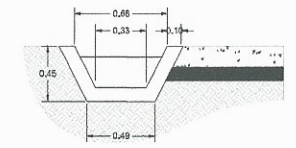
|                                 |   |  |                      |
|---------------------------------|---|--|----------------------|
| CADENAS:<br>MARCELINO CASTAÑEDA | CONTENIDO:<br>SECCION DE CARRETERA ESTACION 1+960 HASTA A 2+480 | ESCALA:<br>INDICADA                                | HOJA:<br>31          |
| FECHA:<br>MARCELINO CASTAÑEDA   | ASESOR:<br>ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ                         | DISEÑO DE INGENIERIA:<br>MARCELINO CASTAÑEDA DIEGO | FECHA:<br>JULIO/2018 |
|                                 |   |  | 32                   |



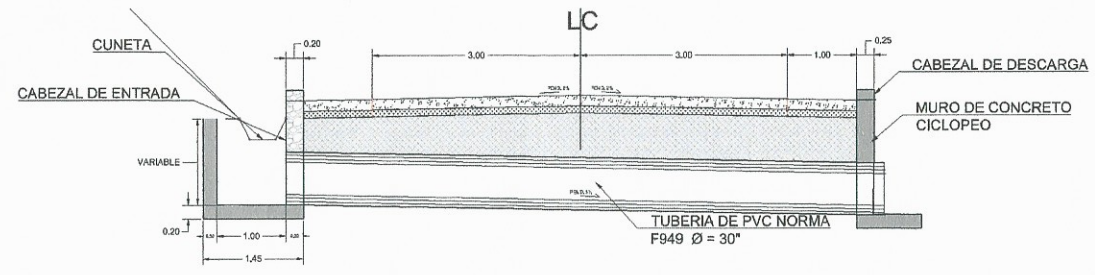
**SECCIÓN TRANSVERSAL DE CARRETERA**  
ESC: 1/50



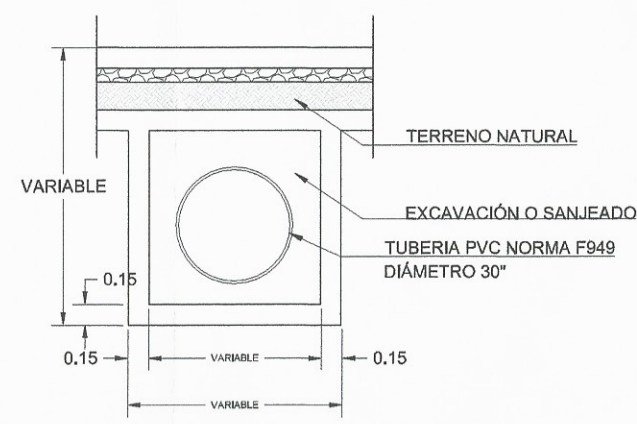
**ISOMÉTRICO DEL ARRADO DE PISTA**  
ESC: 1/50



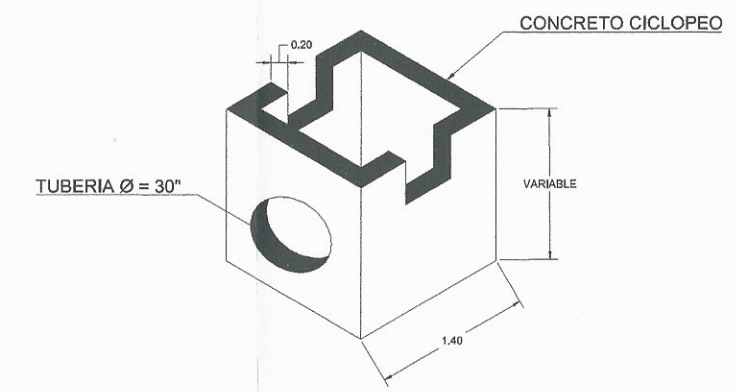
**DETALLE DE CUNETA**  
ESC: 1/25



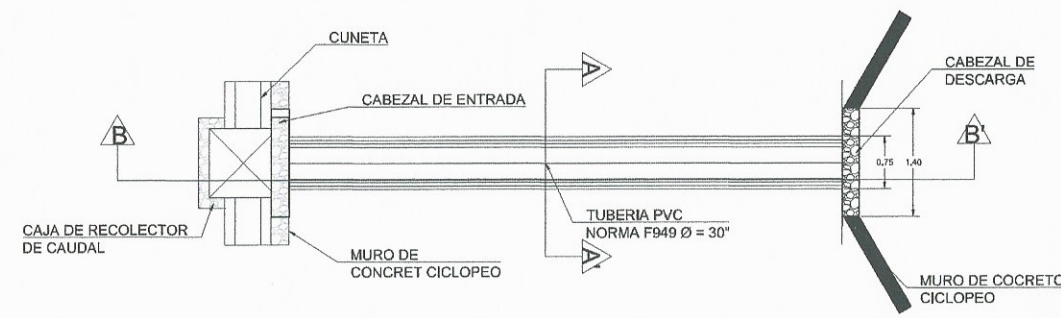
**SECCIÓN DRENAJE TRANSVERSAL B-B'**  
ESC: 1/50



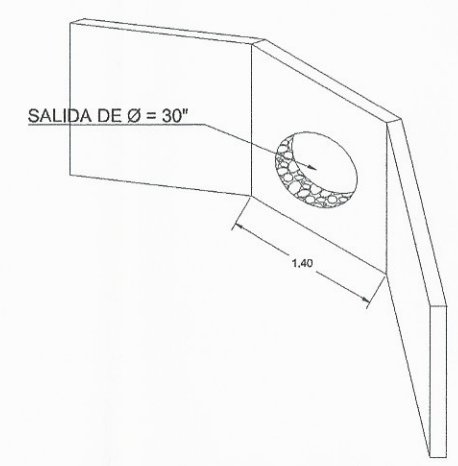
**ISOMÉTRICO DEL ARRADO DE PISTA**  
ESC: 1/25



**DETALLE DE CAJA**  
ESC: 1/40



**PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL**  
ESC: 1/50



**DETALLE DE CABEZAL DE DESCARGA**  
ESC: 1/40

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arguera 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                                      |  |                           |              |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                                     |  |                           |              |
| PROYECTO:<br>PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA ENTRE LA COLONIA CIUDAD PERONA Y VALLES DE MARIA, VILLA NUEVA |  |                           |              |
| CALEDO<br>MARCELANO CASTAÑEDA   | CONTENIDO:<br>DETALLES DE DRENAJE Y DE PAVIMENTO   | ESCALA INDICADA<br>EDNA 2 | PESAJA<br>32 |
| ASESOR<br>ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  | DISEÑO DE INGENIERIA<br>MARCELANO CASTAÑEDA DISEÑO | FECHA<br>JULIO 2016       | PESAJA<br>32 |

Apéndice 2 **Tabla de ancho de zanja**

| Diámetro Nominal Pulgadas | De 1,31 a 1,85m |      | De 1,86 a 2,35 m |      | De 2,36 a 2,85 m |      | De 2,86 a 3,35 m |      | De 3,36 a 3,85 m |      | De 3,86 a 4,35 m |      | De 4,36 a 4,85 m |      | De 4,86 a 5,35 m |      | De 5,36 a 5,85 m |      | De 5,86 a 6,35 m |      |
|---------------------------|-----------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|                           | Hasta 1,30 m    | 0,60 | 0,65             | 0,65 | 0,65             | 0,65 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,80             | 0,80 |
| 6                         |                 | 0,60 | 0,65             | 0,65 | 0,65             | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,80 | 0,80             | 0,80 |
| 8                         |                 | 0,60 | 0,65             | 0,65 | 0,65             | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,80 | 0,80             | 0,80 |
| 10                        |                 | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,70 | 0,70             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,80 | 0,80             | 0,80 |
| 12                        |                 | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,75 | 0,75             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 |
| 16                        |                 | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 0,90 | 0,90             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 |
| 18                        |                 | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 |
| 20                        |                 | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 | 1,10             | 1,10 |
| 24                        |                 | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 | 1,35             | 1,35 |
| 30                        |                 | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 | 1,55             | 1,55 |
| 36                        |                 |      | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 | 1,75             | 1,75 |
| 42                        |                 |      |                  | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 | 1,90             | 1,90 |
| 48                        |                 |      |                  |      | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 | 2,10             | 2,10 |
| 60                        |                 |      |                  |      |                  | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 | 2,45             | 2,45 |
| 72                        |                 |      |                  |      |                  |      | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 | 2,80             | 2,80 |
| 84                        |                 |      |                  |      |                  |      |                  | 3,20 | 3,20             | 3,20 | 3,20             | 3,20 | 3,20             | 3,20 | 3,20             | 3,20 | 3,20             | 3,20 | 3,20             | 3,20 |

Fuente: elaboración propia

### Apéndice 3 Tabla de volúmenes totales

| TABLA DE VOLUMENES TOTALES |                      |                    |                         |                       |                                   |                                 |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| ESTACIÓN                   | ÁREA DE RELLENO (M2) | ÁREA DE CORTE (M2) | VOLUMEN DE RELLENO (M3) | VOLUMEN DE CORTE (M3) | VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO (M3) | VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M3) |
| 0+020.00                   | 0.01                 | 1.46               | 0.00                    | 0.00                  | 0.00                              | 0.00                            |
| 0+040.00                   | 0.00                 | 6.28               | 0.07                    | 77.39                 | 0.07                              | 77.39                           |
| 0+060.00                   | 0.00                 | 8.93               | 0.00                    | 152.05                | 0.07                              | 229.44                          |
| 0+080.00                   | 0.00                 | 10.54              | 0.00                    | 194.73                | 0.07                              | 424.17                          |
| 0+100.00                   | 0.00                 | 11.68              | 0.00                    | 222.23                | 0.07                              | 646.40                          |
| 0+120.00                   | 0.00                 | 14.76              | 0.00                    | 264.38                | 0.07                              | 910.78                          |
| 0+140.00                   | 0.00                 | 22.41              | 0.00                    | 371.69                | 0.07                              | 1282.47                         |
| 0+150.00                   | 0.00                 | 23.37              | 0.00                    | 228.90                | 0.07                              | 1511.37                         |
| 0+160.00                   | 0.00                 | 16.90              | 0.00                    | 201.33                | 0.07                              | 1712.70                         |
| 0+170.00                   | 0.00                 | 10.88              | 0.00                    | 138.98                | 0.07                              | 1851.68                         |
| 0+180.00                   | 0.00                 | 5.17               | 0.00                    | 80.22                 | 0.07                              | 1931.90                         |
| 0+190.00                   | 0.69                 | 0.71               | 3.80                    | 29.03                 | 3.67                              | 1960.93                         |
| 0+200.00                   | 3.45                 | 0.00               | 21.23                   | 3.30                  | 24.90                             | 1964.23                         |
| 0+210.00                   | 4.91                 | 0.00               | 42.61                   | 0.00                  | 67.51                             | 1964.23                         |
| 0+220.00                   | 3.10                 | 0.00               | 40.76                   | 0.00                  | 108.27                            | 1964.23                         |
| 0+230.00                   | 1.83                 | 0.24               | 25.14                   | 1.13                  | 133.40                            | 1965.36                         |
| 0+240.00                   | 0.35                 | 0.73               | 11.18                   | 4.55                  | 144.59                            | 1969.91                         |
| 0+250.00                   | 0.00                 | 2.76               | 1.77                    | 17.37                 | 146.35                            | 1987.28                         |
| 0+260.00                   | 0.00                 | 5.23               | 0.00                    | 39.92                 | 146.35                            | 2027.21                         |
| 0+280.00                   | 0.00                 | 7.62               | 0.00                    | 128.46                | 146.35                            | 2155.66                         |
| 0+290.00                   | 0.00                 | 10.39              | 0.00                    | 90.03                 | 146.35                            | 2245.70                         |
| 0+300.00                   | 0.00                 | 11.74              | 0.00                    | 110.63                | 146.35                            | 2356.33                         |
| 0+310.00                   | 0.00                 | 11.96              | 0.00                    | 120.18                | 146.35                            | 2476.51                         |
| 0+320.00                   | 0.00                 | 10.94              | 0.00                    | 114.90                | 146.35                            | 2591.41                         |
| 0+330.00                   | 0.00                 | 10.13              | 0.00                    | 104.53                | 146.35                            | 2695.94                         |
| 0+340.00                   | 0.00                 | 10.40              | 0.00                    | 101.34                | 146.35                            | 2797.27                         |
| 0+360.00                   | 0.00                 | 14.39              | 0.00                    | 247.97                | 146.35                            | 3045.24                         |
| 0+380.00                   | 0.00                 | 26.81              | 0.00                    | 412.03                | 146.35                            | 3457.27                         |
| 0+400.00                   | 0.00                 | 33.14              | 0.00                    | 599.52                | 146.35                            | 4056.79                         |
| 0+410.00                   | 0.00                 | 28.02              | 0.00                    | 305.80                | 146.35                            | 4362.58                         |
| 0+420.00                   | 0.00                 | 23.81              | 0.00                    | 259.11                | 146.35                            | 4621.70                         |
| 0+430.00                   | 0.00                 | 19.36              | 0.00                    | 215.83                | 146.35                            | 4837.52                         |
| 0+440.00                   | 0.00                 | 14.43              | 0.00                    | 168.96                | 146.35                            | 5006.48                         |
| 0+450.00                   | 0.04                 | 7.53               | 0.22                    | 109.80                | 146.57                            | 5116.28                         |
| 0+460.00                   | 0.00                 | 5.81               | 0.22                    | 66.68                 | 146.79                            | 5182.96                         |
| 0+470.00                   | 0.00                 | 6.42               | 0.00                    | 61.15                 | 146.79                            | 5244.11                         |
| 0+480.00                   | 0.00                 | 6.37               | 0.00                    | 63.94                 | 146.79                            | 5308.05                         |
| 0+490.00                   | 0.00                 | 6.32               | 0.00                    | 63.45                 | 146.79                            | 5371.50                         |
| 0+500.00                   | 0.00                 | 6.30               | 0.00                    | 63.11                 | 146.79                            | 5434.61                         |
| 0+520.00                   | 0.00                 | 7.45               | 0.00                    | 137.47                | 146.79                            | 5572.08                         |
| 0+530.00                   | 0.00                 | 9.52               | 0.00                    | 84.82                 | 146.79                            | 5656.90                         |
| 0+540.00                   | 0.00                 | 7.12               | 0.00                    | 83.16                 | 146.79                            | 5740.06                         |
| 0+550.00                   | 0.00                 | 4.70               | 0.00                    | 59.10                 | 146.79                            | 5799.16                         |
| 0+560.00                   | 0.00                 | 2.73               | 0.00                    | 37.19                 | 146.79                            | 5836.35                         |
| 0+570.00                   | 0.07                 | 1.82               | 0.35                    | 22.79                 | 147.15                            | 5859.14                         |
| 0+580.00                   | 0.00                 | 4.78               | 0.35                    | 33.00                 | 147.50                            | 5892.13                         |
| 0+600.00                   | 0.00                 | 3.12               | 0.00                    | 78.93                 | 147.50                            | 5871.07                         |
| 0+620.00                   | 1.12                 | 0.00               | 11.21                   | 31.18                 | 158.71                            | 6002.25                         |
| 0+640.00                   | 0.00                 | 9.32               | 11.21                   | 93.25                 | 169.93                            | 6095.50                         |
| 0+660.00                   | 0.00                 | 14.64              | 0.00                    | 239.69                | 169.93                            | 6335.18                         |

Continuación del apéndice 3.

| TABLA DE VOLUMENES TOTALES |                      |                    |                         |                       |                                   |                                 |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| ESTACIÓN                   | ÁREA DE RELLENO (M2) | ÁREA DE CORTE (M2) | VOLUMEN DE RELLENO (M3) | VOLUMEN DE CORTE (M3) | VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO (M3) | VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M3) |
| 0+670.00                   | 0.00                 | 12.65              | 0.00                    | 136.46                | 169.93                            | 6471.65                         |
| 0+680.00                   | 0.00                 | 10.77              | 0.00                    | 116.93                | 169.93                            | 6588.58                         |
| 0+690.00                   | 0.00                 | 9.13               | 0.00                    | 99.16                 | 169.93                            | 6687.74                         |
| 0+700.00                   | 0.00                 | 7.83               | 0.00                    | 84.39                 | 169.93                            | 6772.13                         |
| 0+710.00                   | 0.00                 | 5.38               | 0.00                    | 65.85                 | 169.93                            | 6837.98                         |
| 0+720.00                   | 0.00                 | 1.41               | 0.00                    | 33.95                 | 169.93                            | 6871.93                         |
| 0+740.00                   | 0.00                 | 6.94               | 0.00                    | 83.50                 | 169.93                            | 6955.42                         |
| 0+760.00                   | 0.00                 | 18.06              | 0.00                    | 249.98                | 169.93                            | 7205.40                         |
| 0+780.00                   | 0.00                 | 30.79              | 0.00                    | 488.45                | 169.93                            | 7693.85                         |
| 0+800.00                   | 0.00                 | 44.91              | 0.00                    | 756.92                | 169.93                            | 8450.77                         |
| 0+810.00                   | 0.00                 | 51.82              | 0.00                    | 483.67                | 169.93                            | 8934.44                         |
| 0+820.00                   | 0.00                 | 32.67              | 0.00                    | 421.98                | 169.93                            | 9356.42                         |
| 0+830.00                   | 0.00                 | 19.25              | 0.00                    | 258.18                | 169.93                            | 9614.60                         |
| 0+840.00                   | 0.00                 | 7.19               | 0.00                    | 130.86                | 169.93                            | 9745.46                         |
| 0+850.00                   | 0.00                 | 3.73               | 0.00                    | 53.84                 | 169.93                            | 9799.30                         |
| 0+860.00                   | 0.00                 | 4.06               | 0.00                    | 38.66                 | 169.93                            | 9837.96                         |
| 0+880.00                   | 0.00                 | 3.25               | 0.00                    | 73.08                 | 169.93                            | 9911.04                         |
| 0+900.00                   | 0.00                 | 2.87               | 0.00                    | 61.23                 | 169.93                            | 9972.28                         |
| 0+920.00                   | 0.00                 | 2.76               | 0.00                    | 56.32                 | 169.93                            | 10028.59                        |
| 0+940.00                   | 0.00                 | 2.78               | 0.00                    | 55.43                 | 169.93                            | 10084.02                        |
| 0+960.00                   | 0.00                 | 3.07               | 0.00                    | 58.52                 | 169.93                            | 10142.54                        |
| 0+980.00                   | 0.00                 | 3.39               | 0.00                    | 64.60                 | 169.93                            | 10207.13                        |
| 0+990.00                   | 0.00                 | 3.51               | 0.00                    | 34.50                 | 169.93                            | 10241.63                        |
| 1+000.00                   | 0.00                 | 3.61               | 0.00                    | 35.60                 | 169.93                            | 10277.23                        |
| 1+010.00                   | 0.00                 | 3.66               | 0.00                    | 36.39                 | 169.93                            | 10313.62                        |
| 1+020.00                   | 0.00                 | 3.74               | 0.00                    | 37.02                 | 169.93                            | 10350.64                        |
| 1+040.00                   | 0.00                 | 3.85               | 0.00                    | 75.89                 | 169.93                            | 10426.53                        |
| 1+060.00                   | 0.00                 | 4.13               | 0.00                    | 79.79                 | 169.93                            | 10506.32                        |
| 1+080.00                   | 0.00                 | 4.42               | 0.00                    | 85.52                 | 169.93                            | 10591.84                        |
| 1+100.00                   | 0.00                 | 7.90               | 0.00                    | 123.24                | 169.93                            | 10715.08                        |
| 1+120.00                   | 0.00                 | 10.29              | 0.00                    | 181.94                | 169.93                            | 10897.02                        |
| 1+140.00                   | 0.00                 | 6.04               | 0.00                    | 163.34                | 169.93                            | 11060.36                        |
| 1+170.00                   | 0.00                 | 10.43              | 0.00                    | 247.07                | 169.93                            | 11307.43                        |
| 1+180.00                   | 6.75                 | 1.31               | 33.77                   | 58.72                 | 203.70                            | 11366.15                        |
| 1+200.00                   | 0.09                 | 4.72               | 68.47                   | 60.30                 | 272.17                            | 11426.45                        |
| 1+220.00                   | 0.00                 | 10.14              | 0.93                    | 148.59                | 273.10                            | 11575.04                        |
| 1+240.00                   | 0.00                 | 26.40              | 0.00                    | 365.40                | 273.10                            | 11940.44                        |
| 1+260.00                   | 0.00                 | 11.17              | 0.00                    | 375.64                | 273.10                            | 12316.08                        |
| 1+280.00                   | 0.00                 | 10.11              | 0.00                    | 212.77                | 273.10                            | 12528.85                        |
| 1+300.00                   | 0.00                 | 4.27               | 0.00                    | 143.80                | 273.10                            | 12672.65                        |
| 1+320.00                   | 4.65                 | 0.00               | 46.53                   | 42.69                 | 319.63                            | 12715.34                        |
| 1+340.00                   | 14.95                | 0.00               | 196.06                  | 0.00                  | 515.69                            | 12715.34                        |
| 1+360.00                   | 14.98                | 0.00               | 299.37                  | 0.00                  | 815.05                            | 12715.34                        |
| 1+380.00                   | 0.00                 | 5.57               | 149.84                  | 55.67                 | 964.90                            | 12771.01                        |
| 1+390.00                   | 0.00                 | 22.34              | 0.00                    | 139.55                | 964.90                            | 12910.56                        |
| 1+400.00                   | 0.00                 | 28.14              | 0.00                    | 252.43                | 964.90                            | 13162.99                        |
| 1+410.00                   | 0.00                 | 34.95              | 0.00                    | 315.48                | 964.90                            | 13478.47                        |
| 1+420.00                   | 0.00                 | 39.99              | 0.00                    | 374.77                | 964.90                            | 13853.24                        |
| 1+430.00                   | 0.00                 | 36.14              | 0.00                    | 380.93                | 964.90                            | 14234.17                        |
| 1+440.00                   | 0.00                 | 32.59              | 0.00                    | 343.40                | 964.90                            | 14577.57                        |

Continuación del apéndice 3.

| TABLA DE VOLUMENES TOTALES |                      |                    |                         |                       |                                   |                                 |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| ESTACIÓN                   | ÁREA DE RELLENO (M2) | ÁREA DE CORTE (M2) | VOLUMEN DE RELLENO (M3) | VOLUMEN DE CORTE (M3) | VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO (M3) | VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M3) |
| 1+450.00                   | 0.00                 | 29.72              | 0.00                    | 310.45                | 964.90                            | 14888.01                        |
| 1+460.00                   | 0.00                 | 28.79              | 0.00                    | 290.11                | 964.90                            | 15178.13                        |
| 1+470.00                   | 0.00                 | 35.51              | 0.00                    | 316.97                | 964.90                            | 15495.10                        |
| 1+480.00                   | 0.00                 | 49.76              | 0.00                    | 419.51                | 964.90                            | 15914.61                        |
| 1+490.00                   | 0.00                 | 60.88              | 0.00                    | 544.50                | 964.90                            | 16459.10                        |
| 1+500.00                   | 0.00                 | 68.94              | 0.00                    | 639.26                | 964.90                            | 17098.37                        |
| 1+510.00                   | 0.00                 | 70.36              | 0.00                    | 685.34                | 964.90                            | 17783.70                        |
| 1+520.00                   | 0.00                 | 64.57              | 0.00                    | 660.81                | 964.90                            | 18444.52                        |
| 1+530.00                   | 0.00                 | 60.10              | 0.00                    | 606.60                | 964.90                            | 19051.12                        |
| 1+540.00                   | 0.00                 | 61.86              | 0.00                    | 606.78                | 964.90                            | 19657.90                        |
| 1+560.00                   | 0.00                 | 61.11              | 0.00                    | 1229.75               | 964.90                            | 20887.65                        |
| 1+580.00                   | 0.00                 | 76.51              | 0.00                    | 1376.26               | 964.90                            | 22263.90                        |
| 1+590.00                   | 0.00                 | 93.31              | 0.00                    | 849.13                | 964.90                            | 23113.04                        |
| 1+600.00                   | 0.00                 | 90.52              | 0.00                    | 919.14                | 964.90                            | 24032.18                        |
| 1+610.00                   | 0.00                 | 91.04              | 0.00                    | 907.76                | 964.90                            | 24939.94                        |
| 1+620.00                   | 0.00                 | 75.47              | 0.00                    | 836.72                | 964.90                            | 25776.66                        |
| 1+630.00                   | 0.00                 | 26.60              | 0.00                    | 514.12                | 964.90                            | 26290.78                        |
| 1+640.00                   | 0.00                 | 11.68              | 0.00                    | 187.85                | 964.90                            | 26478.63                        |
| 1+660.00                   | 0.00                 | 8.18               | 0.00                    | 198.61                | 964.90                            | 26677.24                        |
| 1+680.00                   | 0.00                 | 9.04               | 0.00                    | 172.21                | 964.90                            | 26849.45                        |
| 1+700.00                   | 0.00                 | 14.00              | 0.00                    | 230.41                | 964.90                            | 27079.86                        |
| 1+720.00                   | 1.36                 | 0.75               | 13.61                   | 147.51                | 978.51                            | 27227.37                        |
| 1+740.00                   | 18.84                | 0.00               | 201.97                  | 7.48                  | 1180.49                           | 27234.84                        |
| 1+760.00                   | 6.85                 | 0.00               | 256.83                  | 0.00                  | 1437.31                           | 27234.84                        |
| 1+770.00                   | 0.58                 | 0.52               | 37.12                   | 2.59                  | 1474.43                           | 27237.43                        |
| 1+780.00                   | 0.00                 | 7.23               | 2.89                    | 38.72                 | 1477.31                           | 27276.15                        |
| 1+790.00                   | 0.00                 | 20.23              | 0.00                    | 137.27                | 1477.31                           | 27413.42                        |
| 1+800.00                   | 0.00                 | 34.95              | 0.00                    | 276.35                | 1477.31                           | 27689.77                        |
| 1+810.00                   | 0.00                 | 49.34              | 0.00                    | 425.25                | 1477.31                           | 28115.03                        |
| 1+820.00                   | 0.00                 | 39.17              | 0.00                    | 446.38                | 1477.31                           | 28561.41                        |
| 1+830.00                   | 0.00                 | 25.62              | 0.00                    | 325.19                | 1477.31                           | 28886.60                        |
| 1+840.00                   | 0.00                 | 31.47              | 0.00                    | 287.72                | 1477.31                           | 29174.33                        |
| 1+850.00                   | 0.00                 | 26.32              | 0.00                    | 291.99                | 1477.31                           | 29466.31                        |
| 1+860.00                   | 0.00                 | 19.59              | 0.00                    | 229.83                | 1477.31                           | 29696.14                        |
| 1+880.00                   | 0.00                 | 17.11              | 0.00                    | 366.96                | 1477.31                           | 30063.11                        |
| 1+900.00                   | 0.00                 | 11.25              | 0.00                    | 283.62                | 1477.31                           | 30346.72                        |
| 1+920.00                   | 0.00                 | 15.71              | 0.00                    | 269.65                | 1477.31                           | 30616.38                        |
| 1+940.00                   | 0.00                 | 27.21              | 0.00                    | 429.24                | 1477.31                           | 31045.62                        |
| 1+960.00                   | 0.00                 | 34.15              | 0.00                    | 613.64                | 1477.31                           | 31659.25                        |
| 1+980.00                   | 0.00                 | 16.41              | 0.00                    | 505.58                | 1477.31                           | 32164.83                        |
| 1+990.00                   | 0.01                 | 11.00              | 0.07                    | 137.04                | 1477.38                           | 32301.88                        |
| 2+000.00                   | 0.00                 | 6.65               | 0.07                    | 88.25                 | 1477.46                           | 32390.12                        |
| 2+010.00                   | 0.00                 | 10.08              | 0.00                    | 83.62                 | 1477.46                           | 32473.75                        |
| 2+020.00                   | 0.00                 | 13.46              | 0.00                    | 118.65                | 1477.46                           | 32592.39                        |
| 2+040.00                   | 0.00                 | 4.30               | 0.00                    | 178.78                | 1477.46                           | 32771.17                        |
| 2+060.00                   | 0.00                 | 4.82               | 0.00                    | 91.21                 | 1477.46                           | 32862.38                        |
| 2+080.00                   | 0.00                 | 4.82               | 0.00                    | 96.44                 | 1477.46                           | 32958.82                        |
| 2+100.00                   | 0.00                 | 4.94               | 0.00                    | 97.66                 | 1477.46                           | 33056.47                        |
| 2+120.00                   | 0.00                 | 4.93               | 0.00                    | 98.77                 | 1477.46                           | 33155.25                        |
| 2+140.00                   | 0.00                 | 4.97               | 0.00                    | 99.00                 | 1477.46                           | 33254.24                        |

Continuación del apéndice 3.

| TABLA DE VOLUMENES TOTALES |                      |                    |                         |                       |                                   |                                 |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| ESTACIÓN                   | ÁREA DE RELLENO (M2) | ÁREA DE CORTE (M2) | VOLUMEN DE RELLENO (M3) | VOLUMEN DE CORTE (M3) | VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO (M3) | VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M3) |
| 2+150.00                   | 0.00                 | 5.19               | 0.00                    | 50.77                 | 1477.46                           | 33305.01                        |
| 2+160.00                   | 0.00                 | 6.00               | 0.00                    | 55.96                 | 1477.46                           | 33360.97                        |
| 2+170.00                   | 0.00                 | 8.28               | 0.00                    | 71.44                 | 1477.46                           | 33432.42                        |
| 2+180.00                   | 0.00                 | 11.77              | 0.00                    | 100.29                | 1477.46                           | 33532.71                        |
| 2+190.00                   | 0.00                 | 14.79              | 0.00                    | 133.05                | 1477.46                           | 33665.76                        |
| 2+200.00                   | 0.00                 | 13.36              | 0.00                    | 141.11                | 1477.46                           | 33806.87                        |
| 2+210.00                   | 0.00                 | 12.11              | 0.00                    | 127.43                | 1477.46                           | 33934.29                        |
| 2+220.00                   | 0.00                 | 11.66              | 0.00                    | 118.66                | 1477.46                           | 34052.95                        |
| 2+230.00                   | 0.00                 | 11.74              | 0.00                    | 116.64                | 1477.46                           | 34169.59                        |
| 2+240.00                   | 0.00                 | 11.79              | 0.00                    | 117.23                | 1477.46                           | 34286.82                        |
| 2+250.00                   | 0.00                 | 12.32              | 0.00                    | 120.13                | 1477.46                           | 34406.95                        |
| 2+260.00                   | 0.00                 | 10.05              | 0.00                    | 111.33                | 1477.46                           | 34518.28                        |
| 2+280.00                   | 0.00                 | 2.56               | 0.00                    | 125.95                | 1477.46                           | 34644.23                        |
| 2+300.00                   | 4.88                 | 0.00               | 48.77                   | 25.64                 | 1526.22                           | 34669.87                        |
| 2+320.00                   | 4.53                 | 0.00               | 94.02                   | 0.00                  | 1620.25                           | 34669.87                        |
| 2+340.00                   | 4.14                 | 0.00               | 86.69                   | 0.00                  | 1706.94                           | 34669.87                        |
| 2+360.00                   | 3.77                 | 0.00               | 79.10                   | 0.00                  | 1786.04                           | 34669.87                        |
| 2+380.00                   | 3.40                 | 0.00               | 71.62                   | 0.00                  | 1857.66                           | 34669.87                        |
| 2+390.00                   | 3.01                 | 0.00               | 32.02                   | 0.00                  | 1889.68                           | 34669.87                        |
| 2+400.00                   | 1.73                 | 0.00               | 23.72                   | 0.00                  | 1913.39                           | 34669.87                        |
| 2+410.00                   | 0.00                 | 2.19               | 8.77                    | 10.89                 | 1922.16                           | 34680.76                        |
| 2+420.00                   | 0.00                 | 8.39               | 0.00                    | 53.02                 | 1922.16                           | 34733.78                        |
| 2+430.00                   | 0.00                 | 14.67              | 0.00                    | 116.29                | 1922.16                           | 34850.07                        |
| 2+440.00                   | 0.00                 | 18.29              | 0.00                    | 166.38                | 1922.16                           | 35016.45                        |
| 2+460.00                   | 0.00                 | 21.44              | 0.00                    | 399.66                | 1922.16                           | 35416.10                        |
| 2+480.00                   | 0.00                 | 21.10              | 0.00                    | 425.47                | 1922.16                           | 35841.57                        |

Fuente: elaboración propia.





# ANEXOS



## Anexo 1 Resultado de ensayos de laboratorio de suelos



Continuación del anexo 1.

|   | <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br/>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> |    |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
|--|--|---|----------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|---|---|------|-----|----|--------------------------------|--|--|
| INFORME No. 512 S.S.   |  | O.T.: 35,354  |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
|  |  | <b>No. 4740</b>   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Interesado:  | Marcelino Castañeda Diego  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Proyecto:  | EPS "Diseño de un Pavimento para la interconexión de La CA-9 con la Colonia Ciudad Peronía, Villa Nueva, Guatemala"  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Asunto:  | ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG   |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Norma:   | AASHTO T-69 Y T-90   |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Ubicación:   | Municipio de Villa Nueva   |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| FECHA:   | jueves, 08 de octubre de 2015  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| <b>RESULTADOS:</b>   |  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| <table border="1"><thead><tr><th>ENSAYO No.</th><th>MUESTRA No.</th><th>L.L. (%)</th><th>U.P. (%)</th><th>CLASIFICACION *</th><th>DESCRIPCION DEL SUELO</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>1</td><td>35.9</td><td>6.5</td><td>ML</td><td>Limo Arenoso Color Café Oscuro</td></tr></tbody></table> | ENSAYO No.   | MUESTRA No.   | L.L. (%) | U.P. (%)        | CLASIFICACION *                | DESCRIPCION DEL SUELO | 1 | 1 | 35.9 | 6.5 | ML | Limo Arenoso Color Café Oscuro |  |  |
| ENSAYO No.   | MUESTRA No.  | L.L. (%)  | U.P. (%) | CLASIFICACION * | DESCRIPCION DEL SUELO          |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| 1  | 1  | 35.9  | 6.5      | ML              | Limo Arenoso Color Café Oscuro |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| (*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD   |  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.  |  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| Atentamente,   |  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| <br>Vn.Bo.<br>Inga. Telma Marcela Cano Morales<br>DIRECTORA CIPUSAC   |  | <br>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br>SECCION DE MECANICA DE SUELOS<br><br>Ing. Omar Enrique Medrano Méndez<br>Jefe Sección Mecánica de Suelos |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |
| <small>FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –<br/>Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12<br/>Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Ext. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121<br/>Página web: <a href="http://ci.igac.usac.edu.gt">http://ci.igac.usac.edu.gt</a></small>                                   |  |   |          |                 |                                |                       |   |   |      |     |    |                                |  |  |

Continuación del anexo 1.


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

INFORME No. 514 S.S. O.T.: 35,354 No. **4742**

Interesado: **Marcelino Castañeda Diego**  
Asunto: **ENSAYO DE COMPACTACIÓN**  
Proyecto: **EPS "Diseño de un Pavimento para la intersección de La CA-9 con la Colonia Ciudad Peronia, Villa Nueva, Guatemala"**  
Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180


Ubicación: **Municipio de Villa Nueva**  
Fecha: **Jueves, 08 de octubre de 2015**

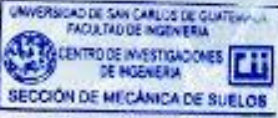

**GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD**



| % HUMEDAD | DENSIDAD SECA lb/ft³ |
|-----------|----------------------|
| 17        | 91.5                 |
| 18        | 92.5                 |
| 19        | 93.5                 |
| 20        | 94.5                 |
| 21        | 95.5                 |
| 22        | 96.0                 |
| 23        | 95.5                 |
| 24        | 95.0                 |
| 25        | 94.5                 |
| 26        | 93.5                 |
| 27        | 92.5                 |

Descripción del suelo: **Limo Arenosa Color Café Oscuro**  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : **1,533.11 Kg/m<sup>3</sup> 95.70 lb/ft<sup>3</sup>**  
Humedad óptima  $H_{op}$ : **24.30 %**  
Observaciones: **Muestra proporcionado por el interesado. Atentamente,**

Va. (B).   
**Inga Teima Mercedes Caño Morales**  
DIRECTORA CIIVUSAC

  
  
**Inga Citlar Enrique Mejicano Mendez**  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA — USAC —  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 80209 y 80221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ciiv.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.



Fuente: elaboración propia