



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,  
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA  
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

**Luis Fernando Sagastume Flores**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, enero de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,  
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA  
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS FERNANDO SAGASTUME FLORES**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2015





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos        |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa    |
| VOCAL IV   | Br. Narda Lucía Pacay Barrientos       |
| VOCAL V    | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz          |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez        |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos    |
| EXAMINADOR | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco |
| EXAMINADOR | Ing. Oscar Argueta Hernández       |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez    |



## 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 DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,  
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA  
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de marzo de 2013.

  
**Luis Fernando Sagastume Flores**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 04 de noviembre de 2014  
REF.EPS.DOC.1108.11.2014

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores** con carné No. **199923084**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, 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 Prácticas 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,  
11 de noviembre de 2014

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 DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Fernando Sagastume Flores, con Carnet No. 9923084, 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 ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

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







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de noviembre de 2014  
Ref.EPS.D.670.11.14

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 DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores, carné 199923084**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/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 del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Sagastume Flores, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2015.

/bbdeb.

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





Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 027.2015

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 DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 29 de enero de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Mi Señor</b>              | Fuente inagotable, porque su presencia siempre estuvo a mi lado, dándome paz y fortaleza a mi vida.  |
| <b>Mis padres</b>            | José Andrés Sagastume Palma y Berta Alicia Flores de Sagastume, por su apoyo, amor y la paciencia que me han tenido.   |
| <b>Mis hermanos</b>          | Carlos Alberto, Roberto José y Ana Luisa Sagastume, que han sido un apoyo en todo momento, que Dios los bendiga.   |
| <b>Mi novia</b>              | Nancy del Rosario Roldán Montenegro, gracias por motivarme a terminar este camino, por el apoyo y el amor incondicional. Te amo.                                       |
| <b>Mis abuelos</b>           | José Gildardo Flores Carranza, (q.e.p.d.), Berta Arriola, Rafael Austreberto Sagastume Osorio (q.e.p.d.), María Luisa Palma Monteros (q.e.p.d.), siempre los recuerdo. |
| <b>Mi familia en general</b> | Con mucho respeto, agradecimiento y cariño.  |





## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Mi Señor</b>               | Por darme la oportunidad de vivir y lograr mi meta, a ti sea toda honra y gloria.                                     |
| <b>Facultad de Ingeniería</b> | Por permitirme forjar en las aulas uno de mis añorados sueños.  |
| <b>Mi asesor</b>              | Ingeniero Oscar Argueta Hernández, por compartir sus conocimientos para la elaboración de este trabajo de graduación. |
| <b>Ing. Jeovany Miranda</b>   | Por su apoyo en todo momento  |
| <b>Mis tíos</b>               | Por brindarme su cariño y apoyo siempre.  |
| <b>Mis primos</b>             | Por cada momento compartido.  |
| <b>Municipalidad de Mixco</b> | Por darme la oportunidad de realizar mi EPS en la Oficina de Planificación, por su amistad y apoyo.                   |
| <b>Mis amigos</b>             | Por todo el apoyo que me brindaron como hermanos  |



## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....  | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....   | IX   |
| GLOSARIO .....  | XIII |
| RESUMEN.....  | XVII |
| OBJETIVOS.....  | XIX  |
| INTRODUCCIÓN .....  | XXI  |
| <br>  |      |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....  | 1    |
| 1.1. Monografía del municipio de Mixco .....  | 1    |
| 1.2. Localización y extensión.....  | 1    |
| 1.3. Clima del municipio .....  | 2    |
| 1.4. Suelo y topografía .....   | 3    |
| 1.5. Costumbres y tradiciones .....   | 3    |
| 1.6. Población e idiomas .....  | 4    |
| 1.7. Actividades económicas .....   | 4    |
| 1.8. Vías de acceso .....   | 5    |
| 1.9. Servicios .....  | 5    |
| 1.10. Salud .....   | 6    |
| 1.11. Educación.....  | 6    |
| 1.12. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios<br>básicos e infraestructura del lugar ..... | 8    |
| 1.12.1. Descripción de las necesidades .....  | 8    |
| 1.12.2. Priorización de las necesidades .....   | 8    |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.        | FASE DEL SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL .....   | 11 |
| 2.1.      | Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la<br>colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco..... | 11 |
| 2.1.1.    | Descripción del proyecto .....  | 11 |
| 2.1.2.    | Sistema de drenaje pluvial .....  | 12 |
| 2.1.3.    | Localización de las líneas de drenaje pluvial.....  | 12 |
| 2.1.4.    | Levantamiento topográfico .....   | 13 |
| 2.1.4.1.  | Planimetría .....   | 13 |
| 2.1.4.2.  | Altimetría .....  | 14 |
| 2.1.5.    | Diseño del sistema .....  | 14 |
| 2.1.5.1.  | Descripción del sistema a utilizar .....  | 14 |
| 2.1.5.2.  | Probabilidad de ocurrencia.....   | 15 |
| 2.1.5.3.  | Características del subsuelo .....  | 15 |
| 2.1.5.4.  | Determinación del coeficiente<br>de escorrentía .....   | 15 |
| 2.1.5.5.  | Determinación de los lugares de<br>descarga .....   | 16 |
| 2.1.5.6.  | Determinación de las áreas<br>tributarias .....   | 17 |
| 2.1.5.7.  | Intensidad de lluvia.....   | 17 |
| 2.1.5.8.  | Pendiente de tubería .....  | 19 |
| 2.1.5.9.  | Diámetro de tubería.....  | 19 |
| 2.1.5.10. | Caudal de diseño .....  | 19 |
| 2.1.5.11. | Velocidades y caudales a sección<br>llena.....  | 20 |
| 2.1.5.12. | Revisión de relaciones .....  | 21 |
| 2.1.5.13. | Cotas Invert.....   | 21 |
| 2.1.5.14. | Pozos de visita .....   | 22 |
| 2.1.5.15. | Rejillas.....   | 23 |

|      |  |                                       |    |
|------|--|---------------------------------------|----|
|      | 2.1.5.16.  | Diseño de tragantes.....              | 23 |
|      | 2.1.5.17.  | Ejemplo de diseño de un tramo .....   | 28 |
|      | 2.1.6.   | Presupuesto.....                      | 30 |
|      | 2.1.7.   | Planos.....                           | 30 |
|      | 2.1.8.   | Evaluación socioeconómica.....        | 31 |
|      | 2.1.8.1.   | Valor Presente Neto .....             | 31 |
|      | 2.1.8.2.   | Tasa Interna de Retorno.....          | 32 |
|      | 2.1.9.   | Evaluación de Impacto Ambiental ..... | 33 |
| 3.   | DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,<br>FASE III PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL<br>MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA..... |                                       | 35 |
| 3.1. | Descripción del proyecto .....   |                                       | 35 |
|      | 3.1.1.   | Red de distribución .....             | 36 |
| 3.2. | Fuente de abastecimiento .....   |                                       | 36 |
| 3.3. | Aforo de fuente .....  |                                       | 36 |
| 3.4. | Calidad de agua .....  |                                       | 37 |
|      | 3.4.1.   | Análisis bacteriológico .....         | 37 |
|      | 3.4.2.   | Análisis fisicoquímico.....           | 38 |
| 3.5. | Obras existentes.....  |                                       | 38 |
| 3.6. | Levantamiento topográfico .....  |                                       | 39 |
|      | 3.6.1.   | Planimetría.....                      | 39 |
|      | 3.6.2.   | Altimetría.....                       | 39 |
| 3.7. | Cálculos topográficos .....  |                                       | 40 |
| 3.8. | Diseño hidráulico .....  |                                       | 41 |
|      | 3.8.1.   | Población actual .....                | 41 |
|      | 3.8.2.   | Período de diseño.....                | 42 |
|      | 3.8.3.   | Población futura.....                 | 42 |
|      | 3.8.4.   | Dotación .....                        | 43 |

|                       |  |    |
|-----------------------|--|----|
| 3.8.5.                | Caudales del sistema .....               | 43 |
| 3.8.5.1.              | Caudal medio diario .....                | 43 |
| 3.8.5.2.              | Caudal máximo diario.....                | 44 |
| 3.8.5.3.              | Caudal máximo horario .....              | 45 |
| 3.8.5.4.              | Caudal instantáneo .....                 | 46 |
| 3.8.5.5.              | Caudal de vivienda.....                  | 46 |
| 3.8.6.                | Velocidades de sistema .....             | 47 |
| 3.8.7.                | Presiones del sistema .....              | 48 |
| 3.8.7.1.              | Presión estática.....                    | 48 |
| 3.8.7.2.              | Presión dinámica.....                    | 48 |
| 3.9.                  | Diseño de la línea de conducción .....   | 48 |
| 3.10.                 | Tanque de almacenamiento.....            | 54 |
| 3.11.                 | Diseño de la línea de distribución ..... | 55 |
| 3.12.                 | Tanque de distribución .....             | 61 |
| 3.13.                 | Bases de diseño.....                     | 62 |
| 3.14.                 | Obras hidráulicas .....                  | 63 |
| 3.14.1.               | Conexiones prediales.....                | 63 |
| 3.14.2.               | Cajas de válvulas .....                  | 64 |
| 3.14.3.               | Anclajes de tuberías .....               | 64 |
| 3.15.                 | Tuberías.....                            | 65 |
| 3.15.1.               | Desinfección.....                        | 65 |
| 3.15.2.               | Análisis de costos.....                  | 66 |
| 3.15.3.               | Evaluación de Impacto Ambiental .....    | 68 |
| 3.15.4.               | Evaluación socioeconómica .....          | 70 |
| 3.15.4.1.             | Valor Presente Neto .....                | 71 |
| 3.15.4.2.             | Tasa Interna de Retorno .....            | 73 |
| CONCLUSIONES.....     |  | 77 |
| RECOMENDACIONES ..... |  | 79 |

BIBLIOGRAFÍA.....81  
APÉNDICES .....83





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Ubicación del municipio de Mixco .....   | 2  |
| 2.  | Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad..... | 7  |
| 3.  | Localización de la avenida La Brigada.....   | 13 |
| 4.  | Sección de carretera .....   | 25 |
| 5.  | Área de sección de rejilla .....   | 26 |
| 6.  | Flujo de caja del Valor Presente Neto .....  | 32 |
| 7.  | Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno .....                                  | 33 |
| 8.  | Esquema simplificado del sector 5.....   | 56 |
| 9.  | Conexión predial .....   | 63 |
| 10. | Detalle de cajas de válvulas.....  | 64 |
| 11. | Flujo de caja del Valor Presente Neto.....   | 72 |
| 12. | Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno .....                                  | 74 |

### TABLAS

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | Valores para coeficiente de escorrentía.....                          | 16 |
| II.  | Intensidad de lluvia .....  | 18 |
| III. | Diámetros de tuberías.....  | 22 |
| IV.  | Diámetros comerciales a utilizar .....                                | 51 |
| V.   | Datos de diseño de la línea de conducción para sectores 5 y 6 .....   | 53 |
| VI.  | Datos de diseño II de la línea de conducción para sectores 5 y 6..... | 53 |
| VII. | Presupuesto final .....   | 67 |

VIII. Ingresos y egresos del proyecto ..... 71  
IX. Resultados del Valor Presente Neto ..... 74

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>                  |
|----------------|-------------------------------------|
| <b>Act</b>     | Actual                              |
| <b>h</b>       | Altura                              |
| <b>Hv</b>      | Altura de la viga                   |
| <b>A</b>       | Área                                |
| <b>Ainf</b>    | Área de infiltración                |
| <b>Av</b>      | Área de la varilla                  |
| <b>At</b>      | Área tributaria                     |
| <b>CM</b>      | Carga muerta                        |
| <b>P</b>       | Carga puntual                       |
| <b>Cu</b>      | Carga última                        |
| <b>CV</b>      | Carga viva                          |
| <b>Q</b>       | Caudal a sección llena              |
| <b>Qili</b>    | Caudal de conexiones ilícitas       |
| <b>q</b>       | Caudal de diseño                    |
| <b>Qdis</b>    | Caudal de diseño                    |
| <b>Qinf</b>    | Caudal de infiltración              |
| <b>Qdom</b>    | Caudal domiciliar                   |
| <b>Qsan</b>    | Caudal sanitario                    |
| <b>cm</b>      | Centímetro                          |
| <b>n</b>       | Coeficiente de rugosidad de Manning |
| <b>CI</b>      | Cota Invert                         |
| <b>D</b>       | Diámetro a sección llena            |
| <b>d</b>       | Diámetro a sección parcial          |

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>Dp</b>                | Diámetro de pozo                    |
| <b>n</b>                 | Diferencia de años                  |
| <b>Fy</b>                | Esfuerzo de fluencia del acero      |
| <b>e</b>                 | Excentricidad                       |
| <b>Fcu</b>               | Factor de carga última              |
| <b>FQM</b>               | Factor de caudal medio              |
| <b>FH</b>                | Factor de Harmond                   |
| <b>FHact</b>             | Factor de Harmond actual            |
| <b>FHfut</b>             | Factor de Harmond futuro            |
| <b>S</b>                 | Fuerza de sismo                     |
| <b>Hab</b>               | Habitantes                          |
| <b>Ha</b>                | Hectáreas                           |
| <b>hrs</b>               | Horas                               |
| <b>I</b>                 | Inercia                             |
| <b>Kg</b>                | Kilogramo                           |
| <b>Kg/cm<sup>2</sup></b> | Kilogramo sobre centímetro cuadrado |
| <b>Kg/m<sup>2</sup></b>  | Kilogramo sobre metro cuadrado      |
| <b>l/hab/día</b>         | Litro por habitante por día         |
| <b>lt/s</b>              | Litro por segundo                   |
| <b>L</b>                 | Longitud                            |
| <b>m</b>                 | Metro                               |
| <b>m<sup>2</sup></b>     | Metros cuadrados                    |
| <b>m<sup>3</sup></b>     | Metros cúbicos                      |
| <b>m/s</b>               | Metro por segundo                   |
| <b>mm</b>                | Milímetros                          |
| <b>Es</b>                | Módulo de elasticidad del acero     |
| <b>Ec</b>                | Módulo de elasticidad del concreto  |
| <b>M</b>                 | Momento                             |
| <b>Mb</b>                | Momento balanceado                  |

|             |  |
|-------------|--|
| <b>Mcm</b>  | Momento de carga muerta                                |
| <b>Mcv</b>  | Momento de carga viva                                  |
| <b>Mu</b>   | Momento último   |
| <b>S%</b>   | Pendiente en porcentaje                                |
| <b>W</b>    | Peso   |
| <b>W1n</b>  | Peso de estructura de primer nivel                     |
| <b>W2n</b>  | Peso de estructura de segundo nivel                    |
| <b>West</b> | Peso de la estructura                                  |
| <b>Wc</b>   | Peso específico del concreto                           |
| <b>p</b>    | Población  |
| <b>Po</b>   | Población actual                                       |
| <b>Pn</b>   | Población buscada                                      |
| <b>pl</b>   | Población futura                                       |
| <b>Pv</b>   | Pozo de visita   |
| <b>qmáx</b> | Presión máxima sobre el suelo por debajo de la zapata. |
| <b>qmín</b> | Presión mínima sobre el suelo por debajo de la zapata. |
| <b>q</b>    | Presión sobre el suelo por debajo de la zapata         |
| <b>plg</b>  | Pulgada  |
| <b>Rec</b>  | Recubrimiento  |
| <b>flc</b>  | Resistencia última del concreto                        |
| <b>Smax</b> | Separación máxima                                      |
| <b>R</b>    | Taza de crecimiento                                    |
| <b>Ton</b>  | Tonelada   |
| <b>V</b>    | Velocidad a sección llena                              |
| <b>v</b>    | Velocidad a sección parcial                            |
| <b>Viv</b>  | Viviendas  |
| <b>VI</b>   | Volumen de líquidos                                    |

**Vlo**

Volumen de lodos

**Vt**

Volumen total

## GLOSARIO

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Aeróbico</b>       | Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.   |
| <b>Aguas negras</b>   | El agua que se desecha después de haber servido para un fin puede ser: doméstica, comercial e industrial.   |
| <b>Aguas servidas</b> | Igual a aguas negras.   |
| <b>Altimetría</b>     | Parte de la altimetría que enseña a medir las alturas.  |
| <b>Anaeróbico</b>     | Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.  |
| <b>Bacteria</b>       | Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila que desempeñan una serie de procesos de tratamiento incluyendo: oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación. |
| <b>Banco de marca</b> | Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.   |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Bases de diseño</b>        | Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias de diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que normalmente se describen en las bases de diseño son: sólidos en suspensión, coliformes, fecales y nutrientes. |
| <b>Caja de registro</b>       | Recipientes colocados en la acera para recibir y conectar el sistema de drenaje de tubería interna y externa.   |
| <b>Candela</b>                | Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce el sistema de drenaje.   |
| <b>Caudal comercial</b>       | Volumen de aguas negras que se desechan en los comercios.   |
| <b>Caudal de diseño</b>       | Es la suma de los caudales que pasan por una sección de alcantarilla.   |
| <b>Caudal de infiltración</b> | Es el caudal de agua superficial que se infiltra por las paredes del sistema.   |
| <b>Caudal doméstico</b>       | Es el caudal de aguas negras que se desechan en las viviendas.  |



|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Caudal industrial</b>     | Volumen de aguas negras que se desechan en la industria.  |
| <b>Colector</b>              | Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para el desalojo de aguas negras o de lluvia (pluvial).  |
| <b>Conexión domiciliar</b>   | Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.  |
| <b>Cota invert</b>           | Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.  |
| <b>Criterios de diseño</b>   | (1) Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, bases y límites que debe cumplir el proceso de diseño, estructura o componentes de un sistema. (2) guías que especifican detalles de construcción y materiales. |
| <b>Curvas de nivel</b>       | Línea que une puntos de una misma elevación sin pasar sobre otra.   |
| <b>Red de alcantarillado</b> | Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para desalojar aguas negras.  |
| <b>Tirante</b>               | Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.  |

**Topografía**

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre sobre dicha superficie y debajo de la misma.

**Velocidad de arrastre**

Velocidad mínima en la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el municipio de Mixco, Guatemala.

En la colonia La Brigada zona 7 de Mixco cuentan con deficiencias como lo es el sistema de agua potable.

Para dar solución a dicho problema se diseñó, calculó y cuantificó un sistema de distribución de agua potable, fase III para la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, el cual está conformado por: la línea central, tanque de almacenamiento, bombas sumergibles, pozos y las conexiones domiciliarias que incluye el sistema.

Como parte del proceso del diseño se realizó un censo poblacional para determinar la cantidad de habitantes que se beneficiarán con el proyecto, se realizó examen bacteriológico y fisicoquímico al agua, determinándose que el agua es apta para el consumo, se utilizó el programa de computación LOOP que trabaja por un método finito, en lo que se refiere a especificaciones el proyecto se diseñó con base en normas y especificaciones de EMPAGUA y CONEPAR.

Otra de las necesidades del municipio son las aguas pluviales, las cuales corren a flor de tierra y producen contaminación e inundaciones en las partes bajas de la colonia. Para mejorar las condiciones de ornato en el municipio se diseñó, calculó y cuantificó una red de alcantarillado pluvial.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Planificar y diseñar la fase III del sistema de distribución de agua potable y diseñar el alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, Guatemala.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura para la colonia La Brigada, zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala.
2. Realizar visitas de campo para reconocer el área que se beneficiará y así coleccionar información sobre la problemática.
3. Generar opciones en cuánto al diseño para beneficio de los habitantes de dicha colonia.



## INTRODUCCIÓN

La colonia La Brigada está ubicada en la zona 7 de Mixco, tiene una distancia aproximada de 5,0 km al parque central del municipio y una ubicación noreste, cuenta con una población actual de 40,000 habitantes, la colonia tiene una organización por medio de un Comité de Vecinos, el cual ha manifestado dentro de las prioridades la construcción de un sistema de distribución de agua potable y un alcantarillado pluvial para evacuar las aguas llovidas.

El presente trabajo de graduación contiene el procedimiento de diseño del sistema de agua potable, fase III para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco y el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, utilizando los conocimientos correspondientes de la rama de la ingeniería civil, se tomó en cuenta el diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

El primer proyecto de dicho sistema se plantea en tres fases, las primeras dos fases ya fueron diseñadas. La fase III del proyecto consta de una línea central, almacenamiento, bombeo, línea de conducción y una red de distribución.

El segundo proyecto consta del diseño del alcantarillado pluvial por túnel, el cual está constituido por un colector principal que será diseñado por medio de túnel de concreto, rejillas, pozos, diseñado para una vida útil de 30 años.

Cuenta con dos capítulos: el primero presenta una breve monografía de la colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala. El segundo capítulo contiene el diseño del sistema de agua potable, fase III y el diseño del

sistema de alcantarillado pluvial. Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones y planos.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Mixco**

Mixco es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y asentado en la cordillera principal de la zona de influencia urbana de la ciudad capital, los límites son:

- Norte: San Pedro Sacatepéquez
- Este: Chinautla y Guatemala
- Sur: Villa Nueva
- Oeste: San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez

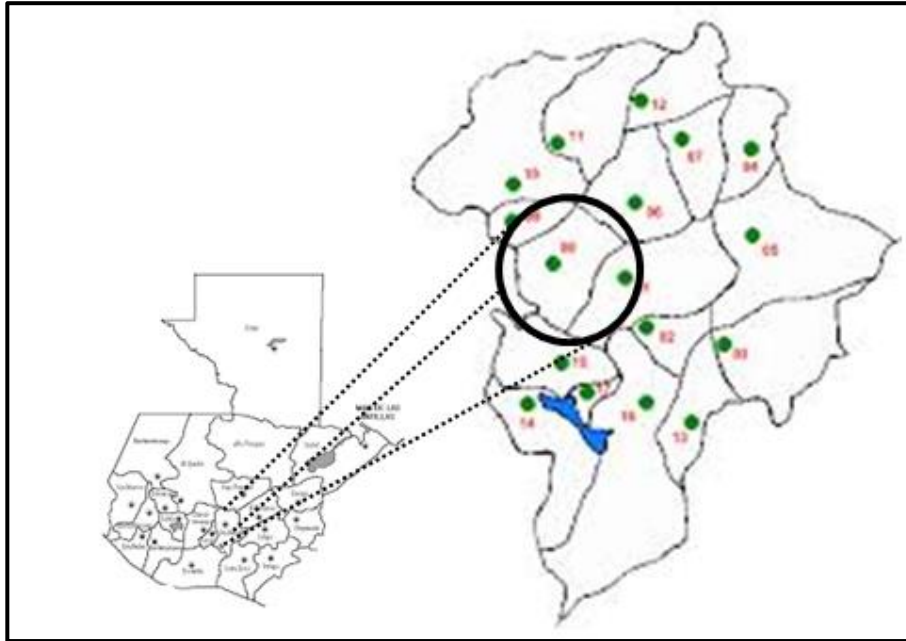
Cuenta con 11 aldeas y 27 colonias. Las aldeas son: El campanero, Cotió, El Aguacate, Lo de Bran, Lo de Coy, Lo de Fuentes, La Brigada, La Comunidad, Naranjito, San Ignacio y Sacoj.

## **1.2. Localización y extensión**

El municipio de Mixco se encuentra localizado en la República de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y se localiza a 90° 34' de longitud oeste y 14° 16' de latitud norte.

La extensión territorial es de 132 kilómetros cuadrados de los cuales 45,6 equivalen al 45,7 %, se encuentra dentro del área de la cuenca del lago de Amatitlán.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Mixco**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

### 1.3. **Clima del municipio**

La estación meteorológica que sirve de referencia para el municipio de Mixco es la del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), que se encuentra ubicada en la 7 av. 14-57 zona 13.

La cabecera municipal se encuentra a 1 730 metros sobre el nivel del mar, y tiene precipitación pluvial anual de 1 000 milímetros, según el INSIVUMEH para el 2013 se tienen los datos siguientes:

- Clima: templado
- Temperatura media: 20,5 c (anual)

- Temperatura máxima absoluta: 32,0 c (anual)
- Temperatura mínima absoluta: 8,2 c (anual)
- Lluvia: 1450.9 mm (anual)
- Días de lluvia: 130 (anual)
- Humedad relativa media: 77 %
- Brillo solar: 188,9 horas totales mensuales (anual)
- Nubosidad: 6 octas

#### **1.4. Suelo y topografía**

Mixco muestra una topografía quebrada en un 75 % de la extensión, el terreno plano lo constituye un 25 %, se ubica en el este del municipio, la cabecera municipal está asentada en un terreno sinuoso que inicia en la bifurcación de la ruta asfaltada CA-1 y termina con un nivel demasiado pronunciado en las faldas del cerro Alux.

#### **1.5. Costumbres y tradiciones**

Mixco se considera como parroquia extraurbana de la Arquidiócesis de Guatemala, el santo patrono es Santo Domingo, celebra dos festividades durante el año, las cuales son consideradas importantes por los habitantes; una en la última semana de enero en honor a la Virgen de Morenos y la otra en agosto en honor al santo patrono Santo Domingo de Guzmán.

En lo que respecta al núcleo tradicional de Mixco, alberga todavía una población indígena de origen pocomam, que viste trajes típicos y practican costumbres y tradiciones ancestrales.

Conserva en alguna medida el sistema de cofradías indígenas y de ladinos, organizando ambas, distintas actividades especialmente para las fiestas.

## **1.6. Población e idiomas**

Según los datos del censo general de población de 1950, Mixco contaba con un total de 11 784 habitantes, correspondiendo a la población urbana 4 181 y el área rural 7 653. En 1986 el municipio mixqueño tenía una población de 297 387 habitantes. La información del último censo del Instituto Nacional de Estadística (INE), indica que en el 2013 existían 403 689 habitantes en una superficie de 132 kilómetros cuadrados de extensión territorial lo que equivale a 3 058 habitantes por kilómetro cuadrado. El desarrollo urbanístico del municipio de Mixco de los últimos años y la tendencia de la tasa de crecimiento de estudios anteriores indicaban que en 1993 aproximadamente el 85 % del espacio habitacional estaba construido en el municipio.

La población en la mayoría practica la religión católica, se habla el español y el idioma maya predominante es el pocomam.

## **1.7. Actividades económicas**

La venta de vasos, cántaros, tinajas, platones y trastos de cerámica pintada y barnizada constituye la base del comercio mixqueño, así como la fabricación de jabón, licor y pieles.

Mixco cuenta con un total de 41 industrias de diferentes tipos de producción, entre las que figuran 6 de textiles, 4 de plásticos, 2 de yeso, 6 de alimentos, 2 de metálica y 21 químicas entre otras.

Estas actividades proporcionan bienestar desde el punto de vista de ubicación, independencia e integración familiar.

Dentro de las variables de mayor impacto en el bienestar de la familia se tienen las fuentes de contaminación ambiental y las fuentes de trabajo que generan una situación de confrontación, ya que por un lado, los ingresos provenientes del trabajo en la industria generalmente son más elevados que en otros sectores, lo que incrementa el nivel de satisfacción de las necesidades.

### **1.8. Vías de acceso**

La cabecera municipal está adoquinada y asfaltada, en las aldeas las calles son de terracería y muchas colonias están asfaltadas, haciendo un promedio del 50 % de las vías con algún tipo de pavimento, el acceso a la población desde la ciudad está totalmente asfaltado y transitable. El municipio posee una estación a cargo de los Bomberos Voluntarios que cuenta con 15 elementos para atender las emergencias de la población, existe una estación de la Policía Nacional Civil ubicada en la cabecera municipal y alrededor de 15 estaciones distribuidas en las distintas comunidades que conforman el municipio, el transporte es extraurbano y urbano, cuenta con una corporación de buses llamada La Morena que presta el servicio a la población con unidades de buses y microbuses para todas las colonias vecinas y la ciudad capital.

### **1.9. Servicios**

De acuerdo a la cantidad de servicios que posea un municipio inciden en la calidad de vida y bienestar familiar de los habitantes, sobre esta base se determina la relación con el medio ambiente y responsabilidad en el deterioro del mismo.

La primera Oficina de Telégrafos fue creada mediante Acuerdo Gubernativo del 23 de abril de 1901. El 23 de diciembre de 1916 se crea la Oficina de Correo y es hasta el 23 de junio de 1949, cuando se abre la Oficina de Correos y Telégrafos que actualmente labora en una oficina de tercera categoría.

### **1.10. Salud**

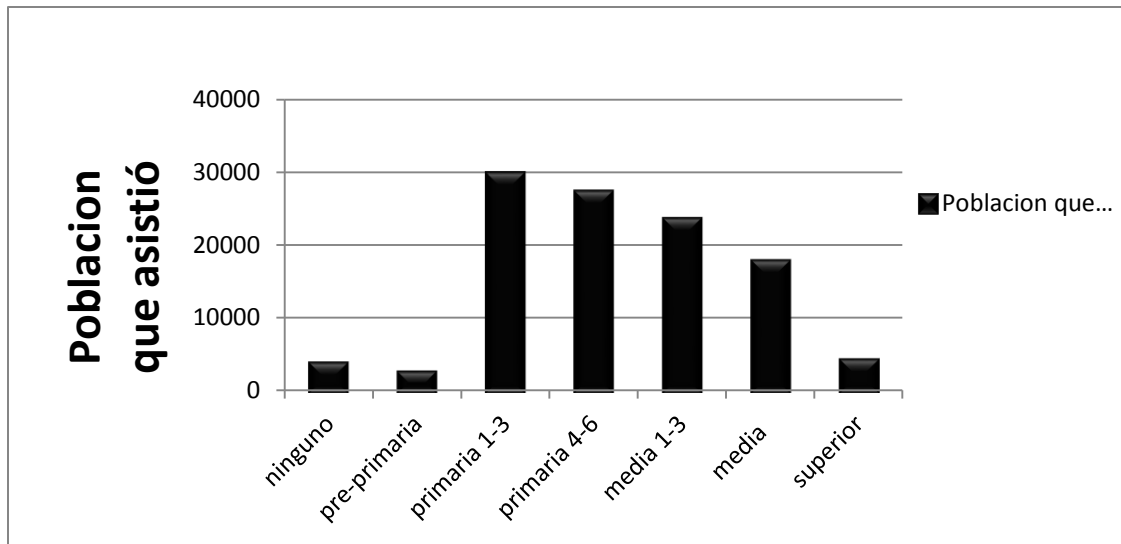
#### Población discapacitada

|                     |         |
|---------------------|---------|
| • Física            | 1 526   |
| • Sensorial         | 635     |
| • Mental            | 42      |
| • Total             | 2 203   |
| • Total poblacional | 403 172 |

### **1.11. Educación**

La figura 2 muestra el grado de escolaridad de la población, en la cual se identifica que un alto número de pobladores cuenta educación primaria, seguida de la educación media y superior con profesionales en distintas ramas.

Figura 2. **Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

De la figura 2 se puede observar que un alto porcentaje de la población escolar se encuentra en el nivel primario, reduciéndose el porcentaje en el nivel medio e inferior en el nivel superior, esto se debe a la necesidad que tienen los jóvenes de contribuir al ingreso económico de las familias, olvidando los estudios y dedicándose a la agricultura o a la fabricación de alguna artesanía.

Es preciso que la educación sea motivada a los jóvenes de manera curricular y extracurricular, la creatividad y curiosidad por conocer el medio para alcanzar una meta común: proteger los recursos naturales, fomentando el respeto a la naturaleza; valor que puede ser inculcado en la población mediante actividades vivenciales y utilizando metodología adecuada.

## **1.12. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar**

La colonia La Brigada en zona 7 del municipio de Mixco cuenta con poco desarrollo en infraestructura, el servicio de alcantarillado pluvial es deficiente y el sistema de abastecimiento de agua potable no es el apto para las necesidades de los habitantes.

### **1.12.1. Descripción de las necesidades**

Se evaluó el área determinándose que la colonia necesita un sistema de drenaje pluvial, debido a que las calles y avenidas de la colonia son afectadas por la lluvia, lo que puede llegar a ocasionar el colapso de los drenajes sanitarios, que reciben toda la lluvia hasta llegar a un extremo que las calles y avenidas sufren de inundaciones afectando a los habitantes y eso hace que no tenga una condición de vida apropiada.

La red de distribución de agua potable es antigua, presenta fugas y conexiones ilícitas lo que provocan poca llegada de caudal a las viviendas y con una presión inadecuada. Además las fugas de la red de distribución de agua potable se reflejan en el pavimento provocando baches y hundimientos, afectando la cómoda circulación vehicular, lo necesario es planificar y diseñar la fase III y completar la red de distribución y así satisfacer las necesidades de toda la colonia La Brigada zona 7 de Mixco.

### **1.12.2. Priorización de las necesidades**

Al determinar los problemas sobre las necesidades que la colonia La Brigada requiere, la prioridad es diseñar un sistema de distribución de agua



potable para que los habitantes de la colonia La Brigada zona 7 de Mixco puedan tener un buen sistema que les garantice agua potable todos los días y que sea la adecuada para el desarrollo, además reduciría las enfermedades gastrointestinales y lograría una mayor higiene y salud reduciendo la contaminación en la naturaleza. Se dará capacitación a los vecinos para dar el uso adecuado al sistema que se diseñará.

Con relación al segundo proyecto de alcantarillado pluvial ayudará a los vecinos de la colonia para que puedan evacuar el agua llovida y garantizarles una mejor vida, teniendo las calles limpias y la libre locomoción para los habitantes y un sistema apto para épocas.



## **2. FASE DEL SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco**

El proyecto del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco, tendrá como objetivo principal mejorar la canalización de aguas llovidas para la colonia y que puedan tener excelentes calles y avenida que permitan la libre locomoción, tanto peatonal como vehicular, actualmente se encuentra deteriorando las calles y contaminando el medio ambiente. Sin embargo, los volúmenes de agua se suman una y otra vez hasta que llegan a sobrepasar el dimensionamiento de tuberías generales, el proyecto contará con una longitud de 2,7 km, llevando este beneficio a más de 800 hogares.

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

El proyecto se realizará en la avenida La Brigada recorriendo por el lado izquierdo donde se tiene el mayor problema, se diseñará acorde al terreno, teniendo en cuenta pozos de visita, rejillas y las respectivas áreas tributarias, el desfogue se tiene contemplado diseñarlo en el río El Caminero.

El presupuesto está planteado para un período máximo de seis meses desde el día que se entrega el diseño para evitar la fluctuación de los precios de los materiales. Se analizarán los riesgos a los que está expuesto el proyecto y se plantean posibles soluciones.

### **2.1.2. Sistema de drenaje pluvial**

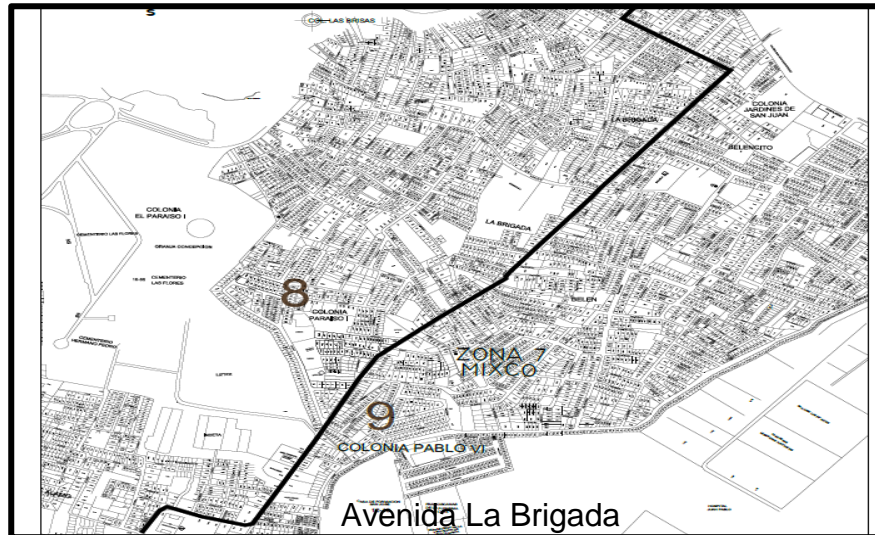
Las redes de alcantarillado pluvial tienen concepciones variadas, frecuentemente son redes enterradas, pero se combinan con tramos constituidos con canales abiertos. En la concepción de las redes de alcantarillado pluvial juegan un rol importante, además de la topografía que domina el alcantarillado sanitario el régimen de precipitaciones en la zona. Este sistema de drenaje pluvial se conoce porque el drenaje conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza el aprovechamiento.

En varias localidades no se realiza la diferenciación entre drenaje sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado al mismo destino causando que todos los tipos de desechos se junten. En el caso del drenaje pluvial, en el pavimento de las calles se establecen alcantarillas conectadas directamente a la tubería principal para captar el agua de lluvia.

### **2.1.3. Localización de las líneas de drenaje pluvial**

Como se muestra en la figura 1 las líneas de drenaje pluvial se localizan por toda la avenida La Brigada, que es la avenida principal de la colonia, la línea principal se diseñará del lado izquierdo porque por el tipo de terreno que tiende hacia el lado izquierdo, toda la lluvia que cae sobre la avenida de las calles domiciliarias causan inundaciones en la avenida principal.

Figura 3. **Localización de la avenida La Brigada**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

#### **2.1.4. Levantamiento topográfico**

En los siguientes subtítulos se detallan las características principales para la realización del levantamiento topográfico.

##### **2.1.4.1. Planimetría**

Estudia los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal sin importar las elevaciones. Para el levantamiento se utilizó el método de radiaciones posicionándolo en un punto y visualizando varios puntos, luego es llevado a otra estación y se hace el mismo procedimiento, el equipo utilizado fue una estación total marca Trimble M3 digital, un prisma, cinta métrica y metro, proporcionado por el Departamento de Planificación de la Municipalidad de Mixco

#### **2.1.4.2. Altimetría**

Las curvas de nivel son un instrumento indispensable para una representación gráfica del terreno sobre un plano y tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos de terreno. Para la realización de los trabajos de altimetría esta información fue realizada por el equipo de topografía del Departamento de Planificación, supervisado por mi persona. La altimetría se generó por medio de secciones transversales, para conocer la forma detallada la topografía del terreno, tomando una cuadrícula a cada 20 metros.

#### **2.1.5. Diseño del sistema**

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se tomaron en cuenta varios aspectos como: la intensidad de lluvia, área tributaria que llegaría a cada una de las tuberías y se aprovecharon las pendientes del terreno con las que cuenta el municipio actualmente.

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

Se considera tubería de concreto el cual será por medio de túnel, deberá poseer una estructura homogénea de igual espesor en toda la longitud, impermeable con una superficie interior lisa, libre de grietas o fracturas parciales. Se implementará una membrana de concreto siendo esta de una mezcla simple de cemento, arena y agua luego se colocará una malla geotextil y sobre esta se lanzará el concreto. Para las juntas de cada tubería será utilizada sabieta, siendo de un espesor de 0,02 metros y un ancho de 0,10 metros en la unión de los tubos. Dentro de los planos también se especifican el diámetro de túnel de concreto a utilizar en cada tramo, la profundidad del túnel

tomando en cuenta una profundidad inicial de 8 metros para no afectar la tubería existente, así como la profundidad de los pozos de visita.

#### **2.1.5.2. Probabilidad de ocurrencia**

El sistema de alcantarillado fue proyectado para que tuviera un funcionamiento adecuado durante un período de 20 años. Debido a que la construcción empezará el próximo año, para los cálculos se utilizaron 21 años, es decir, para una probabilidad de ocurrencia de uno en 20 años.

#### **2.1.5.3. Características del subsuelo**

El subsuelo de la cabecera municipal de Mixco es de un material común, constituido por arcilla limosa color café, ya que es de origen volcánico, no es roca y puede excavarse a mano o por medios mecanizados, esto hace que no sea difícil la excavación para la construcción de los pozos y la colocación de la tubería, influenciando también en el renglón de excavación por el pago de la mano de obra.

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

Debido a que cuando llueve un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas jardinizadas, 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, cuando más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía.

Para este proyecto se diseñó con coeficiente de escorrentía de 0,85. La siguiente tabla muestra algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada:

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

| <b>SUPERFICIE</b>   | <b>C</b>    | <b>ADOPTADA</b> |
|---|-------------|-----------------|
| Techos  | 0,70 a 0,95 | 0,7             |
| Pavimentos de concreto y asfalto                              | 0,85 a 0,90 |                 |
| Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones | 0,75 a 0,85 | 0,75            |
| Pavimentos 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 pavimento, lotes desocupados, etc.                 | 0,10 a 0,30 |                 |
| Parques, canchas, jardines, prados, etc.                      | 0,05 a 0,25 | 0,05            |
| Bosques y tierra cultivada                                    | 0,01 a 0,20 |                 |

Fuente: DE LA RIVA LAFARGUE, Julio Mario. *Normas y Reglamento de Drenajes para la ciudad de Guatemala*. p. 123.

#### **2.1.5.5. Determinación de los lugares de descarga**

Como lugares de descarga se buscaron puntos donde los desfuegos fueran en ríos. El río El Caminero bordea el municipio por lo que se utilizó el desfogue que llega directamente a una bóveda que conecta con dicho río, para disminuir la energía con la que el agua pluvial caerá, se diseñará un cabezal de concreto para evitar que pueda socavar las bases del puente y así evitar



cualquier otro tipo de daño. Estos están especificados en los planos de construcción.

#### **2.1.5.6. Determinación de las áreas tributarias**

Cada tubería deberá transportar cierta cantidad de agua para determinar el valor del plano general se tomaron las cotas del terreno a manera de ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer, posteriormente se hizo un cálculo de las áreas que cada tubería debía de recolectar, estas son las áreas tributarias. Al inicio de un tramo del primer pozo al segundo no se toma en cuenta ningún área tributaria, a partir del segundo tramo se toma en consideración el área tributaria más las de los tramos anteriores.

#### **2.1.5.7. Intensidad de lluvia**

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó, la intensidad de lluvia es medida en mm / hora. Para el cálculo de la intensidad de lluvia es necesario conocer algunos términos:

- Tiempo de concentración: según las Normas y Reglamentos de Empresa Municipalidad de Agua es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio, en tramos iniciales el tiempo de concentración se estimará en 12 minutos.

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

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

Donde:

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

$t_{n-1}$  = tiempo de concentración hasta el tramo anterior (min.)

L = longitud del tramo anterior (mts.)

$V_{n-1}$  = velocidad a sección llena en el tramo anterior (mts./seg.)

Cuando en un punto sean concurrentes dos o más ramales  $t_{n-1}$ , se tomará igual al del ramal que tenga el mayor tiempo de concentración. Una vez que se tuvo el tiempo de concentración de cada tramo, se procedió a calcular la intensidad de lluvia con base en la siguiente tabla debido a que no había ninguna estación cercana:

Tabla II. **Intensidad de lluvia**

|                                   | 2 años                     | 5 años                      | 10 años                       | 20 años                     |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Mixco, Guatemala                  | $\frac{2\ 338}{t+18}$      | $\frac{3\ 705}{t+22}$       | $\frac{4\ 204}{t+23}$         | $\frac{4\ 604}{t+24}$       |
| Bananera, Izabal                  | $\frac{5\ 771,5}{t+48,98}$ | $\frac{7\ 103,95}{t+53,80}$ | $\frac{7\ 961,65}{t+56,63}$   | $\frac{8\ 667,77}{t+58,43}$ |
| El Pito Chicolá,<br>Suchitepéquez | $\frac{11\ 033}{t+101,10}$ | $\frac{11\ 618,7}{t+92,19}$ | $\frac{13\ 455,20}{t+104,14}$ |                             |
| La Fragua, Zacapa                 | $\frac{3\ 700,5}{t+50,69}$ | $\frac{3\ 990,5}{t+41,75}$  | $\frac{4\ 04,0}{t+37,14}$     |                             |

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (INSIVUMEH) y *Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala*. p. 45.

En la actualidad el municipio de Mixco se toma como dato que se utiliza para el cálculo de la cantidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 20 años, siendo esta de 120 mm /hora.

#### **2.1.5.8. Pendiente de tubería**

Para el cálculo no existen rangos de pendiente mínima o máxima, se toma como pendiente de la tubería la del terreno; si con esta pendiente no se verifican las velocidades y el tirante, se debe incrementar o reducir la misma, en este caso la mayoría de los casos fueron calculados con las pendientes del terreno, ya que la topografía y la ubicación de los desfogues así lo permitían, no hubo necesidad de diseñar contra pendiente.

#### **2.1.5.9. Diámetro de tubería**

Para alcantarillado pluvial con tubería de concreto se utiliza hasta un máximo de diámetro de 24" cuando se diseña por medio de túnel dependerá del caudal a transportar, inclusive en algunos tramos en donde el área tributaria acumulada no tiene gran valor. Los diámetros comerciales en tubería de concreto son de 10", 12", 16", 18", 20", 24", 30", 36" y 42" y a partir de tubería de 24", existen las tuberías reforzadas o de alta resistencia. En este proyecto se diseñó túnel de concreto y se utilizaron diámetros de 60 ", 80" y 100".

#### **2.1.5.10. Caudal de diseño**

Existen varios métodos para determinar el caudal de diseño en un sistema de drenaje pluvial, pero el que más se utiliza en la actualidad es el método racional, dado que los datos obtenidos por este método son bastante aceptables y está dado por:

$$Q = \frac{CIA}{360} (1\ 000)$$

Donde:

Q = caudal en lts/seg.

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área tributaria en hectáreas

#### 2.1.5.11. Velocidades y caudales a sección llena

Para el cálculo del caudal, velocidad, diámetro y pendiente se utilizó la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares:

$$V = \frac{0,30429}{n} (D^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para tuberías de diámetro igual o menores a 24", n = 0,015

Para tuberías de diámetro mayores a 24", n = 0,013

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en los extremos más bajos, trabajándose si es necesario, contra pendiente.

La velocidad mínima con la que puede circular el flujo es 0,75 m/seg y la velocidad máxima es de 3,00 m/seg.

#### **2.1.5.12. Revisión de relaciones**

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

#### **2.1.5.13. Cotas Invert**

La cota Invert es la altura a la que se encuentra la tubería medida hasta la parte inferior, se calculó tomando la cota del terreno inicial y restándole la profundidad inicial de la tubería de igual manera para la cota del terreno final con la profundidad final de la tubería.

Para evitar rupturas en la tubería se deben tener profundidades mínimas, dependiendo del tipo de tránsito que se tenga y del diámetro de la tubería que se está utilizando, para esto se utilizó la siguiente tabla:

Tabla III. **Diámetros de tuberías**

|                 |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diámetro        | 8"   | 10"  | 12"  | 16"  | 18"  | 20"  | 24"  |
| Tránsito Normal | 1,22 | 1,28 | 1,33 | 1,41 | 1,5  | 1,58 | 1,66 |
| Tránsito Pesado | 1,42 | 1,48 | 1,53 | 1,61 | 1,7  | 1,78 | 1,86 |
| Diámetro        | 30"  | 36"  | 42"  | 48"  | 60"  | 80"  | 100" |
| Tránsito Normal | 1,84 | 1,99 | 2,14 | 2,25 | 2,55 | 2,65 | 2,95 |
| Tránsito Pesado | 2,04 | 2,19 | 2,34 | 2,45 | 2,75 | 2,85 | 3,05 |

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción*. p. 102.

#### **2.1.5.14. Pozos de visita**

Son partes de las obras accesorias de un alcantarillado, la estructura es de forma cilíndrica, construidas de concreto reforzados o bien de ladrillo de arcilla reforzado con elementos de concreto reforzado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Los pozos tiene en la parte superior un brocal y una tapadera hecha de concreto con una abertura libre de 0,50 a 0,60 metros, la profundidad de pozos siempre se determina con la cota Invert de salida del pozo menos la cota de terreno menos 1,20 metros de canchón de agua.

La profundidad es variable, las paredes suelen construirse de ladrillo de barro cocido cuando son pequeñas y de concreto reforzado cuando son muy grandes y profundos.

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.

### **2.1.5.15. Rejillas**

Son cajas de concreto reforzado o de ladrillo de arcilla reforzado de forma cúbica, cuenta con una garganta o entrada para permitir el ingreso de agua de lluvia que corre sobre el pavimento para introducirlo dentro de la tubería de la red del sistema. Estas rejillas deben tener una cortina que funciona como sifón; un dispositivo de arena para fácil recolección antes de entubarla, tapaderas para seguridad de los peatones y acceso para limpieza e inspección. La conexión de la rejilla a la tubería central debe tener un ángulo de 45° en la dirección del flujo y un diámetro de 8 pulgadas.

Las rejillas deben localizarse en los siguientes casos:

- En las partes bajas al final de cada cuadra a 3,00 metros antes de la esquina.
- En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0,10 metros.
- Únicamente en aquellas calles pavimentadas o que vayan a ser pavimentadas.
- Únicamente cuando las calles cuenten con bordillo o que se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

### **2.1.5.16. Diseño de tragantes**

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

- En la parte baja al final de cada cuadra a 5,00 metros de la esquina
- En puntos donde se tenga un tirante de agua superior a 0,10 metros
- La distancia entre sumideros varía de acuerdo al tipo de calle y la intensidad de las lluvias de la zona.
- Se recomienda que el tirante de escorrentía no sea mayor a 0,03 metros, en promedio o 0,1 metros en la boca.

Cálculo hidráulico:

$$X = 0,91 \times V \times Y^{0,5}$$

X = longitud de rejilla

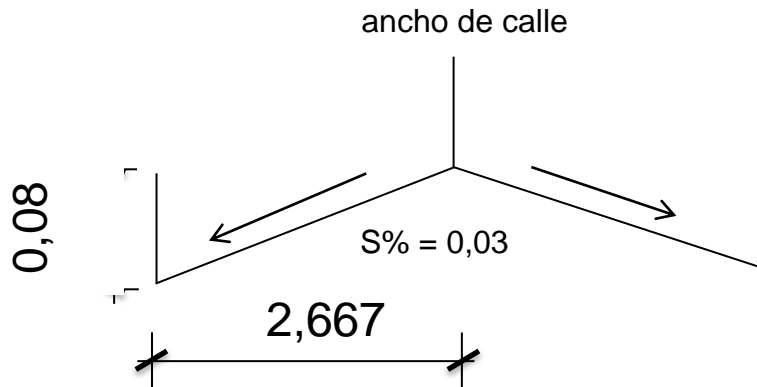
V = velocidad del agua calculado con fórmula de *Manning*

Y = tirante medio hasta el rostro inferior de la rejilla

$$B = \frac{\text{alto}}{\text{pendiente de calle}} = \frac{0,08}{0,03} = 2,667 \text{ m}$$



Figura 4. **Sección de carretera**



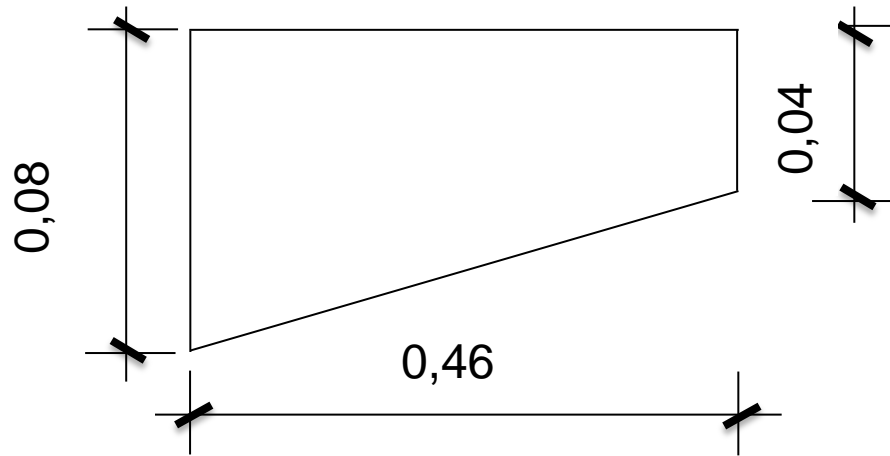
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$B' = \sqrt{2,667^2 + 0,08^2} = 2,668 \text{ m}$$

Cálculo del gasto de la cuneta

Los anchos recomendados de rejilla varían entre 12 y 18 pulgadas en este caso se tomará la de 18 pulgadas equivalente a 0,46 metros.

Figura 5. Área de sección de rejilla



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Fórmula de Manning

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

$$Q = \frac{1}{0,016} \left[ \frac{0,08 \times 2,667}{2(0,08 + 2,668)} \right]^{2/3} 0,05^{0,5} \times \frac{3 \times 0,08}{2} = 0,19 \text{ m}^3$$

Gasto que no pasa por la rejilla:

$$Q_n = \frac{1}{0,016} \left[ \frac{0,04 \times 2\,542,54}{2(0,04) + 2,54} \right]^{2/3} \times 0,05^{0,5} \times \frac{x \, 0,04}{2} = 0,05 \, \text{m}^3$$

Gasto que pasa por la rejilla:

$$Q_i = Q - Q_n = 0,19 - 0,05 = 0,14 \, \text{m}^3/\text{seg}$$

Área transversal q pasa por la rejilla:

$$A = \frac{1}{2} (0,08 + 0,04) \times 0,46 = 0,028 \, \text{m}^2$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{Q_i}{A} = \frac{0,14}{0,028} = 5,00 \, \text{m/seg}$$

Cálculo de tirante:

$$Y = \frac{1}{2} (0,04 + 0,08) + 0,05 = 0,11 \, \text{m}$$

Cálculo de longitud de rejilla:

$$X = 0,91 \times 5,00 \times 0,11 = 1,51 \, \text{m}$$

Para mayor afinidad en el diseño se colocarán rejillas de 1,50 metros de largo.

### 2.1.5.17. Ejemplo de diseño de un tramo

Para empezar el diseño de un tramo es necesario identificar la distancia de los pozos, de la topografía realizada se obtuvieron las cotas del terreno inicial y final así como la longitud entre pozos. Con estos datos se obtuvo la pendiente de la siguiente manera:

- Pendiente = 
$$\frac{\text{cota del terreno inicial} - \text{cota del terreno final}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$S\% = \left[ \frac{133,23 - 131,41}{71,59} \right] \times 100 = 2,54 \%$$

- Área tributaria acumulada = 2,73 Ha
- Tiempo de concentración

Para determinar el caudal pluvial se calcula el área tributaria que llegará al tramo, de no ser el primer tramo, se calculará el área tributaria acumulada. Se toma un tiempo de concentración equivalente a 12 minutos al igual que el resto de los tramos:

- 12 minutos
- Intensidad de lluvia

Según estudios de la Municipalidad de Mixco se tomará como intensidad de lluvia para este municipio de 120 mm/h.

- Caudal de diseño

$$q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

q = caudal (m<sup>2</sup>/s)

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área (Ha)

- Se tomó como coeficiente de escorrentía de 0,75.

$$q = \frac{0,75 \times 120 \times 2,73}{360} \times 1000 = 682,5 \text{ l/s}$$

- Velocidad a sección llena

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

$$V = \frac{0,003429 \times 60^{2/3} \times 0,005^{1/2}}{0,013} = 2,86 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A = 1,822 \text{ m}^2$$

$$V = 2,86 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V \times 1000 = (1,822 \text{ m}^2) (2,86 \text{ m/s}) (1000) = 5209,78 \text{ l/s}$$

- Relaciones  $q/Q$  y  $v/V$

$$q/Q = 682,5 / 5209,78 = 0,1308$$

De la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular (sin correcciones por variaciones en aspereza con la profundidad), se obtiene la siguiente relación de  $v/V$  para la relación  $q/Q$  encontrada,

$$v/V = 0,692$$

- Velocidad del diseño

$$V = 0,692 * 2,86 = 1,98$$

Entonces:

|                   |                      |           |
|-------------------|----------------------|-----------|
| $Q > q$           | $5\ 209,78 > 682,5$  | si cumple |
| $0,60 < v < 3,00$ | $0,60 < 1,98 < 3,00$ | si cumple |

### **2.1.6. Presupuesto**

Se presenta un presupuesto resumido de los costos directos e indirectos de la obra, (ver anexos).

### **2.1.7. Planos**

Se elaboraron los siguientes planos para este proyecto: (ver anexos).

- $\frac{1}{4}$  planta general
- $\frac{2}{4}$  planta y perfil I y II
- $\frac{3}{4}$  planta y perfil III y IV
- $\frac{4}{4}$  planta de detalles

### **2.1.8. Evaluación socioeconómica**

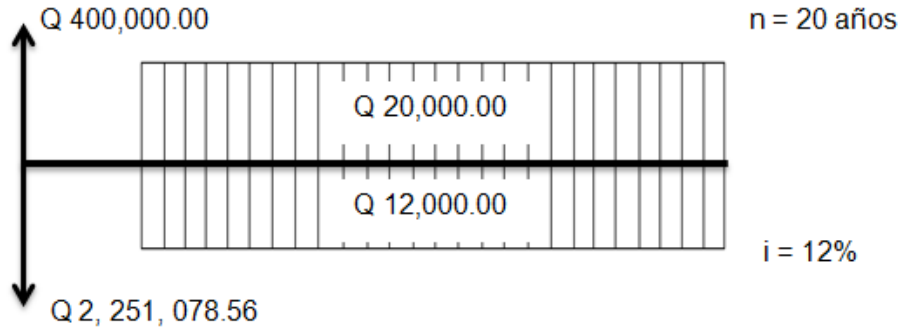
Con esta evaluación se pretende determinar si el proyecto es factible económica o socialmente, en el caso económico que se pueda recuperar la inversión a mediano o largo plazo, en el caso social es si el proyecto es de beneficio para la población, para esta evaluación solo se tomaron dos análisis económicos los cuales son: Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno.

#### **2.1.8.1. Valor Presente Neto**

Se analiza la inversión a futuro para ver si es rentable económicamente, en este caso se propone un período de diseño de 20 años, esta metodología consiste en comparar todos los ingresos y egresos que tendrá el uso del proyecto, se puedan visualizar en el tiempo presente, cuando el valor presente neto es menor que cero indica que la inversión será mala y mayores a cero una buena inversión.

El costo inicial asumido para este proyecto es de (Q 3 251 078,56) asumiendo que hay ingreso inicial de (Q 400 000,00), costo de mantenimiento de (Q 12 000,00 anuales), ingresos por operación (Q 20 000,00 anuales) en este proyecto, para visualizar gráficamente se utiliza un diagrama de flujo de caja.

Figura 6. **Flujo de caja del Valor Presente Neto**



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del valor presente:

$$VPN = -2\,251\,078,56 + 400\,000 + 12\,000(P/A, 12\%, 20) + 20\,000(P/A, 12\%, 20)$$

$$VPN = -2\,251\,078,56 + 400\,000 + 8\,000 * 74\,694$$

$$VPN = -q\,8\,791\,323,4$$

El Valor Presente Neto dio negativo como se esperaba, lo que indica que el proyecto económicamente no es rentable, pero es de gran utilidad para las personas de la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco.

### 2.1.8.2. Tasa Interna de Retorno

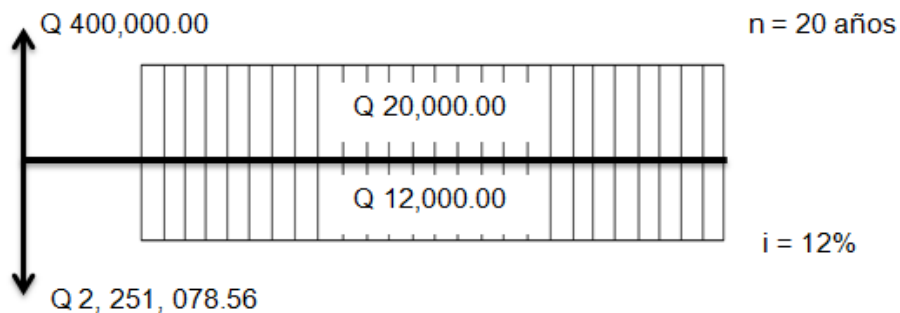
Es la tasa máxima de beneficio que podrá pagarse, lo que se pretende es que los costos sean igual o cercano a los ingresos, lo que busca con la TIR hace que el Valor Presente Neto sea igual a cero.

Para encontrar la TIR en la inversión del proyecto de drenaje pluvial, se utilizan todos los datos anteriores del Valor Presente Neto VPN. Costo inicial



(Q 2 251 078,56) ingreso inicial de (Q 400 000,00), costo de mantenimiento de (Q 12 000,00 anuales), ingresos por operación (Q 20 000,00 anuales). Lo que se hace es encontrar un VPN negativo y un VPN positivo con TIR asumidas para luego interpolar y encontrar el VPN igual a cero, y determinar la TIR de ese punto en la gráfica.

Figura 7. **Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = -28\,852\,078 + 8\,000(P/A, TIR, 20)$$

Con la fórmula anterior se asumen con la TIR para encontrar los valores que se requieren para encontrar la adecuada, pero como este proyecto no es factible económicamente, no es necesario calcularla.

### 2.1.9. Evaluación de Impacto Ambiental

Se define como cualquier cambio en el ambiente dado por causas naturales o la construcción. La Evaluación de Impacto Ambiental se utiliza para determinar el cambio en el ambiente provocado por la construcción, hoy en día es de gran importancia ya que es necesario saber si un proyecto determinado,

pueda causar algún impacto negativo al medio ambiente, por lo consiguiente afecte a la población alrededor y mitigar las posibles causas que lo afectan.

Los fines determinantes de la Evaluación de Impacto Ambiental es: vigilar si el proyecto que se elaborará, no causará daños al ambiente durante la ejecución o después de terminado el proyecto, proponer medidas de mitigación a cualquier efecto negativo causado al medio ambiente.

Los aspectos cubiertos por la Evaluación de Impacto Ambiental son todos los relacionados con el ambiente entre estos están: el aire se debe determinar olores, ruidos, gases y vibraciones que se pudieran captar, el agua se debe monitorear para ver si desechos sólidos de algún material utilizado se mezcle con el agua y así no cause problemas de contaminación, suelo se debe determinar si algún material usado cause daños, por ejemplo el líquido de batería de la maquinaria que se derrame en el trabajo.

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto del sistema de distribución de agua potable, fase III para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco, tendrá como objetivo principal mejorar la distribución del agua, el cual beneficiará a 1 656 viviendas distribuidas en los 4 sectores analizados, contará con una línea principal de conducción que va desde los tanques que existen en la colonia hacia la línea de distribución, mejorará la calidad de vida de las personas ya que contarán con la calidad de agua dispensable para el uso diario, sin embargo, los volúmenes de consumo se suman hasta que llegan a sobrepasar la demanda calculada, está dividido en 4 sectores teniendo una longitud total de tubería de 10 km.

El proyecto se realizará en las calles, avenidas y callejones ubicados en la colonia La Brigada, se diseñará acorde al terreno, teniendo en cuenta los accesorios (tee, codo 45, codo 90, cruz, válvulas, reductores) se tiene contemplado captar el agua de tanques existentes, a los que se les efectuó el aforo correspondiente.

Para el diseño del sistema de distribución de agua potable se contó con normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM) y Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) que servirán en el diseño del proyecto para los servicios, a continuación se detallan cada uno de los elementos que servirán para el funcionamiento.

### **3.1.1. Red de distribución**

Se diseñó según la demanda obtenida en cada sector, tomando en cuenta la cantidad de viviendas entre tramos y considerando 8 habitantes por cada vivienda, según censo que se realizó en la colonia.

La red de distribución del sistema estará formada solamente por ramales abiertos, debido a que la topografía y la ubicación de las viviendas impiden cerrar algún circuito de la tubería. La tubería a utilizar en la red de distribución será de PVC con diámetros comprendidos entre 2 y 6 pulgadas.

### **3.2. Fuente de abastecimiento**

Para dotar del vital líquido a las personas se utilizó un manantial que se encuentra ubicado aproximadamente a 3 kilómetros de la cabecera municipal, para captar el agua subterránea que aflora en dicho manantial existe una caja de captación de concreto de aproximadamente 2 metros cúbicos de volumen.

Este tipo de fuentes tienen la ventaja en la mayoría de casos de que el agua que aflora es pura y no hay necesidad de brindarle algún tipo de tratamiento para potabilizarla, se encuentra aislada del ambiente externo.

### **3.3. Aforo de fuente**

Se realiza con objeto de conocer cuál es el caudal de agua que una fuente, en este caso un manantial, es capaz de proporcionar y con este dato se podrá saber si dicha fuente logrará satisfacer la demanda de la población. El método utilizado para conocer el caudal fue el aforo volumétrico utilizando una cubeta de 5 galones y tomando el tiempo que tardaba en llenarse, este

procedimiento se efectuó tres veces y promediando los tiempos tomados se llegó al resultado de: tanque 3 = 8,201 l/s; tanque 4= 5,074 l/s ; y tanque 5=1,136 l/s.

### **3.4. Calidad de agua**

El agua para que sea potable debe ser sanitariamente segura y agradable a los sentidos, para determinar la calidad del agua es necesario basarse en normas; en Guatemala se utiliza la Norma COGUANOR NGO 29001, la cual dicta los límites que deben encontrarse las características de calidad físicas, químicas y bacteriológicas, se determinan por medio de exámenes de laboratorio, como el análisis físicoquímico que brinda las propiedades físicas y químicas como color, olor, sabor, pH, turbiedad, se tiene el examen bacteriológico que indica el nivel de contaminación con organismos patógenos. Ambos estudios se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala a muestras tomadas en la fuente que surtirá del vital líquido a la población.

#### **3.4.1. Análisis bacteriológico**

El objetivo principal es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y de materia fecal encontrada en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme. Existe un grupo de enfermedades conocidas como hídricas la vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada. Es conveniente determinar la potabilidad desde el punto de vista bacteriológico, los resultados del examen bacteriológico indican que el agua es potable, según Norma COGUANOR NGO 29001.

### **3.4.2. Análisis fisicoquímico**

El análisis físico determina el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica y el análisis químico mide las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua que afectan la calidad, como son: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también la alcalinidad (clasificación).

El resultado que se obtuvo del examen fisicoquímico sanitario indica que desde el punto de vista fisicoquímico sanitario, dureza en límites máximos permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad según Norma COGUANOR NGO 29001.

### **3.5. Obras existentes**

El proyecto de agua potable ya cuenta con tanque de distribución construido de mampostería y está ubicado en el casco urbano del municipio, tiene un volumen aproximado de 780 metros cúbicos el cual abastecerá del vital líquido a un aproximado de 1 656 viviendas, se tiene construida la caja de captación ubicada en el manantial que es de aproximadamente 2 metros cúbicos.

La red de distribución de agua potable se encuentra obsoleta y no cubre la demanda de la mayoría de la población por lo que el presente proyecto vendrá sustituir el que ya existe.

### **3.6. Levantamiento topográfico**

La topografía es uno de los aspectos a los que se debe prestar atención ya que se determinan las coordenadas de los diferentes puntos que conforman la red de distribución, para realizar el levantamiento se utilizó el siguiente equipo: un teodolito marca SOKKISHA modelo TM 20ES, cinta métrica de 50 mts, estadal de acero de 4 mts, dos plomadas, una almadana, pintura y madera para fabricar estacas. Además, la Municipalidad de Mixco proporcionó el personal necesario para efectuar el levantamiento.

#### **3.6.1. Planimetría**

Tiene como objeto determinar las distancias horizontales y coordenadas vistas en la planta de todos los componentes del sistema de agua potable, para esto se utilizó el método de conservación del azimut, además se realizaron radiaciones hacia todas las viviendas.

#### **3.6.2. Altimetría**

Determina las diferencias de nivel existentes entre todos los componentes del sistema de agua potable. El método utilizado en el presente proyecto fue el taquimétrico porque el terreno era demasiado quebrado.

Para realizar el levantamiento altimétrico se utilizó el mismo equipo que se usó en la planimetría, agregando únicamente los valores de los hilos (superior, medio e inferior) del lente del teodolito y el ángulo vertical o cenital en la libreta de campo.

### 3.7. Cálculos topográficos

Los datos a calcular se obtuvieron cuando se realizó el levantamiento, anotándolos en la libreta topográfica, los cuales son: estación (est), punto observado (Po), Azimut (Az), hilos (superior, medio e inferior), ángulo vertical (Av), distancia horizontal (DH) y una observación del punto, para el cálculo de las coordenadas parciales (x, y) y totales (X, Y) de los puntos topográficos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}y &= DH * \cos (Az) \\x &= DH * \sen (Az) \\Y &= Y_{est} +- y_{(est-Po)} \\X &= X_{est} +- X_{(est - Po)}\end{aligned}$$

Donde:

DH = distancia horizontal

Az = azimut

$Y_{est}$  = coordenada total de estación

$X_{est}$  = coordenada parcial de la estación al punto observado

Para el cálculo de las diferencias de nivel, distancia horizontal y cotas de los puntos topográficos, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}\Delta N &= \Delta_{Hi} * 100 (1/2 * \sen 2\beta) \\DH &= 100 * \Delta_{Hi} * \sen^2 \beta \\Cota_B &= Cota_A + Ai_A +- \Delta N_{(A-B)} - H_m\end{aligned}$$



Donde:

DH = distancia horizontal

$\Delta_{Hi}$  = hilo superior – hilo inferior

B = ángulo cenital

$\Delta N$  = diferencia de nivel

Cota<sub>B</sub> = cota del punto B

Ai<sub>A</sub> = altura del instrumento

H<sub>m</sub> = hilo medio

Los cálculos de la libreta topográfica fueron realizados en una hoja de cálculo electrónica y los resultados se detallan en el apéndice.

### **3.8. Diseño hidráulico**

Las características correspondientes a este diseño se detallan en los siguientes subtítulos.

#### **3.8.1. Población actual**

Son 1 656 viviendas que se encuentran actualmente en el municipio, se calculará con base en los datos del sector 5, este dato se obtuvo cuando se realizó el levantamiento topográfico y con entrevistas con los vecinos, así como la cantidad de personas que viven en cada hogar y realizando un promedio, se determinó la densidad de vivienda que es de 8 personas por familia, con estos datos se determina la población actual multiplicando el número de viviendas por la densidad de vivienda, teniendo como resultado el siguiente:

$$P_{\text{actual}} = 607_{\text{viviendas}} * 8 \text{ (Habitantes/vivienda)}$$

$$P_{\text{actual}} = 4\ 856 \text{ Habitantes}$$

### **3.8.2. Período de diseño**

Es el tiempo durante el cual la red de distribución va a prestar un servicio eficiente a la población, para adoptar un período de diseño se deben tener en cuenta varios factores como la población de diseño, calidad de los materiales a utilizar, costos y tasas de interés, facilidad de ampliación, entre otros.

En el presente caso se adoptó un período de 20 años. El factor principal para adoptar este período fue el caudal de agua que se aforo en la fuente el cual es de 5,05 litros por segundo.

### **3.8.3. Población futura**

Para calcular la población futura tomando en consideración el período de diseño, se utilizó en método geométrico con una tasa de crecimiento poblacional del 2,5 % calculada con los datos de los censos realizados por el INE en el municipio, teniendo como resultado:

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

Donde:

$P_f$  = población futura para n años.

$P_a$  = población actual (4 856 habitantes)

r = tasa de crecimiento poblacional (2,5 %)

n = período de diseño (20 años)

Sustituyendo datos se tiene:

$$P_{(n=20)} = 4\ 856 (1 + 0,025)^{20}$$

$$P_{(n=20)} = 7\ 957,12 \text{ habitantes}$$

#### **3.8.4. Dotación**

Se entiende por dotación a la cantidad (en volumen por unidad de tiempo) de agua asignada a cada habitante, para determinarla se toman varios factores como el clima, actividades productivas, nivel de vida, calidad del agua, entre otros, se tiene que para el área urbana si se utiliza conexión predial en la vivienda, la dotación deberá estar entre 100 y 250 lts/hab/día. Considerando lo antes mencionado se asignará una dotación de 200 lts/hab/día.

#### **3.8.5. Caudales del sistema**

En los siguientes subtítulos se detallan los caudales correspondientes.

##### **3.8.5.1. Caudal medio diario**

Es la cantidad de agua que consume en una población durante un período de 24 horas. Dicho caudal también se puede definir como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Para fines de diseño el caudal medio o consumo medio estará en función de la dotación y el número de habitantes calculados al final del período de diseño. De lo anterior se tiene que:

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{No. Habitantes}_{n=20}}{86\,400}$$

$$Q_m = \frac{200 \text{ (Its/hab./día)} * 7\,957,12 \text{ (habitantes)}}{86\,400 \text{ (seg/día)}}$$

$$Q_m = 18,42 \text{ Its/seg}$$

Nota: se toma en cuenta que este caudal es para el sector 5.

### 3.8.5.2. Caudal máximo diario

Este caudal se utiliza para diseñar la línea de conducción y se define como el máximo consumo de agua durante 24 horas, observado durante el período de un año. Para fines de diseño este caudal se obtendrá al multiplicar el caudal medio por un factor de ampliación, a dicho factor se le denomina factor de día máximo (Fdm) y el valor está en función del tamaño de la población teniendo que para poblaciones menores de 1 000 habitantes se usa de 1,4 a 1,5 y para poblaciones mayores de 1 000 habitantes se usa 1,2 a 1,3.

$$Q_{md} = Fdm * Q_m$$

Donde:

$Q_{md}$  = caudal maximo diario (Its./seg)

Fdm = factor de dia máximo

$Q_m$  = caudal medio (Its./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{md} = 1,4 * 18,42 \text{ (Its/seg)}$$

$$Q_{md} = 25,79 \text{ (lts/seg)}$$

### 3.8.5.3. Caudal máximo horario

Se utilizará para diseñar la red de distribución y se define como el máximo consumo de agua que se da en una hora del día en período de un año, para fines de diseño este caudal se obtiene multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máximo (Fhm) que está en función del tamaño de la población, para poblaciones menores de 1 000 habitantes se utiliza un factor de 2,5 y para mayores de 1 000 se usará 2.

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal maximo horario (lts./seg)

Fhm = factor de dia máximo

$Q_m$  = caudal medio (lts./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

$$Q_{mh} = 2,5 * 18,42 \text{ (lts./seg)}$$

$$Q_{mh} = 46,05 \text{ (lts./seg)}$$

#### 3.8.5.4. Caudal instantáneo

Este caudal toma en cuenta la probabilidad de que se empleen al mismo tiempo las conexiones domiciliarias de un ramal, no tomará valores menores a 0,20 lts/seg.

$$Q_{ins} = k \sqrt{(N-1)}$$

Donde:

$Q_{ins}$  = caudal instantáneo

N = número de viviendas del ramal

$$k = \begin{cases} 0,15 & \text{para menores de 55 viviendas} \\ 0,20 & \text{para más de 55 viviendas} \\ 0,25 & \text{para llena cantaros} \end{cases}$$

#### 3.8.5.5. Caudal de vivienda

Es un valor estimado del caudal que le corresponde a cada domicilio se obtiene multiplicando el número de viviendas por el caudal de vivienda unitario. El caudal de vivienda unitario se calcula dividiendo el caudal de máximo horario dentro del número de viviendas actuales del proyecto.

$$Q_{vu} = \frac{Q_{mh}}{No_{vi}}$$

Donde:

$Q_{vu}$  = caudal de vivienda unitario (lts/seg/viv)

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario

$No_{vi}$  = número de viviendas actuales

### 3.8.6. Velocidades de sistema

Es recomendable que las velocidades del sistema se mantengan dentro de ciertos límites, la mínima recomendada será de 0,6 mts/seg, se establece para evitar la sedimentación en las tuberías, pero queda a criterio del diseñador que pueda ser un poco menor, debido a que el agua que circulará en las tuberías no contiene sedimentos significativos. También se recomienda utilizar un valor máximo de velocidad de 4 mts/seg, se fija para evitar el golpe de ariete y el desgaste de las tuberías.

Para encontrar la velocidad del agua dentro de una tubería se recurre a la ecuación de continuidad, que adaptada para trabajar con unidades de medida convencionales queda así:

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

Donde:

V = velocidad (mts/seg)

Q = caudal (lts/seg)

D = diámetro (plg)

### **3.8.7. Presiones del sistema**

Las presiones se describen en los siguientes subtítulos

#### **3.8.7.1. Presión estática**

Se presenta cuando el agua se encuentra en reposo dentro de una tubería, en una red de distribución debe ser siempre menor a 80 metros, esto se hace para evitar fugas en los accesorios utilizados en la construcción del sistema, principalmente en válvulas.

#### **3.8.7.2. Presión dinámica**

Se presenta cuando el agua se encuentra en movimiento dentro de una tubería, la presión dinámica en un punto dado es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno. Dicha presión debe tener valores entre 10 y 40 metros columna de agua.

### **3.9. Diseño de la línea de conducción**

Es un conjunto de tuberías forzadas o a presión que viene desde las obras de captación al tanque de distribución.

Para la línea de conducción se debe seleccionar la clase y diámetro de tubería que se ajuste a la máxima economía, siempre y cuando la capacidad de la tubería sea suficiente para transportar el caudal día máximo, si se trata de un sistema por gravedad o transportar el equivalente en un determinado período de bombeo, tanto para el diseño de conducción como en cualquier otro tipo de



tuberías, es conveniente incrementar la longitud horizontal en un porcentaje de 2 % a 5 %, de acuerdo a la pendiente del terreno.

Para el cálculo se utilizará la fórmula de Hazen Williams, que dice:

$$H_f = \frac{1\,743\,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de fricción (mt.)

$L$  = longitud de tubería (mt.) viene de la topografía, de manera que es una distancia horizontal, por lo que conviene incrementar en un porcentaje que varía entre 2 % a 5 %.

$Q$  = caudal (lts. /seg)

$C$  = coeficiente (depende de la clase de tubería)

$D$  = diámetro de la tubería (plg.)

Para optimizar diámetros mayores en tramos de tuberías en función a la carga disponible, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$L_d^2 = \frac{L \times (H_f - H_{fd1})}{(H_d^2 - H_{fd1})}$$

$$L_{d1} = L - L_{d2}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga permisible

$H_{f\phi_1}$  = pérdida de carga provocada por el diámetro mayor

$H_{f\phi_2}$  = pérdida de carga provocada por el diámetro menor

$L_{\phi_1}$  = longitud de tubería de diámetro mayor

$L_{\phi_2}$  = longitud de tubería de diámetro menor

Datos:

Nodo A CTo = 106,90 mts.

Nodo 1 CTf = 136,06 mts.

Diferencia de cotas ( $H_f$ ) = 29,16 mts.

Longitud de terreno ( $L$ ) = 760,93 mts.

Longitud real ( $L$ ) = 798,98 mts.

Coefficiente de tubería ( $C$ ) = 150

Caudal de conducción ( $Q$ ) = 5,05 lts. /seg

- Determinación del diámetro de la tubería

El diámetro se determinó utilizando la fórmula de Hazen & Williams:

$$D = \left[ \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f} \right]^{1/4,87}$$

Al sustituir los datos anteriores a la ecuación se tiene:

$$D = \left[ \frac{1\,743,811 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 29,16} \right]^{1/4,87}$$

$$D = 4,52 \text{ pulg.}$$

Tabla IV. **Diámetros comerciales a utilizar**

| No. | DIÁMETRO COMERCIAL | DIÁMETRO INTERNO |
|-----|--------------------|------------------|
| 1   | 4,0                | 4,155            |
| 2   | 4,5                | 4,695            |

Fuente: elaboración propia.

Se calcula las pérdidas para el diámetro, utilizando el diámetro interno de la tubería:

$$H_{4,0} = \frac{1\,743,11 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,155^{4,87}} = 27,95 \text{ mts.}$$

$$H_{4,5} = \frac{1\,743,11 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,695^{4,87}} = 15,42 \text{ mts.}$$

Calculando la longitud real para cada tubería:

$$L_{4,5} = \frac{798,98 \times (29,16 - 15,42)}{27,95 - 15,42} = 872,65 \text{ mts.}$$

$$L_{4,0} = 872,65 - 422,94 = 449,71 \text{ mts.}$$

Calculando las pérdidas reales para el diámetro:

$$H_{4,5} = \frac{1743,811 \times 872,65 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4 \times 155^{4,87}} = 30,54 \text{ mts.}$$

$$H_{4,0} = \frac{1\ 743,811 \times 449,71 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4 \times 695^{4,87}} = 8,68 \text{ mts.}$$

Evaluando las velocidades para cada diámetro se tiene:

$$V = \frac{1,974 \times Q}{D^2}$$

$$V_{2,5} = 3,75 \text{ m/s}$$

$$V_{3,0} = 1,77 \text{ m/s}$$

Como se puede observar en los resultados anteriores la tubería de dos pulgadas y media de diámetro, no cumple con el rango de velocidad permitido a pesar de que es el más económico en el mercado de los dos diámetros propuestos pero no se tomará en cuenta, por lo tanto se utilizará para la línea de conducción el diámetro de 3,0 pulgadas ya que este si cumple con la velocidad establecida.

A continuación se presentan los datos de diseño para la línea de conducción para los sectores 5, 6,7 y 8 en las tablas.

Tabla V. **Datos de diseño de la línea de conducción para sectores 5 y 6**

| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diámetro (") | Hf (m) | Vel (m/s) |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1     | A       | 1      | 760,93       | 5,05         | 3            | 9,17   | 1,77      |
| 2     | B       | 1      | 466,57       | 18,93        | 3            | 11,83  | 2,77      |

| Nodo | Cota terreno | Cota piezométrica | Presión dinámica (mca) | Presión estática (mca) |
|------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| A    | 106,903      | 106,90            | 0,00                   | 15,12                  |
| B    | 122,026      | 122,03            | 0,00                   | 4,04                   |
| 1    | 126,063      | 136,06            | 10,00                  | 0,00                   |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Datos de diseño II de la línea de conducción para sectores 5 y 6**

| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diámetro (") | Hf (m) | Vel (m/s) |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1     | A       | 1      | 768,31       | 5,047        | 3            | 11,98  | 1,11      |
| 2     | B       | 1      | 348,58       | 8,201        | 3            | 13,34  | 1,80      |
| 3     | C       | 1      | 425,4        | 18,93        | 3            | 76,50  | 4,15      |

| Nodo | Cota terreno | Cota piezométrica | Presión dinámica (mca) | Presión Estática (mca) | OBSERVACIONES |
|------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| A    | 106,763      | 106,76            | 0,00                   | 19,30                  | -----         |
| B    | 126,064      | 136,06            | 10,00                  | 5,49                   | -----         |
| C    | 122,757      | 131,65            | 8,89                   | 0,00                   |               |
| 1    | 120,574      | 129,86            | 9,29                   | 0,00                   |               |

Fuente: elaboración propia.

### **3.10. Tanque de almacenamiento**

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable, así como de las limitantes económicas y de espacios que lo anterior tiene, propone tanques de almacenamiento de agua elevados o a nivel del suelo que permitan la preservación del líquido para el uso de la comunidad donde se construyen. En el trayecto de la fuente al consumidor el agua potable se maneja en un sistema de distribución que incluye: bombeo, transmisión, red de tuberías, válvulas y los tanques de almacenamiento que se propone, prácticos y útiles para brindar agua limpia que pueda distribuirse sin problemas. Funciones de los tanques:

- Proveer una reserva de agua que minimice interrupciones por fallas en la transmisión, bombeo u otros equipos.
- Mantener presión uniforme y actuar como válvula de alivio en sistemas de bombeo.
- Extinguir incendios
- Proveer reserva para salvar cortes por fallas en la fuente o en las tuberías y bombas maestras y otras emergencias.
- Permitir una reducción en el tamaño de las tuberías maestras al permitir flujos promedio en vez de pico.
- Permitir que las bombas maestras empujen el gasto promedio en vez del gasto pico.

El volumen necesario para compensar la variación del consumo puede ser establecida mediante una curva de variaciones horarias de consumo de una población con iguales características a la localidad estudiada, y cuando se carece de esta, pueden adoptarse los criterios de la Unidad Ejecutora del

Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), los cuales establecen que el volumen del tanque debe de ser 25 % al 45 % del caudal medio diario, aplicándose de acuerdo a las restricciones siguientes.

En poblaciones menores de 1 000 habitantes del 25 % al 35 % del consumo medio diario de la población.

Si la población está entre 1 000 y 5 000 habitantes, 35 % del consumo medio diario.

Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes el 40 % del consumo medio diario más un 10 % de eventualidades.

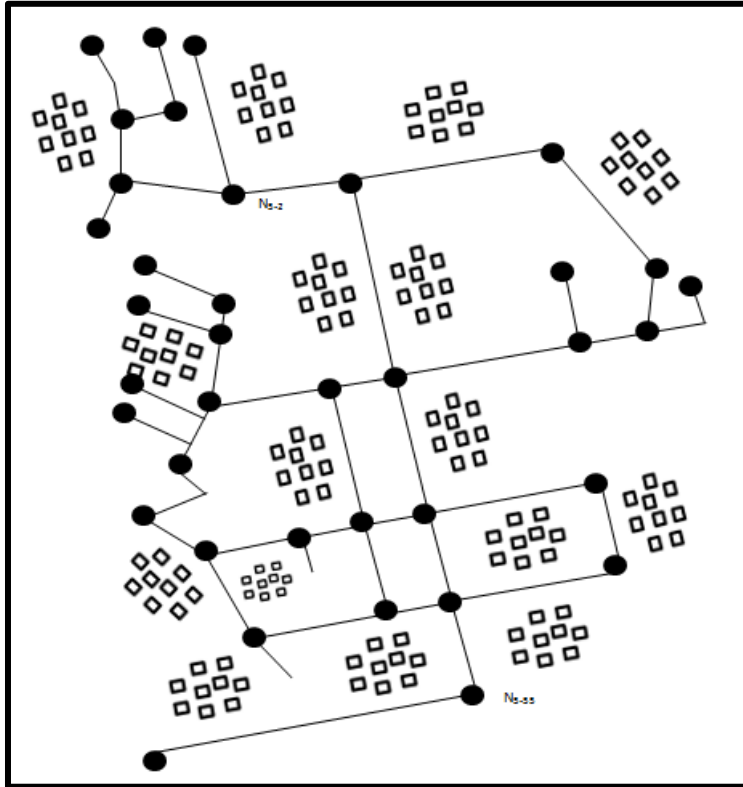
Para sistemas de bombeo deberá ser de 40 % a 60 % del caudal medio diario, en función del clima y considerar un porcentaje por eventualidades.

Para este proyecto se diseñará utilizando un tanque elevado existente de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado con un volumen de: 1 823 m<sup>3</sup>.

### **3.11. Diseño de la línea de distribución**

Para el cálculo de la línea de distribución se utilizó el método de ramales cerrados y como ejemplo se diseñará el tramo que va desde el tanque de distribución N<sub>5-2</sub> hasta el nodo N<sub>5-55</sub> perteneciente al sector 5.

Figura 8. Esquema simplificado del sector 5



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En este sector actualmente existen 607 viviendas y teniendo una densidad de vivienda de 8 hab./viv, un período de diseño de 20 años, una tasa de crecimiento igual a 2,5 %, se obtiene una población futura de 7 957 habitantes, con esta población se calculan los caudales de diseño:

Caudal medio:

$$Q_m = \frac{200 \text{ (Its/hab./día)} * 7,957 \text{ (Habitantes)}}{86\,400 \text{ (seg/día)}}$$

$$Q_m = 18,42 \text{ Its/seg.}$$



Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario (lts./seg)

$F_{hm}$  = factor de día máximo

$Q_m$  = caudal medio (lts./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{mh} = 2 * 18,42 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{mh} = 36,83 \text{ lts/seg.}$$

Caudal unitario de vivienda:

$$Q_{vu} = \frac{Q_{mh}}{No_{vi}}$$

Donde:

$Q_{vu}$  = caudal de vivienda unitario (lts/seg/viv)

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario

$No_{vi}$  = número de viviendas actuales

$$Q_{vu} = \frac{36,83 \text{ (lts/seg.)}}{607 \text{ (viv)}} = 0,06 \text{ (lts/seg/viv)}$$

Para determinar el caudal de diseño del tramo debe realizarse una comparación entre el caudal de vivienda y el instantáneo, que se calculan sumando caudal actual del tramo más los caudales acumulados de los ramales que salen del tramo, tomando siempre el mayor.

Caudal de vivienda:

$$Q_v = Q_{vu} * No_{vi} = 0,06 \text{ (lts/seg/viv)} * 607(\text{viv})$$
$$Q_v = 36,83 \text{ lts/seg}$$

Caudal instantáneo:

$$Q_{ins} = k \sqrt{(N-1)}$$

Donde:

$Q_{ins}$  = caudal instantáneo

N = número de viviendas actuales

k = 0,15

Entonces:

$$Q_{ins} = 0,15 \sqrt{(607 - 1)}$$
$$Q_{ins} = 3,69 \text{ lts/seg}$$

Dado lo anterior se utilizará el caudal instantáneo de 3,69 litros por segundo, para calcular el diámetro de la tubería, utilizando los siguientes datos del tramo en cuestión:

Caudal = 3,69 (lts/seg)

Longitud = 466 mts.(incluye un 2 % por factor de ondulamiento)

Cota  $N_{5-2}$  = 126 mts.

Cota  $N_{5-55}$  = 104,51 mts.

Coefficiente Hazen Williams del PVC = 150

Primero se procede a calcular la carga de presión disponible que se obtiene con la diferencia de nivel existente entre los puntos inicial y final del tramo en cuestión.

$$\text{Carga disponible} = \text{cota } N_{5-2} - N_{5-55} = 126 - 104,51$$

$$\text{Carga disponible} = 21,49 \text{ mts.}$$

Para esta carga pérdida se calcula el diámetro teórico utilizando la fórmula de Hazen Williams:

$$hf = \frac{1\,74381 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (mts)

L = longitud (mts)

Q = caudal (lts/seg)

D = diámetro (plg)

C = 150

Entonces:

$$\Phi = \left[ \frac{1\,743,811 \times 466 \times 3,69^{1,85}}{150^{1,85} \times 21,49} \right]^{1/4,87}$$

$$= 2,12 \text{ plg.}$$

El diámetro a utilizar en el tramo resulta de comparar diámetros comerciales superiores e inferiores con el teórico obtenido, utilizando el que mejor se adapte al diseño hidráulico, para este tramo el diámetro seleccionado fue de 3 plg., y la pérdida de carga corresponde a:

$$Hf_{\Phi=3 \text{ plg.}} = \frac{1\,743,811 \times 466 \times 3,69^{1,85}}{150^{1,85} \times 3^{4,87}}$$

$$Hf_{\Phi=3 \text{ plg.}} = 3,97 \text{ mts.}$$

La presión estática del tramo tomará el valor de 21,49 mca (metros columna de agua) que es el mismo valor de la carga de presión disponible, cumple con que la presión estática en una tubería será siempre menor a 80 mca.

La cota piezométrica ( $C_{pz}$ ) en la estación  $N_{5-55}$  se obtiene restando la cota piezométrica inicial del tramo menos la pérdida de carga en dicho tramo.

$$C_{pzN_{5-55}} = C_{pzN_{5-2}} - hf_{N_{5-2} - N_{5-55}} = 100 - 3,97$$

$$C_{pzN_{5-55}} = 96,03 \text{ mts.}$$

La presión o carga dinámica en la estación N<sub>5-55</sub> será igual a la resta entre la presión estática y la pérdida de carga encontrada para el tramo, para el resto de estaciones se puede obtener restando la cota piezométrica menos del terreno de la estación.

$$P_{\text{dinamica}} = P_{\text{estatica}} - hf_{N5-2 - N5-55} = 21,49 \text{ mts.} - 3,97 \text{ mts.}$$

$$P_{\text{dinamica}} = 17,52 \text{ mts.}$$

Finalmente se procederá a calcular la velocidad del agua en el tramo, tomando en cuenta que dicha velocidad deberá ser mayor a 0,6 mts/seg y menor a 3 mts/seg (ver numeral 2.2.3.6).

$$V = \frac{1,974 \times Q}{D^2} = \frac{1,974 \times 3,69}{3,0^2}$$

$$V = 0,81 \text{ mts/seg.}$$

### 3.12. Tanque de distribución

Para satisfacer las demandas de agua de la población el tanque de distribución debe ser capaz de compensar el volumen de agua requerido respecto a las variaciones horarias, además de proveer almacenamiento contra incendio, si no existen informes acerca de esto, el volumen del tanque tomara un valor del 25 a 40 % del caudal medio diario que es un valor recomendado cuando se trata de sistemas por gravedad como en este proyecto, debido a que la demanda de agua es demasiada alta se recomienda una bomba sumergible con una potencia de 20,71 HP para cubrir la demanda de la población.

### 3.13. Bases de diseño

|                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| Tipo de fuente                     | manantial            |
| Aforo de la fuente                 | 5,05 lts/seg         |
| Tipo de sistema                    | por bombeo           |
| Red de distribución                | ramales cerrados     |
| Clima                              | templado frío        |
| Viviendas actuales                 | 1 656 viviendas      |
| Densidad de población              | 8 hab/viv            |
| Población actual                   | 850 habitantes       |
| Población futura                   | 13 248 habitantes    |
| Tasa de crecimiento                | 2,5 %                |
| Período de diseño                  | 20 años              |
| Dotación                           | 200 lts/hab/día      |
| Factor de día máximo               | 1,2                  |
| Factor de hora máximo              | 2,0                  |
| Caudal medio diario                | 50,25 lts/seg        |
| Caudal máximo diario               | 60,30 lts/seg        |
| Caudal máximo horario              | 100,25 lts/seg       |
| Caudal unitario de vivienda        | 0,06lts/seg/viv      |
| Volumen del tanque                 | 780 mts <sup>3</sup> |
| Tubería a utilizar                 | PVC                  |
| Constante de fricción del PVC      | 1 150                |
| Constante k del caudal instantáneo | 0,15 y 0,20          |

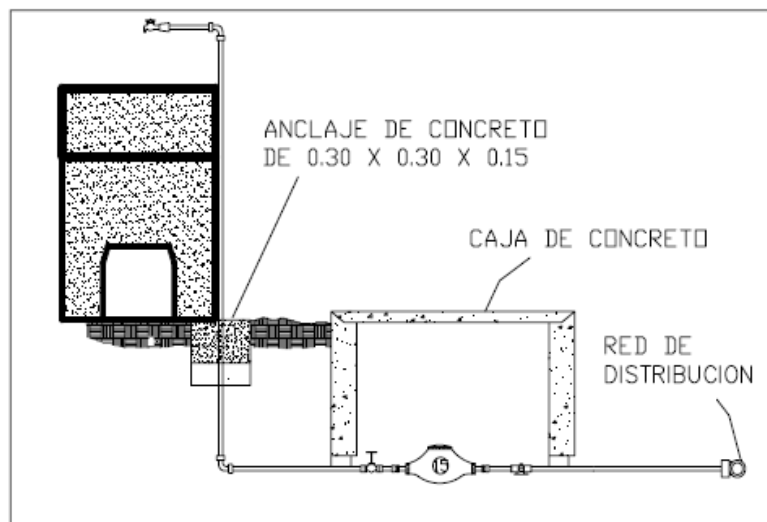
### 3.14. Obras hidráulicas

Conocidas como obras de arte las cuales junto con los demás componentes del sistema, hacen que se pueda prestar un servicio eficiente a la población.

#### 3.14.1. Conexiones prediales

Por este medio los usuarios podrán tener acceso al servicio de agua potable en las viviendas, utilizando para ello un grifo instalado dentro del lote o predio, en los casos en que existan viviendas que se encuentran a una altura mayor que la línea piezométrica del ramal más cercano se utilizarán llenacántaros.

Figura 9. **Conexión predial**

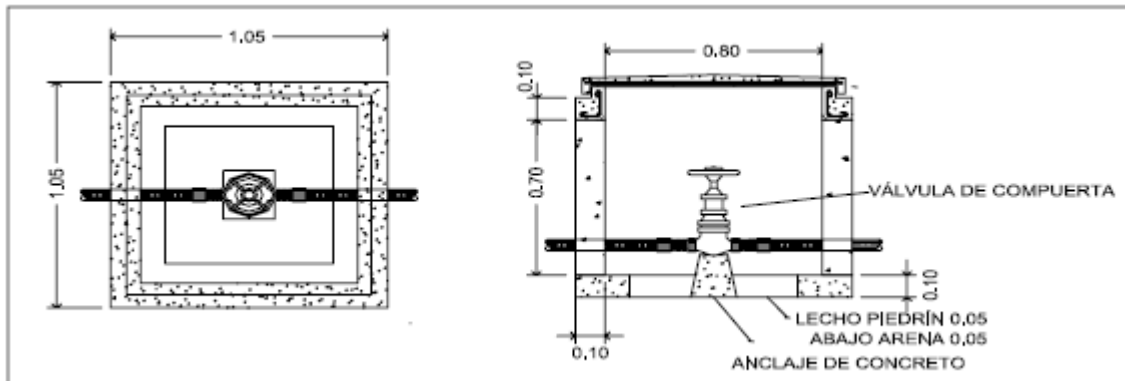


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.14.2. Cajas de válvulas

Se utilizan para controlar el caudal que circula en las tuberías del sistema y así aislar cualquier sector cuando se dañe o requiera mantenimiento. Las cajas podrán variar el tamaño dependiendo de la válvula, pero siempre deben facilitar la operación y mantenimiento.

Figura 10. Detalle de cajas de válvulas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.14.3. Anclajes de tuberías

Los anclajes pueden construirse de concreto simple o armado y la función es sujetar la tubería y absorber los esfuerzos que se producen por la presión interna, se suelen colocar en todos los puntos donde la tubería sufre un cambio brusco de dirección respecto del eje principal.



### **3.15. Tuberías**

Se deben mencionar tres aspectos que son: diámetro, clase y tipo de tubería, del diámetro se puede decir que es un valor nominal comercial, ya que suele ser diferente al diámetro interno.

La clase de tubería generalmente se refiere a la norma de fabricación y va relacionada directamente con la presión de trabajo de la tubería.

En cuanto al tipo de tubería se refiere al material de fabricación, en este proyecto se utilizará cloruro de polivinilo (PVC).

A todas las tuberías se les efectuará la prueba de presión con agua, aplicándoles agua a presión antes de rellenar las zanjas. En esta prueba primero hay que llenar de agua completamente la tubería hasta expulsar todo el aire, posterior a esto se le aplica presión, utilizando comúnmente una bomba manual, para verificar que no existan fugas de agua.

#### **3.15.1. Desinfección**

Para desinfectar el agua se utilizará un método químico, es un producto a base de cloro, se requerirá de un alimentador automático de tricloro que funciona a base de tabletas de tricloro, de presentación del cloro. Dichas tabletas tendrán una presentación de 200 gramos, con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador, con dimensiones de 3 pulgadas de diámetro y una de espesor, se disuelven en agua en reposo a una velocidad de 15 gramos por día.

### **3.15.2. Análisis de costos**

Los costos del proyecto se resumen en el presupuesto final, se elaboró basándose en precios de materiales actualizados del municipio. También se incluye el desglose de los reglones, cuantificando los materiales y la mano de obra que se utilizarán para la ejecución del proyecto.

Tabla VII. Presupuesto final

| PRESUPUESTO FINAL   |        |          |             |               |
|---|--------|----------|-------------|---------------|
| CUADRO DE CANTIDADES  |        |          |             |               |
| REGLÓN  | Unidad | Cantidad | Precio U Q. | Costo Q.      |
| Topografía  | dia    | 3,00     | 1 222,06    | 3 666,18      |
| Trabajos preliminares   | m^2    | 4 601,25 | 87,19       | 40,1182,99    |
| Trabajos preliminares   | m^2    | 47,05    | 45,71       | 2 150,66      |
| Excavación  | m^3    | 4 905,38 | 46,50       | 228 100,17    |
| Instalación de tubería 2"   | ml     | 2 946,17 | 58,68       | 172 881,26    |
| Instalación de tubería 3"   | ml     | 428,44   | 104,66      | 44 840,53     |
| Instalación de tubería 4"   | ml     | 1 888,89 | 172,33      | 325,512,41    |
| Instalación de tubería 6"   | ml     | 870,09   | 362,34      | 315 268,41    |
| Instalación de tubería 8"   | ml     | 263,56   | 595,68      | 156 997,42    |
| Instalación de adoquín  | m^2    | 47,05    | 151,85      | 7 144,54      |
| Reparación de concreto hidráulico   | m^2    | 1 248,51 | 252,21      | 314 886,71    |
| Reparación de concreto asfáltico  | m^2    | 3 352,74 | 184,50      | 618 580,53    |
| Relleno de zanja  | m^3    | 4 905,38 | 250,59      | 1 229 239,17  |
| Válvula de compuerta 8"   | unidad | 1,00     | 11 681,31   | 11 681,31     |
| Válvula de compuerta 6"   | unidad | 8,00     | 7 711,79    | 61 694 32     |
| Válvula de compuerta 4"   | unidad | 16,00    | 6 630,50    | 106 088,00    |
| Válvula de compuerta 3"   | unidad | 4,00     | 1 646 ,19   | 6 584,76      |
| Válvula de compuerta 2"   | unidad | 46,00    | 735,69      | 33 841,74     |
| Construcción caja para válvula  | unidad | 75,00    | 3 593,50    | 269 512,50    |
| Acometida domiciliar 2.5"   | unidad | 463,00   | 688,97      | 318 993,11    |
| Acometida domiciliar 3.5"   | unidad | 37,00    | 766,80      | 28 371,60     |
| Acometida domiciliar 4.5"   | unidad | 135,00   | 857,25      | 115 728,75    |
| Acometida domiciliar 6.5"   | unidad | 48,00    | 1 081,85    | 51 928,80     |
| <b>COSTO DIRECTO</b>  |        |          |             | 4 821 209,69  |
| <b>COSTO INDIRECTO ( 33 % por administración, supervisión y utilidad)</b> |        |          |             | 1 590 999,20  |
| <b>TOTAL (directos + indirectos )</b>                                     |        |          |             | 6 412 208 ,88 |

Fuente: elaboración propia.

El presupuesto asciende a trescientos ochenta y nueve mil setecientos cuarenta y tres quetzales exactos

### **3.15.3. Evaluación de Impacto Ambiental**

Se entiende como impacto ambiental a cualquier cambio en el medio ambiente positivo o negativo, provocada por la construcción, uso o abandono de una obra de infraestructura.

Para conocer el impacto ambiental se recurre a la Evaluación de Impacto Ambiental, la cual es un instrumento de gestión ambiental, política y toma de decisiones que velará por la correcta realización de un diagnóstico del área donde se realizó o realizará un proyecto o actividad, detallando las medidas de mitigación o protección del medio ambiente que se verá afectado.

Los resultados de la evaluación de impacto ambiental aportarán elementos técnicos y científicos sobre la gestión del medio ambiente. Esto servirá de referencia para todas las personas que toman decisiones y determinar las mejores opciones al momento de ejecutar un proyecto.

El Estudio de Impacto Ambiental ayuda a conocer los impactos adversos o benéficos que sufre el medio ambiente, teniendo como principio fundamental establecer un equilibrio entre el medio ambiente y la actividad humana, sin que se pretenda frenar el desarrollo de la población, al contrario, será referencia para que los recursos naturales no se exploten desmedidamente ya que las consecuencias futuras de la sobre explotación de la naturaleza son devastadoras para la mayoría de la población.

- Base legal de la Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental se fundamenta en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, más modificaciones, que en el Artículo 8 indica:

“Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por las características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente al desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental”

- Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto

Se realizará un diagnóstico de los impactos ambientales que pudieran generarse debido a la construcción y el uso del sistema de agua potable en la colonia La Brigada zona 7, de Mixco

- Localización del proyecto: la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco se encuentra al sureste del centro del municipio de Mixco, hay que indicar que cierto número de viviendas se encuentran un poco retiradas, aproximadamente a 1,5 kilómetros y son de difícil acceso.
- Descripción del proyecto: consistirá en el mejoramiento de una red de distribución de agua potable para colonia La Brigada, zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala, el cual funcionará por medio de bombeo, abasteciéndose de varios tanque de distribución ubicados a lo largo de la colonia en diversos puntos.

- Situación legal del terreno: parte del área que cubrirá la red de distribución pasará por avenidas y calles principales, empezando por la avenida principal llamada avenida La Brigada, además otra parte de la red de distribución se construirá sobre calles y callejones bien definidos pertenecientes a la colonia.
- Uso de recursos naturales: se utilizará principalmente suelo proveniente de la excavación para enterrar las tuberías, también será necesario utilizar agua para la elaboración del concreto y madera para la elaboración de trompos y estacas utilizados en el replanteo topográfico.
- Preparación del terreno: para la construcción de la red se necesitan realizar trabajos de limpieza y chapeo, excavación, relleno y compactación.
- Materiales utilizados: principalmente se utilizará tubería de PVC y HG, para elaborar concreto se usará arena, cemento y grava, cuando es necesario la utilización de maquinaria, se utilizará combustible para el funcionamiento.

#### **3.15.4. Evaluación socioeconómica**

Para que un proyecto sea rentable económicamente, se requiere que no existan pérdidas de capital respecto a la inversión. Para conocer si una inversión vale la pena o no, se necesita analizar dicha inversión por medio de evaluaciones económicas que garantizarán las ganancias deseadas. Este proyecto será analizado económicamente por medio del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

### 3.15.4.1. Valor Presente Neto

Con este método se analiza el dinero en un tiempo establecido, en este caso será el período de diseño del proyecto (20 años). La metodología se basa en que todos los ingresos y egresos que se hagan en el futuro se transforman a cantidades de dinero del presente. Cuando el VPN es menor que cero indica que será una mala inversión y existirán pérdidas de capital; por el contrario si el VPN da positivo, existirán ganancias.

Se tendrá una inversión inicial por parte de la Municipalidad de Q 5 000 000,00, por derecho de servicio se cobrará a cada usuario la cantidad de Q 500,00 teniendo en total Q 828 000,00 provenientes de 1 656 usuarios; también se tendrá la cuota mensual que pagarán los usuarios, que suma Q 200 500,00 anuales. En la evaluación también se incluirán los gastos de operación y mantenimiento que suman Q 25 846 76 anuales, se tomará una tasa de interés del 12 % con la cual se analizarán los ingresos y egresos que se tendrán durante la vida útil del proyecto.

A continuación se resumen los ingresos y egresos que tendrán que efectuar para realizar el proyecto.

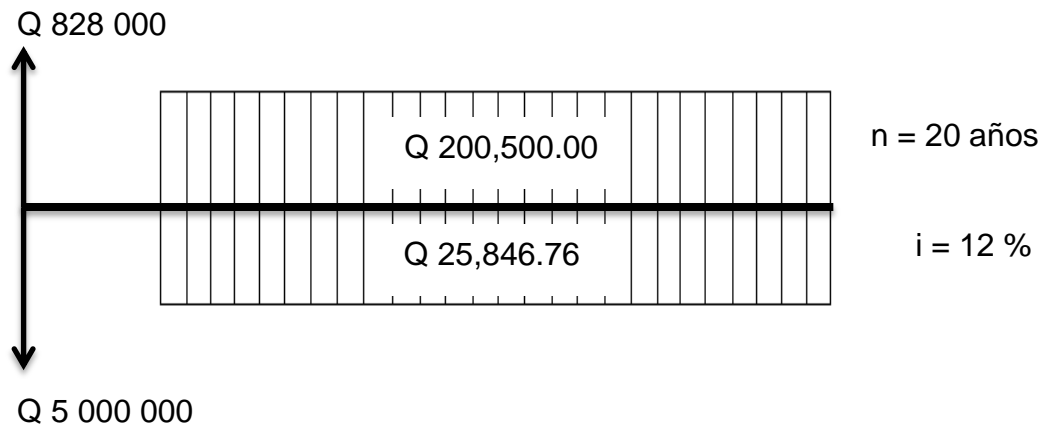
Tabla VIII. **Ingresos y egresos del proyecto**

| CONCEPTO                  | INGRESO      | EGRESO        |
|---------------------------|--------------|---------------|
| Inversión inicial         |              | Q5 000 000,00 |
| Derecho de servicio       | Q 828 000,00 |               |
| Tarifa cobrada (anual)    | Q 200,500,00 |               |
| Operación y Mant. (anual) |              | Q 25 846,76   |

Fuente: elaboración propia.

Para visualizar mejor los ingresos y egresos se colocarán en un diagrama de flujo de caja donde los gastos se tomarán como valores negativos y los ingresos como positivos cuando se trasladan a un valor presente.

Figura 11. **Flujo de caja del Valor Presente Neto**



Fuente: elaboración propia.

El valor presente se calculará de la siguiente manera:

$$VPN = Q 5 000 000 + Q 828 000 + Q 200 500(P/A, 12 \%, 20) - Q 25 846,76 (P/A, 12 \%, 20).$$

$$VPN = Q 5 000 000 + Q 828 000 + Q 20 785,17 - 2 679,45$$

$$VPN = Q 5 846 105,72$$

El valor positivo del Valor Presente Neto calculado indica que el proyecto es rentable económicamente y por lo tanto si se obtendrán ganancias, de igual



manera que será rentable socialmente, ya que beneficiará a varias familias dotándoles del vital líquido.

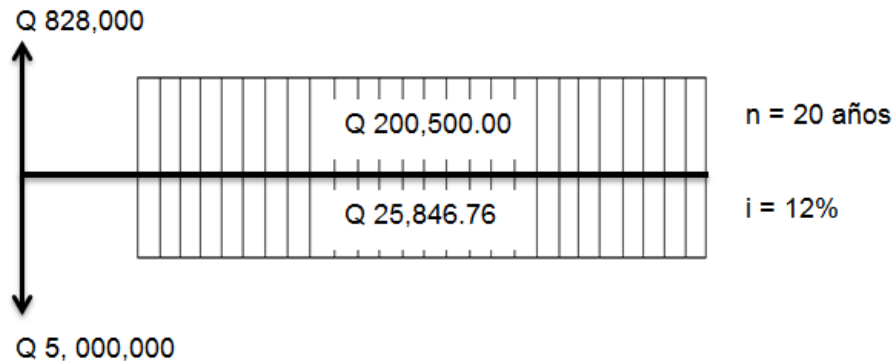
#### **3.15.4.2. Tasa Interna de Retorno**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa máxima de utilidad que podrá obtenerse o pagarse, hará que los costos sean iguales o equivalentes a los ingresos. Como se muestra en la figura la TIR es la tasa de descuento que hace que el valor presente de los flujos de efectivo sea igual a cero.

Para encontrar la TIR en la inversión del proyecto de agua potable se cuentan con los siguientes datos: se tendrá una inversión inicial por parte de la Municipalidad de Q 5 000 000,00; un primer ingreso por el derecho del servicio que asciende a Q 828 000,00; un ingreso anual por cobro de tarifa que asciende a Q200 500,00, se tendrán costos de Q 25 846,76 anuales por concepto de operación y mantenimiento del sistema.

Los datos necesarios para calcular la TIR se colocarán en un diagrama de flujo de caja y con esto se procede a calcular el valor presente para distintas tasas de interés. Lo que se busca es encontrar un valor presente negativo y uno positivo; para después interpolar esos datos y hallar la tasa de interés que haga al valor presente igual a cero.

Figura 12. **Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = - 2\,200\,000,00 + Q\,85\,553,20 (P/A, TIR, 20)$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del valor presente para distintas tasas de interés:

Tabla IX. **Resultados del Valor Presente Neto**

| n  | Tasa % | (P/A,%n) | VPN          |
|----|--------|----------|--------------|
| 20 | 5,00 % | 12,4622  | -Q213 408,31 |
| 20 | 20,00% | 8,8696   | -Q344 136,54 |
| 20 | 30,00% | 3,3158   | -Q591 639,30 |
| 20 | 50,00% | 1,9994   | -Q602 898,73 |

Fuente: elaboración propia.

Para calcular la Tasa Interna de Retorno es necesario contar con un valor positivo y un valor negativo del Valor Presente Neto, dado lo anterior se

puede suponer que no se obtendrá ningún valor positivo, por lo tanto no se podrá calcular una Tasa Interna de Retorno atractiva, ya que este proyecto será de carácter social y de beneficio único para 1,656 familias; dotándoles del servicio de agua potable en las viviendas.



## CONCLUSIONES

1. Con la implementación del servicio de agua potable se impulsará el desarrollo socioeconómico del pueblo, dado que las familias ya no tendrán que llevar el agua de uso doméstico de lugares retirados.
2. Las enfermedades disminuirán considerablemente en la población con el servicio de agua potable en las viviendas, se podrán implementar mejores medidas de higiene, además, el agua que las familias utilizarán para el consumo llevará un tratamiento a base de cloro que eliminará los organismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales, principalmente en niños.
3. El costo real que implica llevar el agua potable hasta las viviendas no solo se cubrirá con la cuota mensual de Q 120,00, que los usuarios deberán cancelar; sino que también se incluirán los gastos de la inversión inicial utilizados para la construcción del proyecto, que suman Q 5 000 000,00, cuyo monto no será cubierto por los usuarios. Conociendo el costo real por parte de los usuarios provocará una mejor concientización para que el servicio de agua sea utilizado adecuadamente.

4. El resultado del estudio socioeconómico indica que el proyecto no será rentable económicamente, debido a que con los ingresos obtenidos con la tarifa mensual cobrada a los usuarios de Q120,00 solamente se cubrirán los costos de administración, operación y mantenimiento del sistema y no alcanza para cubrir los costos de la inversión inicial de Q 5 000 000,00 utilizados en la construcción, dado que este es un proyecto de carácter social y de beneficio único para la población.

## RECOMENDACIONES

1. Por la importancia social de este proyecto es aconsejable que sea ejecutado en el menor tiempo posible, existiendo la supervisión de un profesional, quién verificará que la obra cumpla con los procedimientos de construcción adecuados y especificaciones descritas en planos.
2. Antes de hacer funcionar el sistema de agua potable es necesario efectuar la desinfección de las tuberías para prevenir enfermedades, debido a que durante el proceso de construcción estuvieron expuestas a contaminación del medio ambiente y de las personas que participaron en la construcción del proyecto.
3. Educar y hacer conciencia a los usuarios para que hagan uso adecuado del agua, además de que sean responsables con la tarifa mensual que deberán pagar para darle el mantenimiento adecuado a todos los componentes del sistema de agua potable y opere eficazmente.
4. Debido a que el proyecto no es rentable económicamente, se deberá buscar el apoyo de instituciones gubernamentales u organizaciones internacionales para obtener los fondos necesarios, por medio de donaciones o préstamos accesibles para costear la inversión que conlleva la ejecución del proyecto de agua potable.





## BIBLIOGRAFÍA

1. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa. 2004. 82 p.
2. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. *Especificaciones Técnicas para diseño de carreteras*. Departamento Técnico de Ingeniería, Guatemala: MICIVI, 1985 78 p.
3. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para diseños de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
4. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología e Hidrología. *Mapas de duración-intensidad-frecuencia de precipitación para la república de Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH, 2002. 61 p.
5. ————. *Informe técnico No.4-88 Método estándar de cálculo de curvas de duración-intensidad-frecuencia*. Guatemala: INSIVUMEH, 1988. 77 p.
6. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial*. Guatemala: SIECA, 2010. 380 p.



## APÉNDICES

### Apendice 1. Libreta topográfica drenaje pluvial

| EST         | PO           | DIST         | AZIMUT     |           |           | OBSERVACION       | COTA | y        | x       | Y TOTAL  | X TOTAL |
|-------------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|-------------------|------|----------|---------|----------|---------|
|             |              |              | GRA        | MIN       | SEG       |                   |      |          |         |          |         |
|             |              |              |            |           |           | 0                 | 0    | 0        | 0       | 0        | 0       |
|             | 70-22        | 16.85        | 251        | 36        | 0         | orilla de calle   | 0    | -5.3187  | 15.9886 | -5.3187  | 15.9886 |
|             | 70-23        | 8.20         | 256        | 46        | 0         | orilla de calle   | 0    | -1.8771  | -7.9823 | -1.8771  | -7.9823 |
|             | 70-24        | 4.80         | 12         | 37        | 0         | orilla de calle   | 0    | 4.6841   | 1.0485  | 4.6841   | 1.0485  |
|             | 70-25        | 15.00        | 23         | 27        | 0         | orilla de calle   | 0    | 13.7611  | 5.9692  | 13.7611  | 5.9692  |
|             | 70-26        | 5.65         | 35         | 58        | 0         | poste de luz      | 0    | 4.5729   | 3.3183  | 4.5729   | 3.3183  |
|             | 70-27        | 7.65         | 54         | 44        | 30        | esquina de pared  | 0    | 4.4161   | 6.2467  | 4.4161   | 6.2467  |
|             | 70-28        | 10.50        | 73         | 56        | 50        | esquina de pared  | 0    | 2.9035   | 10.0906 | 2.9035   | 10.0906 |
|             | 70-29        | 31.65        | 79         | 28        | 20        | esquina de pared  | 0    | 5.7828   | 31.1172 | 5.7828   | 31.1172 |
|             | 70-30        | 31.80        | 86         | 42        | 20        | esquina de pared  | 0    | 1.8275   | 31.7474 | 1.8275   | 31.7474 |
|             | 70-31        | 12.05        | 96         | 52        | 0         | poste de luz      | 0    | -1.4407  | 11.9636 | -1.4407  | 11.9636 |
|             | 70-32        | 5.30         | 116        | 46        | 40        | esquina de pared  | 0    | -2.3878  | 4.7316  | -2.3878  | 4.7316  |
|             | 70-33        | 4.90         | 106        | 30        | 0         | esquina de pared  | 0    | -1.3917  | 4.6982  | -1.3917  | 4.6982  |
|             | 70-34        | 4.70         | 94         | 40        | 0         | poste de luz      | 0    | -0.3824  | 4.6844  | -0.3824  | 4.6844  |
|             | 70-35        | 1.53         | 155        | 56        | 20        | esquina de pared  | 0    | -1.3971  | 0.6238  | -1.3971  | 0.6238  |
|             | 70-36        | 1.25         | 159        | 30        | 0         | poste de telgua   | 0    | -1.1708  | 0.4378  | -1.1708  | 0.4378  |
|             | 70-37        | 1.80         | 179        | 42        | 0         | poste de telgua   | 0    | -1.8000  | 0.0094  | -1.8000  | 0.0094  |
|             | 70-38        | 1.80         | 189        | 54        | 0         | poste de telgua   | 0    | -1.7732  | -0.3095 | -1.7732  | -0.3095 |
|             | 70-39        | 7.90         | 224        | 24        | 30        | esquina de calle  | 0    | -5.6435  | -5.5282 | -5.6435  | -5.5282 |
|             | 70-40        | 17.90        | 193        | 1         | 30        | esquina de pared  | 0    | -17.4395 | -4.0342 | -17.4395 | -4.0342 |
|             | 70-41        | 17.75        | 191        | 12        | 30        | esquina de pared  | 0    | -17.4115 | -3.4502 | -17.4115 | -3.4502 |
|             | 70-42        | 4.70         | 69         | 25        | 0         | pozo de drenaje   | 0    | 1.6524   | 4.4000  | 1.6524   | 4.4000  |
|             | 70-43        | 15.90        | 86         | 10        | 20        | pozo de drenaje   | 0    | 1.0614   | 15.8645 | 1.0614   | 15.8645 |
|             | 70-44        | 29.40        | 84         | 8         | 30        | centro de rejilla | 0    | 3.0008   | 29.2465 | 3.0008   | 29.2465 |
|             | 70-45        | 14.90        | 78         | 6         | 0         | esquina de pared  | 0    | 3.0724   | 14.5798 | 3.0724   | 14.5798 |
|             | 70-46        | 28.20        | 84         | 0         | 40        | pozo de drenaje   | 0    | 2.9423   | 28.0461 | 2.9423   | 28.0461 |
| <b>E-70</b> | <b>E-126</b> | <b>36.40</b> | <b>185</b> | <b>9</b>  | <b>30</b> |                   | 0    | -36.2526 | -3.2727 | -36.2526 | -3.2727 |
|             | 126-1        | 1.04         | 318        | 13        | 0         | esquina de pared  | 0    | 0.7755   | -0.6930 | 1.8369   | 15.1716 |
|             | 126-2        | 2.40         | 289        | 24        | 0         | esquina de pared  | 0    | 0.7972   | -2.2637 | 1.8586   | 13.6008 |
|             | 126-3        | 37.00        | 187        | 57        | 0         | esquina de porton | 0    | -36.6444 | -5.1174 | -35.5830 | 10.7471 |
|             | 126-4        | 36.75        | 178        | 57        | 0         | esquina de porton | 0    | -36.7438 | 0.6734  | -35.6824 | 16.5380 |
|             | 126-5        | 2.60         | 82         | 45        | 0         | orilla de calle   | 0    | 0.3281   | 2.5792  | 1.3896   | 18.4437 |
| <b>E-70</b> | <b>E-127</b> | <b>19.76</b> | <b>252</b> | <b>56</b> | <b>40</b> |                   | 0    | -5.7956  | 18.8910 | -4.7341  | -3.0264 |
|             | 127-1        | 2.55         | 79         | 37        | 20        | orilla de calle   | 0    | 0.4594   | 2.5083  | 2.3180   | 16.1091 |

Continuación del apéndice 1.

|              |              |              |           |           |           |                       |   |          |         |          |         |
|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|---|----------|---------|----------|---------|
|              | 127-2        | 2.70         | 112       | 38        | 0         | esquina de calle      | 0 | -1.0390  | 2.4921  | 0.8196   | 16.0929 |
|              | 127-3        | 4.23         | 214       | 32        | 0         | esquina de calle      | 0 | -3.4847  | -2.3979 | -1.6260  | 11.2029 |
|              | 127-4        | 2.67         | 264       | 17        | 0         | orilla de calle       | 0 | -0.2660  | -2.6567 | 1.5927   | 10.9441 |
|              | 127-5        | 21.45        | 188       | 11        | 0         | esquina de calle      | 0 | -21.2316 | -3.0532 | -19.3730 | 10.5476 |
|              | 127-6        | 21.60        | 175       | 51        | 20        | esquina de calle      | 0 | -21.5435 | 1.5611  | -19.6849 | 15.1619 |
| <b>E-70</b>  | <b>E-128</b> | <b>24.87</b> | <b>15</b> | <b>43</b> | <b>50</b> |                       | 0 | 23.9386  | 6.7426  | 25.7972  | 20.3434 |
|              |              |              |           |           |           |                       |   |          |         |          |         |
|              | 128-1        | 1.28         | 182       | 57        | 0         | poste de luz          | 0 | -1.2783  | -0.0659 | -2.9043  | 11.1370 |
|              | 128-2        | 1.43         | 175       | 14        | 0         | esquina de banqueteta | 0 | -1.4251  | 0.1188  | -3.0511  | 11.3217 |
|              | 128-3        | 2.55         | 154       | 30        | 0         | esquina de pared      | 0 | -2.3016  | 1.0978  | -3.9276  | 12.3007 |
|              | 128-4        | 2.23         | 143       | 30        | 0         | tel. publico          | 0 | -1.7926  | 1.3265  | -3.4186  | 12.5293 |
|              | 128-5        | 3.85         | 9         | 27        | 30        | esquina de banqueteta | 0 | 3.7977   | 0.6327  | 2.1716   | 11.8355 |
|              | 128-6        | 5.58         | 25        | 0         | 0         | esquina de pared      | 0 | 5.0572   | 2.3582  | 3.4312   | 13.5611 |
|              | 128-7        | 8.63         | 9         | 3         | 0         | poste de telgua       | 0 | 8.5226   | 1.3575  | 6.8965   | 12.5603 |
|              | 128-8        | 10.86        | 7         | 35        | 0         | poste de telgua       | 0 | 10.7650  | 1.4332  | 9.1390   | 12.6360 |
|              | 128-9        | 16.28        | 5         | 49        | 0         | 2 postes de luz       | 0 | 16.1962  | 1.6499  | 14.5702  | 12.8528 |
|              | 128-10       | 25.80        | 71        | 25        | 0         | poste de telgua       | 0 | 8.2220   | 24.4548 | 6.5960   | 35.6577 |
|              | 128-11       | 1.93         | 325       | 39        | 0         | pozo de drenaje       | 0 | 1.5934   | -1.0890 | -0.0326  | 10.1139 |
| <b>E-128</b> | <b>E-129</b> | <b>64.76</b> | <b>78</b> | <b>58</b> | <b>0</b>  |                       | 0 | 12.3938  | 63.5630 | 10.7677  | 74.7658 |
|              |              |              |           |           |           |                       |   |          |         |          |         |
|              | 129-1        | 39.85        | 259       | 59        | 0         | pozo de drenaje       | 0 | -6.9313  | 39.2426 | 2.2077   | 26.6065 |
|              | 129-2        | 13.50        | 250       | 50        | 0         | poste de luz          | 0 | -4.4323  | 12.7517 | 4.7067   | -0.1156 |
|              | 129-3        | 9.10         | 282       | 42        | 0         | poste de telgua       | 0 | 2.0006   | -8.8774 | 11.1396  | 3.7587  |
|              | 129-4        | 6.15         | 266       | 23        | 30        | pozo de drenaje       | 0 | -0.3871  | -6.1378 | 8.7519   | 6.4982  |
|              | 129-5        | 4.95         | 34        | 0         | 0         | esquina de rejilla    | 0 | 4.1037   | 2.7680  | 13.2427  | 15.4040 |
|              | 129-6        | 5.30         | 37        | 57        | 0         | esquina de rejilla    | 0 | 4.1793   | 3.2594  | 13.3183  | 15.8954 |
|              | 129-7        | 3.90         | 101       | 12        | 0         | esquina de rejilla    | 0 | -0.7575  | 3.8257  | 8.3815   | 16.4618 |
|              | 129-8        | 3.45         | 103       | 51        | 0         | esquina de rejilla    | 0 | -0.8259  | 3.3497  | 8.3131   | 15.9857 |
|              | 129-9        | 17.00        | 63        | 40        | 0         | esquina de pared      | 0 | 7.5411   | 15.2359 | 16.6801  | 27.8719 |
|              | 129-10       | 16.75        | 67        | 6         | 20        | esquina de porton     | 0 | 6.5163   | 15.4305 | 15.6553  | 28.0665 |
|              | 129-11       | 16.60        | 83        | 59        | 0         | esquina de porton     | 0 | 1.7400   | 16.5086 | 10.8790  | 29.1446 |
|              | 129-12       | 16.75        | 87        | 41        | 0         | esquina de pared      | 0 | 0.6771   | 16.7363 | 9.8161   | 29.3724 |
| <b>E-128</b> | <b>E-130</b> | <b>38.09</b> | <b>4</b>  | <b>30</b> | <b>20</b> |                       | 0 | 37.9723  | 2.9922  | 37.9723  | 2.9922  |
|              |              |              |           |           |           |                       |   |          |         |          |         |
|              | 130-1        | 5.03         | 165       | 21        | 30        | rostro de pared       | 0 | -4.8667  | 1.2714  | -4.8667  | 1.2714  |
|              | 130-2        | 4.35         | 159       | 28        | 0         | rostro de pared       | 0 | -4.0736  | 1.5258  | -4.0736  | 1.5258  |
|              | 130-3        | 4.23         | 140       | 54        | 0         | rostro de pared       | 0 | -3.2827  | 2.6678  | -3.2827  | 2.6678  |
|              | 130-4        | 4.52         | 185       | 16        | 0         | rostro de pared       | 0 | -4.5009  | -0.4149 | -4.5009  | -0.4149 |



Continuación del apéndice 1.

|              |              |               |           |           |          |                                |   |          |         |          |         |
|--------------|--------------|---------------|-----------|-----------|----------|--------------------------------|---|----------|---------|----------|---------|
|              | 130-5        | 3.42          | 166       | 58        | 0        | rostro de pared                | 0 | -3.3319  | 0.7713  | -3.3319  | 0.7713  |
|              | 130-6        | 3.30          | 139       | 13        | 0        | rostro de pared                | 0 | -2.4987  | 2.1556  | -2.4987  | 2.1556  |
|              | 130-7        | 3.77          | 164       | 21        | 0        | poste de telgua                | 0 | -3.6302  | 1.0170  | -3.6302  | 1.0170  |
|              | 130-8        | 4.60          | 51        | 13        | 0        | rostro de pared                | 0 | 2.8813   | 3.5858  | 2.8813   | 3.5858  |
|              | 130-9        | 3.98          | 30        | 21        | 0        | rostro de pared                | 0 | 3.4346   | 2.0110  | 3.4346   | 2.0110  |
|              | 130-10       | 5.03          | 14        | 34        | 0        | rostro de pared                | 0 | 4.8683   | 1.2651  | 4.8683   | 1.2651  |
|              | 130-11       | 5.47          | 24        | 12        | 0        | rostro de pared                | 0 | 4.9893   | 2.2423  | 4.9893   | 2.2423  |
|              | 130-12       | 4.86          | 33        | 22        | 0        | rostro de pared                | 0 | 4.0589   | 2.6730  | 4.0589   | 2.6730  |
|              | 130-13       | 5.20          | 43        | 48        | 0        | rostro de pared                | 0 | 3.7532   | 3.5991  | 3.7532   | 3.5991  |
|              | 130-14       | 1.30          | 275       | 38        | 0        | pozo de drenaje                | 0 | 0.1276   | -1.2937 | 0.1276   | -1.2937 |
|              | 130-15       | 22.90         | 1         | 28        | 0        | pozo de drenaje                | 0 | 22.8925  | 0.5861  | 22.8925  | 0.5861  |
|              | 130-16       | 29.00         | 5         | 44        | 0        | 2 postes de telgua             | 0 | 28.8549  | 2.8971  | 28.8549  | 2.8971  |
|              | 130-17       | 4.50          | 2         | 4         | 0        | orilla de calle                | 0 | 4.4971   | 0.1623  | 4.4971   | 0.1623  |
| <b>E-130</b> | <b>E-131</b> | <b>50.64</b>  | <b>78</b> | <b>43</b> | <b>0</b> |                                | 0 | 9.9083   | 49.6612 | 26.5883  | 77.5331 |
|              |              |               |           |           |          |                                |   |          |         |          |         |
|              | 131-1        | 2.20          | 345       | 0         | 50       | poste de telgua                | 0 | 2.1252   | -0.5689 | 2.2528   | -1.8626 |
|              | 131-2        | 10.90         | 63        | 56        | 20       | esquina de pared               | 0 | 4.7887   | 9.7918  | 4.9163   | 8.4980  |
|              | 131-3        | 10.60         | 67        | 21        | 10       | esquina de banqueteta y porton | 0 | 4.0816   | 9.7827  | 4.2092   | 8.4889  |
|              | 131-4        | 9.53          | 91        | 33        | 30       | esquina de banqueteta y porton | 0 | -0.2592  | 9.5265  | -0.1316  | 8.2328  |
|              | 131-5        | 9.86          | 98        | 12        | 0        | esquina de pared               | 0 | -1.4063  | 9.7592  | -1.2787  | 8.4655  |
|              | 131-6        | 5.30          | 228       | 13        | 0        | poste de luz                   | 0 | -3.5315  | -3.9521 | -3.4039  | -5.2458 |
| <b>E-130</b> | <b>E-132</b> | <b>79.90</b>  | <b>4</b>  | <b>47</b> | <b>0</b> |                                | 0 | 79.6217  | 6.6627  | 79.7493  | 5.3690  |
|              |              |               |           |           |          |                                |   |          |         |          |         |
|              | 132-1        | 28.15         | 184       | 15        | 0        | poste de luz                   | 0 | -28.0726 | -2.0862 | -23.8634 | 6.4028  |
|              | 132-2        | 9.95          | 179       | 40        | 0        | 2 postes de telgua             | 0 | -9.9498  | 0.0579  | -5.7406  | 8.5468  |
|              | 132-3        | 10.40         | 177       | 49        | 0        | poste de telgua                | 0 | -10.3925 | 0.3962  | -6.1832  | 8.8852  |
|              | 132-4        | 2.15          | 82        | 4         | 0        | rostro de pared                | 0 | 0.2967   | 2.1294  | 4.5059   | 10.6184 |
|              | 132-5        | 40.00         | 6         | 2         | 0        | poste de telgua                | 0 | 39.7784  | 4.2043  | 43.9876  | 12.6932 |
| <b>E-132</b> | <b>E-133</b> | <b>120.57</b> | <b>5</b>  | <b>7</b>  | <b>0</b> |                                | 0 | 120.0895 | 10.7529 | 124.2988 | 19.2419 |
|              |              |               |           |           |          |                                |   |          |         |          |         |
|              | 133-1        | 37.25         | 182       | 49        | 0        | tel. publico                   | 0 | -37.2050 | -1.8305 | -42.9456 | 6.7164  |
|              | 133-2        | 36.00         | 184       | 30        | 0        | 2 postes de telgua             | 0 | -35.8890 | -2.8245 | -41.6297 | 5.7223  |
|              | 133-3        | 9.40          | 172       | 8         | 20       | rostro de pared                | 0 | -9.3117  | 1.2857  | -15.0523 | 9.8325  |
|              | 133-4        | 7.50          | 159       | 54        | 40       | rostro de pared                | 0 | -7.0437  | 2.5761  | -12.7843 | 11.0650 |
|              | 133-5        | 7.80          | 140       | 21        | 30       | rostro de pared                | 0 | -6.0064  | 4.9763  | -11.7470 | 13.5231 |
|              | 133-6        | 24.30         | 105       | 53        | 0        | rostro de banqueteta           | 0 | -6.6504  | 23.3722 | -12.3910 | 31.9191 |
|              | 133-7        | 7.00          | 136       | 8         | 0        | rostro de banqueteta           | 0 | -4.6646  | 4.4836  | -10.4052 | 13.0304 |

Continuación del apéndice 1.

|              |              |              |            |           |           |                       |   |                 |                |                 |                |
|--------------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------------------|---|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|              | 133-8        | 6.47         | 163        | 56        | 0         | rostro de banqueteta  | 0 | -8.6485         | 2.4908         | -14.3891        | 11.0376        |
|              | 133-9        | 9.00         | 182        | 44        | 0         | rostro de banqueteta  | 0 | -0.8291         | -0.0396        | -6.5697         | 8.5073         |
|              | 133-10       | 0.83         | 5          | 30        | 0         | esquina de banqueteta | 0 | 1.9410          | 0.1869         | -3.7996         | 8.7337         |
|              | 133-11       | 1.95         | 68         | 41        | 0         | esquina de pared      | 0 | 5.5982          | 14.3464        | -0.1424         | 22.8932        |
|              | 133-12       | 15.40        | 91         | 0         | 40        | esquina de pared      | 0 | -0.2718         | 15.3976        | -6.0124         | 23.9444        |
|              | 133-13       | 15.40        | 94         | 9         | 0         | esquina de banqueteta | 0 | -0.0832         | 1.1470         | -5.8238         | 9.6938         |
|              | 133-14       | 1.15         | 50         | 52        | 0         | poste de telgua       | 0 | 0.6942          | 0.8532         | -5.0464         | 9.4001         |
|              | 133-15       | 1.10         | 24         | 2         | 0         | poste de telgua       | 0 | 2.0549          | 0.9164         | -3.6857         | 9.4632         |
|              | 133-16       | 2.25         | 15         | 46        | 0         | tel. publico          | 0 | 4.6194          | 1.3043         | -1.1212         | 9.8511         |
|              | 133-17       | 4.80         | 12         | 41        | 0         | poste de luz          | 0 | 34.4386         | 7.7506         | 28.6980         | 16.2974        |
|              | 133-18       | 35.30        | 6          | 43        | 0         | poste de telgua       | 0 | 35.0577         | 4.1287         | 39.2669         | 12.6755        |
| <b>E-133</b> | <b>E-134</b> | <b>40.30</b> | <b>93</b>  | <b>37</b> | <b>10</b> |                       | 0 | <b>-2.5441</b>  | <b>40.2196</b> | <b>1.6651</b>   | <b>48.7086</b> |
|              |              |              |            |           |           |                       |   |                 |                |                 |                |
|              | 134-1        | 11.28        | 271        | 47        | 0         | esquina de pared      | 0 | 0.3510          | 11.2745        | -3.3346         | -1.8114        |
|              | 134-2        | 10.40        | 275        | 51        | 0         | esquina de pared      | 0 | 1.0600          | 10.3458        | -2.6257         | -0.8827        |
|              | 134-3        | 10.43        | 280        | 29        | 40        | esquina de pared      | 0 | 1.8997          | 10.2555        | -1.7860         | -0.7923        |
|              | 134-4        | 1.05         | 274        | 54        | 0         | esquina de pared      | 0 | 0.0897          | -1.0462        | -3.5960         | 8.4170         |
|              | 134-5        | 1.24         | 287        | 22        | 0         | poste de telgua       | 0 | 0.3701          | -1.1835        | -3.3156         | 8.2797         |
|              | 134-6        | 0.50         | 301        | 48        | 0         | poste de telgua       | 0 | 0.2635          | -0.4249        | -3.4222         | 9.0382         |
|              | 134-7        | 1.00         | 326        | 1         | 30        | esquina de pared      | 0 | 0.8293          | -0.5588        | -2.8564         | 8.9044         |
|              | 134-8        | 7.82         | 84         | 5         | 50        | esquina de pared      | 0 | 0.8042          | 7.7785         | -2.8815         | 17.2417        |
|              | 134-9        | 22.50        | 92         | 13        | 50        | esquina de bordillo   | 0 | -0.8757         | 22.4830        | -4.5614         | 31.9461        |
|              | 134-10       | 23.90        | 92         | 5         | 0         | poste de telgua       | 0 | -0.8688         | 23.8842        | -4.5545         | 33.3474        |
|              | 134-11       | 23.20        | 90         | 59        | 0         | esquina de pared      | 0 | -0.3981         | 23.1966        | -4.0838         | 32.6598        |
|              | 134-12       | 23.10        | 92         | 38        | 30        | esquina de pared      | 0 | -1.0647         | 23.0755        | -4.7503         | 32.5386        |
|              | 134-13       | 23.15        | 93         | 56        | 30        | esquina de banqueteta | 0 | -1.5913         | 23.0952        | -5.2770         | 32.5584        |
|              | 134-14       | 11.75        | 112        | 45        | 40        | esquina de banqueteta | 0 | -4.5460         | 10.8350        | -8.2316         | 20.2982        |
|              | 134-15       | 11.75        | 114        | 40        | 0         | esquina de pared      | 0 | -4.9037         | 10.6778        | -8.5894         | 20.1410        |
|              | 134-16       | 12.40        | 123        | 3         | 0         | esquina de pared      | 0 | -6.7626         | 10.3936        | -10.4483        | 19.8568        |
|              | 134-17       | 6.60         | 129        | 38        | 0         | poste de luz          | 0 | -4.2100         | 5.0829         | -7.8956         | 14.5461        |
|              | 134-18       | 7.30         | 142        | 22        | 50        | esquina de pared      | 0 | -5.7822         | 4.4560         | -9.4679         | 13.9192        |
|              | 134-19       | 7.96         | 147        | 36        | 10        | esquina de pared      | 0 | -6.7211         | 4.2649         | -10.4067        | 13.7280        |
| <b>E-134</b> | <b>E-135</b> | <b>65.04</b> | <b>102</b> | <b>50</b> | <b>10</b> |                       | 0 | <b>-14.4495</b> | <b>63.4146</b> | <b>-18.1352</b> | <b>72.8778</b> |
|              | 135-1        | 6.20         | 4          | 3         | 40        | rostro de bordillo    | 0 | 6.1844          | 0.4391         | -4.2638         | 20.2959        |
|              | 135-2        | 7.05         | 20         | 4         | 40        | rostro de bordillo    | 0 | 6.6216          | 2.4202         | -3.8267         | 22.2770        |
|              | 135-3        | 9.20         | 27         | 17        | 30        | rostro de bordillo    | 0 | 8.1759          | 4.2184         | -2.2724         | 24.0752        |
|              | 135-4        | 7.35         | 7          | 43        | 50        | esquina de pared      | 0 | 7.2832          | 0.9887         | -3.1651         | 20.8455        |
|              | 135-5        | 3.63         | 63         | 55        | 0         | pozo de drenaje       | 0 | 1.5960          | 3.2603         | -8.8522         | 23.1171        |
|              | 135-6        | 6.13         | 288        | 1         | 10        | esquina de banqueteta | 0 | 1.8963          | -5.8293        | -8.5520         | 14.0275        |
|              | 135-7        | 6.10         | 281        | 17        | 0         | esquina de pared      | 0 | 1.1935          | -5.9821        | -9.2547         | 13.8747        |



Continuación del apéndice 1.

|              |              |              |            |           |           |                     |   |          |         |          |         |
|--------------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|---------------------|---|----------|---------|----------|---------|
|              | 135-8        | 12.25        | 227        | 41        | 50        | esquina de pared    | 0 | -8.2448  | -9.0601 | -18.6931 | 10.7967 |
|              | 135-9        | 9.75         | 204        | 9         | 2         | esquina de pared    | 0 | -8.8966  | -3.9891 | -19.3449 | 15.8677 |
|              | 135-10       | 3.10         | 196        | 47        | 0         | rostro de bordillo  | 0 | -2.9680  | -0.8951 | -13.4162 | 18.9617 |
|              | 135-11       | 1.72         | 266        | 56        | 30        | rostro de bordillo  | 0 | -0.0918  | -1.7176 | -10.5400 | 18.1393 |
|              | 135-12       | 4.40         | 288        | 12        | 50        | rostro de bordillo  | 0 | 1.3753   | -4.1795 | -9.0730  | 15.6773 |
|              | 135-13       | 2.38         | 273        | 44        | 0         | poste de telgua     | 0 | 0.1550   | -2.3749 | -10.2933 | 17.4819 |
|              | 135-14       | 3.75         | 274        | 6         | 0         | tel. publico        | 0 | 0.2681   | -3.7404 | -10.1802 | 16.1164 |
|              | 135-15       | 4.40         | 278        | 4         | 0         | tel. publico        | 0 | 0.6174   | -4.3565 | -9.8308  | 15.5003 |
|              | 135-16       | 20.30        | 197        | 45        | 30        | rostro de bordillo  | 0 | -19.3327 | -6.1916 | -29.7810 | 13.6652 |
|              | 135-17       | 20.55        | 200        | 58        | 10        | rostro de pared     | 0 | -19.1890 | -7.3542 | -29.6373 | 12.5026 |
|              | 135-18       | 27.65        | 199        | 53        | 0         | rostro de pared     | 0 | -26.0017 | -9.4039 | -36.4500 | 10.4529 |
|              | 135-19       | 27.35        | 196        | 59        | 40        | rostro de bordillo  | 0 | -26.1557 | -7.9938 | -36.6040 | 11.8630 |
|              | 135-20       | 27.35        | 194        | 6         | 0         | pozo de drenaje     | 0 | -26.5260 | -6.6629 | -36.9743 | 13.1939 |
|              | 135-21       | 36.00        | 195        | 10        | 10        | rostro de bordillo  | 0 | -34.7456 | -9.4203 | -45.1939 | 10.4365 |
|              | 135-22       | 36.20        | 196        | 59        | 50        | rostro de pared     | 0 | -34.6187 | 10.5822 | -45.0670 | 9.2746  |
| <b>E-135</b> | <b>E-136</b> | <b>53.68</b> | <b>190</b> | <b>23</b> | <b>0</b>  |                     | 0 | -52.8009 | -9.6749 | -56.4866 | -0.2117 |
|              |              |              |            |           |           |                     |   |          |         |          |         |
|              | 136-1        | 19.40        | 343        | 4         | 40        | esquina de pared    | 0 | 18.5600  | -5.6468 | -18.0440 | 6.2162  |
|              | 136-2        | 1.65         | 351        | 43        | 0         | esquina de bordillo | 0 | 1.6328   | -0.2377 | -34.9712 | 11.6253 |
|              | 136-3        | 6.75         | 182        | 34        | 0         | 2 postes de telgua  | 0 | -6.7432  | -0.3023 | -43.3472 | 11.5607 |
|              | 136-4        | 12.60        | 174        | 50        | 0         | esquina de bordillo | 0 | -12.5488 | 1.1347  | -49.1528 | 12.9976 |
|              | 136-5        | 23.90        | 175        | 19        | 10        | rostro de bordillo  | 0 | -23.8203 | 1.9502  | -60.4243 | 13.8132 |
|              | 136-6        | 23.95        | 178        | 1         | 10        | esquina de pared    | 0 | -23.9357 | 0.8277  | -60.5397 | 12.6907 |
|              | 136-7        | 25.36        | 192        | 9         | 50        | esquina de pared    | 0 | -24.7906 | -5.3436 | -61.3946 | 6.5194  |
|              | 136-8        | 11.93        | 162        | 41        | 0         | pozo de drenaje     | 0 | -11.3893 | 3.5510  | -47.9933 | 15.4140 |
| <b>E-136</b> | <b>E-138</b> | <b>60.00</b> | <b>172</b> | <b>28</b> | <b>0</b>  |                     | 0 | -59.4821 | 7.8662  | -96.0861 | 19.7292 |
|              |              |              |            |           |           |                     |   |          |         |          |         |
|              | 137-1        | 18.65        | 349        | 5         | 0         | 2 postes de telgua  | 0 | 18.3125  | -3.5320 | -42.1118 | 10.2813 |
|              | 137-2        | 4.67         | 172        | 36        | 0         | esquina de bordillo | 0 | -4.6311  | 0.6015  | -65.0554 | 14.4147 |
|              | 137-3        | 17.30        | 176        | 4         | 0         | poste de telgua     | 0 | -17.2593 | 1.1867  | -77.6835 | 14.9999 |
| <b>E-133</b> | <b>E-138</b> | <b>60.06</b> | <b>4</b>   | <b>41</b> | <b>0</b>  |                     | 0 | 59.8595  | 4.9038  | -0.5648  | 18.7170 |
|              |              |              |            |           |           |                     |   |          |         |          |         |
|              | 138-1        | 11.35        | 185        | 16        | 0         | pozo de drenaje     | 0 | -11.3021 | -1.0418 | -11.3021 | -1.0418 |
|              | 138-2        | 2.65         | 163        | 2         | 0         | 2 postes de telgua  | 0 | -2.5347  | 0.7733  | -2.5347  | 0.7733  |
|              | 138-3        | 11.75        | 20         | 27        | 0         | esquina de pared    | 0 | 11.0095  | 4.1053  | 11.0095  | 4.1053  |
|              | 138-4        | 13.60        | 9          | 50        | 0         | esquina de pared    | 0 | 13.4002  | 2.3226  | 13.4002  | 2.3226  |
|              | 138-5        | 18.70        | 6          | 4         | 0         | poste de telgua     | 0 | 18.5953  | 1.9763  | 18.5953  | 1.9763  |
|              | 138-6        | 8.83         | 4          | 6         | 0         | orilla de calle     | 0 | 8.8074   | 0.6313  | 8.8074   | 0.6313  |
| <b>E-138</b> | <b>E-139</b> | <b>32.01</b> | <b>4</b>   | <b>5</b>  | <b>50</b> |                     | 0 | 31.9282  | 2.2871  | 31.9282  | 2.2871  |
|              |              |              |            |           |           |                     |   |          |         |          |         |
|              | 139-1        | -2.54        | 155        | 28        | 40        | rostro de pared     | 0 | 2.3109   | -1.0542 | 13.3204  | 3.0511  |

Continuación del apéndice 1.

|              |             |             |            |           |           |                     |   |         |         |         |         |
|--------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|---------------------|---|---------|---------|---------|---------|
|              | 139-2       | 2.35        | 140        | 31        | 0         | rostro de pared     | 0 | -1.8138 | 1.4943  | 9.1957  | 5.5996  |
|              | 139-3       | 2.68        | 129        | 26        | 10        | rostro de pared     | 0 | -1.7024 | 2.0699  | 9.3071  | 6.1752  |
|              | 139-4       | 2.50        | 108        | 12        | 40        | rostro de bordillo  | 0 | -0.7813 | 2.3748  | 10.2282 | 6.4801  |
|              | 139-5       | 1.35        | 144        | 20        | 0         | rostro de bordillo  | 0 | -1.0968 | 0.7871  | 9.9127  | 4.8925  |
|              | 139-6       | 2.45        | 184        | 42        | 0         | rostro de bordillo  | 0 | -2.4418 | -0.2007 | 8.5677  | 3.9046  |
|              | 139-7       | 6.35        | 4          | 7         | 30        | esquina de bordillo | 0 | 6.3336  | 0.4568  | 17.3430 | 4.5621  |
|              | 139-8       | 7.35        | 20         | 6         | 30        | esquina de pared    | 0 | 6.9020  | 2.5269  | 17.9115 | 6.6322  |
|              | 139-9       | 6.96        | 24         | 33        | 0         | esquina de pared    | 0 | 6.3308  | 2.8918  | 17.3403 | 6.9971  |
| <b>E-139</b> | <b>E-78</b> | <b>7.98</b> | <b>282</b> | <b>33</b> | <b>50</b> |                     | 0 | 1.7359  | -7.7889 | 12.7454 | -3.6836 |
| <b>E-78</b>  | <b>E-79</b> |             | <b>322</b> | <b>53</b> | <b>50</b> |                     | 0 | 0.0000  | 0.0000  | 8.5677  | 3.9046  |

Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 2. Construcción del sistema de drenaje pluvial

### UBICACIÓN

AVENIDA LA BRIGADA, COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO

| NO.      | DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | IMPORTE        | SUB TOTAL              |
|----------|--|--------|----------|-----------------|----------------|------------------------|
| <b>1</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>   |        |          |                 |                | <b>Q 15,304.40</b>     |
| 1.1      | Topografía para trazo y nivelación   | unidad | 10.00    | Q 1,530.44      | Q 15,304.40    |                        |
| <b>2</b> | <b>CONSTRUCCION DE COLECTORES</b>  |        |          |                 |                | <b>Q 24,103,491.96</b> |
| 2.1      | Excavación en tunel (incluye excavación, pozo de trabajo, carga y acarreo del material sobrante).  | m³     | 8,367.40 | Q 1,055.73      | Q 8,833,715.56 |                        |
| 2.2      | Excavación de zanja manual (incluye corte, carga y acarreo)  | m³     | 434.52   | Q 126.85        | Q 55,119.06    |                        |
| 2.3      | Construcción de tunel de ø 1.50 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)  | m      | 576.24   | Q 4,527.88      | Q 2,609,145.57 |                        |
| 2.4      | Construcción de tunel de ø 2.00 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)  | m      | 1,537.26 | Q 5,431.12      | Q 8,349,043.53 |                        |
| 2.5      | Construcción de tunel de ø 2.50 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)  | m      | 601.82   | Q 7,072.66      | Q 4,256,468.24 |                        |
| <b>3</b> | <b>CONSTRUCCION DE POZO DE VISITA</b>  |        |          |                 |                | <b>Q 3,712,566.03</b>  |
| 3.1      | Construcción de pozo tipo 1 h = 4.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 1.00     | Q 45,825.79     | Q 45,825.79    |                        |
| 3.2      | Construcción de pozo tipo 1 h = 5.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 1.00     | Q 73,322.87     | Q 73,322.87    |                        |
| 3.3      | Construcción de pozo tipo 1 h = 6.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 2.00     | Q 81,868.84     | Q 163,737.68   |                        |
| 3.4      | Construcción de pozo tipo 1 h = 7.0 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 9.00     | Q 87,920.99     | Q 791,288.91   |                        |
| 3.5      | Construcción de pozo tipo 1 h = 8.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 7.00     | Q 98,309.36     | Q 688,165.52   |                        |
| 3.6      | Construcción de pozo tipo 1 h = 8.5 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 3.00     | Q 102,524.02    | Q 307,572.06   |                        |
| 3.7      | Construcción de pozo tipo 1 h = 9.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 9.00     | Q 106,412.52    | Q 957,712.68   |                        |
| 3.8      | Construcción de pozo tipo 1 h = 9.5 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 1.00     | Q 110,300.97    | Q 110,300.97   |                        |
| 3.9      | Construcción de pozo tipo 1 h = 10.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 5.00     | Q 114,925.91    | Q 574,629.55   |                        |
| 3.10     | Construcción de pozo tipo 1 h = 11.0 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)  | unidad | 1.00     | Q 122,702.26    | Q 122,702.26   |                        |
| 3.11     | Construcción de pozo tipo 1 h = 12.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 1.00     | Q 131,191.46    | Q 131,191.46   |                        |
| 3.12     | Construcción de pozo tipo 1 h = 15.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)   | unidad | 1.00     | Q 156,018.10    | Q 156,018.10   |                        |
| <b>4</b> | <b>PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA</b>  |        |          |                 |                | <b>Q 9,062.42</b>      |
| 4.1      | Relleno compactado con material Selecto (incluye carga, acarreo, colocación y compactación del material)   | m³     | 29.24    | Q 309.94        | Q 9,062.42     |                        |
| <b>5</b> | <b>OBRA COMPLEMENTARIA</b>   |        |          |                 |                | <b>Q 8,828.37</b>      |
| 5.1      | Construcción de rejilla tragante tipo 1 que incluye la tubería a conectar al pozo existente (incluye excavación, armadura, formaleta, tubo de conexión de la rejilla tragante hacia pozo existente, instalación de tubería, relleno de la tubería hacia el pozo existente) | ml     | 144.40   | Q 61.14         | Q 8,828.37     |                        |
| <b>6</b> | <b>DESFOGUE</b>  |        |          |                 |                | <b>Q 15,521.24</b>     |
| 6.1      | Desmante y chapeo del área de trabajo a mano de espesor de 0.25 m (incluye limpieza de raíces, corte material organico,  | m²     | 50.00    | Q 224.17        | Q 11,208.50    |                        |

Continuación del apéndice 2.

MUNICIPALIDAD DE MIXCO  
PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

PROYECTO  
CONSTRUCCION SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL UBICADO EN AVENIDA LA BRIGADA, COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA.

| No.                               | DESCRIPCION                   | CRONOGRAMA FISICO FINANCIERO |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | SUMATORIA       |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--------|---|---|--------|---|---|--------|---|---|-----------------|
|                                   |                               | MES 1                        |   |   | MES 2 |   |   | MES 3 |   |   | MES 4 |   |   | MES 5 |   |   | MES 6 |   |   | MES 7 |   |   | MES 8 |   |   | MES 9 |   |   | MES 10 |   |   | MES 11 |   |   | MES 12 |   |   |                 |
|                                   |                               | 1                            | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 |                 |
|                                   | % AVANCE ACUMULADO            |                              |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   |                 |
| 1                                 | TRABAJO PRELIMINARES          | 0.0827%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.0827%         |
|                                   |                               | 0.14,220.30                  |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.14,220.30     |
| 2                                 | CONSTRUCCION DE COLECTORES    | 84.194%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 84.194%         |
|                                   |                               | 0.11,652,200.70              |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.11,652,200.70 |
| 3                                 | CONSTRUCCION DE POZO DE VENTA | 18.877%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 18.877%         |
|                                   |                               | 0.37,524,401.40              |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.37,524,401.40 |
| 4                                 | PROTECCION DE LA TUBERIA      | 0.0385%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.0385%         |
|                                   |                               | 0.431,203.84                 |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.431,203.84    |
| 5                                 | OBRA COMPLEMENTARIA           | 0.0387%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.0387%         |
|                                   |                               | 0.452,285.27                 |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.452,285.27    |
| 6                                 | DESFUOQUE                     | 0.0279%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.0279%         |
|                                   |                               | 0.515,706.04                 |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.515,706.04    |
| <b>AVANCE FINANCIERO ESPERADO</b> |                               | 100.00%                      |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 100.00%         |
|                                   |                               | 0.7,982,221.88               |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.7,982,221.88  |
|                                   |                               | 0.37,794,401.40              |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.37,794,401.40 |
|                                   |                               | 0.4,497,098.87               |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.4,497,098.87  |
|                                   |                               | 0.271,4,807.97               |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.271,4,807.97  |
|                                   |                               | 0.454,872.24                 |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.454,872.24    |
|                                   |                               | 0.3,398.80                   |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.3,398.80      |
|                                   |                               | 0.9,771.92                   |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.9,771.92      |
|                                   |                               | 0.3,028.98                   |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.3,028.98      |
|                                   |                               | 0.3,028.98                   |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.3,028.98      |
|                                   |                               | 0.6,898.98                   |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.6,898.98      |
|                                   |                               | 0.22,809,828.87              |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |   |        |   |   |        |   |   | 0.22,809,828.87 |

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Cálculos Hidráulicos por sector

**Expresiones utilizadas**

**Hazen Williams**

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

**Calculo de Velocidad**

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

**Sobrepresión por Golpe de Ariete**

$$G.A. = \left( \frac{1.45}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm<sup>2</sup>)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

**Calculo Hidráulico**

**1 Línea de Conduccion Sector 5 colonia La Brigada zona 7 de Mixco**

| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diametro (") | Hf (m) | vel (m/s) |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1     | A       | B      | 680.25       | 5.047        | 12           | 0.01   | 0.07      |
| 2     | C       | B      | 374.21       | 8.201        | 12           | 0.02   | 0.11      |
| 3     | D       | B      | 385.33       | 19.00        | 12           | 0.08   | 0.26      |
| 4     | B       | 2      | 730.59       | 32.248       | 12           | 0.41   | 0.44      |

| Nodo | Cota Terreno | Altura Piezometrica | Presión Dinámica (mca) | Presión Estática (mca) | OBSERVACION ES |
|------|--------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| A    | 106.48       | 117.15              | 10.67                  | 5.97                   | -----          |
| B    | 112.45       | 123.98              | 11.53                  | 0.76                   | -----          |
| 1    | 113.21       | 125.65              | 12.44                  | 0.00                   | -----          |



Continuación del apéndice 3.

**CALCULO HIDRAULICO SECTOR 5**

| No.<br>TRAMO | DE<br>NODO | A<br>NODO | LONGITUD<br>( M ) | DIAMETRO<br>(MM) | C   | CAUDAL |       | VELOCIDAD |       | PERDIDA |  |
|--------------|------------|-----------|-------------------|------------------|-----|--------|-------|-----------|-------|---------|--|
|              |            |           |                   |                  |     | (LPS)  | (MPS) | (M/KM)    | ( M ) |         |  |
| 1            | 1          | 2         | 730.59            | 300              | 150 | 31.41  | 0.44  |           | 0.59  | 0.43    |  |
| 2            | 2          | 3         | 108.08            | 100              | 150 | 0.85   | 0.11  | LO        | 0.16  | 0.02    |  |
| 3            | 2          | 4         | 83.95             | 100              | 150 | 4.26   | 0.54  |           | 3.06  | 0.26    |  |
| 4            | 4          | 5         | 79.19             | 100              | 150 | 0.31   | 0.04  | LO        | 0.02  | 0.00    |  |
| 5            | 4          | 6         | 39.65             | 100              | 150 | 3.04   | 0.39  |           | 1.64  | 0.06    |  |
| 6            | 6          | 7         | 58.29             | 100              | 150 | 0.43   | 0.05  | LO        | 0.04  | 0.00    |  |
| 7            | 6          | 8         | 29.68             | 100              | 150 | 1.82   | 0.23  | LO        | 0.63  | 0.02    |  |
| 8            | 8          | 9         | 64.33             | 100              | 150 | 0.91   | 0.05  | LO        | 0.02  | 0.00    |  |
| 9            | 2          | 10        | 58.57             | 150              | 150 | 24.66  | 1.40  |           | 10.94 | HI 0.64 |  |
| 10           | 10         | 11        | 93.19             | 150              | 150 | 22.06  | 1.25  |           | 8.90  | 0.83    |  |
| 11           | 11         | 12        | 37.31             | 150              | 150 | 1.28   | 0.07  | LO        | 0.05  | 0.00    |  |
| 12           | 12         | 13        | 38.6              | 50               | 150 | 0.55   | 0.28  | LO        | 2.03  | 0.08    |  |
| 13           | 12         | 14        | 42.88             | 50               | 150 | 0.18   | 0.09  | LO        | 0.25  | 0.01    |  |
| 14           | 14         | 15        | 47.74             | 50               | 150 | 0.97   | 0.49  |           | 5.79  | 0.28    |  |
| 15           | 14         | 16        | 45.49             | 50               | 150 | 0.43   | 0.22  | LO        | 1.29  | 0.06    |  |
| 16           | 17         | 14        | 45.76             | 50               | 150 | 1.77   | 0.90  |           | 17.64 | HI 0.81 |  |
| 17           | 10         | 17        | 34.25             | 100              | 150 | 2.34   | 0.30  | LO        | 1.01  | 0.03    |  |
| 18           | 17         | 18        | 194.66            | 150              | 150 | 0.31   | 0.02  | LO        | 0.00  | 0.00    |  |
| 19           | 11         | 19        | 51.17             | 150              | 150 | 10.25  | 0.58  |           | 2.16  | 0.11    |  |
| 20           | 19         | 20        | 96.57             | 100              | 150 | 5.65   | 0.72  |           | 5.17  | 0.50    |  |
| 21           | 20         | 21        | 32.04             | 75               | 150 | 2.16   | 0.49  |           | 3.54  | 0.11    |  |
| 22           | 21         | 22        | 48.32             | 75               | 150 | 0.49   | 0.11  | LO        | 0.23  | 0.01    |  |
| 23           | 21         | 23        | 21.55             | 75               | 150 | 0.82   | 0.19  | LO        | 0.59  | 0.01    |  |
| 24           | 23         | 24        | 53.5              | 75               | 150 | 0.61   | 0.14  | LO        | 0.34  | 0.02    |  |
| 25           | 20         | 25        | 56.02             | 75               | 150 | 0.31   | 0.07  | LO        | 0.10  | 0.01    |  |
| 26           | 20         | 26        | 17.51             | 75               | 150 | 2.92   | 0.66  |           | 6.19  | 0.11    |  |
| 27           | 26         | 27        | 48.5              | 100              | 150 | 0.49   | 0.06  | LO        | 0.06  | 0.00    |  |
| 28           | 26         | 28        | 56.3              | 150              | 150 | 1.76   | 0.10  | LO        | 0.08  | 0.00    |  |
| 29           | 28         | 29        | 114.96            | 150              | 150 | 0.97   | 0.06  | LO        | 0.03  | 0.00    |  |
| 30           | 30         | 29        | 56.58             | 75               | 150 | 1.09   | 0.25  | LO        | 1.00  | 0.06    |  |
| 31           | 30         | 31        | 41.46             | 75               | 150 | 0.43   | 0.10  | LO        | 0.18  | 0.01    |  |
| 32           | 32         | 30        | 37.05             | 75               | 150 | 2.49   | 0.56  |           | 4.61  | 0.17    |  |
| 33           | 19         | 32        | 35.25             | 75               | 150 | 3.99   | 0.90  |           | 10.98 | HI 0.39 |  |
| 34           | 33         | 32        | 92.23             | 75               | 150 | 1.34   | 0.30  |           | 1.47  | 0.14    |  |
| 35           | 33         | 34        | 39.53             | 75               | 150 | 0.26   | 0.06  | LO        | 0.07  | 0.00    |  |
| 36           | 35         | 33        | 17.61             | 100              | 150 | 1.81   | 0.23  | LO        | 0.63  | 0.01    |  |
| 37           | 36         | 35        | 30.37             | 100              | 150 | 7.67   | 0.98  |           | 9.09  | 0.28    |  |
| 38           | 11         | 36        | 34.99             | 150              | 150 | 10.10  | 0.57  |           | 2.10  | 0.07    |  |
| 39           | 36         | 37        | 63.94             | 75               | 150 | 1.03   | 0.23  | LO        | 0.90  | 0.06    |  |
| 40           | 35         | 38        | 131.61            | 75               | 150 | 1.47   | 0.33  |           | 1.74  | 0.23    |  |
| 41           | 38         | 39        | 129.43            | 75               | 150 | 0.13   | 0.03  | LO        | 0.02  | 0.00    |  |
| 42           | 40         | 39        | 129.43            | 75               | 150 | 0.08   | 0.02  | LO        | 0.01  | 0.00    |  |
| 43           | 40         | 41        | 27.74             | 100              | 150 | 1.11   | 0.14  | LO        | 0.25  | 0.01    |  |
| 44           | 41         | 42        | 33.43             | 100              | 150 | 1.16   | 0.15  | LO        | 0.28  | 0.01    |  |
| 45           | 43         | 41        | 27.74             | 100              | 150 | 0.20   | 0.03  | LO        | 0.01  | 0.00    |  |
| 46           | 32         | 43        | 93.86             | 100              | 150 | 2.29   | 0.29  | LO        | 0.97  | 0.09    |  |
| 47           | 43         | 44        | 21.1              | 50               | 150 | 1.88   | 0.96  |           | 19.62 | HI 0.41 |  |
| 48           | 44         | 45        | 37.31             | 50               | 150 | 0.26   | 0.13  | LO        | 0.51  | 0.02    |  |
| 49           | 44         | 46        | 26.77             | 50               | 150 | 0.89   | 0.45  |           | 4.89  | 0.13    |  |
| 50           | 47         | 46        | 32.9              | 50               | 150 | 0.23   | 0.12  | LO        | 0.40  | 0.01    |  |
| 51           | 48         | 47        | 33.37             | 50               | 150 | 0.60   | 0.31  |           | 2.38  | 0.08    |  |
| 52           | 29         | 48        | 17.29             | 50               | 150 | 1.81   | 0.92  |           | 18.30 | HI 0.32 |  |
| 53           | 48         | 49        | 68.5              | 50               | 150 | 0.66   | 0.33  |           | 2.81  | 0.19    |  |
| 54           | 46         | 49        | 38.95             | 50               | 150 | 0.63   | 0.32  |           | 2.57  | 0.10    |  |
| 55           | 49         | 50        | 46.85             | 50               | 150 | 0.37   | 0.19  | LO        | 0.97  | 0.05    |  |
| 56           | 49         | 51        | 43.5              | 50               | 150 | 0.54   | 0.28  | LO        | 1.97  | 0.09    |  |
| 57           | 52         | 51        | 89.03             | 50               | 150 | 0.19   | 0.10  | LO        | 0.28  | 0.02    |  |
| 58           | 53         | 52        | 82.95             | 50               | 150 | 0.98   | 0.50  |           | 5.88  | 0.49    |  |
| 59           | 53         | 54        | 33.71             | 75               | 150 | 0.55   | 0.12  | LO        | 0.28  | 0.01    |  |
| 60           | 55         | 53        | 55.11             | 75               | 150 | 1.79   | 0.40  |           | 2.49  | 0.14    |  |
| 61           | 40         | 55        | 95.27             | 100              | 150 | 2.22   | 0.28  | LO        | 0.92  | 0.09    |  |
| 62           | 35         | 40        | 91.55             | 100              | 150 | 3.83   | 0.49  |           | 2.52  | 0.23    |  |

Continuación del apéndice 3.

**PRESIONES SECTOR 5**

| <b>NODO</b> | <b>CAUDAL<br/>(LPS)</b> | <b>ELEVACION<br/>(M)</b> | <b>PIEZO<br/>(M)</b> | <b>PRESION<br/>(M)</b> |
|-------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 R         | 31.41                   | 126.06                   | 136.06               | 10.00                  |
| 2           | -1.64                   | 107.40                   | 135.64               | 28.23                  |
| 3           | -0.85                   | 96.80                    | 135.62               | 38.82                  |
| 4           | -0.91                   | 109.28                   | 135.38               | 26.10                  |
| 5           | -0.31                   | 110.63                   | 135.38               | 24.75                  |
| 6           | -0.79                   | 107.74                   | 135.31               | 27.58                  |
| 7           | -0.43                   | 100.27                   | 135.31               | 35.04                  |
| 8           | -0.91                   | 106.78                   | 135.29               | 28.52                  |
| 9           | -0.91                   | 98.65                    | 135.29               | 36.64                  |
| 10          | -0.26                   | 106.30                   | 134.99               | 28.70                  |
| 11          | -0.43                   | 104.86                   | 134.17               | 29.30                  |
| 12          | -0.55                   | 101.27                   | 134.16               | 32.90                  |
| 13          | -0.55                   | 102.62                   | 134.09               | 31.47                  |
| 14          | -0.55                   | 97.00                    | 134.15               | 37.15                  |
| 15          | -0.97                   | 98.16                    | 133.88               | 35.72                  |
| 16          | -0.43                   | 102.00                   | 134.09               | 32.10                  |
| 17          | -0.26                   | 89.62                    | 134.96               | 45.34                  |
| 18          | -0.31                   | 82.18                    | 134.96               | 52.78                  |
| 19          | -0.61                   | 106.47                   | 134.06               | 27.59                  |
| 20          | -0.26                   | 108.67                   | 133.56               | 24.88                  |
| 21          | -0.85                   | 108.67                   | 133.44               | 24.77                  |
| 22          | -0.49                   | 109.34                   | 133.43               | 24.10                  |
| 23          | -0.21                   | 108.88                   | 133.43               | 24.55                  |
| 24          | -0.61                   | 109.60                   | 133.41               | 23.81                  |
| 25          | -0.31                   | 109.57                   | 133.55               | 23.98                  |
| 26          | -0.67                   | 108.95                   | 133.45               | 24.50                  |
| 27          | -0.49                   | 109.63                   | 133.45               | 23.82                  |
| 28          | -0.79                   | 109.05                   | 133.44               | 24.40                  |
| 29          | -0.26                   | 107.12                   | 133.44               | 26.32                  |
| 30          | -0.97                   | 106.29                   | 133.50               | 27.21                  |
| 31          | -0.43                   | 105.82                   | 133.49               | 27.67                  |
| 32          | -0.55                   | 105.69                   | 133.67               | 27.98                  |
| 33          | -0.21                   | 105.06                   | 133.80               | 28.74                  |
| 34          | -0.26                   | 104.41                   | 133.80               | 29.39                  |
| 35          | -0.55                   | 104.51                   | 133.82               | 29.31                  |
| 36          | -1.4                    | 105.03                   | 134.09               | 29.06                  |
| 37          | -1.03                   | 105.86                   | 134.03               | 28.18                  |
| 38          | -1.34                   | 95.40                    | 133.59               | 38.18                  |
| 39          | -0.21                   | 99.11                    | 133.58               | 34.48                  |
| 40          | -0.43                   | 102.98                   | 133.59               | 30.61                  |
| 41          | -0.15                   | 103.64                   | 133.58               | 29.93                  |
| 42          | -1.16                   | 104.22                   | 133.57               | 29.35                  |
| 43          | -0.21                   | 104.29                   | 133.58               | 29.28                  |
| 44          | -0.73                   | 104.69                   | 133.16               | 28.47                  |
| 45          | -0.26                   | 105.34                   | 133.14               | 27.80                  |
| 46          | -0.49                   | 105.09                   | 133.03               | 27.94                  |
| 47          | -0.37                   | 105.66                   | 133.04               | 27.39                  |
| 48          | -0.55                   | 106.18                   | 133.12               | 26.95                  |
| 49          | -0.37                   | 105.25                   | 132.93               | 27.68                  |
| 50          | -0.37                   | 104.98                   | 132.89               | 27.91                  |
| 51          | -0.73                   | 105.62                   | 132.85               | 27.22                  |
| 52          | -0.79                   | 102.43                   | 132.87               | 30.44                  |
| 53          | -0.26                   | 101.02                   | 133.36               | 32.34                  |
| 54          | -0.55                   | 102.78                   | 133.35               | 30.58                  |
| 55          | -0.43                   | 104.51                   | 133.50               | 28.99                  |

Continuación del apéndice 3.

**Expresiones utilizadas**

**Hazen Williams**

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

**Calculo de Velocidad**

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

**Sobrepresión por Golpe de Ariete**

$$G.A. = \left( \frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm<sup>2</sup>)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

**Calculo Hidráulico**

**1 Línea de Conduccion Sector 6 colonia La Brigada zona 7 de Mixco**

| (1)   | (2)     | (3)    | (4)          | (5)          | (6)          | (7)    | (8)       |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diametro (") | Hf (m) | vel (m/s) |
| 1     | A       | B      | 760.93       | 19.02        | 10           | 0.39   | 0.38      |
| 2     | C       | B      | 466.57       | 18.93        | 12           | 0.10   | 0.26      |
| 3     | D       | B      | 385.33       | 19.00        | 12           | 0.08   | 0.26      |
| 4     | B       | 2      | 730.59       | 56.95        | 12           | 1.18   | 0.78      |

| Nodo | Cota Terreno | Cota Piezometrica | Presión Dinámica (mca) | Presión Estática (mca) | OBSERVACIONES |
|------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| A    | 106.903      | 117.56            | 10.66                  | 3.16                   | -----         |
| B    | 110.06       | 122.03            | 11.97                  | 4.18                   | -----         |
| 1    | 114.24       | 136.06            | 21.82                  | -114.24                | -----         |



Continuación del apéndice 3.

**CALCULO HIDRAULICO SECTOR 6**

| No. TRAMO | DE NODO | A NODO | LONGITUD | DIAMETRO | C   | CAUDAL | VELOCIDAD | PERDIDA |       |         |
|-----------|---------|--------|----------|----------|-----|--------|-----------|---------|-------|---------|
|           |         |        | (M)      | (MM)     |     | (LPS)  | (MPS)     | (M/KM)  | (M)   |         |
| 1         | 1       | 2      | 298.2    | 250      | 150 | 19.02  | 0.39      |         | 0.56  | 0.17    |
| 2         | 2       | 3      | 104.29   | 100      | 150 | 5.99   | 0.76      |         | 5.76  | 0.60    |
| 3         | 3       | 4      | 50.61    | 100      | 150 | 0.91   | 0.12      | LO      | 0.18  | 0.01    |
| 4         | 3       | 5      | 58.02    | 100      | 150 | 4.59   | 0.59      |         | 3.52  | 0.20    |
| 5         | 2       | 6      | 114.27   | 150      | 150 | 12.60  | 0.71      |         | 3.16  | 0.36    |
| 6         | 6       | 7      | 52.14    | 100      | 150 | 7.46   | 0.95      |         | 8.64  | 0.45    |
| 7         | 7       | 8      | 28.99    | 75       | 150 | 3.65   | 0.83      |         | 9.33  | 0.27    |
| 8         | 8       | 9      | 84.04    | 75       | 150 | 3.10   | 0.70      |         | 6.90  | 0.58    |
| 9         | 9       | 10     | 47.21    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  | 0.00    |
| 10        | 9       | 11     | 11.5     | 75       | 150 | 2.46   | 0.56      |         | 4.50  | 0.05    |
| 11        | 12      | 11     | 42.11    | 75       | 150 | 3.24   | 0.73      |         | 7.47  | 0.31    |
| 12        | 7       | 12     | 70.03    | 75       | 150 | 3.44   | 0.78      |         | 8.38  | 0.59    |
| 13        | 13      | 12     | 49.5     | 75       | 150 | 1.33   | 0.30      |         | 1.44  | 0.07    |
| 14        | 16      | 13     | 48.62    | 75       | 150 | 0.14   | 0.03      | LO      | 0.02  | 0.00    |
| 15        | 14      | 13     | 96.41    | 75       | 150 | 2.10   | 0.48      |         | 3.36  | 0.32    |
| 16        | 6       | 14     | 41.05    | 75       | 150 | 4.82   | 1.09      |         | 15.62 | HI 0.64 |
| 17        | 14      | 15     | 38.64    | 75       | 150 | 2.41   | 0.55      |         | 4.33  | 0.17    |
| 18        | 15      | 16     | 74.84    | 75       | 150 | 1.62   | 0.37      |         | 2.08  | 0.16    |
| 19        | 16      | 17     | 20.5     | 75       | 150 | 0.68   | 0.15      | LO      | 0.41  | 0.01    |
| 20        | 17      | 18     | 68.55    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  | 0.00    |
| 21        | 19      | 17     | 10.12    | 75       | 150 | 0.20   | 0.05      | LO      | 0.04  | 0.00    |
| 22        | 20      | 19     | 15.69    | 75       | 150 | 1.29   | 0.29      | LO      | 1.35  | 0.02    |
| 23        | 20      | 21     | 70.03    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  | 0.00    |
| 24        | 22      | 20     | 24.87    | 75       | 150 | 2.11   | 0.48      |         | 3.37  | 0.08    |
| 25        | 5       | 22     | 135.64   | 100      | 150 | 4.28   | 0.55      |         | 3.09  | 0.42    |
| 26        | 22      | 23     | 51.29    | 75       | 150 | 1.69   | 0.38      |         | 2.24  | 0.12    |
| 27        | 23      | 24     | 67.74    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  | 0.00    |
| 28        | 23      | 25     | 36.35    | 75       | 150 | 0.81   | 0.18      | LO      | 0.57  | 0.02    |
| 29        | 19      | 25     | 41.08    | 75       | 150 | 0.93   | 0.21      | LO      | 0.75  | 0.03    |
| 30        | 25      | 26     | 73.6     | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  | 0.00    |
| 31        | 25      | 27     | 23.01    | 50       | 150 | 1.10   | 0.56      |         | 7.33  | 0.17    |
| 32        | 16      | 27     | 74.43    | 50       | 150 | 0.65   | 0.33      |         | 2.79  | 0.21    |
| 33        | 27      | 28     | 64.25    | 50       | 150 | 0.15   | 0.08      | LO      | 0.18  | 0.01    |
| 34        | 27      | 29     | 34.5     | 50       | 150 | 1.18   | 0.60      |         | 8.27  | 0.29    |
| 35        | 29      | 30     | 64.25    | 50       | 150 | 0.15   | 0.08      | LO      | 0.18  | 0.01    |
| 36        | 29      | 31     | 33.87    | 50       | 150 | 0.36   | 0.18      | LO      | 0.90  | 0.03    |
| 37        | 12      | 31     | 40.15    | 50       | 150 | 1.39   | 0.71      |         | 11.26 | HI 0.45 |
| 38        | 31      | 32     | 54.75    | 50       | 150 | 1.53   | 0.78      |         | 13.54 | HI 0.74 |
| 39        | 32      | 33     | 22.51    | 50       | 150 | 0.83   | 0.42      |         | 4.34  | 0.10    |
| 40        | 33      | 34     | 27.02    | 50       | 150 | 0.31   | 0.16      | LO      | 0.70  | 0.02    |
| 41        | 33      | 35     | 38.09    | 50       | 150 | 0.15   | 0.08      | LO      | 0.18  | 0.01    |
| 42        | 32      | 36     | 16.51    | 75       | 150 | 0.33   | 0.08      | LO      | 0.11  | 0.00    |
| 43        | 11      | 36     | 48       | 75       | 150 | 5.27   | 1.19      |         | 18.38 | HI 0.88 |
| 44        | 36      | 37     | 25.08    | 75       | 150 | 5.34   | 1.21      |         | 18.87 | HI 0.47 |
| 45        | 37      | 38     | 41.6     | 75       | 150 | 0.21   | 0.05      | LO      | 0.05  | 0.00    |
| 46        | 37      | 39     | 24.6     | 75       | 150 | 4.64   | 1.05      |         | 14.55 | HI 0.36 |
| 47        | 39      | 40     | 50.39    | 75       | 150 | 0.26   | 0.06      | LO      | 0.07  | 0.00    |
| 48        | 39      | 41     | 15.4     | 75       | 150 | 3.59   | 0.81      |         | 9.05  | 0.14    |
| 49        | 41      | 42     | 69.31    | 50       | 150 | 1.08   | 0.55      |         | 7.07  | 0.49    |
| 50        | 42      | 43     | 39.51    | 50       | 150 | 0.55   | 0.28      | LO      | 2.03  | 0.08    |
| 51        | 42      | 44     | 59.91    | 50       | 150 | 0.16   | 0.08      | LO      | 0.21  | 0.01    |
| 52        | 41      | 44     | 34.35    | 50       | 150 | 1.60   | 0.81      |         | 14.62 | HI 0.50 |
| 53        | 44      | 45     | 34.73    | 50       | 150 | 0.85   | 0.43      |         | 4.54  | 0.16    |

Continuación del apéndice 3.

**PRESIONES SECTOR 6**

| <b>NODO</b> | <b>CAUDAL</b> | <b>ELEVACION</b> | <b>PIEZO</b> | <b>PRESION</b> |
|-------------|---------------|------------------|--------------|----------------|
|             | <b>(LPS)</b>  | <b>(M)</b>       | <b>(M)</b>   | <b>(M)</b>     |
| 1 R         | 19.02         | 126.07           | 136.07       | 10.00          |
| 2           | -0.43         | 118.04           | 135.90       | 17.86          |
| 3           | -0.49         | 121.11           | 135.30       | 14.19          |
| 4           | -0.91         | 120.27           | 135.30       | 15.03          |
| 5           | -0.31         | 123.33           | 135.10       | 11.77          |
| 6           | -0.31         | 115.93           | 135.54       | 19.61          |
| 7           | -0.37         | 115.16           | 135.09       | 19.94          |
| 8           | -0.55         | 113.65           | 134.82       | 21.17          |
| 9           | -0.49         | 112.34           | 134.24       | 21.91          |
| 10          | -0.15         | 112.34           | 134.24       | 21.90          |
| 11          | -0.43         | 113.93           | 134.19       | 20.26          |
| 12          | -0.15         | 115.84           | 134.51       | 18.67          |
| 13          | -0.91         | 117.13           | 134.58       | 17.44          |
| 14          | -0.31         | 117.54           | 134.90       | 17.36          |
| 15          | -0.79         | 118.16           | 134.74       | 16.57          |
| 16          | -0.15         | 117.13           | 134.58       | 17.45          |
| 17          | -0.73         | 117.54           | 134.57       | 17.03          |
| 18          | -0.15         | 119.19           | 134.57       | 15.38          |
| 19          | -0.15         | 117.99           | 134.58       | 16.58          |
| 20          | -0.67         | 117.82           | 134.60       | 16.77          |
| 21          | -0.15         | 118.96           | 134.59       | 15.63          |
| 22          | -0.49         | 118.81           | 134.68       | 15.87          |
| 23          | -0.73         | 109.81           | 134.57       | 24.75          |
| 24          | -0.15         | 88.32            | 134.56       | 46.24          |
| 25          | -0.49         | 112.22           | 134.54       | 22.32          |
| 26          | -0.15         | 87.82            | 134.54       | 46.72          |
| 27          | -0.43         | 111.11           | 134.37       | 23.26          |
| 28          | -0.15         | 87.45            | 134.36       | 46.91          |
| 29          | -0.67         | 111.12           | 134.08       | 22.97          |
| 30          | -0.15         | 96.26            | 134.07       | 37.81          |
| 31          | -0.21         | 107.82           | 134.05       | 26.23          |
| 32          | -0.37         | 107.29           | 133.31       | 26.03          |
| 33          | -0.37         | 100.29           | 133.21       | 32.93          |
| 34          | -0.31         | 94.83            | 133.20       | 38.36          |
| 35          | -0.15         | 94.04            | 133.21       | 39.17          |
| 36          | -0.26         | 107.87           | 133.31       | 25.44          |
| 37          | -0.49         | 107.87           | 132.84       | 24.97          |
| 38          | -0.21         | 110.43           | 132.83       | 22.40          |
| 39          | -0.79         | 107.29           | 132.48       | 25.19          |
| 40          | -0.26         | 107.06           | 132.47       | 25.41          |
| 41          | -0.91         | 105.06           | 132.34       | 27.28          |
| 42          | -0.37         | 86.40            | 131.85       | 45.45          |
| 43          | -0.55         | 85.72            | 131.77       | 46.04          |
| 44          | -0.91         | 85.26            | 131.84       | 46.58          |
| 45          | -0.85         | 85.81            | 131.68       | 45.87          |



Continuación del apéndice 3.

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- Hazen Williams**
- hf Perdidas de carga en metro por metro
  - Q Caudal en litros por segundo
  - C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
  - D Diámetro de la tubería en pulgadas
  - L Distancia del tramo en estudio en metros

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- Calculo de Velocidad**
- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
  - Q Caudal en litros por segundo
  - D Diámetro de la tubería en pulgadas

$$G.A. = \left( \frac{145}{\sqrt{1 + \frac{E_a \times D}{E_t \times e}}} \right) \times V$$

- Sobrepresión por Golpe de Ariete**
- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
  - Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
  - Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm<sup>2</sup>)
  - D Diámetro de la tubería en centímetros
  - e Espesor de la tubería en centímetros

**Calculo Hidráulico**

**1 Línea de Conduccion Sector 7 colonia La Brigada zona 7 de Mixco**

| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diametro (") | Hf (m) | vel (m/s) |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1     | A       | 1      | 645.2        | 5.047        | 10           | 0.03   | 0.10      |
| 2     | B       | 1      | 348.58       | 1.136        | 10           | 0.00   | 0.02      |
| 3     | C       | 1      | 425.4        | 19.00        | 10           | 0.22   | 0.38      |
| 4     | D       | 1      | 768.31       | 25.183       | 10           | 0.67   | 0.50      |

| Nodo | Cota Terreno | Cota Piezometrica | Presión Dinámica (mca) | Presión Estática (mca) | OBSERVACIONES |
|------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| A    | 106.763      | 106.76            | 0.00                   | 19.30                  | -----         |
| B    | 126.064      | 136.06            | 10.00                  | 5.49                   | -----         |
| C    | 122.757      | 131.65            | 8.89                   | 0.00                   |               |
| 1    | 120.574      | 129.86            | 9.29                   | 0.00                   |               |

Continuación del apéndice 3.

**CALCULO HIDRAULICO SECTOR 7**

| No. Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud<br>(M) | Diametro<br>(MM) | C   | Caudal | Velocidad | PERDIDA |         |
|-----------|---------|--------|-----------------|------------------|-----|--------|-----------|---------|---------|
|           |         |        |                 |                  |     | (LPS)  | (MPS)     | (M/KM)  | (M)     |
| 1         | 1       | 2      | 355.8           | 200              | 150 | 19.43  | 0.62      | 1.73    | 0.62    |
| 2         | 2       | 3      | 25.81           | 150              | 150 | 0.31   | 0.02      | LO      | 0.00    |
| 3         | 2       | 4      | 37.32           | 100              | 150 | 8.71   | 1.11      | 11.49   | HI 0.43 |
| 4         | 4       | 5      | 50.44           | 100              | 150 | 3.29   | 0.42      | 1.90    | 0.10    |
| 5         | 5       | 6      | 25.42           | 100              | 150 | 0.31   | 0.04      | LO      | 0.02    |
| 6         | 5       | 7      | 56.57           | 100              | 150 | 2.43   | 0.31      | 1.08    | 0.06    |
| 7         | 7       | 8      | 20.34           | 100              | 150 | 1.49   | 0.19      | LO      | 0.44    |
| 8         | 8       | 9      | 19.5            | 100              | 150 | 0.21   | 0.03      | LO      | 0.01    |
| 9         | 8       | 10     | 91.46           | 100              | 150 | 0.97   | 0.12      | LO      | 0.20    |
| 10        | 10      | 11     | 13.3            | 100              | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01    |
| 11        | 10      | 12     | 28.68           | 100              | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01    |
| 12        | 7       | 13     | 124.58          | 100              | 150 | 0.45   | 0.06      | LO      | 0.05    |
| 13        | 13      | 14     | 20.97           | 100              | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01    |
| 14        | 13      | 15     | 28.67           | 100              | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01    |
| 15        | 2       | 16     | 26.91           | 100              | 150 | 8.95   | 1.14      | 12.08   | HI 0.33 |
| 16        | 16      | 17     | 40.61           | 100              | 150 | 3.98   | 0.51      | 2.70    | 0.11    |
| 17        | 17      | 18     | 62.21           | 100              | 150 | 1.89   | 0.24      | LO      | 0.68    |
| 18        | 17      | 20     | 92.94           | 100              | 150 | 1.66   | 0.21      | LO      | 0.54    |
| 19        | 18      | 19     | 61.74           | 100              | 150 | 0.49   | 0.06      | LO      | 0.06    |
| 20        | 18      | 22     | 49.51           | 100              | 150 | 0.85   | 0.11      | LO      | 0.15    |
| 21        | 22      | 23     | 47.07           | 100              | 150 | 0.43   | 0.05      | LO      | 0.04    |
| 22        | 22      | 20     | 59.05           | 100              | 150 | 0.11   | 0.01      | LO      | 0.00    |
| 23        | 20      | 21     | 47.9            | 100              | 150 | 0.61   | 0.08      | LO      | 0.08    |
| 24        | 16      | 24     | 63.38           | 100              | 150 | 4.71   | 0.60      | 3.68    | 0.23    |
| 25        | 24      | 25     | 62.16           | 100              | 150 | 0.31   | 0.04      | LO      | 0.02    |
| 26        | 24      | 26     | 72.96           | 100              | 150 | 3.18   | 0.40      | 1.78    | 0.13    |
| 27        | 26      | 27     | 38.03           | 100              | 150 | 0.31   | 0.04      | LO      | 0.02    |
| 28        | 26      | 28     | 51.35           | 100              | 150 | 2.38   | 0.30      | 1.04    | 0.05    |
| 29        | 28      | 29     | 40.06           | 100              | 150 | 2.07   | 0.26      | LO      | 0.80    |
| 30        | 30      | 29     | 38.57           | 100              | 150 | 2.69   | 0.34      | 1.30    | 0.05    |
| 31        | 4       | 30     | 70.33           | 100              | 150 | 5.05   | 0.64      | 4.19    | 0.29    |
| 32        | 30      | 31     | 17.61           | 100              | 150 | 2.11   | 0.27      | LO      | 0.83    |
| 33        | 31      | 32     | 38.67           | 100              | 150 | 1.96   | 0.25      | LO      | 0.72    |
| 34        | 32      | 33     | 37.9            | 75               | 150 | 0.43   | 0.10      | LO      | 0.18    |
| 35        | 32      | 34     | 55.52           | 75               | 150 | 1.32   | 0.30      | LO      | 1.41    |
| 36        | 29      | 34     | 20.93           | 75               | 150 | 2.11   | 0.48      | 3.38    | 0.07    |
| 37        | 29      | 35     | 38.44           | 75               | 150 | 2.28   | 0.52      | 3.89    | 0.15    |
| 38        | 35      | 36     | 12.9            | 75               | 150 | 2.02   | 0.46      | 3.11    | 0.04    |
| 39        | 36      | 37     | 39.76           | 75               | 150 | 1.87   | 0.42      | 2.70    | 0.11    |
| 40        | 37      | 38     | 7.91            | 75               | 150 | 1.35   | 0.31      | 1.48    | 0.01    |
| 41        | 38      | 39     | 31.62           | 75               | 150 | 0.31   | 0.07      | LO      | 0.10    |
| 42        | 38      | 40     | 14.6            | 75               | 150 | 0.89   | 0.20      | LO      | 0.69    |
| 43        | 40      | 41     | 33.02           | 75               | 150 | 0.31   | 0.07      | LO      | 0.10    |
| 44        | 40      | 42     | 26.44           | 75               | 150 | 0.43   | 0.10      | LO      | 0.18    |
| 45        | 37      | 43     | 26.1            | 75               | 150 | 0.21   | 0.05      | LO      | 0.05    |
| 46        | 43      | 44     | 64.75           | 75               | 150 | 0.91   | 0.21      | LO      | 0.71    |
| 47        | 45      | 43     | 47.41           | 75               | 150 | 1.01   | 0.23      | LO      | 0.87    |
| 48        | 34      | 45     | 33.56           | 75               | 150 | 2.75   | 0.62      | 5.54    | 0.19    |
| 49        | 45      | 46     | 38.03           | 75               | 150 | 1.31   | 0.30      | LO      | 1.40    |
| 50        | 46      | 47     | 51.68           | 75               | 150 | 0.37   | 0.08      | LO      | 0.14    |
| 51        | 46      | 48     | 31.63           | 75               | 150 | 0.73   | 0.17      | LO      | 0.48    |

Continuación del apéndice 3.

**PRESIONES SECTOR 7**

| No. NODO | CAUDAL (LPS) | ELEVACION (M) | PIEZO (M) | PRESION (M) |
|----------|--------------|---------------|-----------|-------------|
| 1 R      | 19.43        | 120.57        | 130.574   | 10.00       |
| 2        | -1.46        | 118.04        | 129.9571  | 11.92       |
| 3        | -0.31        | 118.05        | 129.957   | 11.91       |
| 4        | -0.37        | 118.75        | 129.5281  | 10.78       |
| 5        | -0.55        | 118.08        | 129.4324  | 11.35       |
| 6        | -0.31        | 117.14        | 129.4318  | 12.29       |
| 7        | -0.49        | 117.14        | 129.3712  | 12.23       |
| 8        | -0.31        | 116.54        | 129.3622  | 12.82       |
| 9        | -0.21        | 116.70        | 129.362   | 12.67       |
| 10       | -0.67        | 90.23         | 129.3441  | 39.12       |
| 11       | -0.15        | 89.22         | 129.3441  | 40.12       |
| 12       | -0.15        | 88.93         | 129.3439  | 40.41       |
| 13       | -0.15        | 90.26         | 129.3652  | 39.11       |
| 14       | -0.15        | 89.53         | 129.3651  | 39.84       |
| 15       | -0.15        | 89.36         | 129.365   | 40.01       |
| 16       | -0.26        | 118.16        | 129.632   | 11.47       |
| 17       | -0.43        | 118.28        | 129.5224  | 11.25       |
| 18       | -0.55        | 117.81        | 129.4802  | 11.67       |
| 19       | -0.49        | 93.89         | 129.4768  | 35.59       |
| 20       | -1.16        | 117.49        | 129.4724  | 11.98       |
| 21       | -0.61        | 116.93        | 129.4684  | 12.54       |
| 22       | -0.31        | 117.50        | 129.4726  | 11.97       |
| 23       | -0.43        | 91.26         | 129.4706  | 38.21       |
| 24       | -1.22        | 117.07        | 129.3985  | 12.33       |
| 25       | -0.31        | 102.44        | 129.397   | 26.95       |
| 26       | -0.49        | 118.11        | 129.2686  | 11.16       |
| 27       | -0.31        | 107.14        | 129.2677  | 22.13       |
| 28       | -0.31        | 117.63        | 129.2151  | 11.59       |
| 29       | -0.37        | 117.97        | 129.1829  | 11.21       |
| 30       | -0.26        | 118.62        | 129.2332  | 10.61       |
| 31       | -0.15        | 118.62        | 129.2185  | 10.59       |
| 32       | -0.21        | 117.13        | 129.1905  | 12.06       |
| 33       | -0.43        | 117.07        | 129.1837  | 12.11       |
| 34       | -0.67        | 118.36        | 129.1121  | 10.75       |
| 35       | -0.26        | 117.84        | 129.0332  | 11.19       |
| 36       | -0.15        | 118.37        | 128.993   | 10.62       |
| 37       | -0.31        | 117.69        | 128.8858  | 11.20       |
| 38       | -0.15        | 117.70        | 128.8741  | 11.17       |
| 39       | -0.31        | 117.99        | 128.871   | 10.89       |
| 40       | -0.15        | 117.67        | 128.8641  | 11.20       |
| 41       | -0.31        | 116.89        | 128.8609  | 11.97       |
| 42       | -0.43        | 117.66        | 128.8594  | 11.20       |
| 43       | -0.31        | 117.15        | 128.8846  | 11.73       |
| 44       | -0.91        | 117.25        | 128.8384  | 11.59       |
| 45       | -0.43        | 117.86        | 128.926   | 11.06       |
| 46       | -0.21        | 117.59        | 128.8727  | 11.28       |
| 47       | -0.37        | 117.63        | 128.8657  | 11.23       |
| 48       | -0.73        | 117.58        | 128.8577  | 11.28       |



Continuación del apéndice 3.

**Expresiones utilizadas**

**Hazen Williams**

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

**Calculo de Velocidad**

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

**Sobrepresión por Golpe de Ariete**

$$G.A. = \left( \frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm<sup>2</sup>)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

**Calculo Hidráulico**

**1 Línea de Conduccion Sector 8 colonia La Brigada zona 7 de Mixco**

| Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud (m) | Caudal (l/s) | Diametro (") | Hf (m) | vel (m/s) |
|-------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1     | A       | 1      | 645.2        | 5.047        | 10           | 0.03   | 0.10      |
| 2     | B       | 1      | 348.58       | 1.136        | 10           | 0.00   | 0.02      |
| 3     | C       | 1      | 425.4        | 19.00        | 10           | 0.22   | 0.38      |
| 4     | D       | 1      | 768.31       | 25.183       | 10           | 0.67   | 0.50      |

| Nodo | Cota Terreno | Cota Piezometrica | Presión Dinámica (mca) | Presión Estática (mca) | OBSERVACIONES |
|------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| A    | 106.763      | 106.76            | 0.00                   | 19.30                  | -----         |
| B    | 126.064      | 136.06            | 10.00                  | 5.49                   | -----         |
| C    | 122.757      | 131.65            | 8.89                   | 0.00                   |               |
| 1    | 120.574      | 129.86            | 9.29                   | 0.00                   |               |

Continuación del apéndice 3.

**CALCULO HIDRAULICO SECTOR 8**

| No. Tramo | De Nodo | A Nodo | Longitud | Diametro | C   | Caudal | Velocidad | Perdida |       |
|-----------|---------|--------|----------|----------|-----|--------|-----------|---------|-------|
|           |         |        | (M)      | (MM)     |     | (LPS)  | (MPS)     | (M/KM)  | (M)   |
| 1         | 1       | 2      | 294.54   | 250      | 150 | 15.74  | 0.32      | 0.40    | 0.12  |
| 2         | 2       | 3      | 42.4     | 150      | 150 | 1.92   | 0.11      | LO      | 0.10  |
| 3         | 3       | 4      | 35.71    | 150      | 150 | 0.31   | 0.02      | LO      | 0.00  |
| 4         | 3       | 5      | 37.35    | 150      | 150 | 1.06   | 0.06      | LO      | 0.03  |
| 5         | 5       | 6      | 24.74    | 100      | 150 | 0.26   | 0.03      | LO      | 0.02  |
| 6         | 5       | 7      | 53.64    | 100      | 150 | 0.37   | 0.05      | LO      | 0.03  |
| 7         | 2       | 8      | 71.56    | 150      | 150 | 13.39  | 0.76      |         | 3.53  |
| 8         | 8       | 9      | 123.39   | 100      | 150 | 0.21   | 0.03      | LO      | 0.01  |
| 9         | 8       | 10     | 45.55    | 100      | 150 | 11.30  | 1.44      |         | 18.60 |
| 10        | 10      | 11     | 48.77    | 100      | 150 | 4.04   | 0.51      |         | 2.77  |
| 11        | 11      | 12     | 71.76    | 100      | 150 | 3.13   | 0.40      |         | 1.73  |
| 12        | 12      | 13     | 41.88    | 100      | 150 | 2.04   | 0.26      | LO      | 0.79  |
| 13        | 13      | 14     | 25.77    | 100      | 150 | 0.97   | 0.12      | LO      | 0.20  |
| 14        | 14      | 15     | 19.2     | 100      | 150 | 0.61   | 0.08      | LO      | 0.08  |
| 15        | 14      | 16     | 67.55    | 100      | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01  |
| 16        | 13      | 17     | 19.32    | 75       | 150 | 0.86   | 0.20      | LO      | 0.65  |
| 17        | 17      | 18     | 31.4     | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  |
| 18        | 17      | 19     | 15.21    | 75       | 150 | 0.50   | 0.11      | LO      | 0.24  |
| 19        | 19      | 20     | 31.81    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  |
| 20        | 19      | 21     | 18.51    | 75       | 150 | 0.09   | 0.02      | LO      | 0.01  |
| 21        | 21      | 22     | 53.01    | 100      | 150 | 0.15   | 0.02      | LO      | 0.01  |
| 22        | 23      | 21     | 23.02    | 100      | 150 | 0.67   | 0.08      | LO      | 0.10  |
| 23        | 24      | 23     | 29.54    | 100      | 150 | 0.98   | 0.12      | LO      | 0.20  |
| 24        | 25      | 23     | 29.43    | 100      |     | 0.15   | 0.13      | LO      | 0.25  |
| 25        | 25      | 24     | 84.78    | 100      | 150 | 1.19   | 0.15      | LO      | 0.29  |
| 26        | 26      | 25     | 43.19    | 100      | 150 | 0.71   | 0.09      | LO      | 0.11  |
| 27        | 12      | 26     | 22.61    | 75       | 150 | 0.78   | 0.18      | LO      | 0.53  |
| 28        | 27      | 26     | 49.03    | 75       | 150 | 0.42   | 0.10      | LO      | 0.17  |
| 29        | 28      | 27     | 53.27    | 75       | 150 | 0.63   | 0.14      | LO      | 0.36  |
| 30        | 28      | 25     | 52.03    | 75       | 150 | 0.85   | 0.19      | LO      | 0.63  |
| 31        | 29      | 28     | 25.50    | 75       | 150 | 1.63   | 0.37      |         | 2.10  |
| 32        | 11      | 29     | 82.40    | 75       | 150 | 1.72   | 0.39      |         | 2.32  |
| 33        | 30      | 29     | 49.09    | 75       | 150 | 0.17   | 0.04      | LO      | 0.03  |
| 34        | 10      | 30     | 114.66   | 75       | 150 | 1.44   | 0.33      |         | 1.66  |
| 35        | 30      | 31     | 25.81    | 75       | 150 | 1.12   | 0.25      | LO      | 1.05  |
| 36        | 10      | 31     | 99.93    | 75       | 150 | 1.66   | 0.38      |         | 2.18  |
| 37        | 32      | 31     | 45.11    | 75       | 150 | 0.22   | 0.05      | LO      | 0.05  |
| 38        | 33      | 32     | 109.18   | 75       | 150 | 0.95   | 0.21      | LO      | 0.77  |
| 39        | 10      | 33     | 40.26    | 75       | 150 | 2.07   | 0.47      |         | 3.26  |
| 40        | 33      | 34     | 55.36    | 75       | 150 | 0.86   | 0.19      | LO      | 0.64  |
| 41        | 34      | 35     | 108.04   | 75       | 150 | 0.49   | 0.11      | LO      | 0.23  |
| 42        | 31      | 36     | 66.10    | 75       | 150 | 2.69   | 0.61      |         | 5.31  |
| 43        | 36      | 37     | 81.00    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  |
| 44        | 36      | 38     | 25.16    | 75       | 150 | 1.75   | 0.40      |         | 2.40  |
| 45        | 38      | 39     | 48.27    | 75       | 150 | 0.15   | 0.03      | LO      | 0.03  |
| 46        | 38      | 40     | 56.23    | 75       | 150 | 1.23   | 0.28      | LO      | 1.25  |
| 47        | 40      | 41     | 40.74    | 75       | 150 | 0.55   | 0.12      | LO      | 0.28  |
| 48        | 40      | 42     | 21.93    | 75       | 150 | 0.31   | 0.07      | LO      | 0.10  |

Continuación del apéndice 3.

**PRESIONES SECTOR 8**

| No. Nodo | Caudal (LPS) | Elevacion (M) | Piezo (M) | Perdida (M) |
|----------|--------------|---------------|-----------|-------------|
| 1 R      | 15.74        | 120.53        | 130.53    | 10.00       |
| 2        | -0.43        | 118.75        | 130.41    | 11.66       |
| 3        | -0.55        | 118.54        | 130.41    | 11.87       |
| 4        | -0.31        | 118.30        | 130.41    | 12.11       |
| 5        | -0.43        | 117.18        | 130.41    | 13.23       |
| 6        | -0.26        | 117.06        | 130.41    | 13.34       |
| 7        | -0.37        | 116.15        | 130.41    | 14.26       |
| 8        | -1.88        | 116.52        | 130.16    | 13.65       |
| 9        | -0.21        | 117.71        | 130.16    | 12.45       |
| 10       | -0.37        | 116.06        | 129.31    | 13.25       |
| 11       | -0.91        | 116.56        | 129.18    | 12.62       |
| 12       | -0.31        | 117.59        | 129.05    | 11.47       |
| 13       | -0.21        | 118.18        | 129.02    | 10.84       |
| 14       | -0.21        | 118.37        | 129.02    | 10.65       |
| 15       | -0.61        | 118.44        | 129.01    | 10.57       |
| 16       | -0.15        | 117.47        | 129.02    | 11.55       |
| 17       | -0.21        | 118.31        | 129.01    | 10.70       |
| 18       | -0.15        | 117.74        | 129.01    | 11.27       |
| 19       | -0.26        | 117.76        | 129.01    | 11.25       |
| 20       | -0.15        | 117.97        | 129.00    | 11.03       |
| 21       | -0.61        | 117.79        | 129.01    | 11.22       |
| 22       | -0.15        | 117.62        | 129.00    | 11.38       |
| 23       | -0.31        | 118.11        | 129.01    | 10.89       |
| 24       | -0.21        | 117.60        | 129.01    | 11.42       |
| 25       | -0.37        | 117.92        | 129.04    | 11.12       |
| 26       | -0.49        | 116.00        | 129.04    | 13.04       |
| 27       | -0.21        | 116.10        | 129.05    | 12.95       |
| 28       | -0.15        | 118.20        | 129.07    | 10.86       |
| 29       | -0.26        | 118.01        | 129.12    | 11.12       |
| 30       | -0.15        | 118.02        | 129.12    | 11.10       |
| 31       | -0.31        | 118.17        | 129.10    | 10.92       |
| 32       | -0.73        | 116.79        | 129.10    | 12.31       |
| 33       | -0.26        | 115.65        | 129.18    | 13.53       |
| 34       | -0.37        | 114.74        | 129.15    | 14.41       |
| 35       | -0.49        | 115.91        | 129.12    | 13.22       |
| 36       | -0.79        | 117.66        | 128.75    | 11.09       |
| 37       | -0.15        | 117.21        | 128.74    | 11.53       |
| 38       | -0.37        | 116.23        | 128.69    | 12.45       |
| 39       | -0.15        | 117.02        | 128.68    | 11.66       |
| 40       | -0.37        | 117.90        | 128.62    | 10.72       |
| 41       | -0.55        | 117.07        | 128.60    | 11.54       |
| 42       | -0.31        | 117.40        | 128.61    | 11.21       |

Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 4. Planificación y diseño de sistema de agua potable

| No.      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL     | IMPORTE              |
|----------|---|--------|----------|----------------|---------------|----------------------|
| <b>1</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>  |        |          |                |               | <b>Q460,927.27</b>   |
| 1.01     | Topografía  | día    | 3        | Q1,646.75      | Q4,940.25     |                      |
| 1.02     | Demolición de carpeta existente (Incluye corte con cortadora, demolición, carga y acarreo del material)   | m²     | 4,601.25 | Q98.53         | Q453,361.16   |                      |
| 1.03     | Remoción de adoquín existente incluye remover el adoquín, demolición de las llaves de concreto existente, carga y acarreo del material sobrante.  | m²     | 47.05    | Q55.81         | Q2,625.88     |                      |
| <b>2</b> | <b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA</b>   |        |          |                |               | <b>Q1,340,585.26</b> |
| 2.01     | Excavación de zanja para tubería (incluye corte, carga y acarreo del material sobrante)   | m³     | 4,905.38 | Q50.19         | Q246,201.02   |                      |
| 2.02     | Instalación de tubería de pvc de ø 2" de 160 psi de junta cementada bajo la norma ASTM D2241 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)             | m      | 2,946.17 | Q66.07         | Q194,653.45   |                      |
| 2.03     | Instalación de tubería de pvc de ø 3" de 160 psi de junta cementada bajo la norma ASTM D2241 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)             | m      | 428.44   | Q110.42        | Q47,308.34    |                      |
| 2.04     | Instalación de tubería de pvc de ø 4" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)               | m      | 1,888.99 | Q183.50        | Q346,629.67   |                      |
| 2.05     | Instalación de tubería de pvc de ø 6" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)               | m      | 870.09   | Q387.79        | Q337,412.20   |                      |
| 2.06     | Instalación de tubería de pvc de ø 8" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)               | m      | 263.56   | Q638.87        | Q168,380.58   |                      |
| <b>3</b> | <b>OBRA COMPLEMENTARIA</b>  |        |          |                |               | <b>Q2,531,982.59</b> |
| 3.01     | Relleno de zanja con material selecto (incluye suministro, colocación, compactación del material)   | m³     | 4,905.38 | Q309.92        | Q1,520,275.37 |                      |
| 3.02     | Instalación del adoquín removido, incluye material de la instalación no incluye el adoquín  | m²     | 47.05    | Q152.86        | Q7,192.08     |                      |
| 3.03     | Reparación carpeta de concreto hidráulico de 0.13 m de espesor de 4,000 psi (incluye el concreto premezclado, colocación, instalación, compactación, acabado del concreto, construcción y sello de cizas) | m²     | 1,248.51 | Q272.38        | Q340,069.15   |                      |
| 3.04     | Reparación carpeta de concreto asfáltico en caliente 0.05 m (incluye suministro, colocación, acabado del asfalto)   | m²     | 3,352.74 | Q198.18        | Q664,446.01   |                      |
| <b>4</b> | <b>INSTALACIÓN DE VÁLVULAS Y CONSTRUCCIÓN DE CAJAS PARA VÁLVULAS</b>  |        |          |                |               | <b>Q1,039,008.52</b> |
| 4.01     | Válvula de compuerta de ø 8" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)   | unidad | 1        | Q12,581.16     | Q12,581.16    |                      |
| 4.02     | Válvula de compuerta de ø 6" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)   | unidad | 8        | Q8,294.08      | Q66,352.64    |                      |
| 4.03     | Válvula de compuerta de ø 4" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)   | unidad | 16       | Q7,126.29      | Q114,020.64   |                      |
| 4.04     | Válvula de compuerta de ø 3" de bronce con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)   | unidad | 4        | Q1,743.24      | Q6,972.96     |                      |
| 4.05     | Válvula de compuerta de ø 2" de bronce con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)   | unidad | 46       | Q771.45        | Q35,486.70    |                      |
| 4.06     | Construcción de caja para válvula (Levantado, tapadera, piso, acabado de la caja)   | unidad | 75       | Q3,759.40      | Q281,955.00   |                      |
| 4.07     | Acometidas domiciliarias de 2" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)  | unidad | 463      | Q693.57        | Q321,122.91   |                      |
| 4.08     | Acometidas domiciliarias de 3" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)  | unidad | 37       | Q777.62        | Q28,771.94    |                      |
| 4.09     | Acometidas domiciliarias de 4" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)  | unidad | 135      | Q874.87        | Q118,107.45   |                      |
| 4.10     | Acometidas domiciliarias de 6" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)  | unidad | 48       | Q1,117.44      | Q53,637.12    |                      |
|          | <b>TOTAL</b>  |        |          |                |               | <b>Q5,372,503.64</b> |

Continuación del apéndice 4.

**MUNICIPALIDAD DE MIXCO  
PLANIFICACIÓN Y DISEÑO**

**PROYECTO  
MEJORAMIENTO SISTEMA DE AGUA POTABLE EN COLONIA LA BRIGADA SECTOR 6, 7 Y 8 ZONA 7 DE MIXCO GUATEMALA**

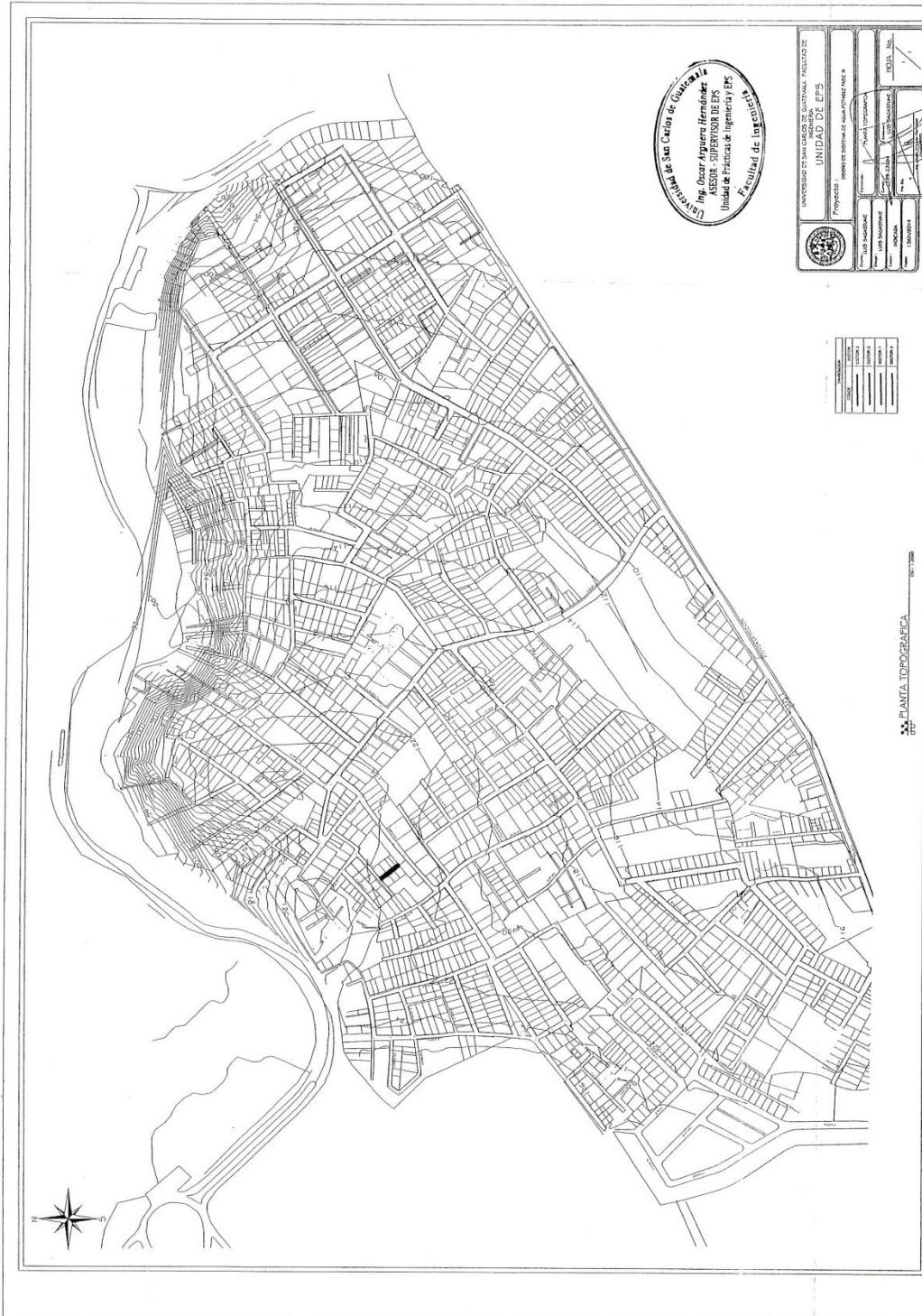
| No. | DESCRIPCIÓN   | % AVANCE | % ACUMULADO | CRONOGRAMA FISICO - FINANCIERO |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  | SUMATORIA    |  |  |  |              |  |  |  |            |
|-----|---|----------|-------------|--------------------------------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|--|--|--|--------------|--|--|--|--------------|--|--|--|------------|
|     |   |          |             | MES 1                          |   |   |   | MES 2 |   |   |   | MES 3 |   |   |   | MES 4 |   |   |   | MES 5 |   |   |   | MES 6 |   |   |   | MES 7 |   |   |   | MES 8 |   |   |   | MES 9 |   |   |   | MES 10 |   |   |   | MES 11 |   |   |   | MES 12 |  |  |  |              |  |  |  |              |  |  |  |            |
|     |   |          |             | 1                              | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1      | 2 | 3 | 4 |        |  |  |  |              |  |  |  |              |  |  |  |            |
| 1   | TRABAJOS PRELIMINARES   | 8.68%    | 8.68%       |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  |              |  |  |  |              |  |  |  | 460,827.32 |
| 2   | INSTALACIÓN DE TUBERÍA  | 24.69%   | 33.63%      |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  |              |  |  |  | 1,340,588.26 |  |  |  |            |
| 3   | OBRA COMPLEMENTARIA   | 47.13%   | 80.06%      |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  | 2,651,882.00 |  |  |  |              |  |  |  |            |
| 4   | INSTALACIÓN DE VALVULAS Y<br>CONSTRUCCIÓN DE CAJAS PARA<br>VALVULAS | 19.34%   | 100.00%     |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  | 1,009,008.69 |  |  |  |              |  |  |  |            |
|     |   |          |             |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |        |   |   |   |        |   |   |   |        |  |  |  | 5,372,603.73 |  |  |  |              |  |  |  |            |

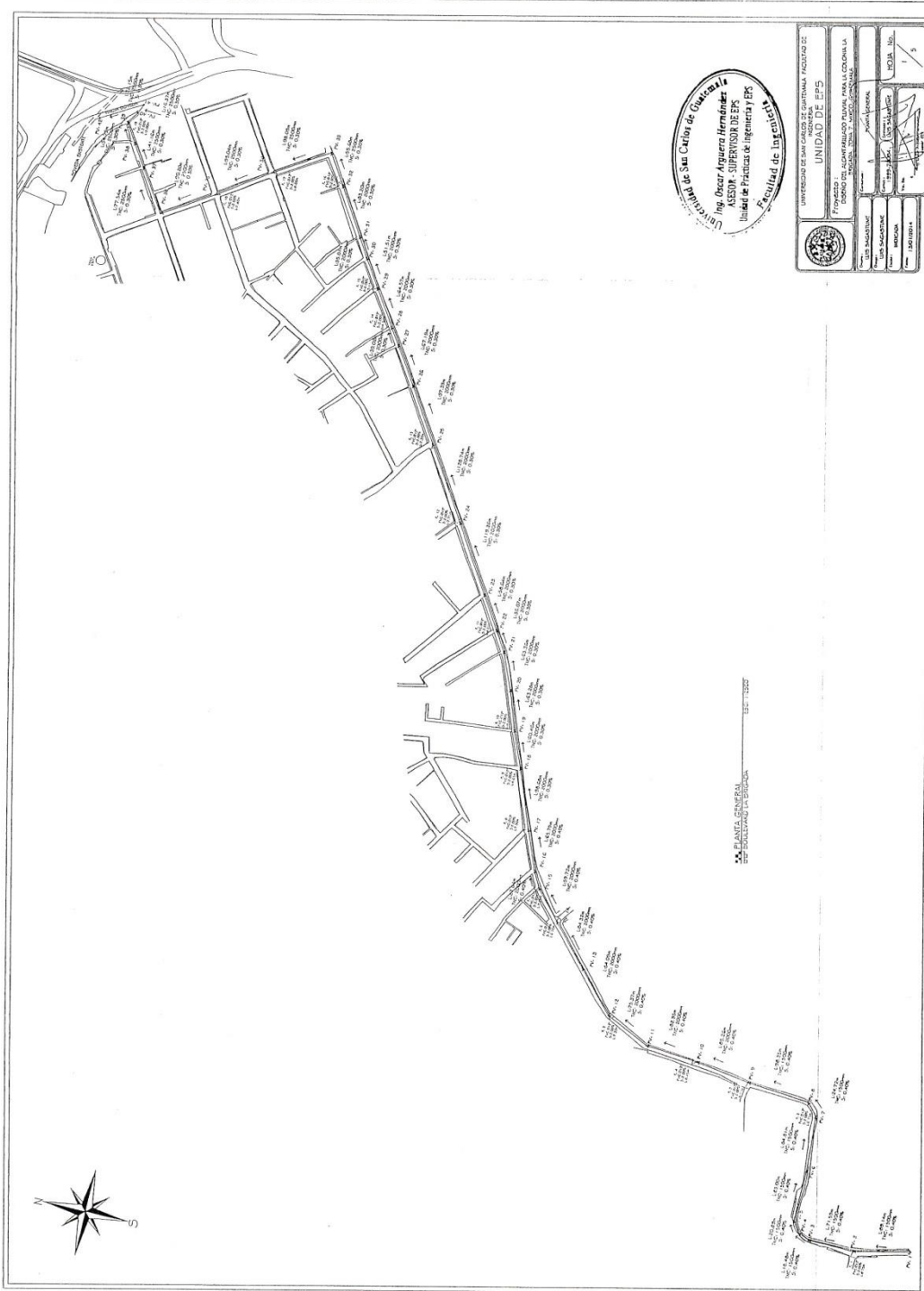
Fuente: elaboración propia.





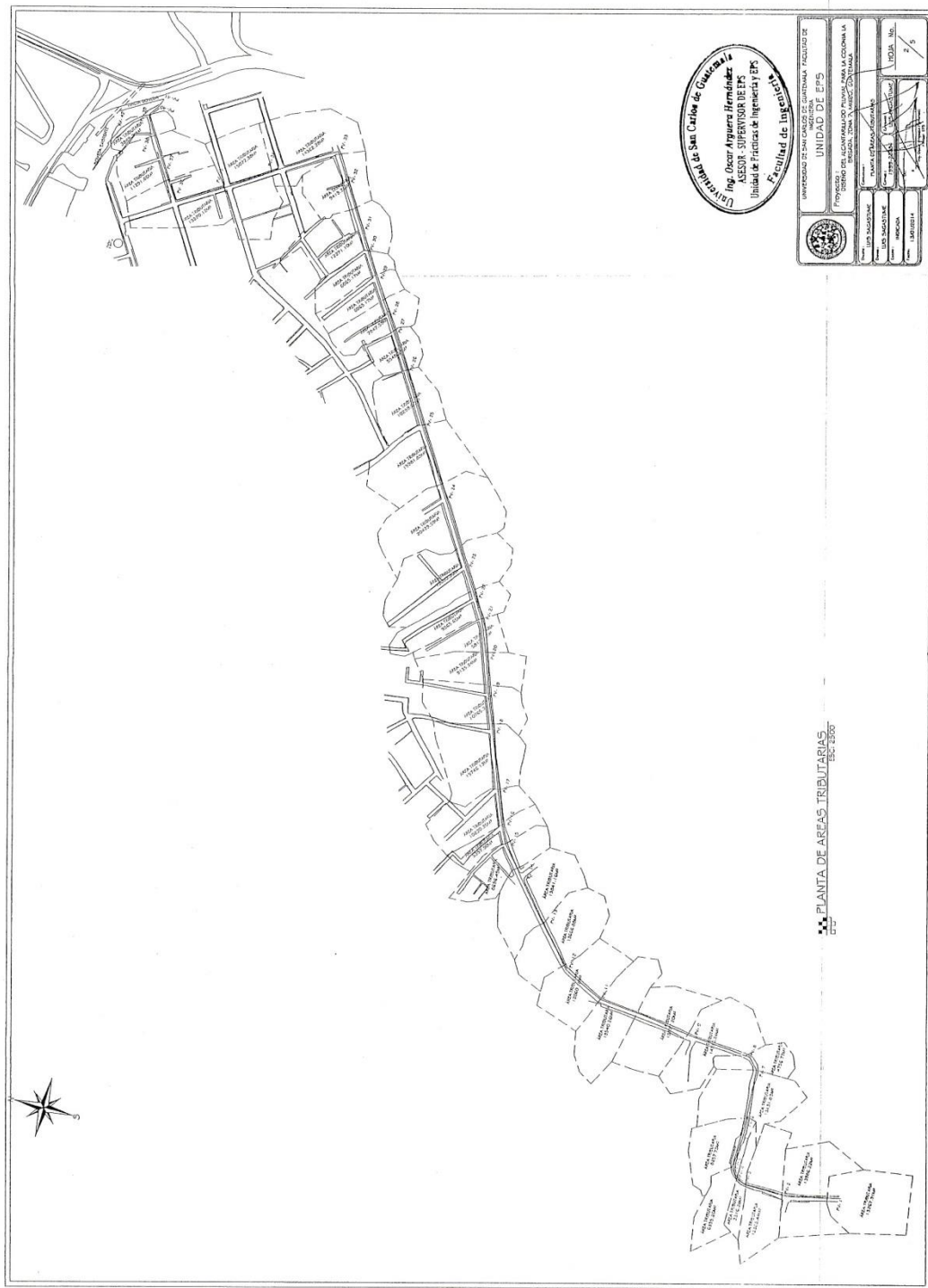
# Apéndice 6. Planos






**Escuela de San Carlos de Guaymas**  
 Ing. Oscar Figueroa Hernández  
 ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|  |   |
|--|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA           |   |
| UNIDAD DE EPS  |   |
| PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PASEO DE LA COLOMBA              |   |
| CARRERA: INGENIERÍA CIVIL  |   |
| CATEDRÁTICO: DR. OSCAR FIGUEROA HERNÁNDEZ                              |   |
| TÍTULO: TESIS<br>TEMA: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PASEO DE LA COLOMBA | AUTORA: ROSA M. GARCÍA<br>COAUTORA: ROSA M. GARCÍA            |
| FECHA DE ENTREGA: 15/05/2014<br>FECHA DE DEFENSA: 15/05/2014           | FECHA DE CALIFICACIÓN: 15/05/2014<br>CALIFICACIÓN: 15/05/2014 |

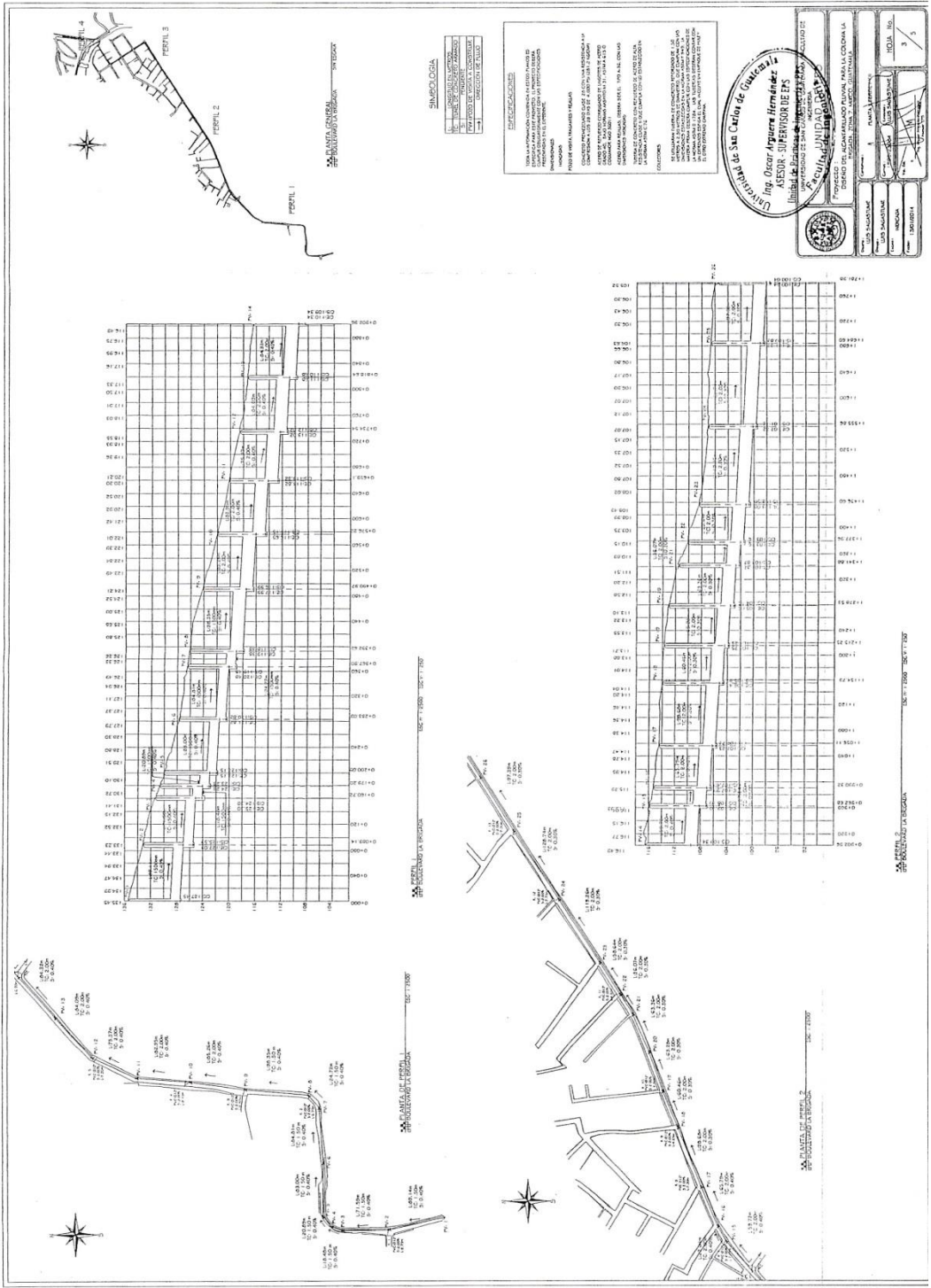


PLANTA DE AREAS TRIBUTARIAS  
2006

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Alvarado Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|                  |  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - FACULTAD DE INGENIERIA<br>UNIDAD DE EPS |  |
| Proyecto: PLAN DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA ESPERANZA, ZONA 18, MUNICIPIO CENTINARA |  |  |  |
| AREA DE ESTUDIO:<br>ZONA 18, MUNICIPIO CENTINARA  |  | ESCALA: 1:500  |  |
| FECHA DE ELABORACION:<br>2006   |  | AUTORIA:<br>Oscar Alvarado Hernández   |  |
| TITULO:<br>PLAN DE ALCANTARILLADO PLUVIAL   |  | LIBRO:<br>1  |  |
| HOJA:<br>1  |  | TOTAL:<br>1  |  |





**LEYENDA**

|          |                    |
|----------|--------------------|
| (Symbol) | ALCANTARILLA       |
| (Symbol) | REJILLA            |
| (Symbol) | REJILLA DE BARRERA |
| (Symbol) | REJILLA DE FOLIO   |

**NOTAS:**

1. VER LA MEMORIA GENERAL Y EL PLAN DE OBRAS DEL PROYECTO PARA OBTENER LOS DATOS DE REFERENCIA Y LAS CONDICIONES DE OBRAS.

2. EL DISEÑO DE ESTE PROYECTO SE HA HECHO EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OBRAS Y LAS CONDICIONES DE OBRAS DEL PROYECTO.

3. EL DISEÑO DE ESTE PROYECTO SE HA HECHO EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OBRAS Y LAS CONDICIONES DE OBRAS DEL PROYECTO.

4. EL DISEÑO DE ESTE PROYECTO SE HA HECHO EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OBRAS Y LAS CONDICIONES DE OBRAS DEL PROYECTO.

5. EL DISEÑO DE ESTE PROYECTO SE HA HECHO EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OBRAS Y LAS CONDICIONES DE OBRAS DEL PROYECTO.

**Universidad de San Carlos de Guayana**

**Ing. Oscar Argüero Hernández**

**ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS**

**Universidad de San Carlos de Guayana**

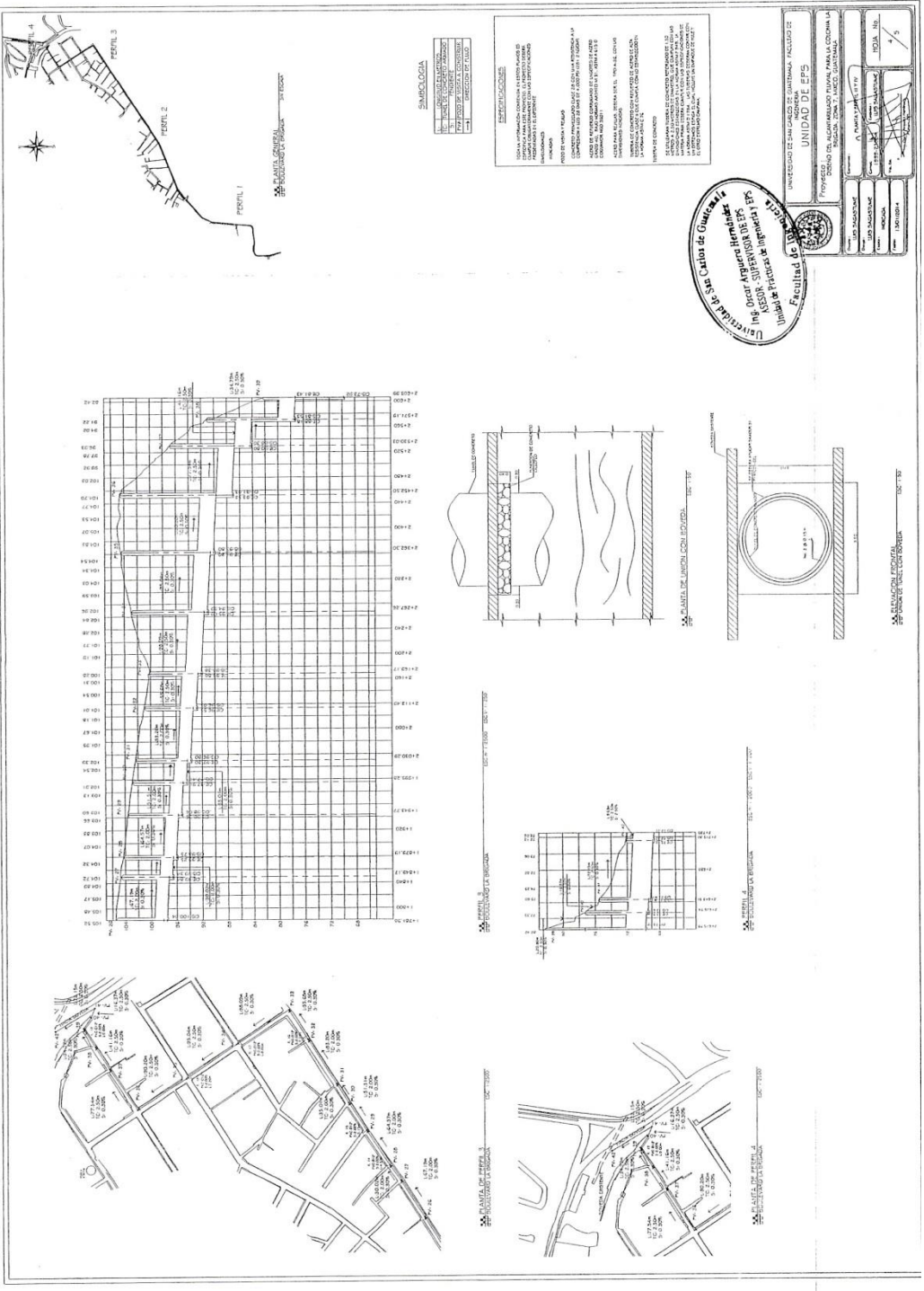
**Escuela de Ingeniería**

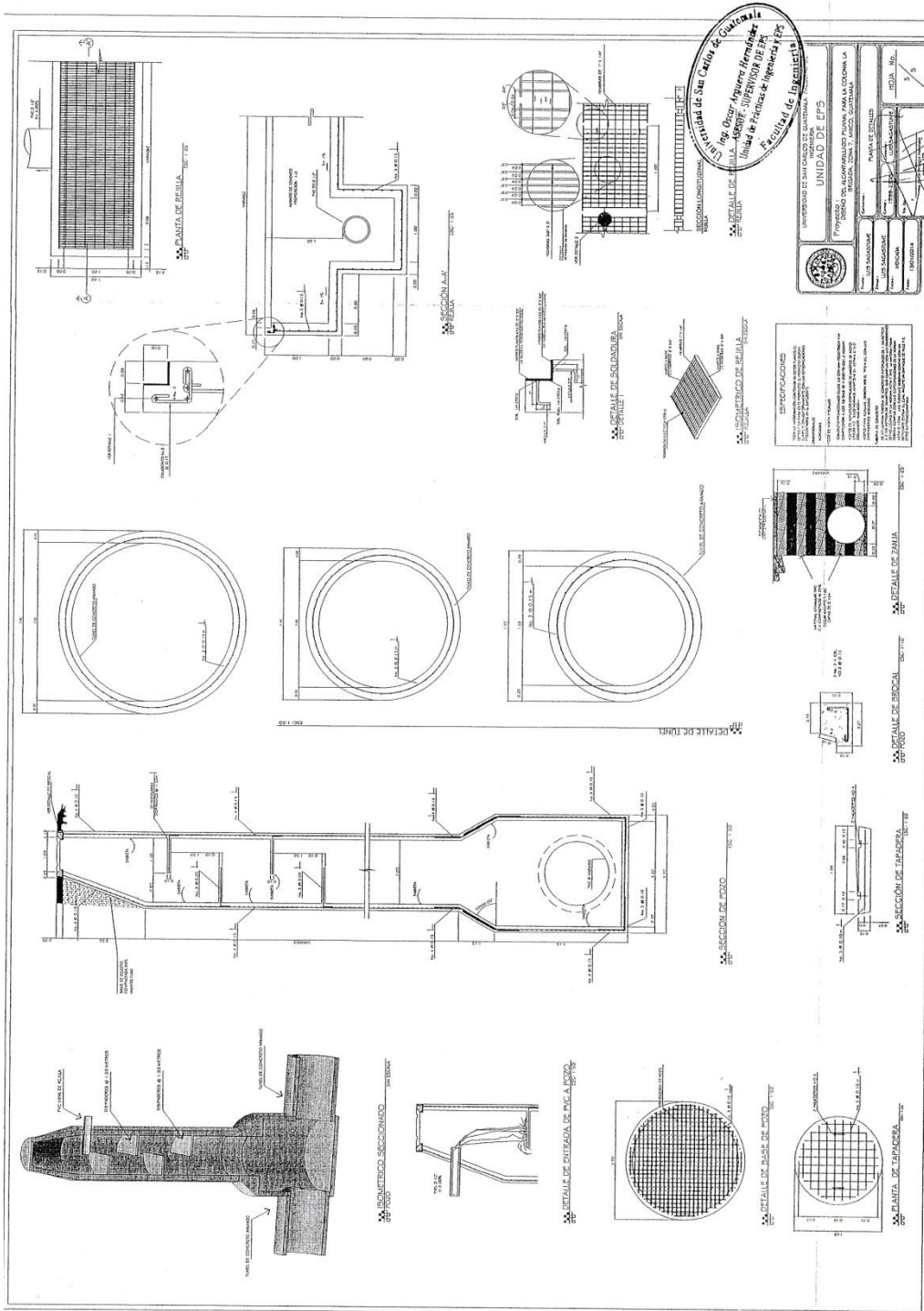
**Proyecto: [Nombre del Proyecto]**

**Fecha: [Fecha]**

**Hoja: [Número]**

**Total: [Número]**

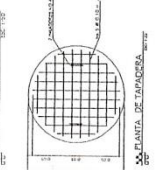
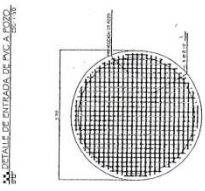
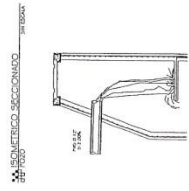
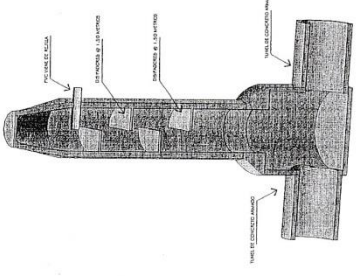
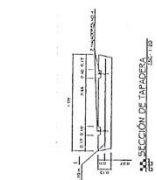
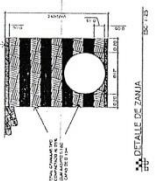
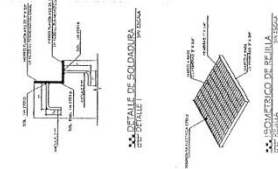




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
**Ing. Oscar Arturo Hernandez**  
 CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería F-205  
 Facultad de Ingeniería

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA      |                                 |
| UNIDAD DE FFS                               |                                 |
| FACULTAD DE INGENIERIA PARA LA CONSTRUCCION |                                 |
| SECCION DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  |                                 |
| UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA F-205     |                                 |
| FACULTAD DE INGENIERIA                      |                                 |
| FECHA                                       | 15/05/2017                      |
| PROFESOR                                    | ING. OSCAR ARTURO HERNANDEZ     |
| ESTUDIANTE                                  | ING. JUAN CARLOS GONZALEZ       |
| GRUPO                                       | 15                              |
| ESCUELA                                     | INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS |
| CIUDAD                                      | GUATEMALA                       |
| PAIS  | GUATEMALA                       |
| PROYECTO                                    | SECCION DE FILTRO               |
| ESCALA                                      | 1:1                             |

**ESPECIFICACIONES**  
 1. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 2. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 3. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 4. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 5. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 6. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 7. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 8. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 9. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.  
 10. EL FILTRO DEBE SER DE TIPO MANTENIBLE.









|            |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|
| SECTOR 5   |          | SECTOR 5 |          |
| NO. SECTOR | PROYECTO | TOTAL    | PROYECTO |
| 1          | 1        | 1        | 1        |

**ESPECIFICACIONES**

1. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

2. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

3. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

4. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

5. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

6. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

7. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

8. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

9. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

10. SERVICIO DE INGENIERIA CONSULTIVA EN ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA.

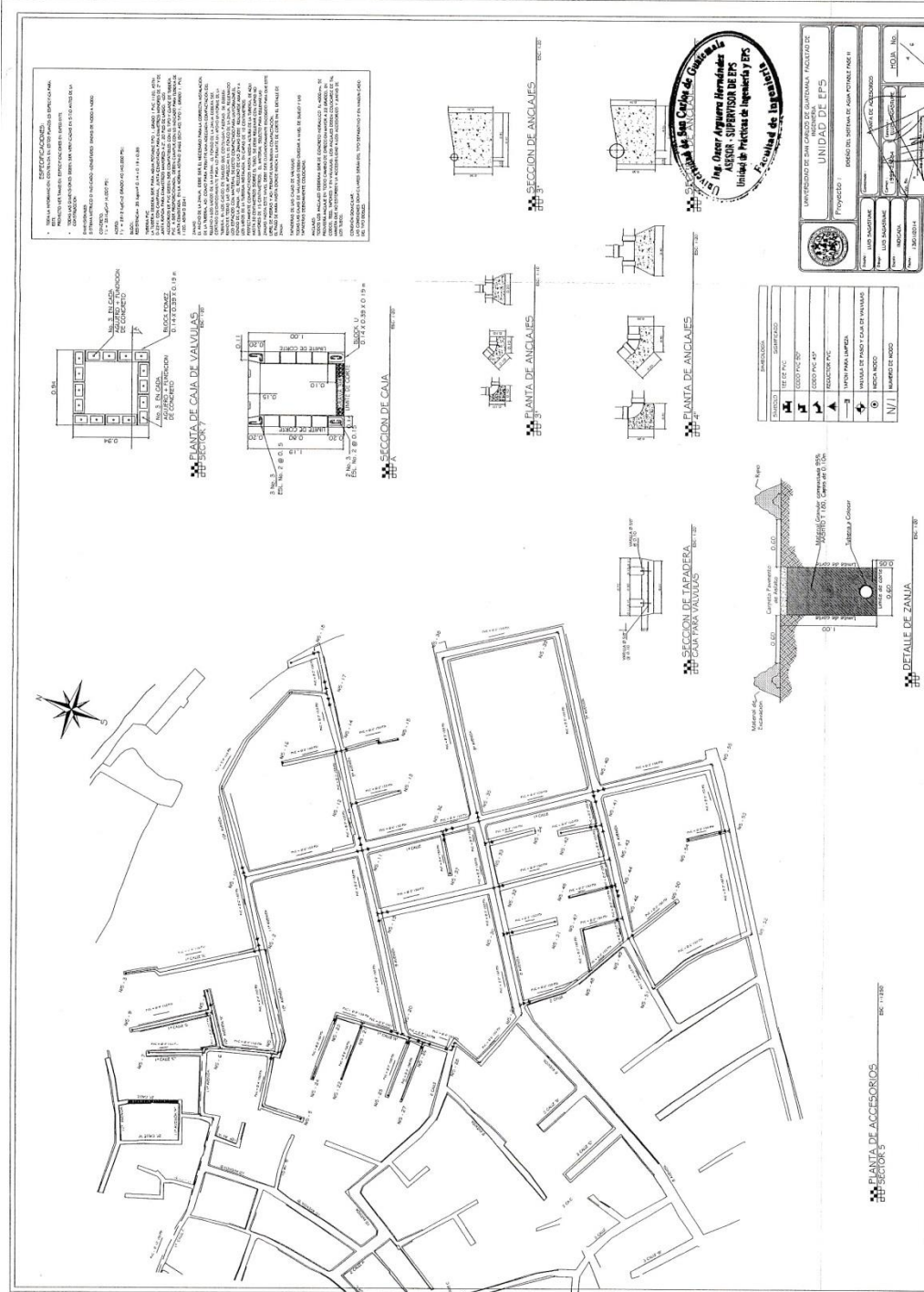


|   |  |                        |  |
|---|--|------------------------|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  |  | FACULTAD DE INGENIERIA |  |
| UNIDAD DE EPS   |  | UNIDAD DE EPS          |  |
| Proyecto: DISEÑO DE LA PLANTA DE REPARACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA |  | UNIDAD DE EPS          |  |
| Lugar: GUATEMALA  |  | UNIDAD DE EPS          |  |
| Fecha: 15/05/2014   |  | UNIDAD DE EPS          |  |



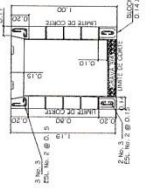
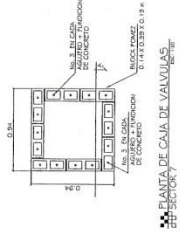
PLANTA DE REPARACION  
SECTOR 5

PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA  
SECTOR 5



**ESPECIFICACIONES:**

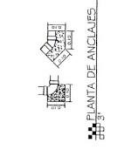
- 1. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 2. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 3. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 4. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 5. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 6. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 7. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 8. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 9. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.
- 10. SERÁ DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM DE ESPESOR DE LA PARED.



Sección de Caja



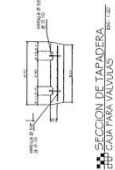
Sección de Anclajes



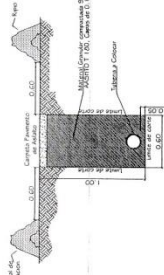
Planta de Anclajes



Planta de Anclajes



Sección de Tapadera



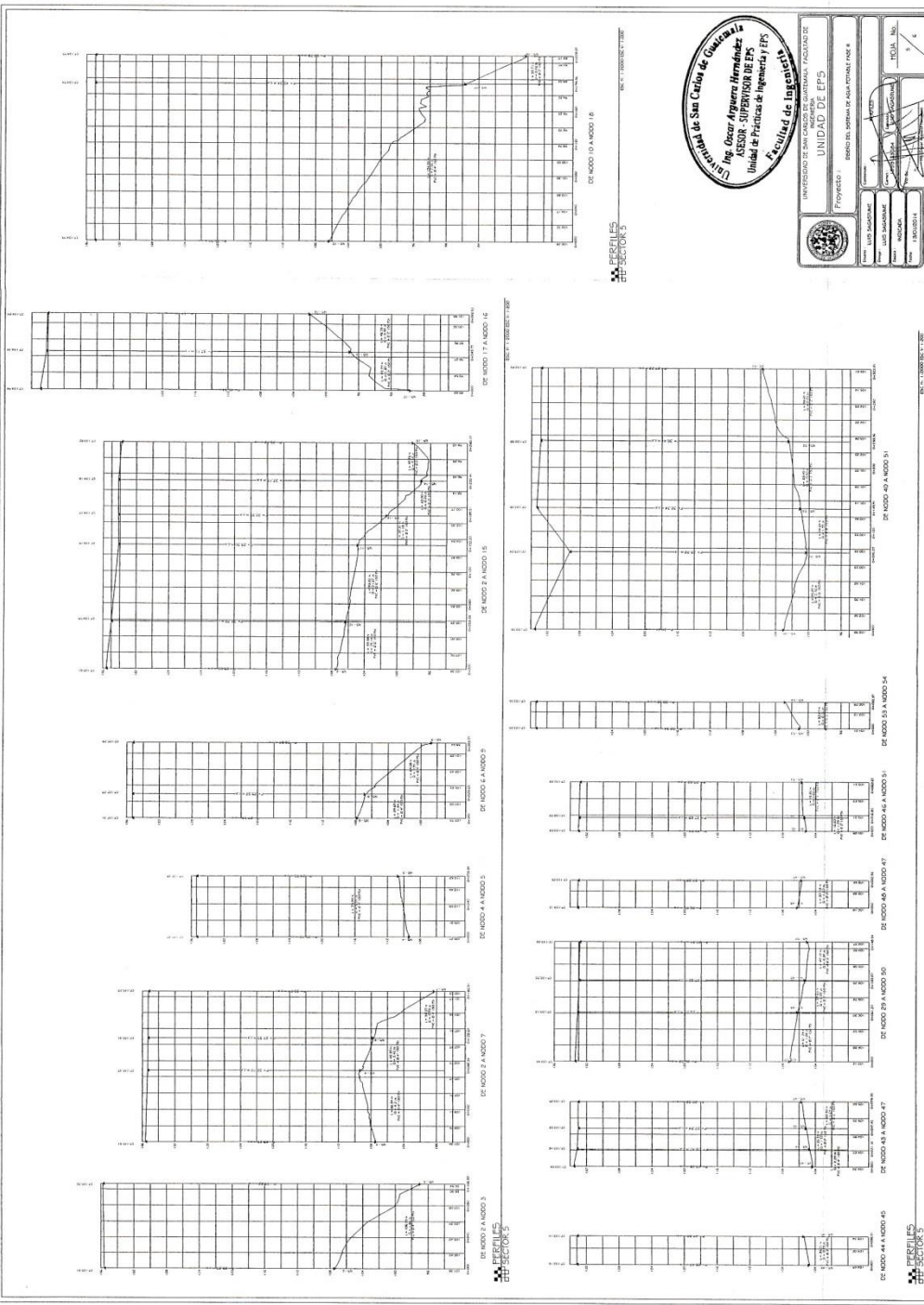
Detalle de Zanja



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE EPS  
 Proyecto: ...

|   |                     |      |
|---|---------------------|------|
| 1 | SECCION DE ANCLAJES | 1/20 |
| 2 | PLANTA DE ANCLAJES  | 1/20 |
| 3 | PLANTA DE ANCLAJES  | 1/20 |
| 4 | SECCION DE TAPADERA | 1/20 |
| 5 | DETALLE DE ZANJA    | 1/20 |

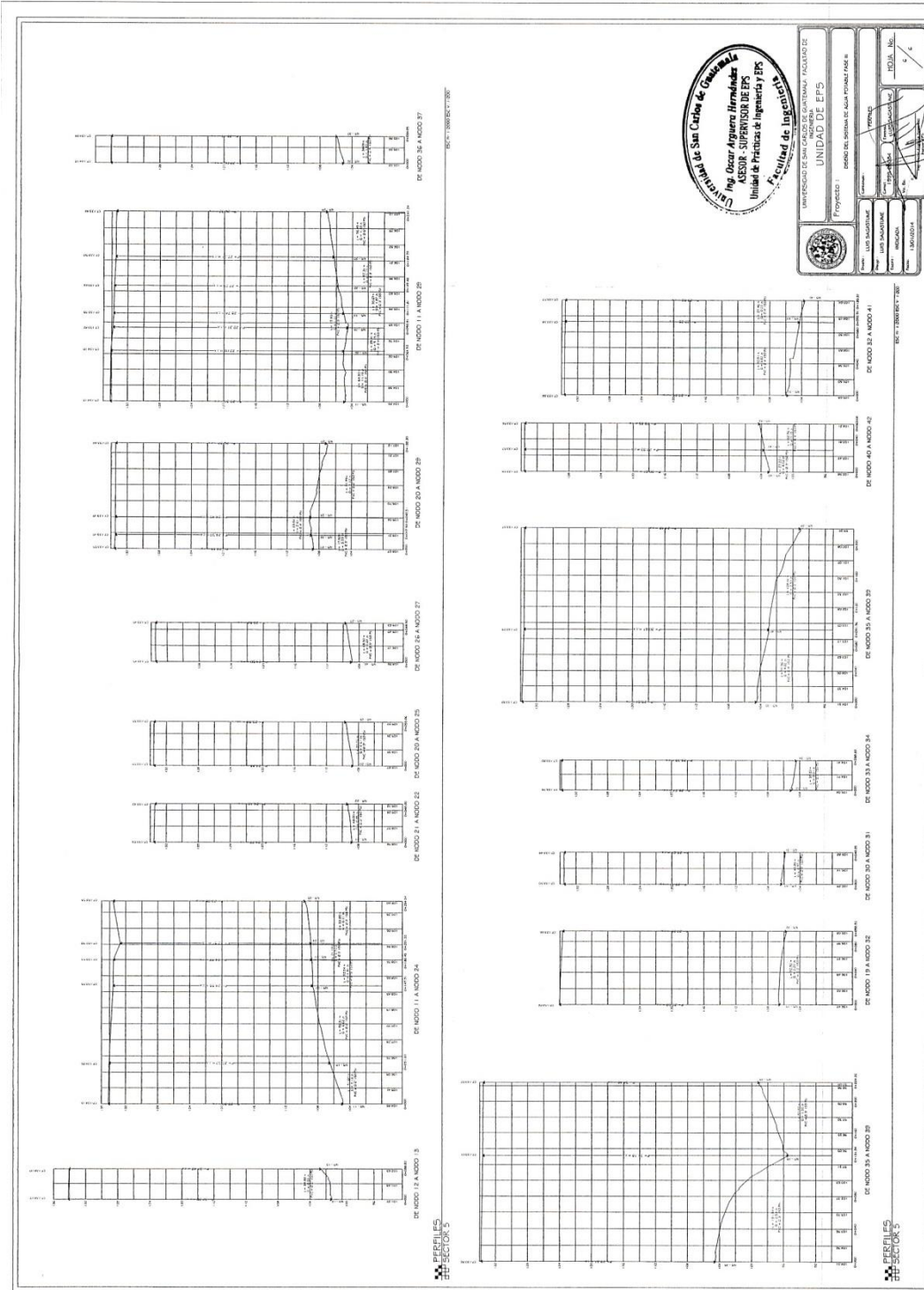
Planta de Accesorios Sector 3



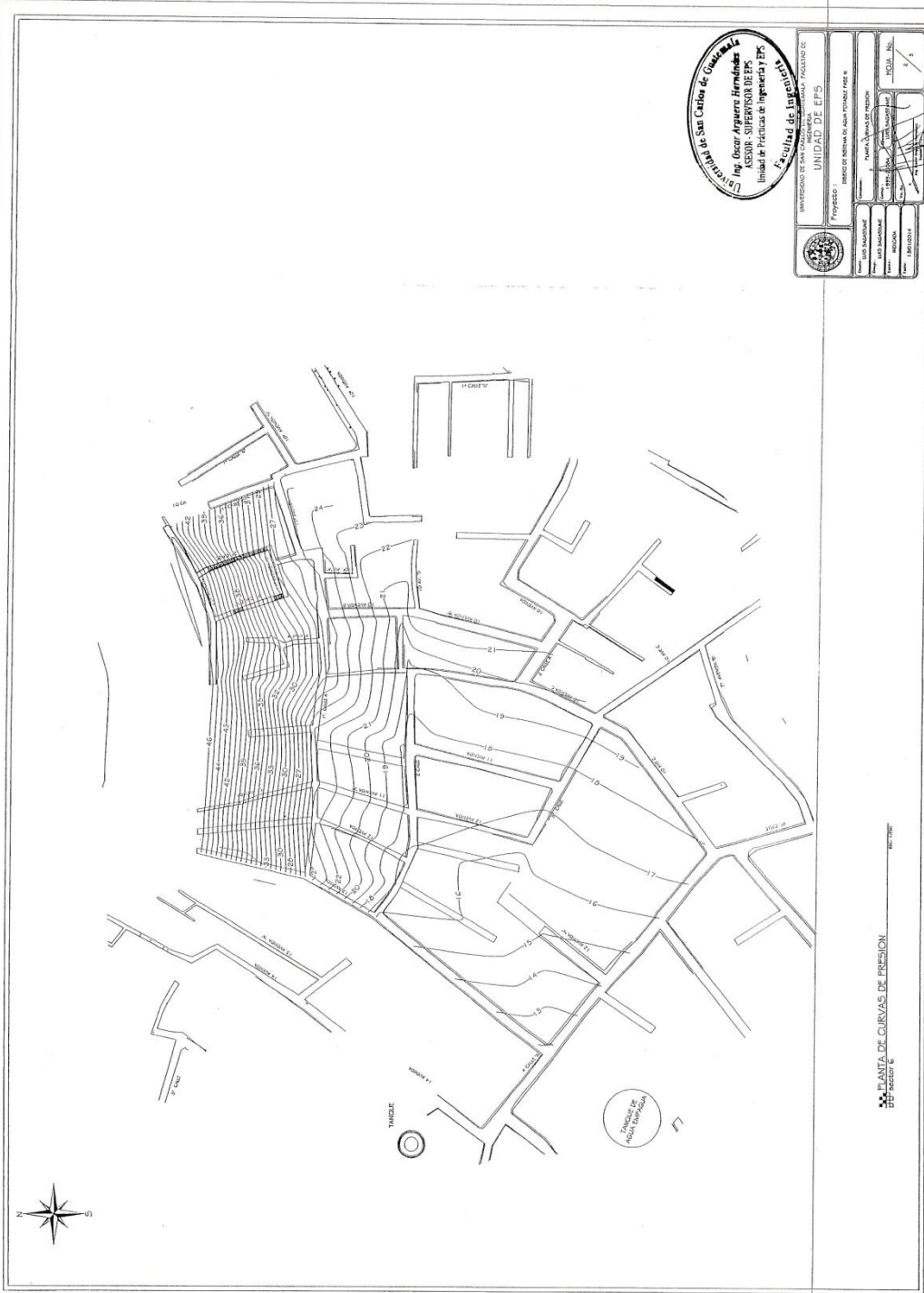
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE EFS  
 PROYECTO: BARRIO EL BARRIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FECHA: 15/05/2014  
 AUTOR: [Signature]  
 TÍTULO: [Signature]









Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Aparicio Hernández  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - FACULTAD DE  
 UNIDAD DE EPS  
 Proyecto:

|               |             |                  |                    |
|---------------|-------------|------------------|--------------------|
| FECHA INICIAL | FECHA FINAL | FECHA DE ENTREGA | FECHA DE RECEPCIÓN |
| 15/03/2018    | 15/03/2018  | 15/03/2018       | 15/03/2018         |
| PROYECTO      | PROYECTO    | PROYECTO         | PROYECTO           |
| PROYECTO      | PROYECTO    | PROYECTO         | PROYECTO           |
| PROYECTO      | PROYECTO    | PROYECTO         | PROYECTO           |



| RED LA BRIGADA, ZONA C DE MINCO |           |              |                      |
|---------------------------------|-----------|--------------|----------------------|
| Nº. SECTOR                      | DIRECCION | LONGITUD (m) | ANCHA A TRABAJAR (m) |
| 2                               |           | 282          | 125,24               |
| TOTAL                           |           | 282,00       | 125,24               |
|                                 |           |              | CGT                  |



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Oscar Arguero Hernandez  
 ASesor SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE EPS  
 Proyecto: 1

MONITOR DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y FOGAR  
 PLANEA DE SERVICIOS DE TRAYECTORIA Y PLANEAJE

Nombre: LUIS RAMIREZ  
 Carrera: INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y FOGAR  
 Fecha: 12/05/2014  
 Hoja: 3 / 3

PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA  
 EPS Sector 6

PLANTA DE REPARACION DE CARRETA  
 EPS Sector 6



**ESPECIFICACIONES:**

1. SERÁ MATERIAL CON UNIDADES DE BARRAS EN UN ESTADO SÓLIDO.

2. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

3. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

4. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

5. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

6. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

7. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

8. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

9. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

10. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

11. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

12. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

13. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

14. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

15. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

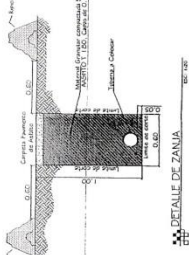
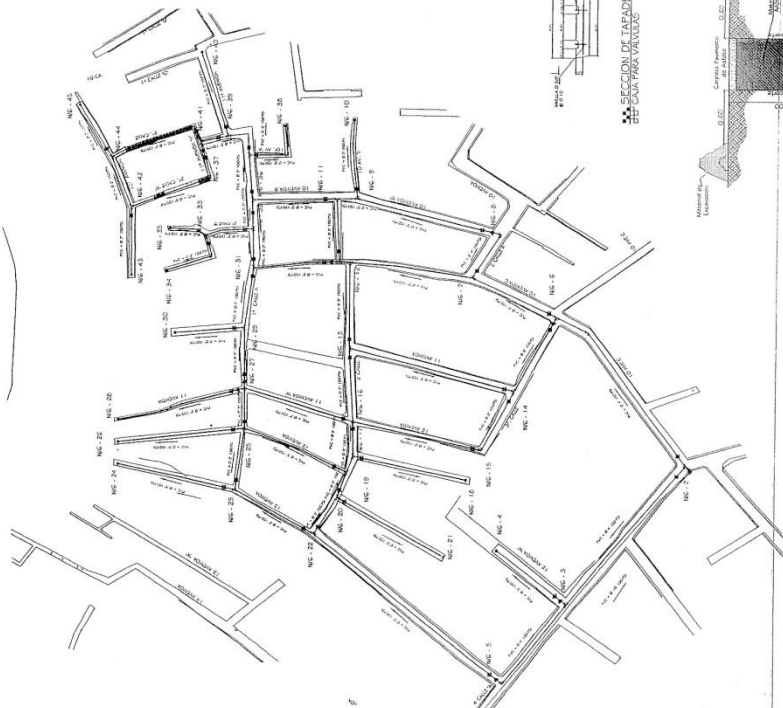
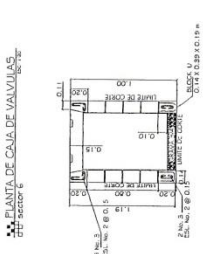
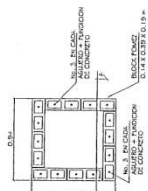
16. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

17. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

18. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

19. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.

20. LOS DIÁMETROS DE LAS BARRAS DEBERÁN SER DE 1.27 CM A 3.18 CM.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Ing Oscar Augusto Hernández**  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

**UNIDAD DE EPS**  
DISEÑO DE BARRAS DE ACERO PARA LA PARTE E

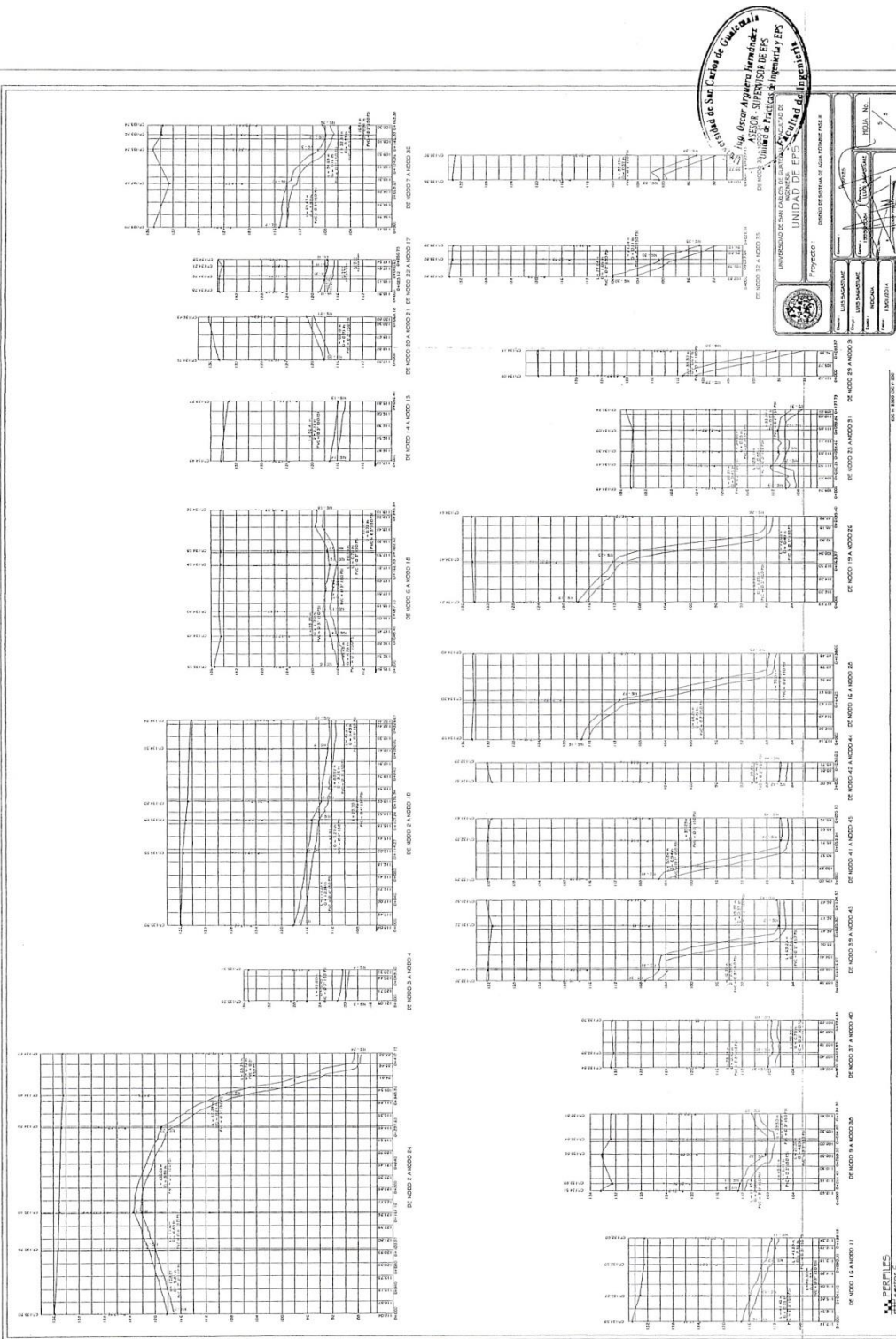
PROYECTO:

**LEYES AGUIRRE**  
**LEYES AGUIRRE**  
**LEYES AGUIRRE**  
**LEYES AGUIRRE**

| UNIDAD | DESCRIPCIÓN | QUANTIDAD | UNIDAD         |
|--------|-------------|-----------|----------------|
| B      | ANCLAJES    | 1         | M <sup>2</sup> |
| C      | ANCLAJES    | 1         | M <sup>2</sup> |
| D      | ANCLAJES    | 1         | M <sup>2</sup> |
| E      | ANCLAJES    | 1         | M <sup>2</sup> |

SECCION 6

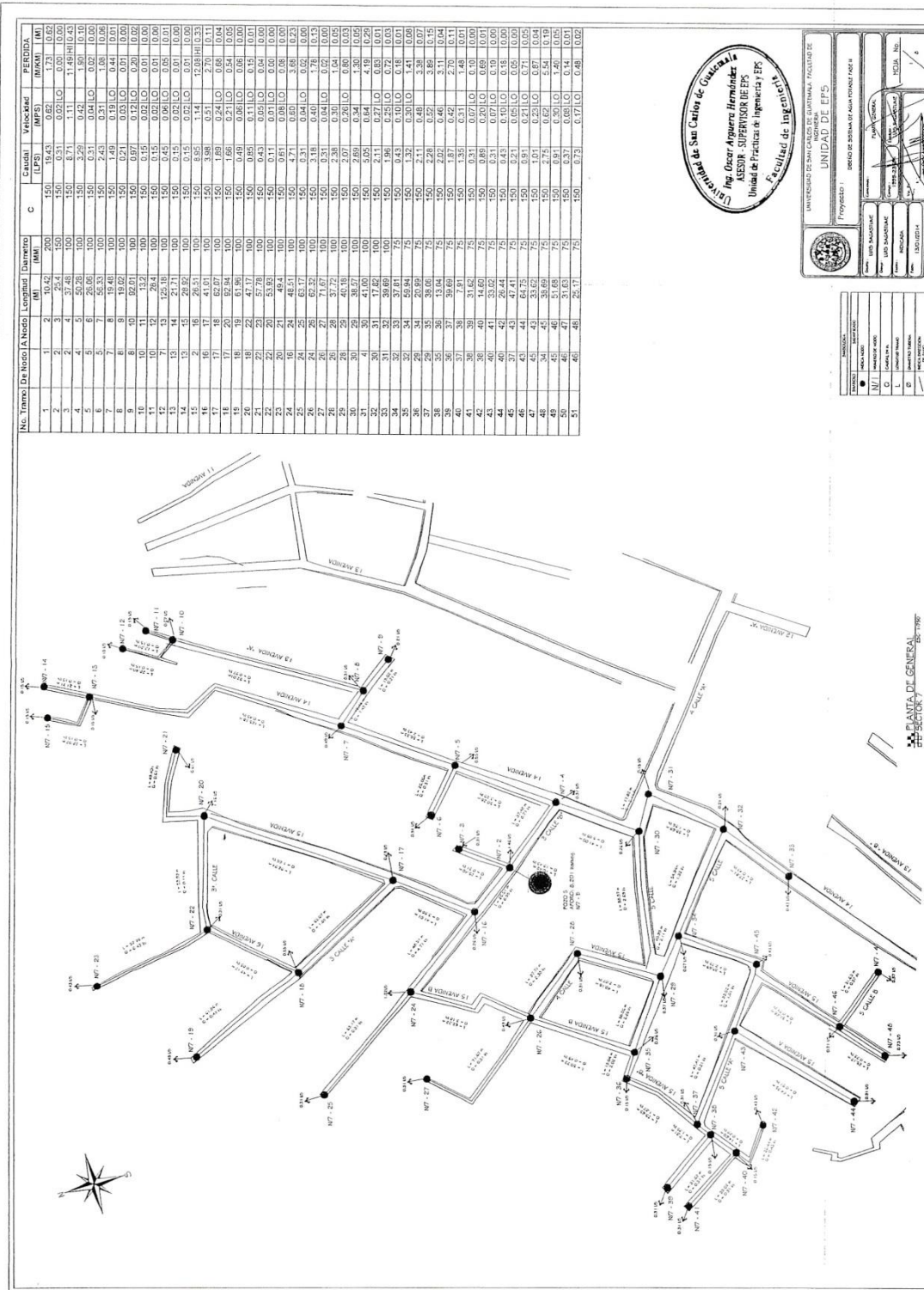
SECCION D



**Escuela Superior de Ingeniería y EPS**  
**UNIDAD DE EPS**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**Ing. Oscar Apollonio Hernández**  
**ASESOR SUPERVISOR DE EPS**  
**Ing. Juan Carlos Rodríguez**  
**UNIDAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO:**  
**ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE ALTA PUNTAZADA 8**  
**FECHA:**  
**INSTRUMENTACIÓN:**  
**ESCALA:**  
**PROYECTISTA:**  
**REVISOR:**  
**APROBADO:**

**PIELES**  
**EP 2000/06**



| Nº Tramo | De Nudo A Nudo | Longitud (Diametro) | Diámetro (MM) | Caudal (LPS) | Velocidad (M/S) | Pérdida (MM/AN) | Pérdida (M) |
|----------|----------------|---------------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1        | 1-2            | 10.42               | 200           | 150          | 19.43           | 0.62            | 1.73        |
| 2        | 2-3            | 27.6                | 150           | 150          | 9.31            | 0.0510          | 0.00        |
| 3        | 3-4            | 56.28               | 100           | 150          | 2.29            | 0.42            | 1.80        |
| 4        | 4-5            | 26.95               | 100           | 150          | 9.31            | 0.0410          | 0.02        |
| 5        | 5-6            | 26.95               | 100           | 150          | 2.43            | 0.31            | 1.08        |
| 6        | 6-7            | 56.28               | 100           | 150          | 1.81            | 0.31            | 0.44        |
| 7        | 7-8            | 18.62               | 100           | 150          | 9.31            | 0.10            | 0.01        |
| 8        | 8-9            | 102.01              | 100           | 150          | 0.97            | 0.1210          | 0.20        |
| 9        | 9-10           | 11                  | 152           | 100          | 0.15            | 0.0210          | 0.01        |
| 10       | 10-11          | 125.78              | 100           | 150          | 0.15            | 0.0210          | 0.01        |
| 11       | 11-12          | 125.78              | 100           | 150          | 0.15            | 0.0210          | 0.01        |
| 12       | 12-13          | 21.71               | 100           | 150          | 0.15            | 0.0210          | 0.01        |
| 13       | 13-14          | 21.71               | 100           | 150          | 0.15            | 0.0210          | 0.01        |
| 14       | 14-15          | 26.92               | 100           | 150          | 8.95            | 1.14            | 12.03       |
| 15       | 15-16          | 26.92               | 100           | 150          | 1.89            | 0.21            | 0.04        |
| 16       | 16-17          | 62.07               | 100           | 150          | 1.89            | 0.21            | 0.04        |
| 17       | 17-18          | 62.07               | 100           | 150          | 1.89            | 0.21            | 0.04        |
| 18       | 18-19          | 62.07               | 100           | 150          | 1.89            | 0.21            | 0.04        |
| 19       | 19-20          | 62.07               | 100           | 150          | 1.89            | 0.21            | 0.04        |
| 20       | 20-21          | 55.93               | 100           | 150          | 0.11            | 0.0110          | 0.00        |
| 21       | 21-22          | 55.93               | 100           | 150          | 0.11            | 0.0110          | 0.00        |
| 22       | 22-23          | 49.4                | 100           | 150          | 0.11            | 0.0110          | 0.00        |
| 23       | 23-24          | 49.4                | 100           | 150          | 0.11            | 0.0110          | 0.00        |
| 24       | 24-25          | 62.32               | 100           | 150          | 4.71            | 0.93            | 3.85        |
| 25       | 25-26          | 62.32               | 100           | 150          | 3.18            | 0.40            | 1.78        |
| 26       | 26-27          | 71.67               | 100           | 150          | 0.31            | 0.0410          | 0.02        |
| 27       | 27-28          | 17.62               | 100           | 150          | 2.38            | 0.30            | 1.04        |
| 28       | 28-29          | 37.72               | 100           | 150          | 2.38            | 0.30            | 1.04        |
| 29       | 29-30          | 37.72               | 100           | 150          | 2.38            | 0.30            | 1.04        |
| 30       | 30-31          | 38.97               | 100           | 150          | 2.60            | 0.34            | 1.09        |
| 31       | 31-32          | 41.00               | 100           | 150          | 5.05            | 0.64            | 4.19        |
| 32       | 32-33          | 17.62               | 100           | 150          | 2.11            | 0.2710          | 0.83        |
| 33       | 33-34          | 37.91               | 75            | 150          | 0.48            | 0.2510          | 0.72        |
| 34       | 34-35          | 37.91               | 75            | 150          | 1.32            | 0.3010          | 1.41        |
| 35       | 35-36          | 45.94               | 75            | 150          | 2.11            | 0.48            | 3.38        |
| 36       | 36-37          | 20.92               | 75            | 150          | 2.28            | 0.29            | 3.89        |
| 37       | 37-38          | 39.69               | 75            | 150          | 1.97            | 0.42            | 2.70        |
| 38       | 38-39          | 7.81                | 75            | 150          | 1.35            | 0.31            | 1.48        |
| 39       | 39-40          | 31.62               | 75            | 150          | 0.31            | 0.0710          | 0.10        |
| 40       | 40-41          | 33.02               | 75            | 150          | 0.31            | 0.0710          | 0.10        |
| 41       | 41-42          | 26.44               | 75            | 150          | 0.43            | 0.1010          | 0.18        |
| 42       | 42-43          | 47.41               | 75            | 150          | 0.21            | 0.0510          | 0.09        |
| 43       | 43-44          | 53.62               | 75            | 150          | 1.01            | 0.2110          | 0.77        |
| 44       | 44-45          | 38.69               | 75            | 150          | 2.75            | 0.6210          | 5.54        |
| 45       | 45-46          | 31.65               | 75            | 150          | 0.91            | 0.5010          | 4.46        |
| 46       | 46-47          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |
| 47       | 47-48          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |
| 48       | 48-49          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |
| 49       | 49-50          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |
| 50       | 50-51          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |
| 51       | 51-52          | 26.13               | 75            | 150          | 0.37            | 0.0810          | 0.14        |

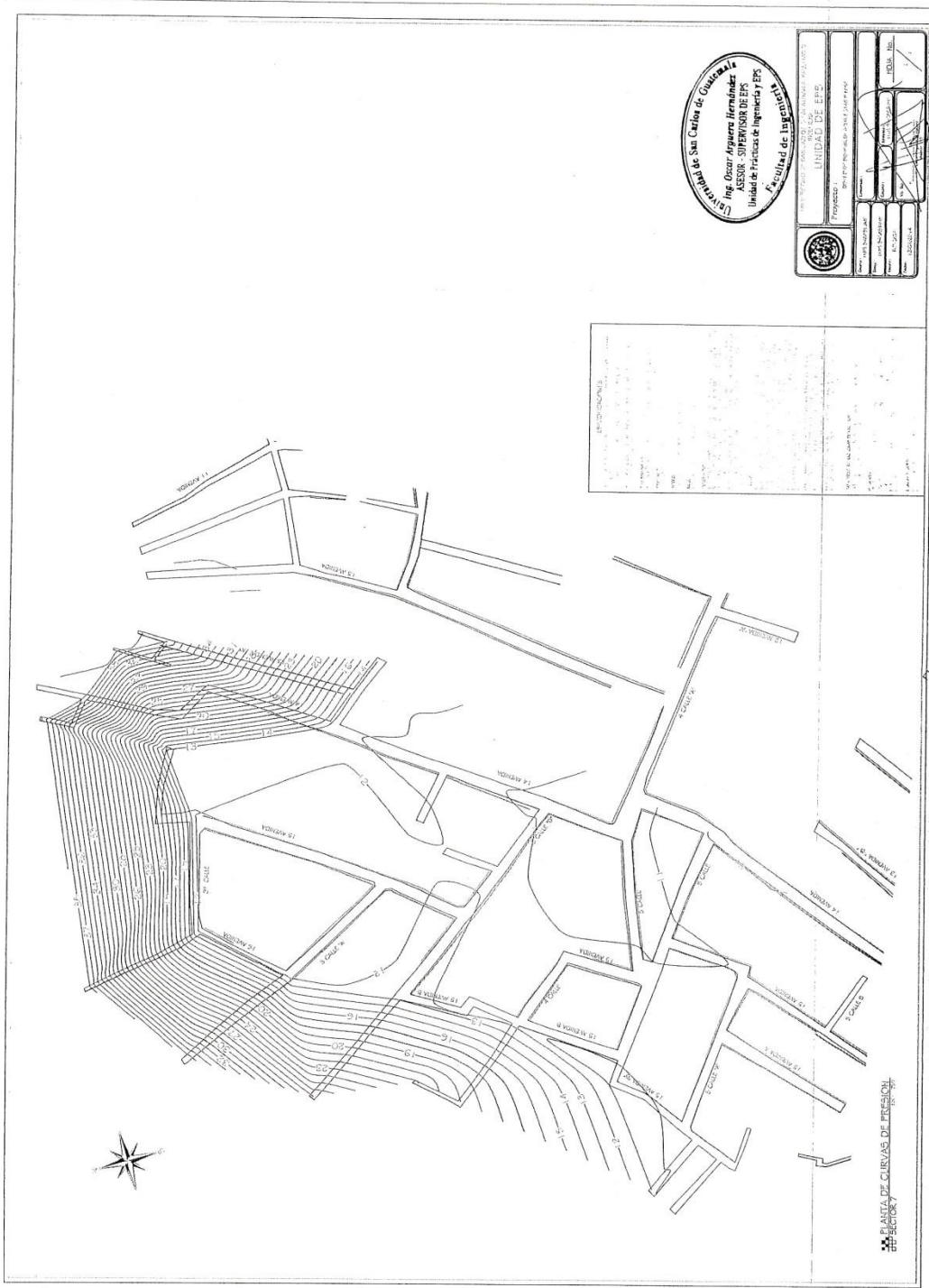


UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y EPS  
UNIDAD DE EPS  
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA...

INGENIERO: ...  
ASISTENTE: ...  
DISEÑADOR: ...  
LUGAR: ...  
FECHA: ...

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 1  | 1  | 1  | 1  |
| 2  | 2  | 2  | 2  |
| 3  | 3  | 3  | 3  |
| 4  | 4  | 4  | 4  |
| 5  | 5  | 5  | 5  |
| 6  | 6  | 6  | 6  |
| 7  | 7  | 7  | 7  |
| 8  | 8  | 8  | 8  |
| 9  | 9  | 9  | 9  |
| 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 11 | 11 | 11 |
| 12 | 12 | 12 | 12 |
| 13 | 13 | 13 | 13 |
| 14 | 14 | 14 | 14 |
| 15 | 15 | 15 | 15 |

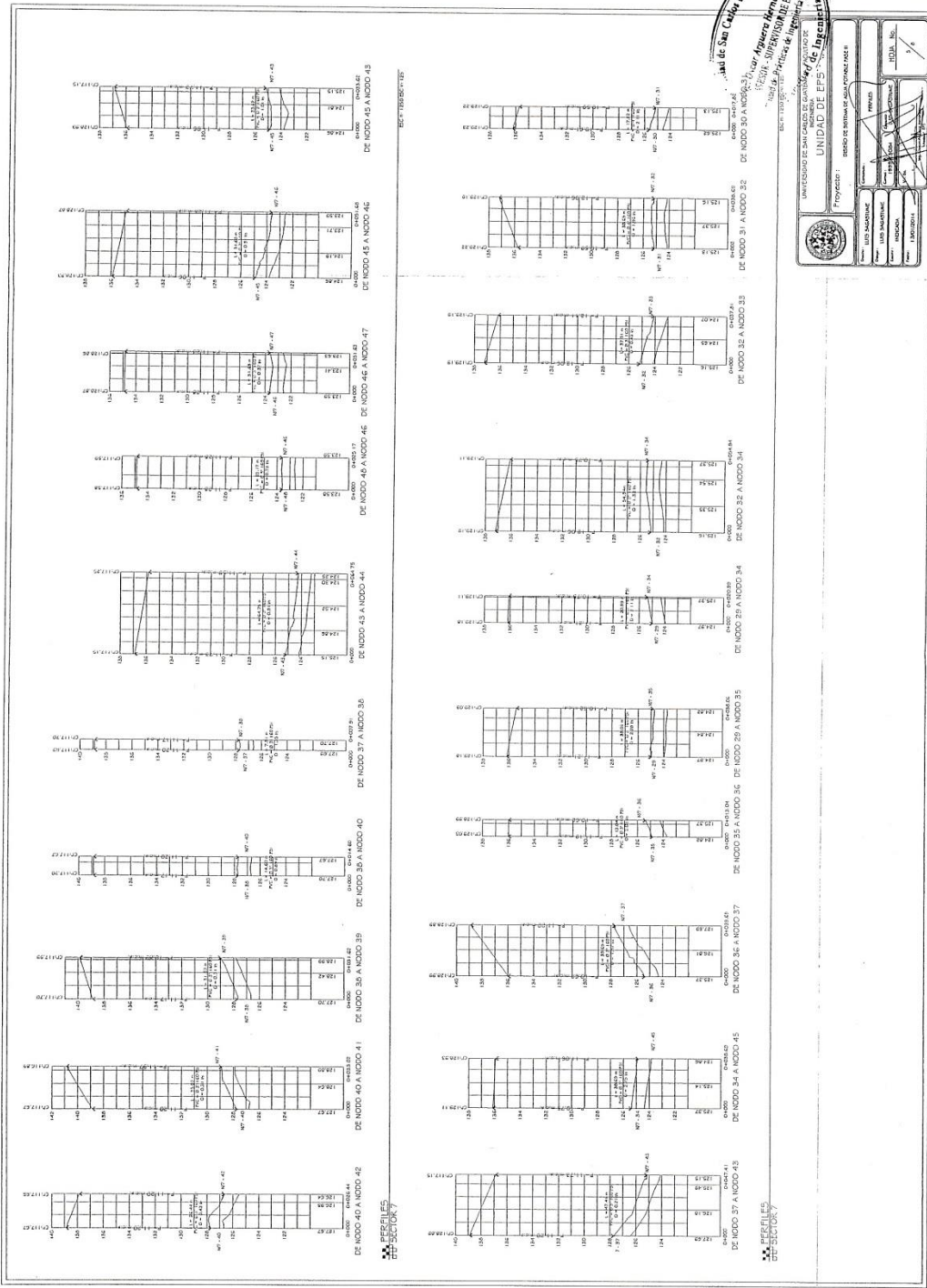
PLANTA DE GENERAL DE SECCION









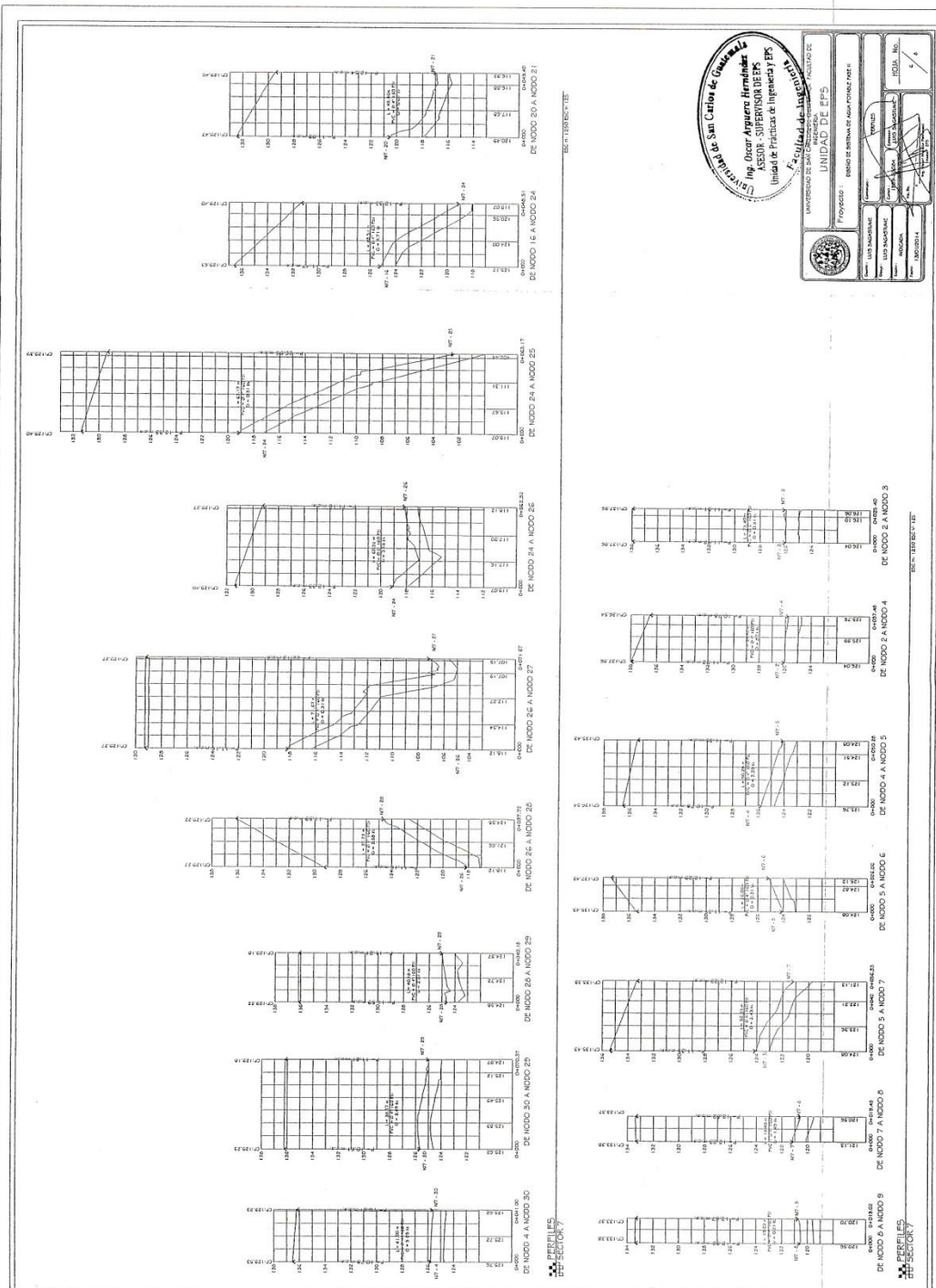


Universidad de Cundinamarca  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería de Puentes  
 Unidad de EPS "Ne Ingenieros"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYAMA  
 ESCUELA DE INGENIERIA DE PUENTES  
 UNIDAD DE EPS "NE INGENIEROS"

Proyector:

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| Nombre:         | LEON ZAMBRANA        |
| Apellido:       | LEON ZAMBRANA        |
| Identificación: | 10000000000000000000 |
| Fecha:          | 10/05/2014           |
| Escala:         | 1:1                  |
| Hoja:           | 1 de 1               |



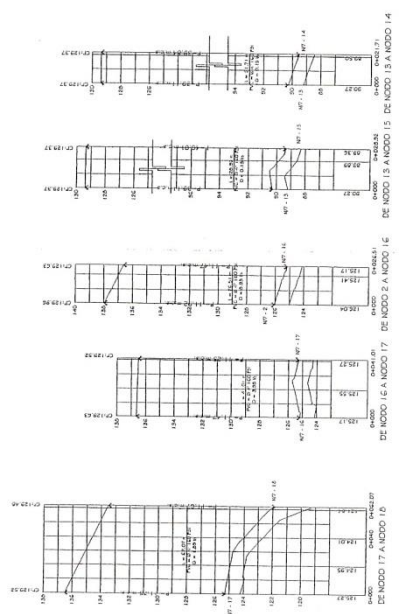
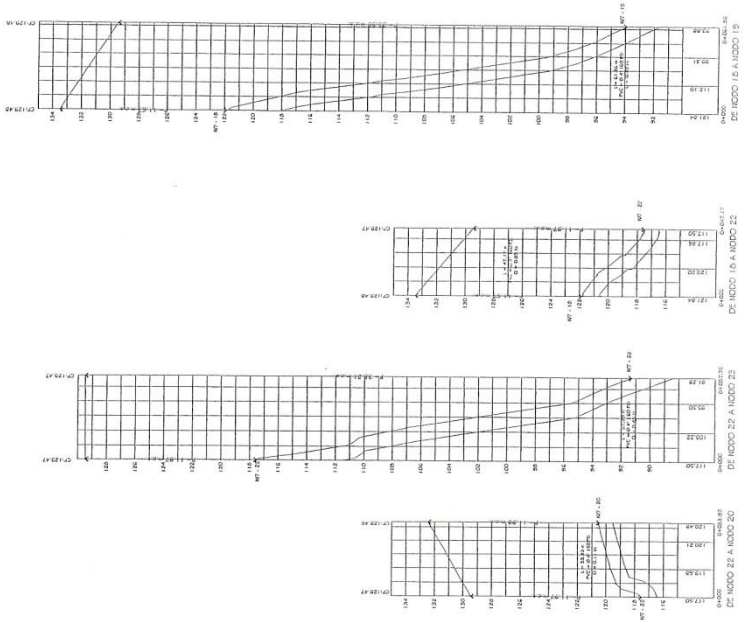
**Escuela de San Carlos de Guaymas**  
**Ing. Oscar Aguirre Hernández**  
**ASESOR - SUPERVISOR DE EPS**  
**Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNIDAD DE EPS**

Proyecto: BARRIO DE BARRANCA DE AGUA FROZADA PUEBLO  
 Nombre del Proyecto: BARRIO DE BARRANCA DE AGUA FROZADA PUEBLO  
 Nombre del Cliente: BARRIO DE BARRANCA DE AGUA FROZADA PUEBLO  
 Nombre del Diseñador: [Signature]  
 Nombre del Revisor: [Signature]  
 Nombre del Ejecutor: [Signature]

FECHA: 15/05/2014  
 HOJA: 6 DE 6





PERFILES  
DE SECTOR 7

PERFILES  
DE SECTOR 7E



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIDAD DE EFS

PROYECTO: PROYECTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA EL

INTEGRANTES:

Nombre: [ ]

Apellido: [ ]

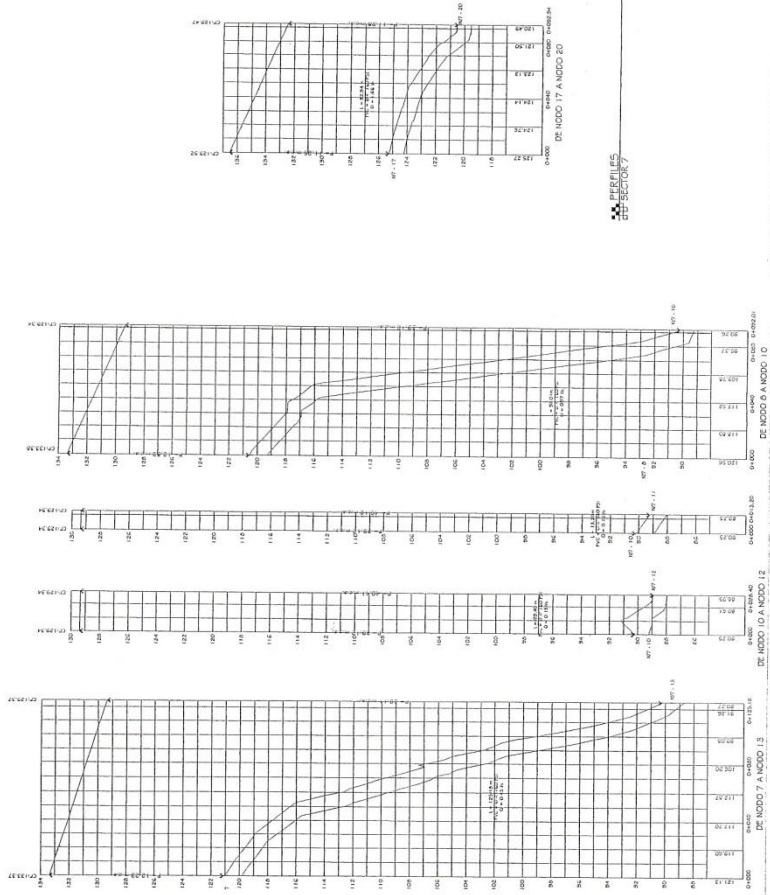
Matrícula: [ ]

FECHA: [ ]

ROLLE No. 7/6

PERFILES  
DE SECTOR 7E

PERFILES  
DE SECTOR 7



EPHILLES  
EPC SECTOR

ESC. N° 1180 (MTC) 117



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS

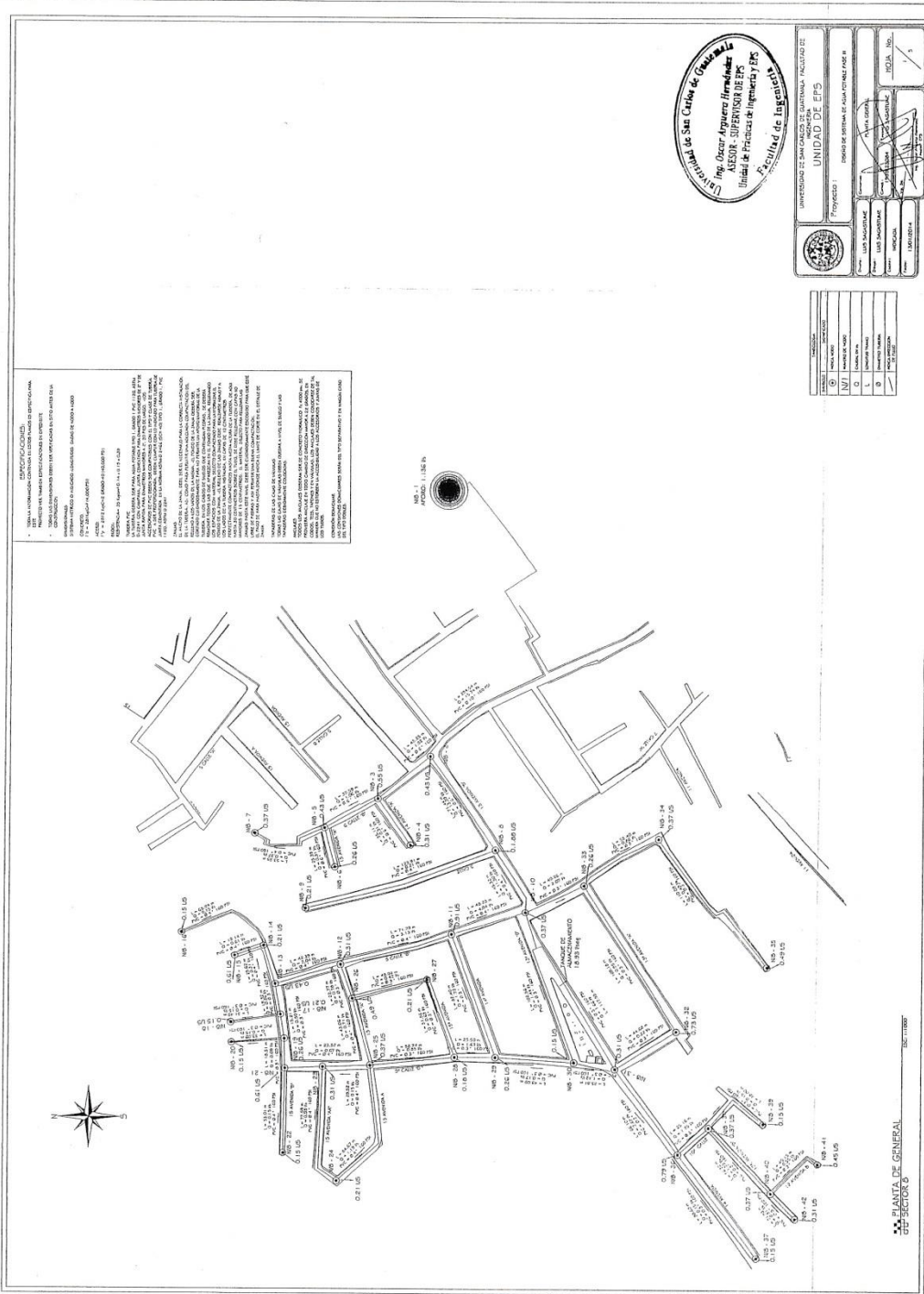
UNIDAD DE EPS

Proyecto: ...

|          |              |       |  |
|----------|--------------|-------|--|
| Nombre   | LUIS SAMAYAN | FECHA |  |
| Apellido | LUIS SAMAYAN | FECHA |  |
| Medida   |              | FECHA |  |
| Valor    |              | FECHA |  |

FECHA: ...

UNIDAD DE EPS



**CONDICIONES DE BARRIO (RESUMEN)**

- Barrio antiguo, calles estrechas y de mala calidad.
- Edificaciones antiguas y en mal estado.
- Sistema de drenaje antiguo y en mal estado.
- Sistema de abastecimiento de agua antiguo y en mal estado.
- Existencia de una gran cantidad de edificios en construcción.
- Existencia de un gran número de edificios que están siendo demolidos.
- Existencia de un gran número de edificios que están siendo reemplazados por edificios nuevos.
- Existencia de un gran número de edificios que están siendo reemplazados por edificios nuevos.
- Existencia de un gran número de edificios que están siendo reemplazados por edificios nuevos.

**CONDICIONES DE LA OBRERA (RESUMEN)**

- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.
- El terreno es plano y firme.



1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO  
 2. IDENTIFICACION DEL CLIENTE  
 3. IDENTIFICACION DEL TIPO DE OBRAS  
 4. IDENTIFICACION DEL TIPO DE TERRENO  
 5. IDENTIFICACION DEL TIPO DE CLIMA  
 6. IDENTIFICACION DEL TIPO DE SUELO  
 7. IDENTIFICACION DEL TIPO DE VEGETACION  
 8. IDENTIFICACION DEL TIPO DE ANIMALES  
 9. IDENTIFICACION DEL TIPO DE RIESGOS  
 10. IDENTIFICACION DEL TIPO DE RECURSOS  
 11. IDENTIFICACION DEL TIPO DE LEGISLACION  
 12. IDENTIFICACION DEL TIPO DE NORMAS  
 13. IDENTIFICACION DEL TIPO DE ESTANDARES  
 14. IDENTIFICACION DEL TIPO DE MATERIALES  
 15. IDENTIFICACION DEL TIPO DE EQUIPOS  
 16. IDENTIFICACION DEL TIPO DE PERSONAL  
 17. IDENTIFICACION DEL TIPO DE COSTOS  
 18. IDENTIFICACION DEL TIPO DE PLAZOS  
 19. IDENTIFICACION DEL TIPO DE CALIDAD  
 20. IDENTIFICACION DEL TIPO DE SEGURIDAD  
 21. IDENTIFICACION DEL TIPO DE SOSTENIBILIDAD  
 22. IDENTIFICACION DEL TIPO DE INNOVACION  
 23. IDENTIFICACION DEL TIPO DE TRANSACCIONALIDAD  
 24. IDENTIFICACION DEL TIPO DE RESPONSABILIDAD  
 25. IDENTIFICACION DEL TIPO DE TRANSPARENCIA  
 26. IDENTIFICACION DEL TIPO DE EFICIENCIA  
 27. IDENTIFICACION DEL TIPO DE CALIDAD DE SERVICIO  
 28. IDENTIFICACION DEL TIPO DE SATISFACCION  
 29. IDENTIFICACION DEL TIPO DE LEALTAD  
 30. IDENTIFICACION DEL TIPO DE COMPROMISO  
 31. IDENTIFICACION DEL TIPO DE PASION  
 32. IDENTIFICACION DEL TIPO DE RESILIENCIA  
 33. IDENTIFICACION DEL TIPO DE AGILIDAD  
 34. IDENTIFICACION DEL TIPO DE FLEXIBILIDAD  
 35. IDENTIFICACION DEL TIPO DE COLABORACION  
 36. IDENTIFICACION DEL TIPO DE EMPATIA  
 37. IDENTIFICACION DEL TIPO DE COMUNICACION  
 38. IDENTIFICACION DEL TIPO DE TRASCENDENCIA  
 39. IDENTIFICACION DEL TIPO DE IMPACTO  
 40. IDENTIFICACION DEL TIPO DE LEGADO  
 41. IDENTIFICACION DEL TIPO DE HERENCIA  
 42. IDENTIFICACION DEL TIPO DE LEGADO

| No. Med. | Cuadra | Elevacion | Punto  | Previd. |
|----------|--------|-----------|--------|---------|
| 1        | 1      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 2        | 2      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 3        | 3      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 4        | 4      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 5        | 5      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 6        | 6      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 7        | 7      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 8        | 8      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 9        | 9      | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 10       | 10     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 11       | 11     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 12       | 12     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 13       | 13     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 14       | 14     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 15       | 15     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 16       | 16     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 17       | 17     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 18       | 18     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 19       | 19     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 20       | 20     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 21       | 21     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 22       | 22     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 23       | 23     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 24       | 24     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 25       | 25     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 26       | 26     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 27       | 27     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 28       | 28     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 29       | 29     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 30       | 30     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 31       | 31     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 32       | 32     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 33       | 33     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 34       | 34     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 35       | 35     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 36       | 36     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 37       | 37     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 38       | 38     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 39       | 39     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 40       | 40     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 41       | 41     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |
| 42       | 42     | 117.50    | 117.50 | 117.50  |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE EPS  
 Ing. Oscar Amador Hernandez  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Pruebas de Ingeniería EPS  
 Proyecto: DISEÑO DE BARRIO DE CALLES EN EL AREA...  
 TITULO: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO  
 TEMA: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO  
 TITULO: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO  
 TEMA: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO  
 TITULO: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO  
 TEMA: PLAN DE CALIDAD DE PROYECTO

PLANTA DE CURVAS DE PRECISION  
 02/11/2008





|                                 |           |              |             |
|---------------------------------|-----------|--------------|-------------|
| RED LA BRIGADA, ZONA 6 DE MIXCO |           |              |             |
| No. SECTOR                      | DIRECCION | LONGITUD (m) | ESPESOR (m) |
| 5                               | 2552.35   | 424.15       | 2.02        |
| TOTAL                           |           | 2452.50      |             |

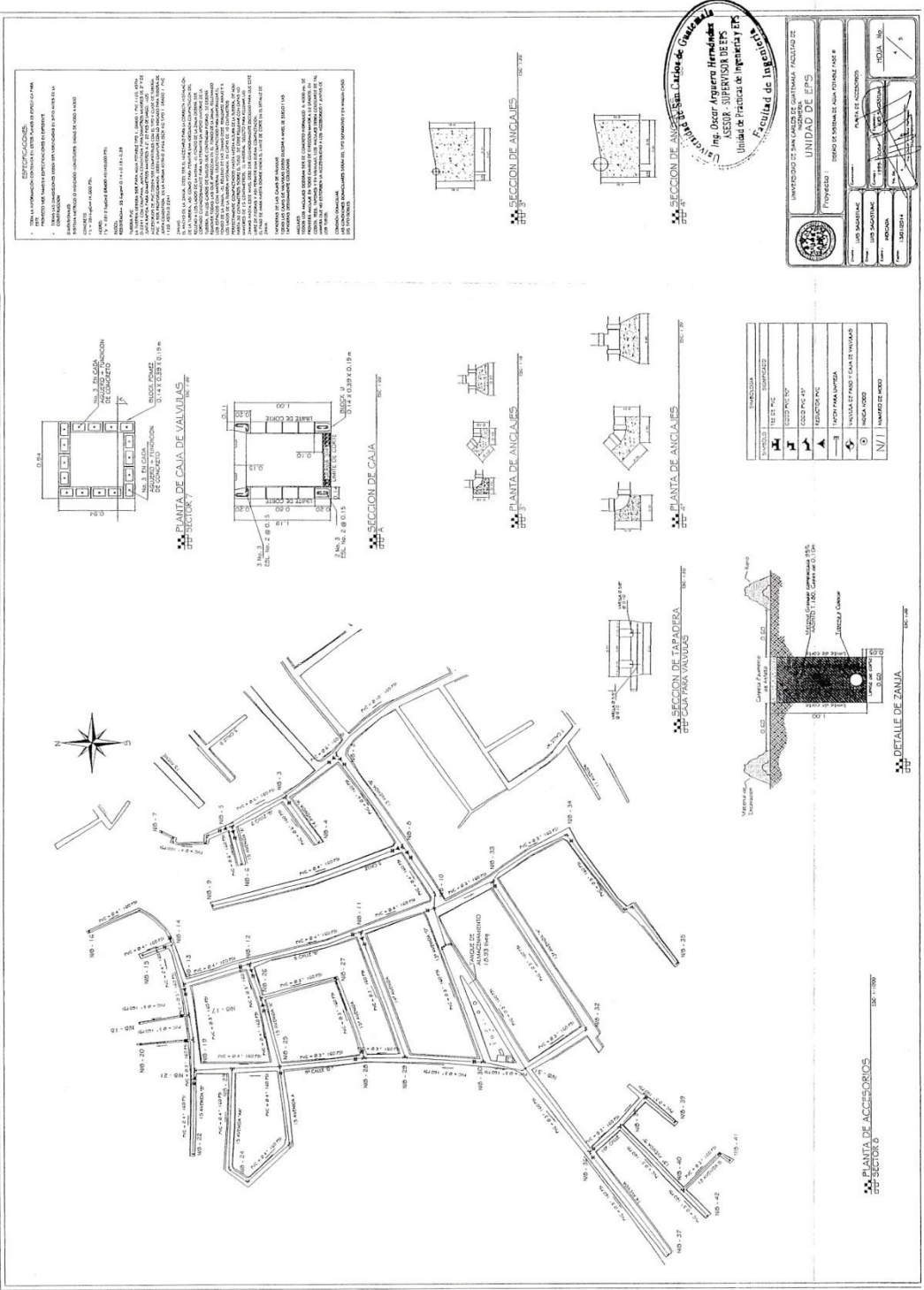
1. SERVICIO DE INGENIERIA CIVIL  
 2. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO  
 3. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE ACERO  
 4. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE MADERA  
 5. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE ALUMINIO  
 6. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE VIDRIO  
 7. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE PIEDRA  
 8. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE CEMENTO  
 9. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE PLASTICO  
 10. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE PAPIRO  
 11. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE TERCEROS  
 12. SERVICIO DE INGENIERIA DE OBRAS DE OTROS MATERIALES



|  |  |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERIA |  |
| UNIDAD DE EPS  |  |
| PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA Y PLANALZ                       |  |
| PROYECTO: PLAN DE DENSIDAD DE VIVIENDA Y PLANALZ               |  |
| PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL                                   |  |
| AUTOR: ING. OSCAR AGUERO HERNANDEZ                             |  |
| FECHA: 15/05/2018  |  |
| LUGAR: ZONA 6 DE MIXCO, GUATEMALA                              |  |
| Escala: 1:1000   |  |
| Hoja No. 1   |  |

PLANTA DE REPARACION  
 DE SECTORES

PLAN DE DENSIDAD DE VIVIENDA  
 DE SECTORES



**ESPECIFICACIONES:**

1. TUBERÍA DE ALUMINIO O ACERO GALVANIZADO.

2. TUBERÍA DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

3. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

4. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

5. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

6. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

7. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

8. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

9. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

10. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

11. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

12. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

13. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

14. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

15. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

16. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

17. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

18. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

19. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

20. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

21. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

22. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

23. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

24. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

25. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

26. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

27. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

28. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

29. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

30. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

31. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

32. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

33. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

34. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

35. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

36. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

37. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

38. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

39. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

40. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

41. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

42. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

43. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

44. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

45. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

46. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

47. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

48. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

49. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

50. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

51. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

52. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

53. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

54. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

55. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

56. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

57. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

58. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

59. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

60. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

61. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

62. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

63. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

64. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

65. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

66. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

67. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

68. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

69. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

70. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

71. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

72. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

73. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

74. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

75. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

76. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

77. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

78. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

79. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

80. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

81. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

82. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

83. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

84. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

85. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

86. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

87. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

88. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

89. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

90. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

91. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

92. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

93. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

94. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

95. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

96. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

97. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

98. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

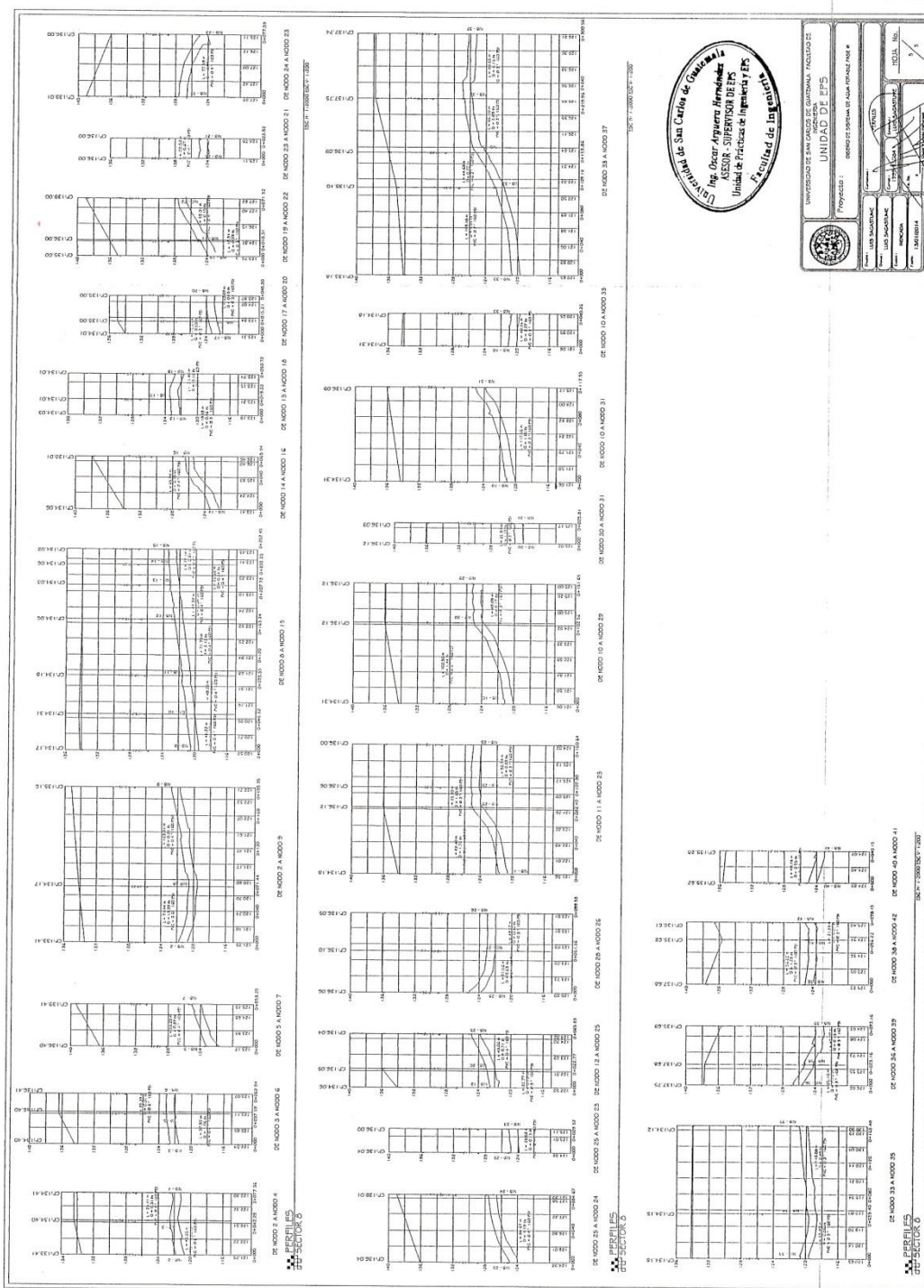
99. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

100. ANCAJE DE 150 MM DE DIÁMETRO EXTERNO.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Ing. Oscar Aguayo Hernández**  
**ASISTENTE DE EPS**  
**Unidad de Ingeniería y EPS**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 FOTOCOPIADO  
 FONDO DE NORMAS DE GUATEMALA N° 8

|                     |  |
|---------------------|--|
| UNIVERSIDAD         | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA     |
| ESCUELA             | ESCUELA DE INGENIERÍA                      |
| CARRERA             | CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE AGUAS |
| LIBRERÍA            | LIBRERÍA                                   |
| FECHA               | FECHA                                      |
| PROYECTO            | PROYECTO                                   |
| HOJA                | HOJA                                       |
| TÍTULO              | TÍTULO                                     |
| FECHA DE APROBACIÓN | FECHA DE APROBACIÓN                        |
| FECHA DE EMISIÓN    | FECHA DE EMISIÓN                           |
| FECHA DE RECEPCIÓN  | FECHA DE RECEPCIÓN                         |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EFS  
PROYECTO: ...  
FECHA: ...  
AUTOR: ...  
REVISOR: ...  
APROBADO: ...

