



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE  
VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA**

**Carlos Enrique Fino Marroquín**

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE  
VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS ENRIQUE FINO MARROQUÍN**

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Estuardo Galindo
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
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 DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE  
VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 16 de febrero de 2021.



**Carlos Enrique Fino Marroquín**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 23 de marzo de 2023  
REF.EPS.DOC.157.03.2023

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

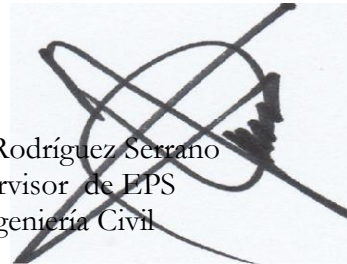
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Enrique Fino Marroquín, CUI 2963 02929 2212 y Registro Académico 201503496** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA..**

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. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
SJRS/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 26 de abril de 2023  
REF.EPS.D.137.04.2023

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

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 DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Enrique Fino Marroquín, CUI 2963 02929 2212 y Registro Académico 201503496**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra

Guatemala, 02 mayo de 2023

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Coordinador del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Aguilar:

Le informo que se ha revisado el Informe final de EPS **“DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA.”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **Carlos Enrique Fino Marroquín, Registro Académico: 201503496**, quien contó con la asesoría del **ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO**.

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 del Departamento de Hidráulica**

Guatemala, 02 mayo de 2023

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Fuentes:

Le informo que se ha revisado el Informe final de EPS **“DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA.”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **Carlos Enrique Fino Marroquín, Registro Académico: 201503496**, quien contó con la asesoría del **ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO**.

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



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRÁULICA  
U S A C  
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe Del Departamento de Hidráulica

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
**Coordinador del Departamento de Hidraulica**





LNG.DIRECTOR.142.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA**, presentado por: **Carlos Enrique Fino Marroquín**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, julio de 2023





Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.538.2023

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 DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA**, presentado por: **Carlos Enrique Fino Marroquín**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la vida, la sabiduría, la fortaleza y la capacidad.
<b>Mis padres</b>	Carlos Enrique Fino Jiménez y Arely Maine Marroquín Salvador. Por ser el apoyo, la fortaleza y motivación durante toda mi vida.
<b>Mi hermana</b>	Karla Alejandra Fino Marroquín. Por estar en todo momento para motivarme y apoyarme.
<b>Mi familia en general</b>	Abuelita, tíos, tías, primos y primas. Por aconsejarme en los momentos difíciles y apoyarme.
<b>Mis amigos</b>	Por brindarme su amistad incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la capacidad, sabiduría y fortaleza para culminar mis estudios universitarios en la carrera de Ingeniería Civil.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería</b>	Por ser parte tan importante de mi formación académica y brindarme valores éticos y morales para el desempeño de mi vida profesional.
<b>Mis padres</b>	Por su constante apoyo incondicional durante la carrera de ingeniería civil e inculcarme la perseverancia y responsabilidad.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, por su colaboración y apoyo profesional durante el proceso de elaboración del presente trabajo de graduación.
<b>Municipalidad del municipio de Jalpatagua, Jutiapa</b>	Por brindarme la oportunidad de realizar la planificación de los proyectos en el municipio y poder aportar al desarrollo del mismo.
<b>Dirección Municipal de Planificación del municipio de Jalpatagua, Jutiapa</b>	Por su desinteresada e incondicional colaboración y apoyo en el acceso a la información necesaria para la elaboración del presente trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN .....	XXVII
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN .....	XXXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Jalpatagua, departamento de Jutiapa .....	1
1.2. Características físicas.....	2
1.2.1. Ubicación y localización.....	2
1.2.2. Colindancias .....	2
1.2.3. Topografía .....	3
1.2.4. Clima .....	3
1.2.5. Tipos de vivienda.....	5
1.2.6. Población y demografía .....	5
1.3. Características de infraestructura .....	6
1.3.1. Vías de acceso .....	6
1.3.2. Servicios públicos .....	6
1.3.2.1. Educación .....	7
1.3.2.2. Salud .....	7
1.3.2.3. Agua potable.....	8
1.3.2.4. Drenajes .....	9
1.3.2.5. Energía eléctrica.....	9

1.4.	Características socioeconómicas .....	10
1.4.1.	Origen de la comunidad .....	10
1.4.2.	Actividad económica .....	11
1.4.3.	Idioma y religión .....	12
1.5.	Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de las aldeas El Coco y El Jicaral .....	12
1.6.	Descripción de necesidades .....	13
1.7.	Evaluación y priorización de necesidades.....	14
2.	DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL .....	15
2.1.	Descripción del proyecto .....	15
2.2.	Consideraciones generales para el diseño del puente vehicular.....	16
2.2.1.	Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto tipo losa .....	16
2.2.1.1.	Datos y bases de diseño .....	18
2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	18
2.2.3.	Cálculo de caudal máximo .....	19
2.2.4.	Determinación de la calidad del suelo .....	22
2.3.	Diseño de la superestructura .....	24
2.3.1.	Diseño de tramo de 16 metros de largo .....	24
2.3.1.1.	Diseño de losa.....	25
2.3.1.2.	Diseño de barandal .....	45
2.3.1.3.	Diseño de diafragmas .....	51
2.3.1.4.	Diseño de vigas.....	54
2.3.1.5.	Análisis sísmico.....	88
2.4.	Diseño de subestructura .....	88
2.4.1.	Diseño de cortina y viga de apoyo .....	88
2.4.1.1.	Diseño de la cortina.....	88

	2.4.1.2.	Diseño de viga de apoyo .....	93
	2.4.2.	Diseño de estribos .....	94
	2.4.2.1.	Revisión del estribo sin superestructura.....	97
	2.4.2.2.	Revisión del estribo con superestructura y carga móvil.....	99
	2.4.2.3.	Revisión del estribo con sismo sin carga viva .....	101
	2.4.3.	Diseño de neopreno .....	105
	2.4.4.	Diseño de obras de protección .....	106
2.5.		Planos del proyecto .....	108
2.6.		Presupuesto del proyecto .....	108
2.7.		Evaluación de de impacto ambiental .....	110
2.8.		Evaluación socioeconómica .....	121
	2.8.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	121
	2.8.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	122
2.9.		Cronograma del proyecto .....	124
3.		DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO .....	127
	3.1.	Descripción del proyecto .....	127
	3.2.	Diseño de la red de colectores .....	128
	3.2.1.	Periodo de diseño.....	128
	3.2.2.	Población de diseño .....	129
	3.2.3.	Dotación .....	129
	3.2.4.	Factor de retorno .....	130
	3.2.5.	Caudal sanitario.....	130
	3.2.5.1.	Caudal domiciliar .....	131
	3.2.5.2.	Caudal comercial .....	131

3.2.5.3.	Caudal industrial.....	132
3.2.5.4.	Caudal de conexiones ilícitas .....	133
3.2.5.5.	Caudal de infiltración.....	133
3.2.6.	Factor de caudal medio.....	134
3.2.7.	Factor de flujo instantáneo o de Harmond.....	135
3.2.8.	Caudal de diseño .....	135
3.2.9.	Diámetro mínimo .....	136
3.2.10.	Tirante de flujo.....	137
3.2.11.	Velocidades máximas y mínimas .....	137
3.2.12.	Pendientes .....	138
3.2.13.	Cotas Invert.....	138
3.2.14.	Pozos de visita .....	141
3.2.15.	Conexiones domiciliarias.....	143
3.2.16.	Profundidad mínima de tubería .....	144
3.2.17.	Principios hidráulicos.....	145
3.2.18.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	146
3.2.19.	Cálculo hidráulico .....	150
3.3.	Especificaciones técnicas .....	152
3.4.	Operación y mantenimiento de la red.....	158
3.5.	Evaluación de impacto ambiental.....	160
3.6.	Evaluación socioeconómica .....	171
3.6.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	171
3.6.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	173
3.7.	Presupuesto para el proyecto .....	176
3.8.	Cronograma del proyecto.....	177
CONCLUSIONES.....		179
RECOMENDACIONES .....		181
BIBLIOGRAFÍA.....		183



APÉNDICES .....	185
ANEXOS.....	191



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Sección transversal de río Pululá .....	21
2.	Geometría de superestructura.....	25
3.	Diagrama de cargas para carga muerta (DC) .....	26
4.	Análisis de puntos de inflexión .....	27
5.	Diagrama de corte y momento .....	27
6.	Diagrama de cargas para carga muerta (DW).....	28
7.	Análisis de puntos de inflexión .....	28
8.	Diagrama de corte y momento .....	29
9.	Diagrama de cargas para carga viva ( $M_{LL+IM}$ ).....	30
10.	Análisis de puntos de inflexión .....	30
11.	Diagrama de corte y momento .....	31
12.	Detalle acero negativo.....	33
13.	Detalle de acero positivo .....	36
14.	Esquema de armado de losa.....	40
15.	Diagrama de cargas y punto de influencia en el diseño de barandal ....	46
16.	Diagrama de cargas .....	47
17.	Diagrama de falla balanceada para acero propuesto .....	49
18.	Detalle de armado para viga diafragma .....	54
19.	Viga interna – sección transversal de puente.....	55
20.	Análisis de influencia de carga por HL 93 sobre el puente.....	57
21.	Sección de viga T (viga principal interior).....	58
22.	Análisis de cortante a causa de HL 93 sobre el puente .....	64
23.	Distribución de refuerzo para viga interior .....	71

24.	Viga externa – sección transversal de puente .....	71
25.	Análisis de influencia de carga por HL 93 sobre el puente .....	73
26.	Sección de viga T (viga principal externa) .....	74
27.	Análisis por ley de momentos .....	74
28.	Análisis de cortante a causa de HL 93 sobre el puente .....	80
29.	Distribución de refuerzo para viga exterior.....	87
30.	Diagrama de fuerzas de suelo que actúan sobre la cortina .....	89
31.	Detalle de armado de cortina y viga de apoyo .....	94
32.	Diagrama de influencia de cargas sobre estribos .....	95
33.	Sección del estribo.....	96
34.	Detalle de neopreno.....	106
35.	Gráfico de evaluación de costo e ingresos .....	122
36.	Gráfico de evaluación de costo e ingresos .....	123
37.	Gráfico simplificado de evaluación de costo e ingresos.....	123
38.	Pozo de visita.....	143
39.	Gráfico de evaluación de costo e ingresos .....	173
40.	Gráfico de evaluación de costo e ingresos .....	174
41.	Gráfico simplificado de evaluación de costo e ingresos.....	175

## TABLAS

I.	Variable de medición de temperatura media registrada.....	4
II.	Variable de medición de lluvia registrada .....	4
III.	Empuje y momento de volteo del estribo .....	96
IV.	Momento de estabilización del estribo .....	97
V.	Momento de volteo en el sentido horizontal del estribo .....	102
VI.	Presupuesto para construcción de puente vehicular .....	109
VII.	Evaluación ambiental de construcción de puente vehicular.....	111
VIII.	Evaluación de costos e ingresos .....	121

IX.	Cronograma de ejecución de la construcción del puente vehicular .....	125
X.	Anchos mínimos para zanjas .....	154
XI.	Evaluación ambiental de construcción de drenaje sanitario.....	161
XII.	Evaluación de costos e ingresos del drenaje .....	172
XIII.	Presupuesto para la construcción del sistema de drenaje sanitario.....	177
XIV.	Cronograma de ejecución para la construcción del sistema de drenaje sanitario.....	178



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada. Distancia de separación repetida
<b>h</b>	Altura del elemento
<b>H<sub>diafragma</sub></b>	Altura de viga diafragma
<b>H<sub>viga</sub></b>	Altura de viga principal
<b>E</b>	Ancho de franja tributaria
<b>B<sub>efectivo</sub></b>	Ancho efectivo
<b>Ø</b>	Ángulo de fricción interna del suelo
<b>ϑ</b>	Ángulo de inclinación de las cargas de tensión
<b>As dist.</b>	Área de acero de distribución
<b>As</b>	Área de acero de refuerzo
<b>Av</b>	Área de acero de refuerzo transversal
<b>As trans.</b>	Área de acero transformada
<b>As min</b>	Área de acero mínimo del elemento
<b>As máx.</b>	Área de acero máximo del elemento
<b>As temp.</b>	Área de acero por temperatura
<b>Ag</b>	Área gruesa del elemento
<b>b</b>	Base del elemento
<b>q<sub>adm</sub> (neta)</b>	Capacidad de carga neta admisible del suelo
<b>q<sub>u</sub></b>	Capacidad de carga última del suelo
<b>W</b>	Carga distribuida actuante
<b>W<sub>PP</sub></b>	Carga distribuida por el peso propio
<b>Q</b>	Caudal de una sección
<b>Cm</b>	Centímetros

<b>Cm<sup>2</sup>/cm</b>	Centímetros cuadrados por centímetro
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad de Manning
<b>Cu</b>	Cohesión del suelo
<b>P1</b>	Compresión pura
<b>Vn</b>	Cortante nominal
<b>Vs</b>	Cortante nominal del acero
<b>Vo</b>	Cortante nominal del concreto
<b>Vcm</b>	Cortante por carga muerta
<b>V<sub>LL+IM</sub></b>	Cortante provocado por el camión de diseño + factor de impacto.
<b>Vr</b>	Cortante resistente.
<b>Vu</b>	Cortante último.
<b>CT</b>	Cota de terreno.
<b>CIE</b>	Cota Invert de entrada.
<b>CIS</b>	Cota Invert de salida.
<b>D<sub>f</sub></b>	Desplante de la muestra de suelo.
<b>∅</b>	Diámetro de varilla de acero o sección circular.
<b>C</b>	Distancia de la fibra exterior hasta el eje neutro del elemento.
<b>s</b>	Distancia entre vigas principales del puente.
<b>DH</b>	Distancia horizontal.
<b>đ</b>	Distancia horizontal del punto de Barré.
<b>e<sub>g</sub></b>	Eje neutro.
<b>E<sub>s</sub></b>	Empuje por el suelo.
<b>E<sub>sob</sub></b>	Empuje por sobrecarga.
<b>f<sub>ss</sub></b>	Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio.
<b>S max</b>	Espaciamiento máximo del refuerzo a corte.
<b>t</b>	Espesor de losa.
<b>Est.</b>	Estribo de refuerzo.



<b>e</b>	Excentricidad.
<b>q<sub>u</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión.
<b>N<sub>u</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido al peso específico del suelo.
<b>N<sub>q</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga.
<b>FQM</b>	Factor de caudal medio.
<b>K</b>	Factor del efecto extremo.
<b>F.H</b>	Factor de Harmond.
<b>IM</b>	Factor de impacto.
<i>f<sub>inf</sub></i>	Factor de infiltración.
<b>FPM</b>	Factor de presencia múltiple.
<b>f</b>	Factor de resistencia.
<b>F.R</b>	Factor de retorno para diseño de drenaje.
<b>F. S</b>	Factor de seguridad para el suelo.
<b>P2</b>	Flexión pura.
<b>Cc</b>	Fuerza de compresión en el concreto.
<b>Cas</b>	Fuerza de compresión en el acero.
<b>D</b>	Fuerza de deslizamiento.
<b>Em</b>	Fuerza de empuje.
<b>F<sub>L</sub></b>	Fuerza ejercida longitudinalmente.
<b>F<sub>H</sub></b>	Fuerza horizontal.
<b>g</b>	Gravedad.
<b>I</b>	Inercia.
<b>i</b>	Interés.
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<i>kg/cm<sup>2</sup></i>	Kilogramo por centímetro cuadrado.
<i>kg/m<sup>2</sup></i>	Kilogramo por metro cuadrado.
<i>kg/m<sup>3</sup></i>	Kilogramo por metro cúbico.
<b>Lts/hab/día</b>	Litros por habitante por día.

<b>Lts/km/día</b>	Litros por kilómetro por día.
<b>Lts/seg</b>	Litros por segundo.
<b>L</b>	Longitud.
<b>Lu</b>	Luz libre.
<b>m</b>	Metros.
$E_s$	Módulo de elasticidad del acero.
$E_c$	Módulo de elasticidad del concreto.
$f_r$	Módulo de ruptura del concreto.
<b>M</b>	Momento actuante.
<b>M<sub>DW</sub></b>	Momento a causa de la carga de elementos de asfalto.
<b>M<sub>DC</sub></b>	Momento a causa de la carga de elementos de concreto.
$M_{FL}$	Momento a causa de la fuerza longitudinal.
<b>M<sub>cr</sub></b>	Momento crítico.
$M_{Esob}$	Momento de empuje a causa de sobrecarga.
$M_{Es}$	Momento de empuje a causa del suelo.
<b>Me</b>	Momento de estabilización.
<b>Ms</b>	Momento de servicio.
$M_{s(-)LL+IM}$	Momento de servicio causado por el camión de diseño + factor de impacto.
<b>Mv</b>	Momento de volteo.
$M_{VH}$	Momento de volteo por fuerza horizontal.
$M_{sismo}$	Momento por fuerza de sismo.
<b>M<sub>LL+IM</sub></b>	Momento provocado por el camión de diseño + factor de impacto.
<b>Mu</b>	Momento último de carga.
<b>S</b>	Pendiente de terreno o pendiente de río.
<b>S<sub>tubería</sub></b>	Pendiente de tubería.
<b>d</b>	Peralte efectivo.

<b>n</b>	Periodo de diseño del drenaje.
<b>W</b>	Peso.
<b><math>\gamma</math></b>	Peso específico del suelo.
<b><math>d_v</math></b>	Peralte efectivo de corte.
<b><math>P_{suelo}</math></b>	Presión del suelo.
<b><math>P_{min}</math></b>	Presión mínima.
<b><math>P_{max}</math></b>	Presión máxima.
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>P</b>	Población.
<b><math>P_o</math></b>	Población inicial.
<b><math>P_f</math></b>	Población futura.
<b>PV</b>	Pozo de visita.
<b>r</b>	Radio de giro.
<b>Rh</b>	Radio hidráulico.
<b>z</b>	Recubrimiento máximo.
<b><math>f'c</math></b>	Resistencia a compresión del concreto.
<b><math>f'y</math></b>	Resistencia a tensión del acero.
<b>q/Q</b>	Relación de caudal de diseño por caudal de sección llena.
<b>Es</b>	Relación de esbeltez.
<b><math>\beta_s</math></b>	Relación del acero.
<b><math>\beta</math></b>	Relación de la tensión con la deformación del concreto.
<b>d/D</b>	Relación de tirantes.
<b>v/V</b>	Relación de velocidad a sección parcial y velocidad a sección llena.
<b>r</b>	Tasa de crecimiento poblacional.
<b>T</b>	Tensión.
<b>Ton</b>	Toneladas.

**Ton/m**

*v*

Toneladas por metro.

Velocidad de caudal.

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.
<b>Acero positivo</b>	Acero de refuerzo a compresión que se encuentra por debajo del eje neutro.
<b>Acero negativo</b>	Acero de refuerzo a tensión que se encuentra por encima del eje neutro.
<b>Acero máximo</b>	Límite máximo de acero de refuerzo que podría tener un elemento para que no sea sobrediseñado.
<b>Acero mínimo</b>	Límite mínimo de acero de refuerzo que podría tener un elemento para que no sea subdiseñado.
<b>Acero por temperatura</b>	Acero de refuerzo colocado en los elementos estructurales para resistir la contracción por temperatura.
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto.
<b>Agregado fino</b>	Material proveniente de la desintegración de rocas (arenas) que le brinda manejabilidad al concreto.

<b>Agregado grueso</b>	Material granular rocoso (gravas) que le brinda rigidez al concreto.
<b>Aleton</b>	Elementos de la subestructura del puente que sirven para contención de tierra y relleno laterales, así como el encauce del caudal del río.
<b>Altimetría</b>	Levantamiento topográfico que permite conocer las alturas y los niveles del terreno.
<b>Ángulo esviaje</b>	Ángulo formado por el eje longitudinal del puente y el eje perpendicular de la corriente del río.
<b>Ángulo fricción interna</b>	Representa el ángulo promedio de fricción interna entre partículas de suelo.
<b>Área tributaria</b>	Sección de área equivalente de una losa para la transmisión de cargas hacia el elemento estructural de diseño.
<b>ASTM</b>	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales.
<b>Banqueta</b>	Elemento lateral de un puente, hecho de concreto reforzado destinado para el paso peatonal.
<b>Barandal</b>	Elementos laterales de un puente, hechos comúnmente de concreto reforzado o acero, que sirven como protección vehicular y peatonal.

<b><i>Bridge design specifications</i></b>	Especificaciones para el diseño de puente.
<b>Carga muerta</b>	Son todas aquellas cargas fijas causadas por incidencia de la gravedad, a las que están sometidas las estructuras.
<b>Carga viva</b>	Son todas aquellas cargas temporales y movibles a las que están sometidas las estructuras, las cuales generan un impacto sobre ellas.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua trasportado en un canal o una superficie, por unidad de tiempo determinada.
<b>Caudal máximo</b>	Volumen de agua máximo trasportado en una superficie, por unidad de tiempo determinada, durante el pasar de los años.
<b>Coefficiente rugosidad</b>	Valor adimensional que indica la resistencia de una superficie ante el flujo de un líquido.
<b>Cohesión del suelo</b>	Propiedad que posee el suelo de mantener sus partículas unidas, esta determina la resistencia del suelo a la tensión.
<b>Colector</b>	Conducto subterráneo que transporta aguas servidas o agua pluvial.

<b>Concreto reforzado</b>	Es la combinación de concreto con acero de refuerzo, el cual le brinda al concreto resistencia a la tensión.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Es la combinación de concreto con gravas no mayor a 30 cm de diámetro, normalmente compuesto por 60 % de concreto y 40 % de gravas, las cuales le brindan rigidez al concreto.
<b>Conexión domiciliar</b>	Conexión del sistema de drenaje de la vivienda hacia el colector principal.
<b>Contenido de humedad</b>	Prueba de laboratorio que determina la cantidad de humedad natural contenida en suelo.
<b>Cortante</b>	Cargas aplicadas en paralelo a las fibras que producen esfuerzos de corte.
<b>Cota de terreno</b>	Altura o nivel vertical de terreno con respecto a una referencia horizontal.
<b>Cota Invert</b>	Nivel de terreno tomado desde la rasante de terreno natural hasta la parte inferior de la tubería del colector.
<b>Crecida máxima</b>	Altura alcanzada por el caudal máximo de agua transportada por un río, durante el pasar de los años.
<b>Curvas de nivel</b>	Son líneas que conectan puntos de igual altitud en un mapa topográfico, representan los diferentes niveles de terreno.



<b>Diafragma</b>	Elemento estructural perpendicular a las vigas principales que le brinda rigidez a la superestructura del puente, evitando deformaciones laterales.
<b>Densidad de vivienda</b>	Cantidad de viviendas en un territorio por su extensión.
<b>Desplante</b>	Profundidad de terreno a la que fue tomada la muestra de suelo o profundidad de terreno donde se encuentra la cimentación.
<b>Drenaje sanitario</b>	Sistema de conjunto de tuberías, canales y pozos de visita, utilizado para el manejo y conducción de aguas servidas.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua estimada para el consumo diario por cada habitante.
<b>Eje neutro</b>	Eje longitudinal de un elemento sometido a flexión, donde no hay incidencia de cargas de tensión y de compresión.
<b>Erosión del suelo</b>	Es el desgaste de la superficie del suelo a causa del aire, gravedad o agua.
<b>Esbeltez</b>	Es una reducción de la resistencia de un elemento sometido a compresión axial o de flexocompresión, en relación a su altura y sección transversal.

<b>Estribos</b>	Son las bases de apoyo que soportan la superestructura del puente.
<b>Excentricidad</b>	Distancia que existe desde una carga aplicada fuera del centro del elemento hacia el centro del mismo.
<b>Factor de presencia múltiple</b>	Indica la probabilidad de ocurrencia de tener carriles de diseño simultáneamente cargados.
<b>Factor de impacto</b>	Factor de mayoración del efecto de las cargas.
<b>Formaleta</b>	Son elementos de madera, plástico o metal, utilizados como moldes temporales para la fundición de elementos de concreto.
<b>Ganchos</b>	Son dobleces de acero que sirven para unir de forma adecuada los elementos de refuerzo.
<b>Granulometría</b>	Ensayo de laboratorio que determina el tamaño de las partículas del suelo, por medio de tamices de diferentes calibres.
<b>HL - 93</b>	Camión de diseño propuesto por AASHTO.
<b>Inercia</b>	Propiedad que tiene un elemento de oponerse al movimiento.
<b>LRFD</b>	Método de diseño de puentes con factores de carga y resistencia.

<b>Límites de Atterberg</b>	Ensayo de laboratorio que determina la plasticidad del suelo.
<b>Longitud de desarrollo</b>	Longitud embebida necesaria para que el acero de refuerzo pueda desarrollar su resistencia a tensión.
<b>Losa de rodadura</b>	Elemento de concreto reforzado con espesor uniforme, que comprende la superficie donde transita el tráfico vehicular sobre el puente.
<b>Luz</b>	Es la distancia horizontal entre apoyos de un elemento.
<b>Mantenimiento</b>	Son medidas de prevención tomadas por los encargados para corregir o reparar daños, para conservar el funcionamiento óptimo de la obra.
<b>Manto freático</b>	Son capas saturadas de agua que se acumulan en el suelo a cierta profundidad.
<b>Muestra inalterada</b>	Son las muestras de suelo que conservan la humedad y estructura tal y como fue extraída.
<b>Pendiente de terreno</b>	Es el valor que indica el porcentaje de inclinación o desnivel que posee un terreno de un punto a otro.
<b>Perímetro mojado</b>	Es el perímetro de la superficie de una sección transversal que está en contacto con el fluido.

<b>Peso específico</b>	Es el peso de un cuerpo o fluido por unidad de volumen.
<b>Plan de mitigación</b>	Es la planificación de acciones que ayudan a reducir el impacto o eliminar los efectos en el medio ambiente a causa de la ejecución de los proyectos.
<b>Planimetría</b>	Levantamiento topográfico que permite medir superficies planas y dimensiones horizontales del terreno.
<b>Presión del suelo</b>	Fuerza lateral ejercida por el suelo sobre un elemento de contención.
<b>Radio hidráulico</b>	Es la relación entre el área transversal del flujo y el perímetro mojado de la superficie que lo contiene.
<b>Recubrimiento</b>	Separación mínima entre la superficie del concreto y el acero de refuerzo que protege al acero de la corrosión.
<b>Riostras</b>	Refuerzos que unen elementos principales y le brindan rigidez a la estructura.
<b>Socavación</b>	Erosión del suelo a causa del agua, cerca de la cimentación, que deja expuesta y vulnerable la estructura.
<b>Tasa interna de retorno</b>	Es la tasa de rentabilidad de una inversión.

<b>Teorema de Barré</b>	Método utilizado para calcular el momento máximo producido por las cargas de diseño.
<b>Traslapes</b>	Son uniones o empalmes de varillas de acero de refuerzo que se utilizan para prolongar su longitud y crear una correcta transmisión de esfuerzos.
<b>Valor soporte del suelo</b>	Es el valor que representa la capacidad de resistencia de carga de un suelo.
<b>Valor presente neto</b>	Valor que mide la viabilidad financiera de un proyecto.
<b>Vida útil</b>	Es el periodo de tiempo que se espera que el proyecto funcione de manera óptima y eficiente.



## RESUMEN

Actualmente en Guatemala todavía existen comunidades que carecen de servicios básicos, la falta de atención en la implementación, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura de los servicios básicos, edificios escolares y estructuras viales, entre otros, ha provocado decadencia en el desarrollo y calidad de vida de las comunidades. En el desempeño del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se busca aportarles a las comunidades soluciones que satisfagan sus necesidades y de esta manera impulsar el desarrollo.

El presente trabajo de graduación, como resultado del desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), presenta dos proyectos que representan la solución a las problemáticas que afectan dos comunidades en el municipio de Jalpatagua, Jutiapa. Son los siguientes:

El diseño de sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco, la cual es una de las aldeas más pobladas y emblemáticas, ya que tiene la única atracción turística del municipio, por lo que es visitada por varios turistas durante el año y por lo que se ve afectado el desarrollo de la comunidad, debido a la carencia del servicio primordial del manejo de aguas residuales. Este cuenta con una longitud lineal de 5 km aproximadamente, para el cual se empleará tubería de PVC y, debido a que la topografía de la aldea es irregular, este sistema cuenta con 103 pozos de visita para su manejo y mantenimiento, considerando las normas y especificaciones que el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) presenta para el diseño de drenajes.

El diseño de puente vehicular para la aldea El Jicaral, el cual es un puente tipo viga-losa de concreto reforzado, cuenta con una longitud de 16 metros, 1 carril con ancho de 4,20 metros y paso peatonal en ambos extremos. Considerando las normas AASHTO LRFD, se toma el HL 93 como camión de diseño. Este proyecto mejora la comunicación vial entre la cabecera municipal del Jalpatagua con sus aldeas El Jicaral, El Aceituno, Las Moritas y caseríos El Cuje, El Tename, Carrizo y La Esperanza, debido a que el puente que actualmente se encuentra en dicho tramo presenta malas condiciones.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco y puente vehicular para aldea El Jicaral, del municipio de Jalpatagua, Jutiapa, a fin de que estos satisfagan las necesidades de cada comunidad y mejoren el desarrollo y la calidad de vida.

### **Específicos**

1. Determinar un diagnóstico por medio de una investigación monográfica y social del municipio, de manera que se puedan identificar las necesidades de servicios básicos e infraestructura en las comunidades.
2. Presentar una solución adecuada para el manejo de las aguas residuales que reduzca la propagación de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la comunidad de la aldea El Coco.
3. Mejorar la infraestructura vial en el acceso hacia las aldeas El Jicaral, El Aceituno, Las Moritas y caseríos El Cuje, El Tename, Carrizo y La Esperanza, tanto en la época seca como en la época lluviosa, brindándoles un puente, estructuralmente hablando, de larga vida útil, seguro, confiable y eficiente.



## INTRODUCCIÓN

La falta de inversión en la infraestructura de algunos sectores del país ha sido un problema desde hace varios años. La falta de interés en el mantenimiento y conservación de la infraestructura de servicios básicos, servicios públicos, red vial y la implementación de nuevas obras, ha provocado un entorpecimiento en el desarrollo del país, ya que existen aún comunidades que carecen de servicios básicos, servicios públicos y accesos viales, dejando en decadencia el sector económico, analfabetismo y calidad de vida. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como objetivo primordial el brindarles a las comunidades un apoyo profesional que pueda contribuir al desarrollo del país, aportando soluciones a sus necesidades.

El presente trabajo de graduación, como resultado del desarrollo del EPS de la carrera de ingeniería civil, llevado a cabo en el municipio de Jalpatagua del departamento de Jutiapa, presenta dos proyectos como solución a las problemáticas de cada una de las comunidades beneficiadas, supliendo las necesidades de cada una de ellas.

El primer capítulo presenta la fase de investigación, donde se realiza un estudio monográfico del municipio, con el cual se hace un diagnóstico identificando las comunidades con mayor necesidad de infraestructura, para llevar a cabo en ellas los proyectos.

El segundo capítulo presenta el diseño una red de drenaje sanitario para la aldea El Coco, la cual es una de las comunidades más importantes del municipio, ya que es una gran fuente de turismo y comercio, pero la carencia de

este vital servicio entorpece el desarrollo en dicha comunidad, además de ser dañino para la salud de la población.

El tercer capítulo presenta el diseño de un puente vehicular para la aldea El Jicaral, que busca mejorar las condiciones del puente actual. Este acceso vial es de suma importancia pues conecta varias comunidades con su cabecera municipal, por lo que conservarlo en buen estado aporta en gran manera al desarrollo en el sector, ya que dicha aldea es una de las más pobladas del municipio.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Jalpatagua, departamento de Jutiapa**

Para el año de 1825, la Asamblea Constituyente declara a Guatemala como Estado de Guatemala, dejando a la Nueva Guatemala de la Asunción como cabecera y a Guatemala, Amatitlán, Escuintla, Mixtán, Jalpatagua, Guazacapán y Cuajiniquilapa, como municipios. Este proceso se llevó a cabo para permitirle a Guatemala el intercambio comercial internacionalmente. Para el año de 1848 la región de Mita fue extraída de Chiquimula y desmembrada en 3 distritos que fueron los siguientes: Jalapa, Santa Rosa y Jutiapa, donde posteriormente se agregaron a el distrito de Jutiapa como municipios a: Jutiapa (cabecera), Yupiltepeque, Asunción y Santa Catarina Mita y algunos valles Suchitán, San Antonio, Achuapa, Atescatempa, Zapotitlán, Contepeque, Chingo, Quequesque, Limones, El Tempisque, Comapa, Jalpatagua, Azulco, Conguaco y Moyuta.

Fue hasta el 30 de enero de 1886, en el gobierno del presidente Manuel Lisandro Barillas, que por Acuerdo Gubernativo se declaró como municipio oficial de Jutiapa, en donde se dividió en 13 aldeas y 17 caseríos. Para el año de 1936, por acuerdo, se suprimió a Azulco como municipio de Jutiapa y se agregó como aldea de Jalpatagua. Los primeros en habitar el municipio de Jalpatagua fueron las familias: Cámara, Mayén, Nájarro, Enríquez, Quiñónez, Rivera, Sandoval, Recinos, Farfán, Barco, Monzón, Ramos, Yaquían, Pimentel, Arriaza, Gálvez y Santana.

## **1.2. Características físicas**

El municipio de Jalpatagua, del departamento de Jutiapa, es uno de los más grandes geográficamente, ya que cuenta con una extensión territorial de 228.59 kilómetros cuadrados, según los datos registrados en el Instituto Geográfico Nacional (IGN). La cabecera municipal se encuentra dividida en 3 barrios y 8 colonias, por otro lado, el área rural se conforma de 15 aldeas, 20 caseríos y 6 fincas.

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

El departamento de Jutiapa se encuentra ubicado en la región IV sur oriente del país, siendo Jalpatagua parte de sus 17 municipios, este se encuentra en las coordenadas geográficas latitud 14° 8'8.67"N y longitud 90° 0'36.37"O, distando de la ciudad capital 103 km y 37 km de su cabecera departamental a una altura de 515 msnm.

### **1.2.2. Colindancias**

El departamento de Jutiapa colinda al norte con los departamentos de Jalapa y Chiquimula, al oeste con el departamento de Santa Rosa, al sur limita con el Océano Pacífico y al este limita con la República de El Salvador. El municipio de Jalpatagua colinda al norte con los municipios de San José Acatempa y Quesada (Jutiapa), al oeste con el municipio de Oratorio del departamento de Santa Rosa, al sur con la República de El Salvador, a 20 km de la frontera Las Chinamas, Conguaco y Moyuta (Jutiapa), y al este con el municipio de Jutiapa y Comapa (Jutiapa).

### **1.2.3. Topografía**

La orografía del municipio de Jalpatagua se caracteriza por ser muy plana en su mayoría de extensión, sin embargo, es accidentada en algunos sectores, resaltando algunos cerros y montañas que hacen parte de ella como: La Montaña Municipal, que se encuentra en la aldea El Jicaral, o El Cerro de la Campana en la aldea El Cuje, entre otros. Las elevaciones en la extensión de terreno del municipio oscilan entre 400 y 1100 metros de altura sobre el mar, haciéndola ondulada y de drenaje regular.

Los valles que conforman la extensión territorial del municipio están conformados por varios tipos de suelos que se caracterizan por ser jóvenes y livianos, lo que los hace diferentes unos de otros, según sus características y propiedades de la clasificación de Simmons. La extensa planicie o sus terrenos con poca pendiente y sus tierras muy fértiles hacen que se desarrolle comúnmente la agricultura y ganadería.

### **1.2.4. Clima**

El municipio se caracteriza por tener un clima cálido, en su mayoría de extensión territorial, esto debido a su altura sobre el nivel del mar, lo cual hace que su temperatura oscile entre los 22º y los 27º normalmente, cambiando en las partes más altas donde el clima es templado.

Tabla I. Variable de medición de temperatura media registrada

CLAVE	ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2005	TMED	°C	26.3	25.8	28.1	28.6	27.0	26.5	26.1	27.1	26.5	26.6	25.8	25.9	26.7
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2006	TMED	°C	26.6	26.5	28.2	29.3	27.7	27.2	27.6	27.3	27.1	26.0	25.7	25.6	27.1
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2007	TMED	°C	26.0	26.4	28.3	27.8	28.5	27.1	27.0	27.6	26.5	27.1	26.5	26.1	27.1
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2008	TMED	°C	26.4	27.8	28.1	29.4	28.8	27.1	27.6	26.3	26.1	26.7	26.4	26.0	27.2
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2009	TMED	°C	26.3	27.9	28.5	29.4	28.2	28.3	28.5	27.9	28.2	26.0	26.8	25.3	27.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2010	TMED	°C	25.2	26.0	27.5	28.4	27.0	27.6	26.7	25.9	25.4	25.7	25.8	25.8	26.4
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2011	TMED	°C	24.7	25.6	27.3	27.3	26.7	26.3	25.7	26.1	26.6	25.3	24.7	24.8	25.8
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2012	TMED	°C	24.8	25.9	27.6	28.5	28.1	25.7	27.5	27.2	26.0	25.6	26.3	25.7	26.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2013	TMED	°C	27.0	27.3	28.1	29.8	29.7	28.7	27.1	27.6					28.2
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2014	TMED	°C	26.1			29.5	29.0	26.1	27.1	27.1	25.4	23.2	25.1	25.0	26.4
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2015	TMED	°C	25.4	26.2	28.6	29.4	27.4	26.8	28.3	27.3	26.0	25.5	27.2	25.6	27.0
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2016	TMED	°C	25.3	27.9	27.7	29.5	28.6	27.8	26.6	28.2	26.1	26.8	25.6	26.7	27.3
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2017	TMED	°C	26.5	27.1	28.4	29.3	29.4	27.5	28.1	29.0	26.3	26.8	26.0	26.7	27.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2018	TMED	°C	25.0	28.1	28.7	29.9	29.5	27.2	28.1	28.3	27.5	27.1	27.0	25.0	27.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2019	TMED	°C													
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2020	TMED	°C	25.6	27.4	29.5	30.9	28.9	27.4	27.5	27.6	26.1	25.9	25.8	26.5	
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2021	TMED	°C	26.0	26.5	28.1	29.2	28.1	26.9	27.8	28.2	27.3	27.2	25.4	25.5	27.2
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2022	TMED	°C	27.0	27.4	28.2	29.2	29.5	27.8	27.9	27.1	26.6	25.6	25.8	26.1	27.4

Fuente: Insivumeh. (2021). Estación meteorológica de Asunción Mita, Jutiapa.

Este municipio solo cuenta con dos estaciones durante el año, la época de verano que se presenta entre los meses de noviembre y abril, donde se puede observar el cielo despejado con pocas nubes durante el día, y la época lluviosa que se presenta entre los meses de mayo y octubre, la cual es más intensa durante los meses de junio y julio. El intervalo en la temperatura promedio del municipio oscila entre los 21° como temperatura mínima y los 31° como temperatura máxima.

Tabla II. Variable de medición de lluvia registrada

CLAVE	ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2005	LLUVIA	MM	1.4	24.1	0.0	19.6	234.7	99.4	179.9	202.8	23.1	94.6	42.8	4.2	926.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2006	LLUVIA	MM	0.0	0.0	2.0	14.1	189.7	223.9	120.3	137.9	193.4	157.8	41.6	74.5	1155.2
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2007	LLUVIA	MM	0.0	0.0	0.0	7.3	10.7	295.5	150.7	220.7	251.9	76.6	27.9	0.0	1041.0
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2008	LLUVIA	MM	0.0	0.0	2.8	24.3	274.2	252.4	150.7	192.0	223.0	106.6	8.7	0.0	1234.7
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2009	LLUVIA	MM	6.2	0.0	0.0	14.7	145.5	309.3	47.1	391.3	134.3	152.8	10.5	0.0	1301.7
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2010	LLUVIA	MM	0.0	0.0	8.0	125.7	144.4	261.8	220.2	330.6	392.0	103.8	1.9	3.5	1591.9
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2011	LLUVIA	MM	1.7	0.0	0.0	128.5	179.8	286.4	243.3	173.3	461.7	248.6	11.3	0.0	1734.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2012	LLUVIA	MM	3.8	4.2	10.1	15.9	198.2	287.1	128.1	101.2	263.5	91.9	34.8	7.1	1145.9
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2013	LLUVIA	MM		0.0	17.7	0.0	46.9	352.5	183.5	163.7	332.3	164.3			1260.9
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2014	LLUVIA	MM	1.3			10.1	157.0	306.0	168.4	304.2	323.1	309.9	0.0	0.0	1579.0
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2015	LLUVIA	MM	0.0	0.0	8.0	30.4	273.3	447.2	127.9	234.8	312.1	52.7	0.0	0.0	1386.4
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2016	LLUVIA	MM	0.0	0.0	0.0	37.6	256.5	94.5	365.4	150.1	401.2	184.4	65.1	9.1	1563.9
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2017	LLUVIA	MM	0.0	0.0	0.0	4.1	114.1	296.2	203.2	177.6	316.4	128.3	11.0	0.0	1250.9
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2018	LLUVIA	MM	1.0	0.0	21.9	14.6	154.8	290.2	209.8	183.9	433.4	100.8	6.2	0.0	1416.6
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2019	LLUVIA	MM	0.5	5.0	0.0	0.8	239.2	175.6	221.2	78.9	250.8	136.8	7.8	0.0	1116.4
101304	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2020	LLUVIA	MM	0.0	0.0	7.5	5.4	106.5	320.4	282.9	222.1	308.7	201.2	0.4	0.0	1464.1
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2021	LLUVIA	MM	0.0	1.7	0.0	21.7	197.4	405.8	217.3	167.0	263.0	243.3	109.9	0.0	1627.1
101301	ASUNCIONMITA	142004	894221	478	2022	LLUVIA	MM	0.0	0.0	7.8	48.8	54.0	330.1	245.2	159.8	320.1	82.6	1.1	0.3	1249.8

Fuente: Insivumeh. (2021). Estación meteorológica de Asunción Mita, Jutiapa.



### **1.2.5. Tipos de vivienda**

El municipio de Jalpatagua pretende tener un superior desarrollo económico en su cabecera municipal, comparado con sus aldeas y caseríos, pues en este sector se puede observar el predominio de las viviendas construidas con mampostería, en su mayoría con techo de losa de concreto reforzado de uno y dos niveles, sin embargo, también se pueden observar viviendas con techo de lámina y algunas no muy numerosas hechas de adobe con techo de lámina o teja.

En el sector rural del municipio predominan las viviendas construidas con mampostería y techo de lámina, también se pueden observar casas construidas de madera rústica y lámina en algunas de las aldeas y caseríos menos desarrollados, en rara ocasión se observan casas construidas de mampostería y losa de concreto reforzado, aunque sí las hay.

### **1.2.6. Población y demografía**

Según el censo llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística (INE), para el año 2018 el municipio de Jalpatagua contaba con una población 28 832 habitantes, de los cuales 14 087 son de sexo masculino y 14 745 son de sexo femenino. La mayoría de esta población se encuentra en el área rural del municipio, albergando el 82 por ciento de la población total, y el casco urbano tiene el 18 por ciento restante del total de la población.

El municipio se caracteriza por tener en su mayoría población joven, pues estos representan el 42 % aproximadamente del total de la población de entre 15 y 39 años.

### **1.3. Características de infraestructura**

Son aquellas estructuras y proyectos ejecutados que prestan servicio a la población y permiten llevar a cabo otras actividades que contribuyen al desarrollo y a mejorar la calidad de vida en cada comunidad, se pueden mencionar vías de comunicación y servicios públicos.

#### **1.3.1. Vías de acceso**

El municipio de Jalpatagua cuenta con dos vías de acceso, entre ellas la más importante por resaltar es la carretera interamericana CA-8, que comunica el municipio con la ciudad capital y atraviesa el municipio de este a oeste hasta finalizar en la frontera con El Salvador (Las Chinamas).

La otra vía de comunicación es la ruta departamental RD JUT-03, la cual permite el ingreso desde Escuintla y conecta el municipio con su cabecera departamental (Jutiapa).

Los dos accesos son de carretera asfaltada, con dos carriles en direcciones opuestas. De la misma forma, el municipio cuenta con rutas municipales y caminos rurales que en su mayoría son de terracería, combinado con tramos de pavimento rígido, que conectan sus aldeas y caseríos, al igual que con sus municipios colindantes.

#### **1.3.2. Servicios públicos**

Estos corresponden a todas aquellas actividades que satisfacen las necesidades de la población, mejoran la calidad de vida y aportan al desarrollo de la comunidad, brindándole a la población la oportunidad de desenvolverse en

un ambiente digno, seguro y saludable. En el municipio se le presta a la población servicios públicos y privados, de manera general en la totalidad de la extensión territorial.

#### **1.3.2.1. Educación**

La educación en el municipio está comprendida por establecimientos públicos y privados. Los establecimientos educativos privados cubren la mayor parte de la demanda educativa diversificada, ofreciendo variedad de carreras para bachillerato y perito, así como educación preprimaria, primaria y básica, la mayoría se encuentran ubicados en el casco urbano. La red educativa del municipio también cuenta con establecimientos educativos públicos para cualquier nivel: 13 para preprimaria, 32 para primaria, 9 para básicos y 8 diversificado.

Para el nivel universitario el municipio solo cuenta con la intervención de instituciones privadas (Universidad Mariano Gálvez y Panamericana), las cuales ofrecen carreras profesionales técnicas, para docencia y sociales.

#### **1.3.2.2. Salud**

El municipio de Jalpatagua no cuenta con la cobertura del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), por lo que en el casco urbano se cuenta con el servicio privado del hospital San Juan Bautista, el cual se encarga de atender las emergencias, enfermedades comunes, pediatría, ginecología, obstetricia e intensivos, entre otros casos, también hay clínicas particulares que atienden este tipo de situaciones.

Para el servicio de salud público se cuenta con cinco centros de salud, los cuales se localizan en el casco urbano, aldea Azulco, aldea San Ixtan, aldea Valle Nuevo y aldea El Coco. Los centros de salud se encargan de atender enfermedades comunes, suministrar medicina preventiva y programas de prevención, maternidad y ginecología, acuden las personas que no cuentan con los recursos para tener acceso a los servicios privados de salud. Debido a la situación de escasez de recursos en estos centros, algunas personas optan por acudir a los servicios de salud del país vecino (El Salvador).

### **1.3.2.3. Agua potable**

El municipio de Jalpatagua está conformado por varios ríos, quebradas y riachuelos, los cuales conforman el recurso hídrico del sector, lo que hace que la capacidad hídrica del municipio sea abundante. Los ríos que hacen parte del recurso hídrico del municipio son: El Tename, El Satélite, La Montaña, El Gallo, El Salto, El Zapote, La Toma, Paz, El Pululá y Monte Grande. Entre las quebradas y riachuelos más conocidos se puede mencionar: El Zapote, Los Micones y el que nace en la Cueva Anda Mirá y desemboca en el río Paz.

Uno de los recursos hídricos más importantes es la quebrada Los Micones, la cual es la encargada del abastecimiento de agua potable y de uso doméstico para el casco urbano del municipio y algunas aldeas aledañas, por ser un sistema antiguo está constituido en su mayoría de tubería de hierro galvanizado (HG), prestando un servicio regular en la mayor parte de los hogares y comercios del casco urbano, siendo una pequeña parte la que posee servicio irregular.

En el área rural, lamentablemente, el abastecimiento de agua potable es precario, pues debido a la falta de atención por las autoridades los pobladores han tenido que gestionar y buscar soluciones por sus propios medios, por lo que

los sistemas de abastecimiento son irregulares, ya que estos son abastecidos por las quebradas y riachuelos aledaños que, por otra parte, son utilizados por algunos agricultores para regar los sembradillos y cultivos adyacentes a estos, haciendo en algunos casos escaso el recurso.

#### **1.3.2.4. Drenajes**

Solo se cuenta con un sistema de drenaje sanitario en el casco urbano del municipio, constituido con tubería de cemento, aunque existen colonias nuevas que han implementado drenajes de tubería de PVC, solo utilizados por el 80 % de las viviendas y comercios para desecho de aguas residuales, el otro 15 % utiliza fosas sépticas para el manejo de sus aguas residuales y solo un 5 % utiliza letrinas aún. Estos sistemas drenan las aguas residuales hacia la planta de tratamiento, la cual está ubicada en la parte baja del municipio, específicamente en las propiedades de la familia Recinos.

En el área rural del municipio el manejo de las aguas residuales es precario, pues solo 60 % de las viviendas utilizan fosa séptica para el drenaje de las aguas residuales, un 20 % utiliza letrinas y solo un 20 % desecha las aguas residuales a flor de tierra, provocando que la población se desarrolle en un ambiente con mala higiene, aumentando la propagación de enfermedades respiratorias y gastrointestinales.

#### **1.3.2.5. Energía eléctrica**

La encargada de prestar este servicio en el municipio es la institución privada Distribuidora de Energía de Oriente, S.A. (DEORSA), en el casco urbano la cobertura del servicio es del 100 %, sin embargo, en el área rural la cobertura no es completa, solo un 82 % tienen acceso a este servicio. Por otro lado, aunque

el servicio tiene buena cobertura en el municipio, algunas familias todavía carecen del servicio, además de ser deficiente, irregular y poco económico.

La municipalidad hace un gran trabajo con el alumbrado público, pues mantiene el servicio en óptimas condiciones, sin embargo, no tiene amplia cobertura, causando con esto cierto descontento e inseguridad en la población, puesto que es un servicio indispensable tanto para el área urbana como para el área rural.

#### **1.4. Características socioeconómicas**

Identifica cada una de las características propias de la comunidad y describe cada una de las actividades cotidianas en relación al ámbito económico, religioso, entretenimiento y convivencia interpersonal entre habitantes, lo cual hace diferente una comunidad de otra. Para este caso se consideran las características más importantes para comprender las relaciones interpersonales del municipio.

##### **1.4.1. Origen de la comunidad**

El nombre del municipio de Jalpatagua proviene del idioma náhuatl, que es originario de México, se deriva de las palabras Jal (aspiración), Atl (agua) y Patlaguac (ancho), que en conjunto significan río ancho. Los primeros habitantes que tuvo esta región fueron los pueblos pipiles y pocomanes, esto durante la época de la conquista española, que denominaban Xalpatagua y estaba a cargo de la jurisdicción espiritual parroquial de San Pedro Conguaco.

Debido a procesos gubernamentales pasó a ser un municipio del Estado de Guatemala, con el pasar de los años y debido al desmembramiento del área

de Mita, que era parte de Chiquimula, se crearon 3 distritos: Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa. No fue hasta el año de 1886 que, por acuerdo gubernativo, se declaró al municipio de Jalpatagua parte del distrito de Jutiapa. El municipio ha tenido un gran crecimiento gracias a que forma parte de la frontera con El Salvador, ya que es concurrido normalmente por extranjeros del país vecino, beneficiando el comercio del sector, además de que, debido al crecimiento poblacional, el territorio se ha extendido con el pasar de los años.

#### **1.4.2. Actividad económica**

El municipio se caracteriza por ser activamente agrícola y ganadero, estas son las actividades más relevantes y que más predominan en el sector debido a que el suelo lo permite, pues es un suelo bastante próspero y fértil. Los cultivos que más predominan son maíz, frijol, arroz y maicillo, los cuales se llevan a cabo en la época lluviosa, que es en los meses de mayo a octubre, para el aprovechamiento del recurso y ahorro económico. Por otro lado, el comercio ha tomado gran importancia en el municipio, pues al ser parte de la frontera con El Salvador, es una zona muy transitada diariamente por extranjeros del país vecino, dando auge al comercio y, por ende, a la economía del sector. Otro beneficio económico que aporta al municipio es el ingreso de remesas mensuales de familiares en el extranjero, con lo que las familias logran salir adelante.

La situación económica de municipio se puede evaluar como que el 80 % de la población es de clase media aceptable, el 10 % está en pobreza y el 10 % restante sufre de pobreza extrema, por lo que hace que la mano de obra sea mal pagada, siendo Q. 50 el día de trabajo de un jornal debido a la necesidad.

### **1.4.3. Idioma y religión**

En el municipio predomina la religión católica, sin embargo, la población practica otras religiones como la cristiana evangélica y mormona. El 40 % de la población practica el catolicismo, el 38 % practica la religión cristiana evangélica, el 15 % practica la religión mormona, por otra parte, actualmente han llegado extranjeros al sector que practican el judeocristianismo, incorporando a pobladores a practicar dicha religión, por lo que solo el 4 % practica esta, dejando con un 3% de los pobladores que no practican ninguna religión. La feria patronal se celebra del 18 a 22 de diciembre en honor a Santo Tomás Apóstol, debido a que el municipio ha estado bajo la cobertura de la religión católica.

En cuestión de la lengua que se habla en el municipio, se puede resaltar el idioma español, pues es el que predomina en la población, sin embargo, un pequeño porcentaje de esta habla el xinca, kaqchikel y quiche.

### **1.5. Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de las aldeas El Coco y El Jicaral**

La situación de la necesidad de infraestructura en el municipio de Jalpatagua, del departamento de Jutiapa, se verificó realizando un análisis en conjunto con el equipo que hace parte de la oficina de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), la cual es la encargada de la evaluación de proyectos para el desarrollo del sector, y tomando en cuenta que el municipio es uno de los más importantes por ser de los más grandes y poblados del departamento, además de estar en plan de desarrollo, ya que hace parte de una de las fronteras con El Salvador y diariamente es visitado por comerciantes y turistas provenientes de dicho país y otras comunidades. Por todo lo anterior se considera conveniente



priorizar el llevar a cabo proyectos de infraestructura en dos áreas específicas del municipio.

La primera área con necesidad urgente de infraestructura es la aldea El Coco, pues esta carece de servicio de drenaje sanitario y calles pavimentadas, siendo unas de las aldeas más emblemáticas del municipio y la única fuente de turismo y comercio del sector. La segunda área es la aldea El Jicaral, pues es de las aldeas más pobladas el municipio después del casco urbano y de las áreas que han presentado mayor desarrollo durante los últimos años, por lo que es necesario reparar el puente que hace parte de la comunicación vial entre esta y otras comunidades con la cabecera municipal, y dar atención a la falta de servicios de drenaje sanitario y calles pavimentadas, pues entorpecen el desarrollo social y económico el sector.

#### **1.6. Descripción de necesidades**

El drenaje sanitario es de suma importancia para la aldea El Coco, pues la falta de este servicio causa la propagación de enfermedades gastrointestinales, respiratorias, olores fétidos y desagradables para la población, debido al estancamiento de las aguas residuales vertidas a flor de tierra por algunas viviendas, causando también deterioro de las calles por la falta de pavimento en ellas, complicando el tránsito y afectando el ingreso de las viviendas y comercios del sector, comúnmente en la época lluviosa. En la aldea El Jicaral es necesaria la construcción de un nuevo puente vehicular que mejore las condiciones del actual, pues este presenta un deterioro notorio a causa de su larga vida de servicio y las crecidas del río Pululá que pasan sobre las estructuras en la época lluviosa, dejando con el pasar de los años una estructura insegura y poco confiable para los usuarios.

## **1.7. Evaluación y priorización de necesidades**

Posteriormente de haber hecho la evaluación de las necesidades de infraestructura en las aldeas El Coco y El Jicaral, se toma en cuenta que, para la priorización de proyecto, se deben considerar los beneficios y ventajas que este brinda, de manera que, al seleccionar la planificación del puente vehicular para la aldea El Jicaral, se estima que se estará beneficiando a 7 comunidades y aproximadamente a 2 800 personas directamente. Por otro lado, se estima que con la planificación del drenaje sanitario para la aldea El Coco se beneficiará aproximadamente a 3 407 personas directamente.

Considerando que la implementación de estos proyectos influye en el desarrollo de otros proyectos como la pavimentación de las calles y servicios públicos, se pretende que aporten en gran manera al desarrollo social y económico, tanto de dichas comunidades como del municipio, a fin de brindarle a la población una mejor calidad de vida y que se desarrolle en un ambiente saludable y seguro para llevar a cabo sus actividades económicas y cotidianas.

## **2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El presente proyecto pretende aportar de manera positiva al desarrollo de la comunidad, brindándole un mejor acceso, pues la comunicación vial entre la cabecera municipal y dicha aldea es intersecada por el río Pululá, pero el puente actual que permite el paso sobre él se encuentra en malas condiciones debido a su larga vida de servicio y el deterioro a causa de las crecidas que pasan sobre la estructura en la época lluviosa y algunos desastres naturales, lo que ha causado que el puente represente un peligro para los usuarios y entorpezca el desarrollo social y económico del sector. Con la implementación de un nuevo puente que satisfaga las necesidades y exigencias del sector se busca beneficiar a 7 comunidades: aldeas El Jicaral, El Aceituno, Las Moritas y caseríos como El Cuje, El Tename, Carrizo y La Esperanza, brindándole a la población una estructura segura y confiable que permita el desempeño de sus actividades económicas y cotidianas, sin ningún contratiempo y con esto mejorar su calidad de vida.

El proyecto consiste en el diseño y planificación de un puente con base en las normas AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications*, a fin de garantizar una estructura confiable. El puente tendrá una longitud de 16 metros con un carril de 4,20 metros de ancho y pasos peatonales laterales de 0,70 metros. Dicho puente diseñado de concreto reforzado cuenta en su superestructura con losa de rodadura, banquetas y barandales en ambos lados, vigas principales, diafragma y, en su subestructura, con viga de apoyo y estribos de concreto ciclópeo.

## **2.2. Consideraciones generales para el diseño del puente vehicular**

Son las siguientes:

### **2.2.1. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto tipo losa**

Se deben tomar en cuenta algunos criterios, antes de desarrollar el diseño del puente:

Diseño: para el diseño de puentes se utiliza las normas de *Standard Specifications Highway Bridges* de la American Association of State Highway, and *Transportation Officials* (AASHTO).

Carga viva: para el puente de este proyecto se usó la carga viva de diseño tipo HL 93. AASHTO 3.6.1.2.2.

Recubrimiento: AASHTO 5.10.1 y 9.7.2.5. Se utilizan a partir del rostro de la barra a la superficie de concreto. Para elementos estructurales en contacto con la tierra 7.5 cm; para losas en cama superior 5 cm, cama inferior 2.5. Para columnas y vigas 5 cm.

Longitud de desarrollo: AASHTO 5.10.8. Se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria, a partir del puente donde se requiere por diseño, la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o la luz/20.

Traslapes: AASHTO 5.10.8.4.2b. DGC 552.08. Se calcula con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de las

uniones mecánicas para las barras nro. 11 y mayores, para que se desarrolle el 125 % de  $f_y$  específico de cada varilla o el uso de varillas fabricadas a medida para evitar traslapes en áreas críticas de la estructura.

Ganchos: AASHTO 5.10.8.2. DGC 552.06. Los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 4 diámetros si es de varilla nro. 3 a nro.8, 5 diámetros si es de varilla nro.9 a nro.11 y 6 diámetros para diámetros mayores, cuando se trata de 180 grados, y 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.

Formaletas: se construyen de acuerdo con la sección DGC 556.11.

Para la superestructura se deben tomar en cuenta:

- Las aceras y el barandal deben construirse posteriormente a la deflexión libre de las vigas.
- Todos los elementos de metal deben cubrirse con dos capas de diferente color de pintura anticorrosiva, exceptuando los pernos que deben estar debidamente engrasados.

Para la subestructura se deben tomar en cuenta:

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad establecida por el estudio de suelos.
- Debe evitarse la explotación de los bancos de materiales circuncidantes al punto de estudio, para evitar futuras socavaciones.

### **2.2.1.1. Datos y bases de diseño**

- Teniendo en cuenta que el ancho de la calle es de 4.20 m, para el diseño se considera que el tipo de carga de espera será de un camión de hasta 4 ejes.
- La obra a diseñarse será económica y funcional.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Llevar a cabo el levantamiento topográfico es de suma importancia, pues este permite identificar y conocer las características físicas del terreno donde se llevará a cabo el puente, de manera que se pueda determinar la posición del puente, ubicación de estribos, áreas de excavación y relleno, geometría y longitud del puente, lugares donde es necesario colocar elementos de protección, entre otros.

Para este caso se realizó la altimetría y planimetría para 100 metros aguas arriba, 100 metros aguas abajo para conocer el comportamiento del río y sus características y 50 metros para ambos extremos que ayudan a identificar áreas de relleno y excavación, pendientes, entre otros. Esto se llevó a cabo utilizando una estación total marca Nikon modelo DTM-520 y 2 prismas reflectores.

Los resultados obtenidos se utilizan para dibujar las curvas de nivel del terreno, geometría del puente y secciones transversales, a fin de poder seleccionar y diseñar la mejor alternativa para la comunidad beneficiada.

### **2.2.3. Cálculo de caudal máximo**

Determinar el caudal máximo del río que pasa por la estructura también es muy importante, pues este parámetro condiciona las dimensiones de algunos elementos de la superestructura y subestructura del puente a diseñar, por lo que conocer la máxima cantidad de agua que ha pasado antiguamente debido a algunos desastres naturales y crecidas por lluvias intensas es un dato relevante, ya que de esta manera se pueden considerar dimensiones adecuadas para la estructura, a fin de que esta no sea afectada por crecidas y desastres naturales que se pudiesen repetir en el futuro.

Existen varios métodos para calcular el caudal de un río, sin embargo, para este caso se utilizará el de sección-pendiente, debido a su sencilla aplicación y resultados confiables.

Método de sección-pendiente. Este método se empleará para este caso debido a la falta de registros hidrológicos en la región, ya que la estación meteorológica más próxima se encuentra en Asunción Mita, a 70 km del área donde estará ubicado el puente, por lo que los datos no serían del todo verídicos ni confiables. De manera que este método es utilizado para estos casos en donde se carece del acceso a datos reales y registros.

El método consiste en determinar el caudal en una sección del río para la altura máxima del cuerpo de agua observado por los pobladores o señales de superficies erosionadas a causa de desastres naturales y crecidas por lluvias intensas al pasar de los años, calculando la velocidad de dicho caudal con la fórmula de Manning, que para este caso se estima una altura máxima de 3 metros.

Fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V: velocidad del caudal del río en m/s

Rh: radio hidráulico (m)

n: coeficiente de rugosidad de Manning

S: pendiente del río (%)

Cálculo de la pendiente. Este valor se calcula utilizando las cotas de la altimetría y planimetría del levantamiento topográfico realizado.

Cota nro.1: 98,44.

Cota nro.2: 97,25.

Distancia horizontal: 95,64 m.

Pendiente:

$$S = [(98.44-97.25)/95.64]*100 = 1,24 \%$$

Cálculo de área de la sección de río. La medida del área y el perímetro de la sección del río se obtiene mediante medidas hechas en campo durante el levantamiento topográfico y la altura máxima establecida.

Área de sección transversal: 26.01 m<sup>2</sup>, calculado empleando AutoCAD.

Perímetro mojado: 15,44 m, calculado empleando AutoCAD.

Cálculo de caudal máximo:



Datos:

Área: 26,01 m<sup>2</sup>

Perímetro mojado: 15,44 m

Pendiente: 1,2 %

Coefficiente de rugosidad: 0,028

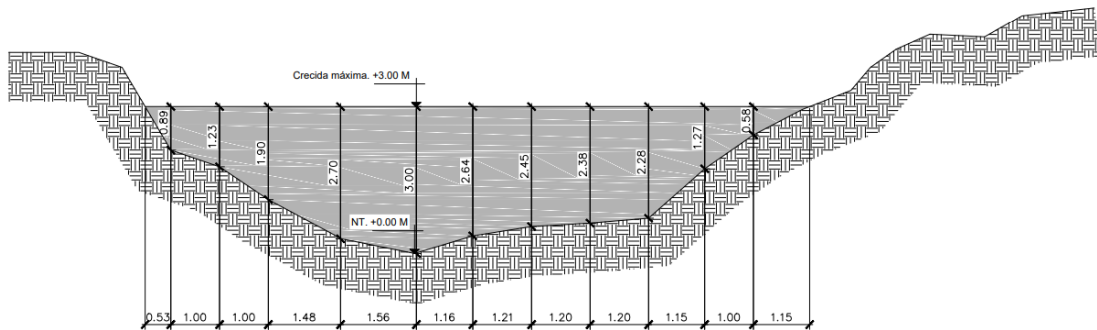
Tipos de superficie: arenosa con rocas menores a 30 cm y poca vegetación.

$$R_h = 26,01 \text{ m}^2 / 15,44 \text{ m} = 1,68 \text{ m.}$$

$$V = (1/0,028) * (1,68)^{2/3} * (0,0124)^{1/2} = 5,62 \text{ m/s.}$$

$$Q_{\text{max}} = V * A = (5,62 \text{ m/s}) * (26,01 \text{ m}^2) = 146,18 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Figura 1. **Sección transversal de río Pululá**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Considerando que la crecida máxima del río es de 3,0 m de altura, se determina que la altura mínima del puente debe ser de 5,00 metros sobre el nivel más bajo de terreno.

#### 2.2.4. Determinación de la calidad del suelo

Debido al tipo de proyecto, es importante conocer las propiedades y características del suelo pues todas las cargas, tanto soportadas por el puente como las que ejerce la misma estructura, son transmitidas hacia el suelo.

Para evaluar el suelo se realizó una excavación a una profundidad de 1,20 metros, ya que se llevó a cabo en un área bastante representativa del puente, donde se tomó una muestra inalterada de 1 pie<sup>3</sup> del suelo, la cual se sometió a los ensayos de laboratorio: compresión triaxial (no consolidado y no drenado), contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg, con los cuales se describe el suelo como una arena limosa color café.

Posteriormente, con los resultados obtenidos de haber realizado las pruebas de laboratorio anteriormente descritas, se procede a calcular el valor soporte del suelo mediante las ecuaciones de la teoría de Terzaghi.

- Cálculo del valor soporte del suelo

$$\text{Cohesión (C}_u\text{)} = 2.33 \text{ Ton/m}^2.$$

$$\text{Ángulo de fricción interna } (\phi) = 29.89^\circ$$

$$\text{Peso específico del suelo } (\gamma) = 1.16 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\text{Desplante (D}_f\text{)} = 1.20 \text{ m.}$$

$$\text{Base (B)} = 1 \text{ m.}$$

Ver resultado de estudio de suelos en anexos.

- Ángulo en radianes

$$\phi_{\text{rad}} = (\phi \cdot \pi) / 180 = (29.89 \cdot \pi) / 180 = 0.522 \text{ rad.}$$

- Factores de capacidad de carga

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - \phi_{\text{rad}}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - 0.522\right) \tan 29.89}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{29.89}{2}\right)} = 22.16$$

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1) = \frac{1}{\tan(29.89)} * (22.16 - 1) = 36.81$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (22.16 + 1) \tan 29.89 = 26.62$$

- Capacidad de carga última ( $q_u$ )

$$q_u = 1.3 C_u N_c + D_f \gamma N_q + 0.4 B \gamma N_\gamma$$

Donde:

$q_u$  = capacidad de carga última (ton/m<sup>2</sup>)

$C_u$  = cohesión del suelo (ton/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico del suelo (ton/m<sup>3</sup>)

$D_f$  = desplante o profundidad a donde se tomó la muestra (m)

$B$  = base (m)

$N_c$  = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$N_q$  = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$N_\gamma$  = factor de capacidad de carga debido al peso específico del suelo

$$q_u = (1.3) (2.33) (36.81) + (1.20) (1.16) (22.16) + 0.4 (1) (1.16) (26.62)$$

$$q_u = 154.70 \text{ Ton/m}^2$$

- Capacidad de carga última neta (admisible)

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - D_f \gamma}{F.S} = \frac{154.70 - [(1.20)(1.16)]}{3} = 51.10 \frac{ton}{m^2}.$$

### 2.3. Diseño de la superestructura

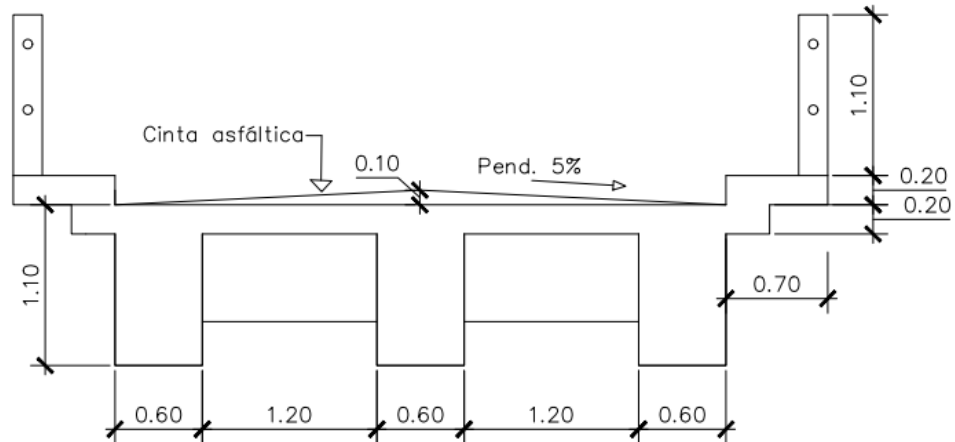
Se presenta a continuación:

#### 2.3.1. Diseño de tramo de 16 metros de largo

Camión de diseño:	HL 93 (AASHTO 3.6.1.2.2.)
Ancho de carril:	4.20 metros
Luz efectiva:	14.80 metros
Peso del concreto:	2,400 kg/m <sup>3</sup>
Peso del asfalto:	2,200 Kg/m <sup>3</sup>

La superestructura del puente representa: losa de rodadura, tres vigas principales (una interna y dos externas), una viga diafragma, banquetta de paso peatonal en ambos extremos y barandal de protección vehicular.

Figura 2. Geometría de superestructura



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.3.1.1. Diseño de losa

- Cálculo de peralte:

Según especificación ASSHTO 2.5.2.6.3 en la tabla 2.5.2.6.3-1, el espesor mínimo que debe tener una losa con armadura principal paralela al tráfico simplemente apoyada es de 0.54 ft (0.165 m), por lo que:

$$t = \frac{1.2 * (S + 10)}{30} \geq 16.5 \text{ cm}$$

Donde:

t = espesor de losa en pies

S = distancia entre vigas en pies

$$t = \frac{1.2 * (5.91 + 10)}{30} = 0.64 \text{ pies} \approx 0.195 \text{ m}$$

Por lo que se toma 0,20 metros para espesor de losa.

Integración de carga muerta:

$$W \text{ losa} = (0.20\text{m}) (1\text{m}) (2,4 \text{ T/m}^3) = 0.480 \text{ T/m}$$

$$W \text{ asfalto} = (0.10\text{m}) (1\text{m}) (2,2 \text{ T/m}^3) = 0.220 \text{ T/m}$$

$$W \text{ banqueta} = (0.20\text{m}) (0.70\text{m}) (2,4 \text{ T/m}^3) (2) = 1.008 \text{ T/m}$$

$$W \text{ anclaje} = (0.30\text{m}) (0.20\text{m}) (2,4 \text{ T/m}^3) (2) = 0.288 \text{ T/m}$$

$$W \text{ baranda} = \frac{[(0.20\text{m}) (0.20\text{m}) (1.10\text{m}) (2,4 \text{ T/m}^3)]}{1.6} * 2 = 0.160 \text{ T/m}$$

$$\Sigma (\text{sin asfalto}) = 1.936 \text{ Ton/m}$$

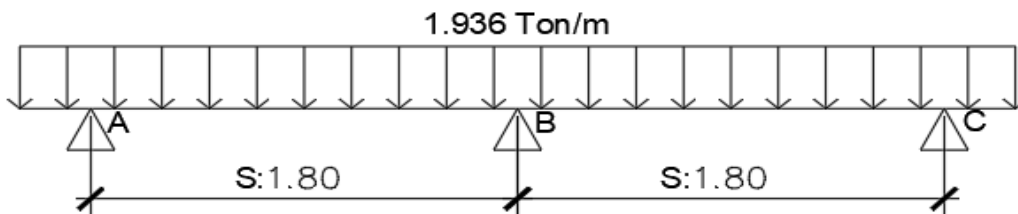
- Momentos (Ton-m):

Se realiza el análisis empleando el método de puntos de inflexión.

- Para carga muerta (DC):

Considerando, sin tomar en cuenta el asfalto:

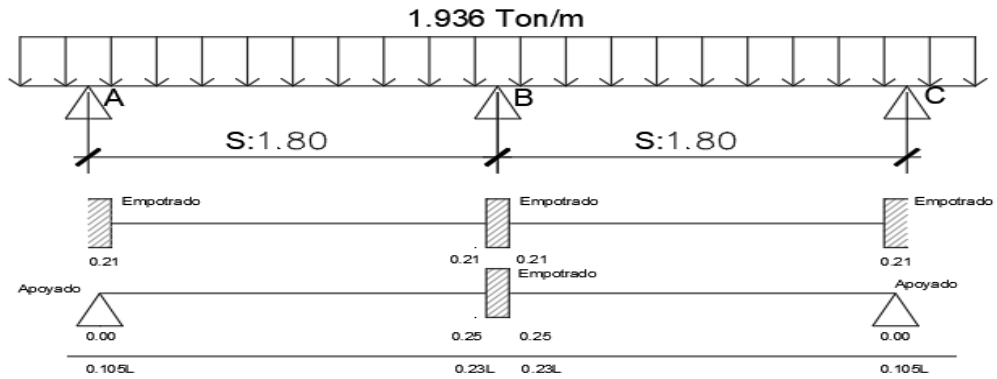
Figura 3. **Diagrama de cargas para carga muerta (DC)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

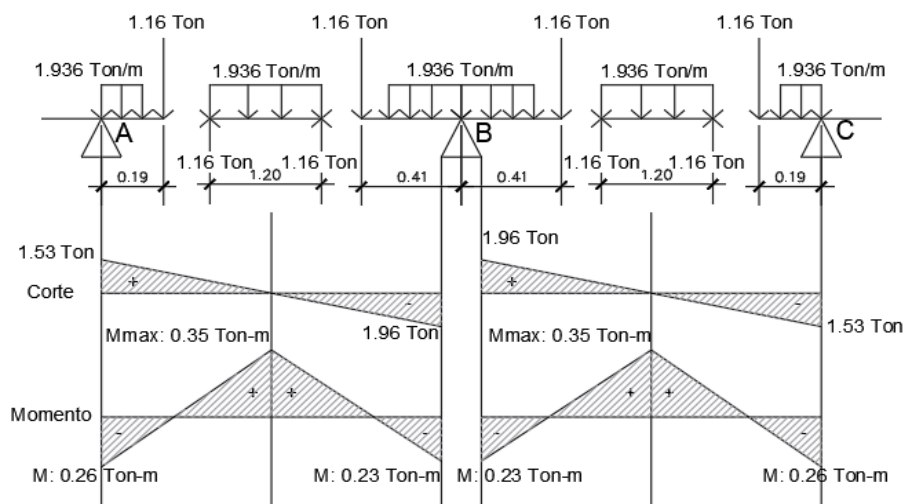
- Método de puntos de inflexión:

Figura 4. **Análisis de puntos de inflexión**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 5. **Diagrama de corte y momento**

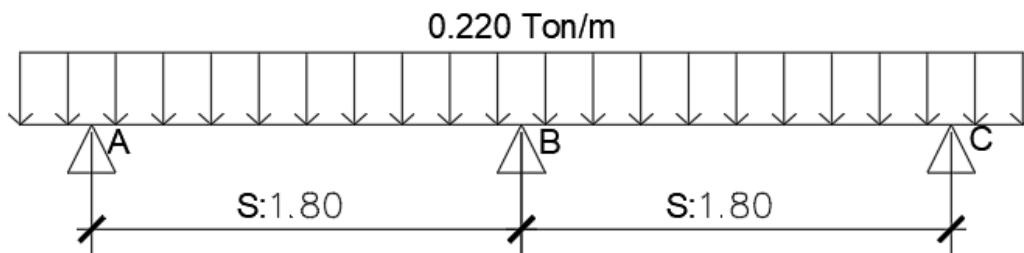


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Para carga muerta (DW):

Considerando solo el asfalto.

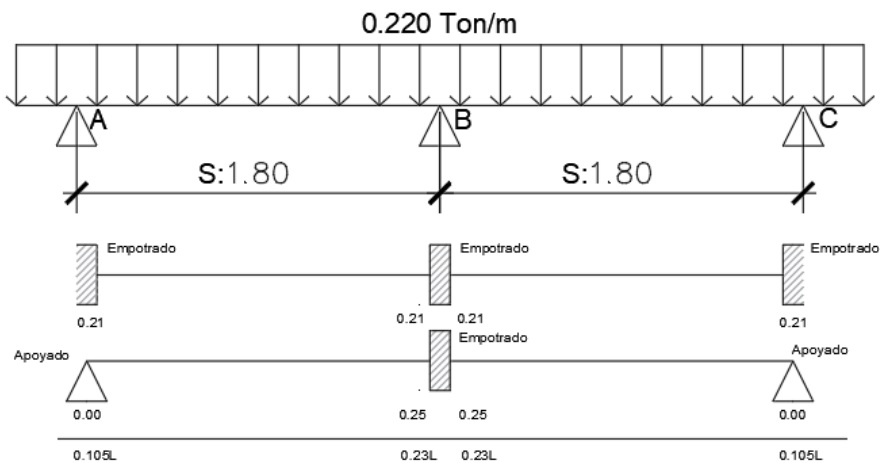
Figura 6. Diagrama de cargas para carga muerta (DW)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Método de puntos de inflexión:

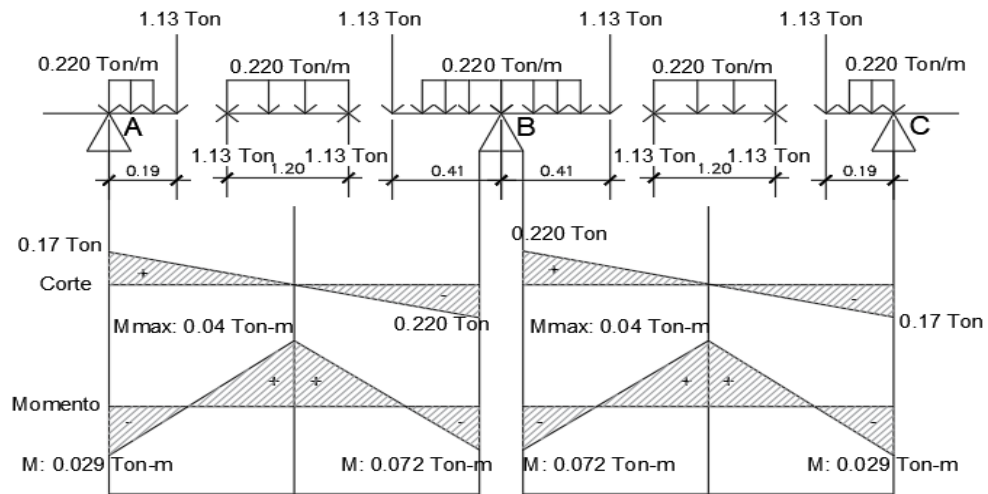
Figura 7. Análisis de puntos de inflexión



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



Figura 8. Diagrama de corte y momento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Para carga viva (HL 93 + peatonal):

Valor para  $M_{LL+IM} = 150,89 \text{ Ton-m}$ , de la viga interna.

$$\text{Momento} = \frac{WL^2}{8}$$

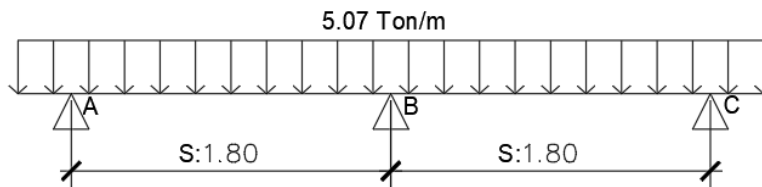
Entonces se despeja para  $W$ , y se obtiene:

$$W = \frac{M * 8}{L^2} = \frac{150.89 \text{ Ton} - m * 8}{(16)^2} = 4.71 \text{ Ton/m}$$

A este valor se le suma la magnitud de carga distribuida que causa el paso peatonal, este es 0.360 Ton/m.

Entonces queda un valor de  $W = 4,71 \text{ Ton/m} + 0,360 \text{ Ton/m} = 5,07 \text{ Ton/m}$ .  
 Con este valor realizamos el análisis por puntos de inflexión.

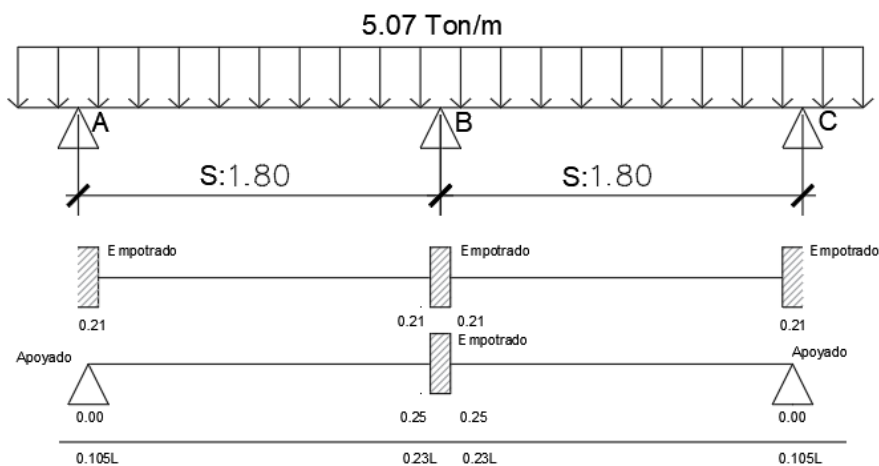
Figura 9. Diagrama de cargas para carga viva ( $M_{LL+IM}$ )



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

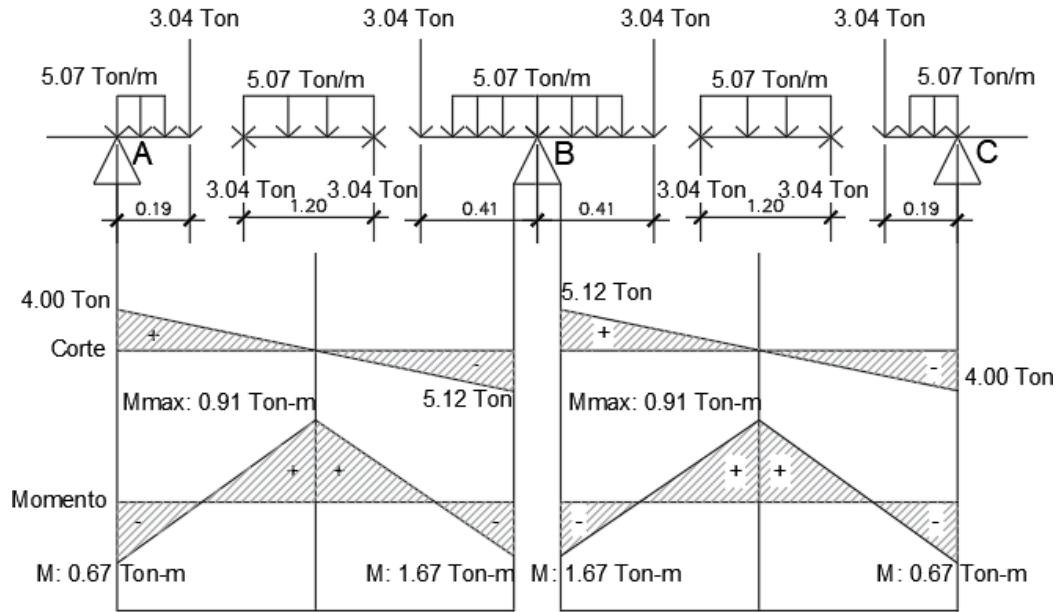
- Método de puntos de inflexión:

Figura 10. Análisis de puntos de inflexión



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 11. Diagrama de corte y momento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se calcula el ancho de la franja en la que se distribuye, según AASHTO tabla 4.6.2.1.3-1.

Para tramo A-B

$$E (-) = 1.22 + 0.25 S$$

Donde:

S = espaciamiento entre vigas a eje.

$$E (-) = 1.22 + 0.25 (1.8 m) = 1.67 m$$

Momento de servicio:

$$M_{s(-)LL+IM} = \frac{1.67}{1.67} * 1.33 = 1.33 \text{ ton} - m, Derecha.$$

$$M_{s(-)LL+IM} = \frac{0.67}{1.67} * 1.33 = 0.53 \text{ Ton} - m, Izquierda.$$

Se calcula el ancho de la franja en la que se distribuye, según AASHTO tabla 4.6.2.1.3-1:

$$E (+) = 0.66 + 0.55 S$$

Donde:

S = espaciamiento entre vigas a eje:

$$E (+) = 0.66 + 0.55 (1.8 \text{ m}) = 1.65 \text{ m}$$

Momento de servicio:

$$M_{s(+ )LL+IM} = \frac{0.91}{1.65} * 1.33 = 0.73 \text{ Ton} - m$$

Cálculo de momento último:

Según AASHTO 3.4.1-1.

$$M_{U(-) Izq} = (1.25)(0.26) + (1.50)(0.029) + (1.75)(0.53) = 0.77 \text{ Ton} - m$$

$$M_{U(-) Der} = (1.25)(0.23) + (1.50)(0.072) + (1.75)(1.33) = 2.72 \text{ Ton} - m$$

$$M_{U(+)} = (1.25)(0.35) + (1.50)(0.04) + (1.75)(0.73) = 2.09 \text{ Ton} - m$$

Emplearemos los valores más críticos para el diseño del armado para la losa.

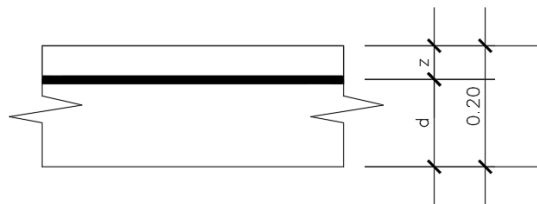
- Cálculo de acero:

Acero negativo (perpendicular al tráfico):

$$M_u = 2.72 \text{ Ton-m.}$$

Recubrimiento = 5 cm. Según AASHTO 9.7.2.5.

Figura 12. **Detalle acero negativo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$z = 5 \text{ cm} + (1.27/2) = 5.64 \text{ cm.}$$

$$d = 20 \text{ cm} - 5.64 \text{ cm} = 14.36 \text{ cm.}$$

Asumir  $a = 5$ .

$$A_{s(-)} = \frac{(2.72 \text{ Ton} - \text{m})(100)(1000)}{(0.90)(2810)(14.36 - \frac{5}{2})} = 9.07 \text{ cm}^2.$$

$$a = \frac{(9.07 \text{ cm}^2)(2810)}{(0.85)(280)(100)} = 1.07.$$

$$A_{s(-)} = \frac{(2.72 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(2810)(14.36 - \frac{1.07}{2})} = 7.78 \text{ cm}^2.$$

Empleando el método de iteraciones obtenemos  $A_{s(-)} = 7.78 \text{ cm}^2$ .

Entonces:

$$C = a / \beta = 1.07 \text{ cm} / 0.85 = 1.26 \text{ cm}.$$

Según AASHTO 5.5.4.2-2:

$$\phi = 0.65 + 0.15 \left( \frac{14.36}{1.26} - 1 \right) = 2.21 > 0.90 \text{ cm}$$

El acero a utilizar debe ser de mayor a diámetro a 0,90 cm.

Emplearemos acero G40 nro. 4, espaciamiento  $S = 1.29 / 7.78 = 0.165$ .

$$1 \text{ } \emptyset \text{ } 1/2" \text{ @ } 0.15 \text{ m}.$$

As máximo:

Las actuales ediciones de las normas AASHTO LRFD eliminan este valor.

As mínimo:

El valor obtenido debe ser capaz de resistir  $M_{cr}$  y  $1.33 M_u$ . Según AASHTO 5.6.3.3:

$$M_{cr} = 1.1(f_r S) = 1.1((33.63)(6,667)) = 2.47 \text{ Ton} - \text{m}.$$

Donde:

$$f_r = 2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{(100)(20)^2}{6} = 6,667 \text{ cm}^3$$

Entonces:

$$1,33 \text{ Mu} = (1.33) (2.72 \text{ Ton-m}) = 3,62 \text{ Ton-m}.$$

Cantidad de acero propuesta:

$$A_s = \frac{1.29 \text{ cm}^2}{0.15 \text{ m}} = 8.60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Resiste:

$$a = \frac{(8.60)(2810)}{(0.85)(280)(100)} = 1.02 \text{ cm}.$$

$$\text{Mu} = 0.9 f_y (d - a/2) * A_s = 0.9 (2810) (14.36 - 1.26/2) * 8.60 = 2.99 \text{ Ton-m}.$$

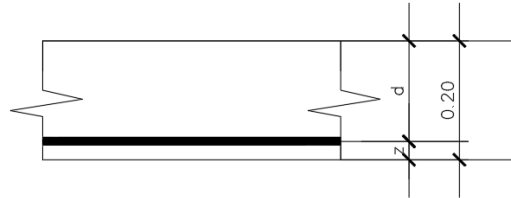
Luego,  $\text{Mu} = 2.99 \text{ Ton-m} > 2.47 \text{ Ton-m}$ . OK.

Acero positivo (perpendicular al tránsito):

$\text{Mu} = 2.09 \text{ Ton-m}$ .

Recubrimiento = 2.5 cm. Según AASHTO 9.7.2.5

Figura 13. **Detalle de acero positivo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$z = 2.5 \text{ cm} + (1.27/2) = 3.14 \text{ cm.}$$

$$d = 20 \text{ cm} - 3.14 \text{ cm} = 16.86 \text{ cm.}$$

Asumir  $a = 5$ .

$$A_{s(+)} = \frac{(2.09 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(2810)(16.86 - \frac{5}{2})} = 5.75 \text{ cm}^2.$$

$$a = \frac{(5.75 \text{ cm}^2)(2810)}{(0.85)(280)(100)} = 0.68.$$

$$A_{s(+)} = \frac{(2.09 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(2810)(16.86 - \frac{0.68}{2})} = 5.00 \text{ cm}^2.$$

Empleando el método de iteraciones se obtiene  $A_{s(+)} = 5.00 \text{ cm}^2$ .

Entonces:

$$C = a / \beta = 0.68 \text{ cm} / 0.85 = 0.80 \text{ cm.}$$



Según AASHTO 5.5.4.2-2:

$$\phi = 0.65 + 0.15 \left( \frac{16.86}{0.80} - 1 \right) = 3.66 > 0.90$$

El acero a utilizar debe ser mayor a diámetro a 0.90.

Se emplea acero G40 nro.4, espaciamiento  $S = 1.29 / 5.00 = 0.25$ .

$$1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{1}{2}'' \text{ @ } 0.25 \text{ m.}$$

As máximo:

Las actuales ediciones de las normas AASHTO LRFD eliminan este valor.

As mínimo:

El valor obtenido debe ser capaz de resistir  $M_{cr}$  y  $1.33 M_u$ . Según AASHTO 5.6.3.3.

$$M_{cr} = 1.1(f_r S) = 1.1((33.63)(6,667)) = 2.47 \text{ Ton} - \text{m.}$$

Donde:

$$f_r = 2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{(100)(20)^2}{6} = 6,667 \text{ cm}^3$$

Entonces:

$$1.33 \text{ Mu} = (1.33) (2.09 \text{ Ton-m}) = 3.62 \text{ Ton-m.}$$

Cantidad de acero calculado:

$$A_s = 5.00 \text{ cm}^2$$

Luego,  $\text{Mu} = 3.62 \text{ Ton-m} > 2.47 \text{ Ton-m}$ . Cumple.

Por lo tanto, se toma el valor de 3.62 Ton-m.

Asumir  $a = 5$ :

$$A_{s(+)} = \frac{(3.62 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(2810)(16.86 - \frac{5}{2})} = 9.97 \text{ cm}^2.$$

$$a = \frac{(9.97 \text{ cm}^2)(2810)}{(0.85)(280)(100)} = 1.18.$$

$$A_{s(+)} = \frac{(3.62 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(2810)(16.86 - \frac{1.18}{2})} = 8.80 \text{ cm}^2.$$

Empleando el método de iteraciones se obtiene  $A_{s(+)} = 8.80 \text{ cm}^2$ .

Emplearemos acero G40 nro.4, espaciamiento  $S = 1.29 / 8.80 = 0.15$ .

$$1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{1}{2} \text{'' @ } 0.15 \text{ m.}$$

As de temperatura

De acuerdo con AASHTO 5.10.6-1.

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 (bh)}{2 (b + h)} = \frac{0.18 (420 * 20)}{2 (420 + 20)} = 1.72 \frac{cm^2}{m}.$$

Se chequea:

$$2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_{s \text{ temp}} \leq 12.70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1.72 \text{ cm}^2/\text{m} < 2.33 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ entonces usamos } 2.33 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Utilizando varillas  $\emptyset 3/8"$ , separación:  $s = 0.71 / 2.33 = 0.30 \text{ m}$ .

De acuerdo con AASHTO 5.10.3.2:

$$S \text{ max} = 1.5t = 1.5 (0.20) = 0.30 \text{ m} \geq 0.30. \text{ OK}$$

$$S \text{ max} = 0.45 \text{ m} > 0.30. \text{ OK}$$

$$1 \emptyset 3/8" @ 0.30 \text{ m}.$$

El acero por temperatura se coloca en la cama superior paralelo al tráfico, por no contar con refuerzo en esta área.

As distribución:

Este se coloca en la cama inferior de la losa y se calcula como un porcentaje del acero positivo.

De acuerdo con AASHTO 9.7.3.2:

$$\% = \frac{121}{\sqrt{S}} \leq 67 \%$$

Donde:

S = distancia entre la cara de las vigas.

$$\% = \frac{121}{\sqrt{1.20}} = 110 \% \geq 67 \%$$

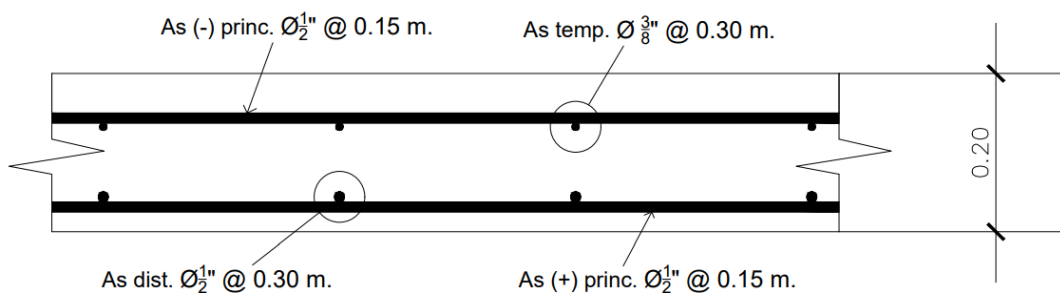
Por lo tanto:

$$A_{s \text{ repart}} = (0.67) (8.80) = 4.78 \text{ cm}^2.$$

Utilizando  $\varnothing \frac{1}{2}$ ", espaciamento  $s = 1.29 / 4.78 = 0.27$ , se usará 0.30 m.

1  $\varnothing \frac{1}{2}$ " @ 0.30 m.

Figura 14. Esquema de armado de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Revisión de fisura por distribución de armado:

Acero principal negativo:

Empleando sección agrietada.

Franja: 0.15 m de ancho.

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_s = 1.0 M_{DC} + 1.0 M_{DW} + 1.0 M_{LL+IM}$$
$$M_s = 1.0 (0.23) + 1.0 (0.072) + 1.0 (1.33) = 1.63 \text{ Ton-m/m.}$$

Calculamos para un ancho tributario de 0.15 m:

$$M_s = (1.63) (0.15) = 0.245 \text{ Ton-m.}$$

- Ubicación de eje neutro:

AASHTO 5.4.3.2 y 5.4.2.4-1:

$$E_s = 2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15,300 \sqrt{f'c} = 15,300 \sqrt{280} = 256,018 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2}{256,018 \text{ kg/cm}^2} = 8$$

$$dc = rec + \frac{\phi}{2} = 5.0 \text{ cm} + \frac{1.27}{2} = 5.64 \text{ cm.}$$

- Área transformada:

$$A_{strans} = \text{relacion modular} * \text{area de acero} = (8)(1.29 \text{ cm}^2) = 10.32 \text{ cm}^2 .$$

- Momento respecto al eje neutro:

$$15y (y/2) = 10.32 (14.36 - y)$$

Despejando para y:

$$y = 3.81 \text{ cm.}$$

- Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio:

$$Jd = d - y/3 = 14.36 - 3.81/3 = 13.09$$

AASHTO 5.6.7-2:

$$f_{ss} = \frac{M_s}{Jd * A_s} = \frac{(0.245 \text{ Ton} - \text{m})(100)(1000)}{(13.09)(1.29)} = 1,450.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 0.6 f_y$$

$$1,450.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 0.6 (2810)$$

$$1,450.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 1,686 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} . OK$$

- Separación máxima de armadura:

De acuerdo, con AASHTO 5.6.7-1 y 5.6.7-2

$$S_{max} = \frac{125,000 (\gamma_e)}{\beta_s * f_{ss}} - d_c$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7 (h - d_c)} = 1 + \frac{5.64}{0.7 (20 - 5.64)} = 1.56$$

Exposición severa,  $\gamma_e = 0.75$ .

$$S_{max} = \frac{125,000 (0.75)}{1.56 * 1,450.90} - 2(5.64) = \mathbf{30.14 > 15 \text{ cm. OK}}$$

- Acero principal positivo:

Empleando sección agrietada.

Franja: 0.15 m de ancho.

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_s = 1.0 M_{DC} + 1.0 M_{DW} + 1.0 M_{LL+IM}$$

$$M_s = 1.0 (0.35) + 1.0 (0.04) + 1.0 (0.77) = 1.30 \text{ Ton-m/m.}$$

Calculamos para un ancho tributario de 0.15 m:

$$M_s = (1.30) (0.15) = 0.20 \text{ Ton-m.}$$

- Ubicación de eje neutro:

AASHTO 5.4.3.2 y 5.4.2.4-1.

$$E_s = 2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15,300 \sqrt{f'_c} = 15,300 \sqrt{280} = 256,018 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2}{256,018 \text{ kg/cm}^2} = 8$$

$$dc = rec + \frac{\phi}{2} = 2.5 \text{ cm} + \frac{1.27}{2} = 3.14 \text{ cm.}$$

- Área transformada:

$$A_{strans} = \text{relacion modular} * \text{area de acero} = (8)(1.29 \text{ cm}^2) = 10.32 \text{ cm}^2 .$$

- Momento respecto al eje neutro:

$$15y (y/2) = 10.32 (16.86 - y)$$

Despejando para y:

$$y = 4.18 \text{ cm.}$$

- Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio:

$$Jd = d - y/3 = 16.86 - 4.18/3 = 15.47 \text{ cm.}$$

AASHTO 5.6.7-2

$$f_{ss} = \frac{M_s}{Jd * A_s} = \frac{(0.20 \text{ Ton} - \text{m})(1000)(100)}{(15.47)(1.29)} = 1,002.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 0.6 f_y$$



$$1,002.19 \frac{kg}{cm^2} \leq 0.6 (2810)$$

$$1,002.19 \frac{kg}{cm^2} \leq 1,686 \frac{kg}{cm^2}. OK$$

- Separación máxima de armadura:

De acuerdo con AASHTO 5.6.7-1 y 5.6.7-2:

$$S_{max} = \frac{125,000 (\gamma_e)}{\beta_s * f_{ss}} - d_c$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7 (h - d_c)} = 1 + \frac{3.14}{0.7 (20 - 3.14)} = 1.27$$

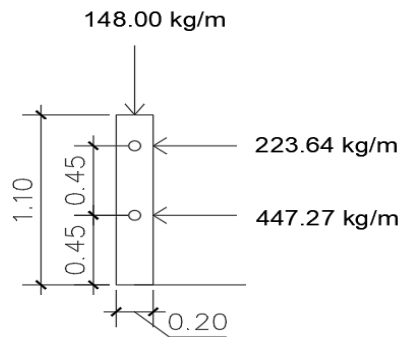
Exposición severa,  $\gamma_e = 0.75$ .

$$S_{max} = \frac{125,000 (0.75)}{1.27 * 1,002.19} - 2(3.14) = 67.38 > 15 \text{ cm. OK}$$

### 2.3.1.2. Diseño de barandal

De acuerdo con las normas AASHTO Standart 2002 para el diseño de puentes, se recomienda utilizar las siguientes cargas para diseño de postes de barandas:

Figura 15. **Diagrama de cargas y punto de influencia en el diseño de barandal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de pasamanos:

Este se diseña considerando el valor de la carga con mayor influencia.

$$W = 447.27 \text{ kg/m} = 300 \text{ lb/pie.}$$

Se emplearán tubos HG de 3":

$$\varnothing_{\text{exterior}} = 3.50''$$

$$\varnothing_{\text{interior}} = 3.068''$$

$$\text{Inercia} = (\pi/4) ((3.50/2)^2 - (3.068/2)^2) = 3.017 \text{ pulg}^4.$$

$$C = \varnothing_{\text{exterior}}/2 = 3.50''/2 = 1.75''$$

$$\text{Módulo de Sección} = S = 3.017 \text{ pulg}^4 / 1.75'' = 1.724 \text{ pulg}^3.$$

Cálculo de resistencia de tubo:

$$M = s \cdot f$$

$$f = 20,000 \text{ lb/ pulg}^2.$$

$$M = 1.724 \text{ pulg}^3 * 20,000 \text{ lb/ pulg}^2 = 34,480 \text{ Lb-pulg} = 2,873.33 \text{ Lb-pie}.$$

Por ser tramo continuo:

$$M_u = (W)(L)^2/10$$

$$2,873.33 \text{ Lb-pie} = (300 \text{ Lb-pie}) (L)^2/10$$

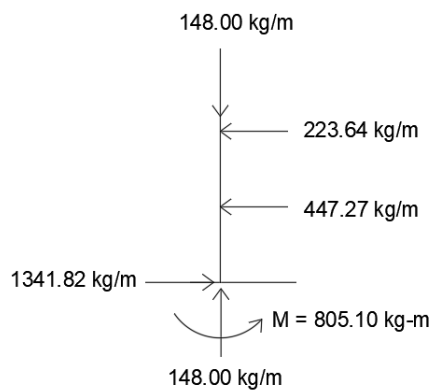
Despejando para L:

$$L = 9.79 \text{ pie} = 2.98 \text{ m}.$$

- Diseño de postes de concreto:

Considerando que el espaciamiento máximo entre postes es de 2,98 m, se utiliza una separación de 1,60 m entre postes por simetría y tubos de hierro galvanizado (HG) de 3" entre postes.

Figura 16. **Diagrama de cargas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se analiza el poste con base en las especificaciones ACI, el análisis se lleva a cabo como una columna a flexocompresión, evaluando esbeltez para su clasificación.

Revisión de esbeltez:

$$Es = K*Lu / r \quad ; \text{ AASHTO 5.6.4}$$

Donde:

Lu = Longitud de poste, 1.10 m.

$$r = (0.30) (0.20) = 0.06$$

$$K = (20 * (1.10+0)^{1/2}) / 20 = 1.05$$

$$Es = (1.05 * 1.10) / 0.06 = 19.25 < 22$$

Obteniendo un valor menor a 22, esta se clasifica como una columna corta, por lo tanto:

Acero propuesto: 4 varillas G40 nro. 4.

Calcular diagrama de interacción:

Compresión pura:

$$P1 = (\phi) ((0.85) (f'c)(b)(h) + (As)(fy))$$

$$P1 = (0.7) ((0.85) (280) (20)(20) + (4 * 1.27) (2810))$$

$$P1 = 76,632.36 \text{ kg}$$

Flexión pura:

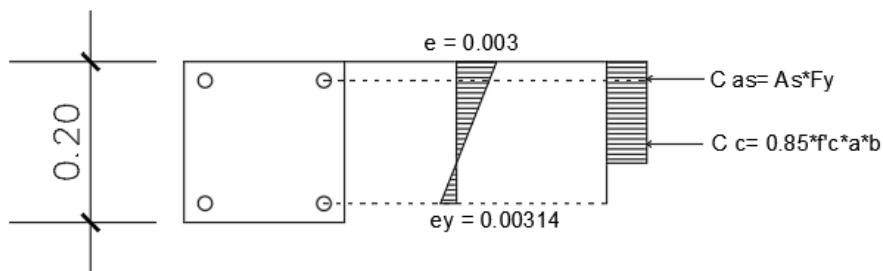
$$P2 = (\phi)(A_s)(f_y) [(d - (A_s * f_y) / (1.7f'_c * b))]$$

$$P2 = (0.9) (2) (1.27) [(16.9 - (2*1.27*2810) / (1.7*280 *20))]$$

$$P2 = 1037.44 \text{ kg-m}$$

- Diagrama de falla balanceada:

Figura 17. **Diagrama de falla balanceada para acero propuesto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$C_{as}$  = fuerza de compresión en el acero.

$C_c$  = fuerza de compresión en el concreto.

$T$  = fuerza de tensión.

Con relación de triángulos se calcula  $a$  y  $c$ :

$$C = [(d \cdot e_s) / (e_s + e_y)] \quad ; \quad e_y = f_y / 2.1 \cdot e_6$$

$$C = [(16.9) (0.003)] / ((0.003 + 2810) / 2.1 \cdot e_6) = 11.69 \text{ cm.}$$

$$a = (0.85) (C) = (0.85) (11.69) = 9.94 \text{ cm.}$$

$$C_{as} = T = (A_{s1})(f_y) = (2) (1.27) (2810) = 7,137.40 \text{ kg.}$$

$$C_c = c = (0.85) (f'_c) (a) (b) = (0.85) (280) (9.94) (20) = 47,314.4 \text{ kg.}$$

Posteriormente, se calcula la fuerza interna de compresión que resiste la sección propuesta:

$$P_b = 0.7 | \Sigma f_x | = (0.7) | 47,314.4 - 7,137.40 | = 40,177.00 \text{ kg.}$$

Momento para sección propuesta:

$$M_b = 0.85 * | \Sigma f * d | \text{ cg}$$

$$M_b = 0.85 * | (7,137.40) (0.075) (2) + (31,451.70) (0.048) | = 2,580.29 \text{ kg-m}$$

Entonces:

$$M_b > P_2 \rightarrow 2,580.29 \text{ kg-m} > 1037.44 \text{ kg-m}$$

$$P_1 > P_b \rightarrow 76,632.36 \text{ kg} > 40,177.00 \text{ kg.}$$

Por lo tanto:

Sección de columna = 0.20m x 0.20m

Refuerzo longitudinal: 4 varillas G40 nro. 4

Refuerzo transversal: estribos nro.3.

- Separación de confinamiento:

Lado menor = 0.20 m.

$Lu/6 = 1.1 / 6 = 0.18 \text{ m}$

18" = 0.45 m

Se utiliza 0,45 m como la distancia de la base del poste hacia el primer tubo.

- Espaciamiento de confinamiento:

$$P = (0.45) (A_g / (A_{ch} - 1)) (0.85) (f'_c) / f_y$$

$$P = (0.45) ((20)^2 / ((16.9)^2 - 1)) (0.85) (280) / 2810$$

$$P = 0.011$$

Con varillas nro. 3

$$S = (2) (A_v) / ((in)(p)) = (2) (0.71) / (12.46) (0.011) = 0.19$$

- Espaciamiento normal:

Se toma el menor de los resultados.

Lado menor = 0.20

$$(16) (2.54) = 40.6 \text{ cm}$$

$$(48) (3/8) (2.54) = 45.7 \text{ cm}$$

- Armado final:

4 varillas G40 nro. 4 y Est. G 40 nro. 3 @ 0.20 m

### **2.3.1.3. Diseño de diafragmas**

Estos son elementos estructurales que se colocan perpendicularmente al tráfico vehicular y son utilizados como riostras para mantener la geometría del puente y soportar cargas laterales, evitando así deformaciones a causa de estas.

Las vigas diafragma son empleadas en losas que tiene luces mayores a 10 metros.

Según AASHTO, se recomienda que la altura de la viga diafragma sea de  $3/4H$  de la viga principal, con un espesor mínimo de 0,30 m.

Predimensionamiento:

$$H_{\text{diafragma}} = (3/4) (H_{\text{viga principal}}) = (3/4) (1.10 \text{ m}) = 0.825 \text{ m} \approx 0.80 \text{ m}$$

Se empleará una sección para la viga diafragma de 0.30 m x 0.80 m. Con respecto al ACI 318-14, ecuación 9.6.1.2, se procede a calcular el acero mínimo:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{f'y} (b)(d)$$

Donde:

$A_{s \text{ min}}$  = acero mínimo ( $\text{cm}^2$ ).

$f'y$  = resistencia a la tensión del acero ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$b$  = base

$d$  = peralte efectivo

$$d = 80\text{cm} - 5 \text{ cm} - (2.54 \text{ cm} / 2) = 73.73 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{4200} (30 \text{ cm})(73.73 \text{ cm})$$

$$A_{s \text{ min}} = 7.43 \text{ cm}^2$$

Se empleará 2 varillas de acero de 1" G60, tanto para la cama inferior como para la superior.



- Acero por temperatura:

ACI 318-14, tabla 7.6.1.1:

$$A_{s \text{ temp.}} = 0.002 b * h$$

$$A_{s \text{ temp.}} = 0.002 (30)(80)$$

$$A_{s \text{ temp.}} = 4.80 \text{ cm}^2$$

Se empleará 4 varillas nro. 4 G40 como refuerzo por temperatura.

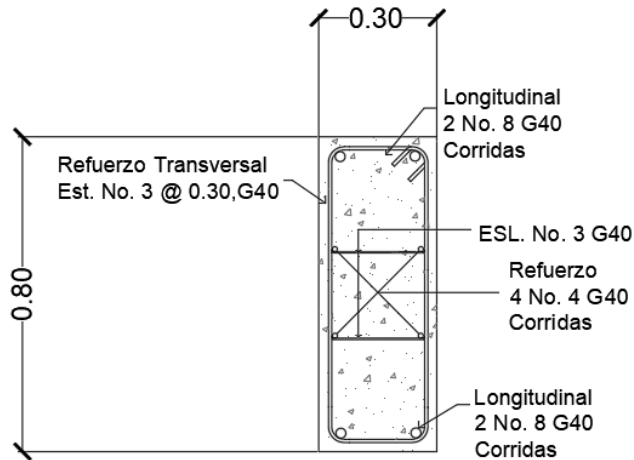
- Refuerzo a corte:

Considerando que no se debe colocar refuerzo con espaciamiento no mayor a  $d/2$ , ni mayor a 30 cm, se calcula el espaciamiento:

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{73.73 \text{ cm}}{2} = 36.87 \text{ cm}$$

Se propone estribos y eslabones de varilla nro.3 @ 0.30 m.

Figura 18. **Detalle de armado para viga diafragma**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### 2.3.1.4. **Diseño de vigas**

Las vigas son uno de los elementos estructurales más importantes, pues soportan la carga de la superestructura del puente y la transmiten hacia los estribos o apoyos, por lo que en el cálculo de su refuerzo deben ser tomadas en cuenta las cargas, tanto muertas provocadas por los mismos elementos de la superestructura, como la carga móvil provocada por el tránsito, tanto vehicular como peatonal, de manera que la sección, los materiales y refuerzos sean los adecuados. El número de vigas depende del ancho que el puente posea, para este caso se emplearán 3 vigas, ya que el ancho estimado para la estructura es mayor al que representa el ancho máximo de 3,60 metros de un carril, por lo que se toma como puente de dos carriles. Para este caso se diseñarán de concreto reforzado, ya que la luz del puente no es tan grande y lo permite, siendo esta la opción más favorable económicamente y segura.

- Predimensionamiento:

Según AASHTO 2.5.2.6.3-1 para vigas T de concreto reforzado.

$$H_{\text{viga}} = 7\% \text{ de } L \text{ ó } 0.07L$$

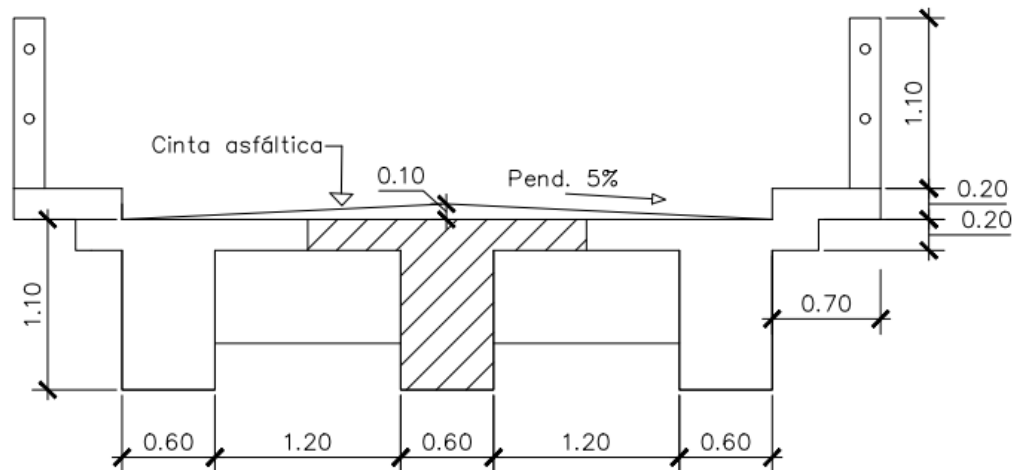
Donde:

L = longitud del puente en (m)

$$H_{\text{viga}} = 0.07(16 \text{ m}) = 1.12 \text{ m} \approx 1.10 \text{ m.}$$

Diseño de viga interna:

Figura 19. **Viga interna – sección transversal de puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de carga muerta:

$$W \text{ losa} = (1.8\text{m}) (0.20\text{m}) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.86 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ viga} = (1.10-0.20\text{m}) (0.60\text{m}) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 1.30 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ asfalto} = (1.8\text{m}) (0.10\text{m}) (2.2 \text{ Ton/m}^3) = 0.40 \text{ Ton/m}$$

$$P \text{ diafragma} = (1.8-0.60\text{m}) (0.80-0.20\text{m}) (0.30\text{m}) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.52 \text{ Ton.}$$

- Momentos

$$M \text{ losa} = [(0.86\text{m}) (16\text{m})^2]/8 = 27.52 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ viga} = [(1.30\text{m}) (16\text{m})^2]/8 = 41.60 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ asfalto} = [(0.40\text{m}) (16\text{m})^2]/8 = 12.8 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ diafragma} = [(0.26 \text{ Ton}) (8 \text{ m})] = 2.08 \text{ Ton-m}$$

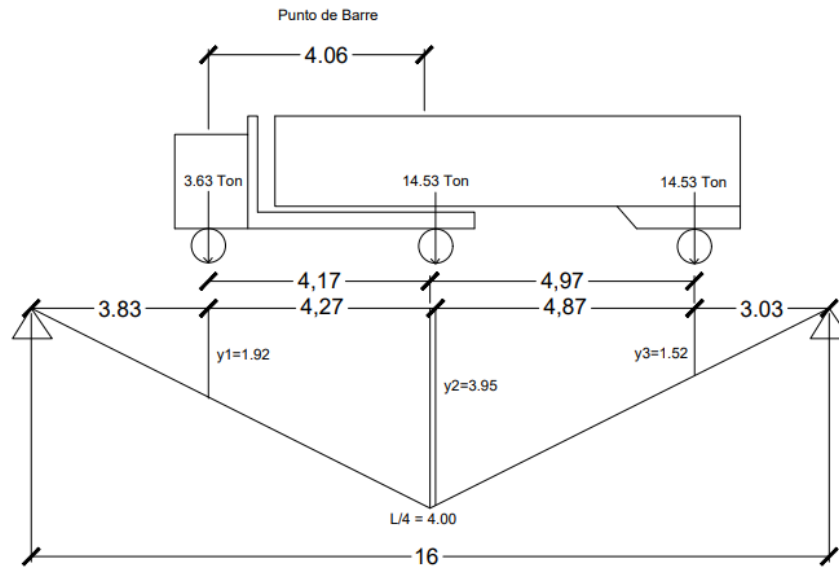
$$\Sigma M \text{ (sin Asfalto)} = 71.20 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ móvil} = [(0.96) (16\text{m})^2]/8 = 27.0 \text{ Ton-m.}$$

- Cálculo de momento por influencia de carga móvil:

Método de punto de Barré:

Figura 20. **Análisis de influencia de carga por HL 93 sobre el puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$x = \frac{\sum P \cdot x_i}{\sum P}$$

$$\dot{x} = \frac{[(14.53) (4.27) + (14.53) (9.14)]}{32.69} = 4.06 \text{ m.}$$

Ejemplo de cálculo de Y1, se utiliza relación de triángulos.

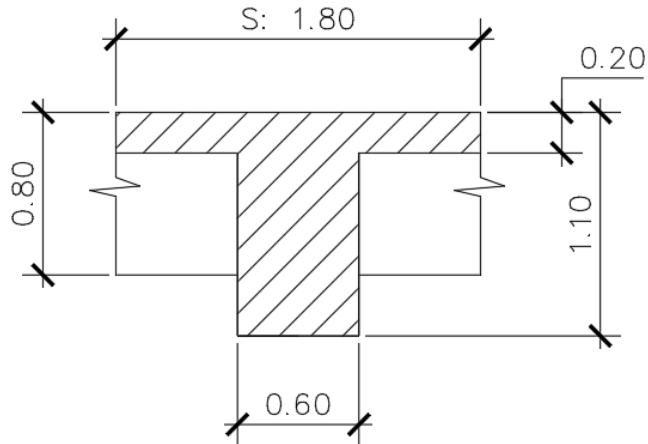
$$\frac{4}{8} = \frac{y_1}{3.83}$$

$$Y_1 = \frac{[(4) (3.83)]}{8} = 1.92$$

$$M_{HL\ 93} = (y_1) (p_1) + (y_2) (p_2) + (y_3) (p_2)$$

$$M_{HL\ 93} = (1.92) (3.63) + (3.95) (14.53) + (1.52) (14.53) = 86.45 \text{ Ton-m.}$$

Figura 21. **Sección de viga T (viga principal interior)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

De acuerdo con AASHTO 4.6.2.2.2b-1, la distribución de la sobrecarga por carril para momentos en vigas interiores se calcula con los siguientes factores de distribución:

Para el caso de 1 carril:

$$g1 = 0.06 + \left(\frac{S}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{12 * L * t^3}\right)^{0.1}$$

Para el caso de 2 o más carriles:

$$g2 = 0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{12 * L * t^3}\right)^{0.1}$$

Donde:

L = longitud del puente en pies, 16 m = 52.49 ft.

S = espaciamiento entre ejes de viga en pies, 1.80 m = 5.91 pies.

t = espesor de losa en pulgadas, 0.20 = 7.87 in.

A = área de la sección de la viga en in<sup>2</sup>, 60x (110-20) = 5,400 cm<sup>2</sup> = 837.00 in<sup>2</sup>.

I = inercia de la sección en in<sup>4</sup>, (1/12) (0.60) (1.1-0.20)<sup>3</sup> = 0.04 m<sup>4</sup> ≈ 96,100.38 in<sup>4</sup>.

Eje neutro:

$$e_g = [(1.1-0.20) / 2] + [0.2/2] = 0.55 \text{ m} \approx 21.65 \text{ in.}$$

$$K_g = n ( I_{\text{viga}} + A_{\text{viga}} * (e_g)^2 ) = (1)(96,100.38 + (837)(21.65)^2) = 4.88 * 10^5 \text{ in}^4$$

Factor g1 para un carril:

$$g_1 = 0.06 + \left(\frac{5.91}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{5.91}{52.49}\right)^{0.3} \left(\frac{4.88 * 10^5}{12 * 52.49 * (7.87)^3}\right)^{0.1} = 0.45.$$

Factor g2 para dos carriles o más

$$g_2 = 0.075 + \left(\frac{5.91}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{5.91}{52.49}\right)^{0.2} \left(\frac{4.88 * 10^5}{12 * 52.49 * (7.87)^3}\right)^{0.1} = 0.58. \text{ CRÍTICO}$$

Se toma 0,58 por ser el factor crítico, según AASHTO 3.6.1.1.2-1.

$$g + \text{FPM} = 0.58 * 1.20 = 0.696 \approx 0.70.$$

FPM, AASHTO 3.6.1.1.2-1

Donde:

FPM = factor de presencia múltiple.

$$M_{LL+IM} = [M_{LL} + M \text{ móvil}] * (1.33)$$

$$M_{LL+IM} = [86.45 \text{ Ton-m} + 27 \text{ Ton-m}] * (1.33) = 150.89 \text{ Ton-m}$$

$$M_{LL+IM} + g = 150.89 \text{ Ton-m} * 0.70 = 105.62 \text{ Ton-m}$$

- Momento último:

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_u = 1.25(D_c) + 1.50(D_w) + 1.75 (M_{LL+IM})$$

$$M_u = 1.25(71.20) + 1.50(12.80) + 1.75 (105.62) = \mathbf{293.04 \text{ Ton-m}}$$

- Cálculo de acero para viga principal interior

Se toma el ancho tributario de la viga como ancho efectivo. Según AASHTO 4.6.2.6:

$$B_{\text{efectivo}} = 1.80 \text{ m}$$

Luego se asume  $a = t/2 = 20/2 = 10$

$$d = 110 - 10 = 100 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{(293.04 \text{ Ton} - \text{m})(100)(1000)}{(0.90)(4200)(100 - \frac{10}{2})} = 81.60 \text{ cm}^2.$$



Equivale a utilizar 9 varillas G60 nro. 11:

$$c = \frac{(1.18)\left(\frac{81.60}{180 * 110}\right)(4200)(100)}{(0.85)(281)} = 8.55$$

$$a = 8.55 * 0.85 = 7.27$$

As máximo:

Las actuales ediciones de las normas AASHTO LRFD eliminan este valor.

As mínimo:

El valor obtenido debe ser capaz de resistir  $M_{cr}$  y 1,33 Mu. Según AASHTO 5.6.3.3.

$$M_{cr} = 1.2(f_r S) = 1.2((33.63)(363,000)) = 146.49 \text{ Ton} - m.$$

Donde:

$$f_r = 2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{(180)(110)^2}{6} = 363,000 \text{ cm}^3$$

Entonces:

$$1.33 \text{ Mu} = (1.33) (293.04 \text{ Ton-m}) = 389.74 \text{ Ton-m}.$$

Se emplea el valor más bajo, el cual es  $M_{cr} = 146,49 \text{ Ton-m}$ .

$$A_s = \frac{(146.49 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(4200)(100 - \frac{7.27}{2})} = 40.22 \text{ cm}^2.$$

Equivale a 4 varillas G60 nro.11

Por lo tanto, la distribución del acero en la viga será:

En la parte superior de la viga, 5 varillas G60 nro. 11 corridas. En la parte inferior de la viga, 8 varillas G60 nro.11 corridas y 2 al centro a  $L/2 = 8 \text{ m}$ , como refuerzo donde ocurre el momento máximo.

Acero por temperatura

Según normas ACI 318-14, tabla 24.4.3.2.

$$A_{s \text{ temp.}} = 0.002 * 60 * 110 = 13.20 \text{ cm}^2.$$

6 varillas G40 nro. 6 @ 0.30m

$S_{max} < 45 \text{ cm}$ , OK. según AASHTO 5.10.3.2.

- Diseño de refuerzo por corte:

Peralte efectivo de corte:

De acuerdo con AASHTO 5.7.2.8:

$$\vartheta = 45^\circ, \text{ AASHTO 5.7.3.4.1.}$$

$d_v =$  peralte efectivo de corte.

$$d_v = d_e - a/2 = 100 - 7.27/2 = 96.37$$

Este valor no debe ser menor a:

$$0.90d_e = 0.90(100) = 90.00 \text{ OK}$$

$$0.72H = 0.72(110) = 79.20 \text{ OK}$$

Cálculo de cortante:

$$V = \frac{W * L}{2}$$

Donde:

V = cortante, en toneladas.

W = carga distribuida, en Ton/m.

L = luz del puente, en metros.

$$V_{Losa} = \frac{(0.86) * (16)}{2} = 6.88 \text{ Ton.}$$

$$V_{Viga} = \frac{(1.30) * (16)}{2} = 10.40 \text{ Ton.}$$

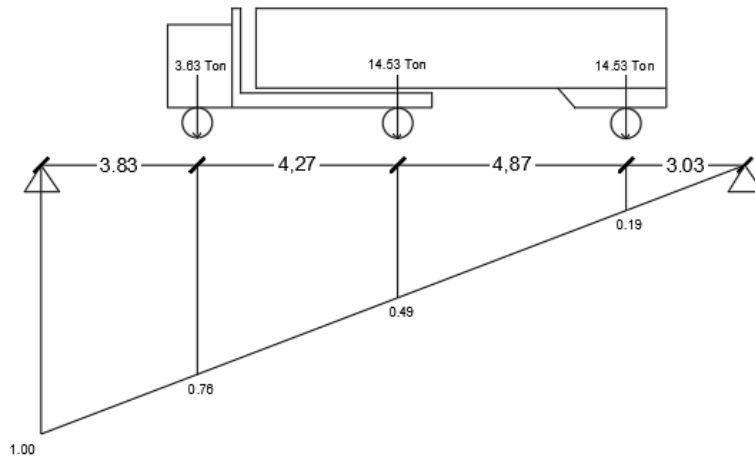
$$V_{asfalto} = \frac{(0.40) * (16)}{2} = 3.20 \text{ Ton}$$

$$V_{diafragma} = 0.52 \text{ Ton}$$

- Método de punto de Barré para cortante:

Debe verse la siguiente figura:

Figura 22. **Análisis de cortante a causa de HL 93 sobre el puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$y_1 = \frac{16 - 3.83}{16} = 0.76$$

$$y_2 = \frac{16 - 3.83 - 4.27}{16} = 0.49$$

$$y_3 = \frac{16 - 3.83 - 4.27 - 4.87}{16} = 0.19$$

$$VLL = (p_1) (y_1) + (p_2) (y_2) + (p_3) (y_3) = 12.64 \text{ Ton}$$

$$VLL = (3.63) (0.76) + (14.53) (0.49) + (14.53) (0.19) = 12.64 \text{ Ton}$$

Factor de distribución:

De acuerdo con AASHTO 4.6.2.2.3a-1, la distribución de la sobrecarga por carril para corte en vigas interiores se calcula con los siguientes factores de distribución:

- Para el caso de 1 carril:

$$g1 = 0.36 + \frac{S}{25} = 0.36 + \frac{5.91}{25} = 0.60$$

- Para el caso de 2 o más carriles:

$$g2 = 0.2 + \frac{S}{12} - \left(\frac{S}{35}\right)^2 = 0.2 + \frac{5.91}{12} - \left(\frac{5.91}{35}\right)^2 = 0.66. \text{CRÍTICO}$$

$$V_{LL+IM} = 12.64 * 1.33 = 16.81 * 0.66 = 13.31 \text{ Ton.}$$

- Cortante último:

$$Vu = (1.25) (17.8) + (1.50) (3.2) + (1.75) (13.31) = 50.34 \text{ Ton.}$$

- Diseño de estribos:

Cortante actuante,  $Vu = 50.34$ , AASHTO 5.7.2.1.

Cortante resistente,  $Vr = \phi * Vn$ ,  $\phi = 0.90$ . AASHTO 5.5.4.2.

Para  $Vn$ , AASHTO 5.7.3.3.

$$Vn = Vo + Vs + Vp$$

$$Vn = 0.25f'c * b * d + Vp$$

Donde:

Cortante nominal resistente del concreto:

Con  $\beta = 2$ , AASHTO 5.7.3.4.1.

$$V_o = 0.53\sqrt{f'c} * b * dv = 0.53\sqrt{280} * 60 * 96.37 = 51,279.99 \text{ kg.}$$

Cortante nominal resistente del acero:

$\Theta = 45$ , AASHTO 5.7.3.4.1

$\alpha = 90^\circ$

AASHTO 5.7.3.3.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Donde:

S = espaciamiento asumido.

Utilizando varillas nro. 3, asume espaciamiento a cada 0,15m.

$$V_s = \frac{(2)(1.29)(2810)(96.37)}{15} = 46,577.55 \text{ kg}$$

Componente nominal de la fuerza:

$V_p = 0$ ; valor para elementos pretensados.

Se escoge el valor más pequeño:

$$V_n = 51,279.99 \text{ kg} + 46,577.55 \text{ kg} + 0 = 97,857.54 \text{ kg}$$

$$V_n = (0.25)(280)(60)(96.37) + 0 = 404,754 \text{ kg}$$

Se tomará el valor más pequeño,  $V_n = 97,857.54 \text{ kg}$

Cortante resistente total:

$$\begin{aligned} V_r = \phi V_n &= 0.90V_o + 0.90 V_s = 0.9 ( 51,279.99 \text{ kg}) + 0.90 (46,577.55 \text{ kg}) \\ &= 88.07 T > 50.34 \text{ Ton. OK} \end{aligned}$$

Refuerzo transversal mínimo:

De acuerdo con AASHTO 5.7.2.5:

$$A_v \geq 0.27 \sqrt{f'_c} \frac{b * s}{f_y}$$

$$A_v \geq 0.27 \sqrt{280} \frac{(60) * (15)}{2810}$$

$$1.44 \leq 2.58. \text{ Cumple}$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal:

De acuerdo con AASHTO 5.7.2.8:

$$V_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi b * dv}$$

$$V_u = \frac{50340 \text{ kg}}{(0.90)(60)(96.37)} = 11.21 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, según AASHTO 5.7.2.6:

$$\text{Si, } Vu < 0.125 * f'c , \quad S_{\max} = 0.8 * dv \leq 0.60 \text{ cm}$$

$$\text{Si, } Vu \geq 0.125 * f'c , \quad S_{\max} = 0.4 * dv \leq 0.30 \text{ cm}$$

Como:

$$Vu = 11.21 \text{ kg/cm}^2 < 0.125 (280) = 35 \text{ kg/cm}^2.$$

Entonces:

$$S_{\max} = 0.8 * dv = 0.8 * (96.37) = 77.10 \text{ cm}$$

Por lo tanto, tomaremos  $S = 0,15 \text{ m} < 0,45 \text{ m}$  que es el espaciamiento máximo.

Est. nro. 4 G40 @ 0,15 m

- Revisión de fisura por distribución de armado

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_s = 1.0 M_{DC} + 1.0 M_{DW} + 1.0 M_{LL+IM}$$

$$M_s = 1.0 (71.20) + 1.0 (12.80) + 1.0 (105.62 \text{ Ton-m}) = 189.62 \text{ Ton-m/m.}$$

Ubicación de eje neutro:

AASHTO 5.4.3.2 y 5.4.2.4-1.

$$E_s = 2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$



$$E_c = 15,300 \sqrt{f'c} = 15,300 \sqrt{280} = 256,018 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2}{256,018 \text{ kg/cm}^2} = 8$$

$$dc = rec + \emptyset rec + \emptyset + 2.54 \text{ cm} + \frac{\emptyset}{2} = 5.0 \text{ cm} + 1.27 \text{ cm} + 3.50 + 2.54 + \frac{3.50}{2}$$

$$dc = 14.06 \text{ cm}$$

- Área transformada:

$$A_{strans} = \text{relacion modular} * \text{area de acero} = (8)(100.60 \text{ cm}^2) = 804.80 \text{ cm}^2 .$$

- Momento respecto al eje neutro:

$$b * x * \frac{x}{2} = A_{strans} (h - x - dc)$$

$$\frac{b * x^2}{2} = A_{strans} (h - x - dc)$$

$$\frac{180 * x^2}{2} = 804.80 (110 - x - 14.06)$$

$$\frac{180 * x^2}{2} = 88,528 - 804.80x - 11,315.49$$

$$\frac{180 * x^2}{2} = 77,212.51 - 804.80x$$

$$\frac{180 * x^2}{2} + 804.80x - 77,212.51 = 0$$

$$x = 25.16 \text{ cm}$$

- Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio:

$$c = h - x - dc = 110 - 25.16 - 14.06 = 70.78 \text{ cm}$$

$$I = A_{s_{trans}} * c^2 + (b * x^3)/3$$

$$I = 804.80 * (70.78 \text{ cm})^2 + \frac{180 * (25.16)^3}{3} = 4,987,509.25 \approx 4.99 * 10^6 \text{ cm}^4$$

$$f_{ss} = \left( \frac{M_s * c}{I} \right) * n = \left( \frac{(189.62 \text{ Ton} - \text{m})(100)(1000) * 70.78}{4.99 * 10^6 \text{ cm}^4} \right) * 8 = 2151.71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Separación máxima de armadura:

De acuerdo con AASHTO 5.6.7.-1 y 5.6.7-2:

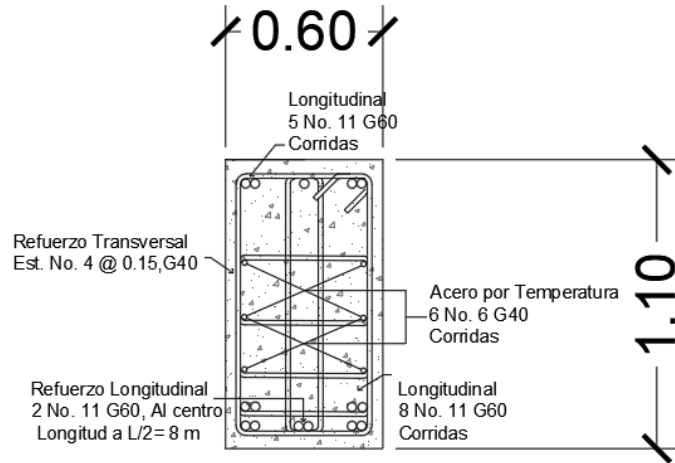
$$S_{max} = \frac{125,000 (\gamma_e)}{\beta_s * f_{ss}} - d_c$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7 (h - d_c)} = 1 + \frac{14.06}{0.7 (110 - 14.06)} = 1.21$$

Exposición severa,  $\gamma_e = 1$ :

$$S_{max} = \frac{125,000 (1)}{1.21 * 2,151.71} - 2(14.06) = 19.89 > 5 \text{ cm. OK}$$

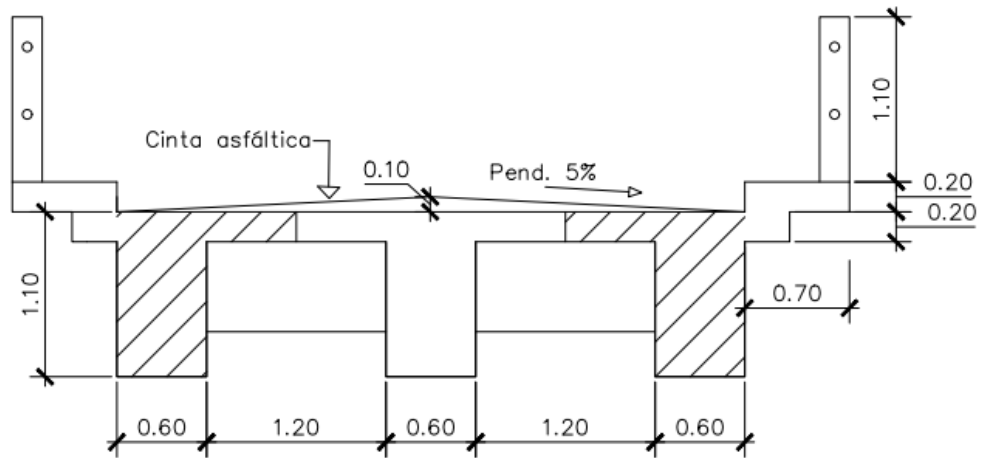
Figura 23. **Distribución de refuerzo para viga interior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño de viga exterior:

Figura 24. **Viga externa – sección transversal de puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de carga muerta:

$$W \text{ losa} = (1.2) (0.20) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.58 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ viga} = (1.10-0.20) (0.60) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 1.30 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ banqueta} = (0.7) (0.20) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.34 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ anclaje} = (0.3) (0.20) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.14 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ barandal} = (0.20) (0.20) (1.6) (1.10) (2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.17 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ asfalto} = (1.20) (0.10) (2.2 \text{ Ton/m}^3) = 0.26 \text{ Ton/m}$$

$$W \text{ peatonal} = 0.36 \text{ Ton/m}$$

$$P \text{ diafragma} = (1.2-0.60) (0.80-0.20) (0.30) (2.4 \text{ Ton/m}) = 0.26 \text{ Ton.}$$

- Momentos:

$$M \text{ losa} = [(0.58 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 18.56 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ viga} = [(1.30 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 41.60 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ banqueta} = [(0.34 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 10.88 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ anclaje} = [(0.14 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 4.48 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ barandal} = [(0.17 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 5.44 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ asfalto} = [(0.26 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 8.32 \text{ Ton-m}$$

$$\underline{M \text{ diafragma} = (0.13 \text{ ton}) (8 \text{ m}) = 1.04 \text{ Ton-m}}$$

$$\Sigma (\text{sin asfalto}) = 82.0 \text{ Ton-m}$$

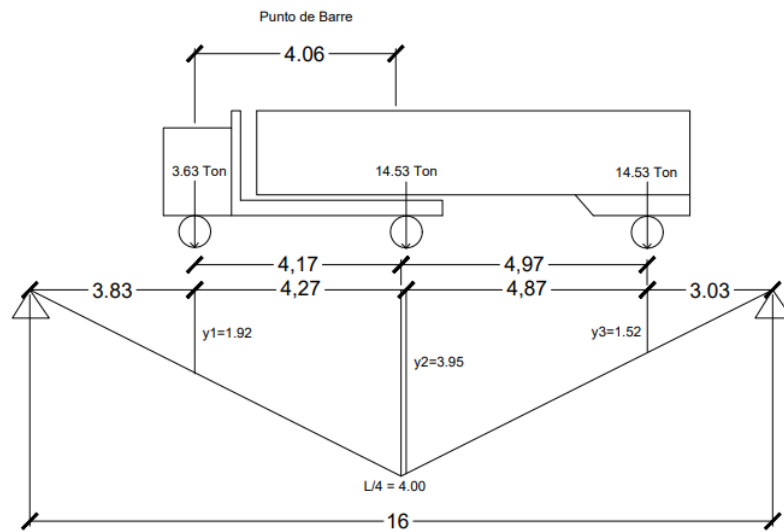
$$M \text{ móvil} = [(0.96 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 27.0 \text{ Ton-m}$$

$$M \text{ peatonal} = [(0.36 \text{ ton/m}) (16 \text{ m})^2] / 8 = 11.52 \text{ Ton-m}$$

- Cálculo de momento por influencia de carga móvil:

Método de punto de Barré:

Figura 25. **Análisis de influencia de carga por HL 93 sobre el puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$x = \frac{\sum P \cdot x_i}{\sum P}$$

$$\dot{x} = \frac{[(14.53) (4.27) + (14.53) (9.14)]}{32.69} = 4.06 \text{ m.}$$

Ejemplo cálculo de Y1, se utiliza relación de triángulos.

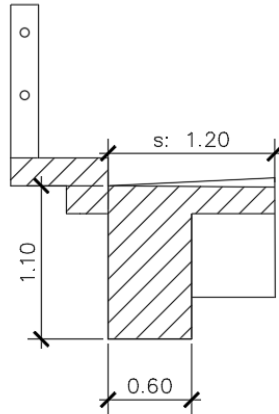
$$4/8 = y_1/3.83$$

$$Y_1 = \frac{[(4) (3.83)]}{8} = 1.92$$

$$M_{HL\ 93} = (y_1) (p_1) + (y_2) (p_2) + (y_3) (p_2)$$

$$M_{HL\ 93} = (1.92) (3.63) + (3.95) (14.53) + (1.52) (14.53) = 86.45 \text{ Ton-m.}$$

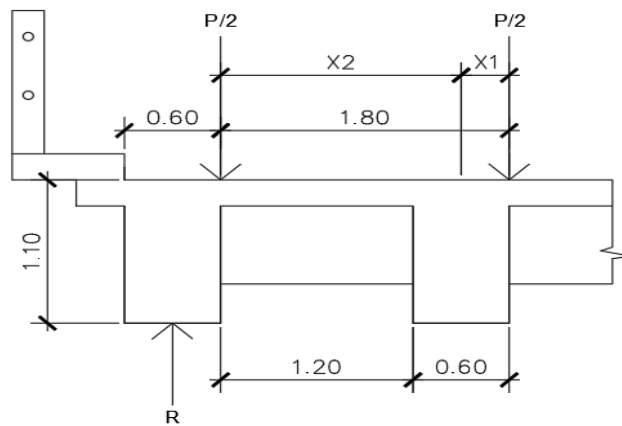
Figura 26. **Sección de viga T (viga principal externa)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

De acuerdo con AASHTO 4.6.2.2.2d-1, la distribución de la sobrecarga por carril para momentos en vigas longitudinales exteriores se calcula con los siguientes factores de distribución:

Figura 27. **Análisis por ley de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Determinar factor g:

Para el caso de 1 carril:

$$R * S = (X1)(0.5P) + (X2)(0.5P)$$

$$R * S = (0.30)(0.5P) + (1.5)(0.5P)$$

$$R = \frac{(0.30)(0.5P) + (1.5)(0.5P)}{1.20}$$

$$R = 0.75P$$

Se le agrega el factor de presencia múltiple FPM:

$$g1 = 0.75 * 1.20 = 0.90$$

FPM, AASHTO 3.6.1.1.2-1

- Para el caso de 2 o más carriles:

$$e = 0.77 + \frac{de}{9.1}$$

Donde:

de = distancia en pies, esta es la distancia del eje central de la viga exterior hacia la cara interior de la baranda.

$$e = 0.77 + \frac{2.62}{9.1} = 1.00$$

$$g2 = e * g_{Viga\ Interna} = 1 * 0.70 = 0.70$$

Se empleará  $g_1 = 0,90$ , debido a que es la más crítica.

$$M_{LL+IM} = [86.45 \text{ Ton-m} + 11.52 \text{ Ton-m} + 27.0 \text{ Ton-m}] * (1.33) = 171.16 \text{ Ton-m}$$

$$M_{LL+IM} + g = 171.16 \text{ Ton-m} * 0.90 = 154.04 \text{ Ton-m}$$

- Momento último:

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_u = 1.25(D_c) + 1.50(D_w) + 1.75 (M_{LL+IM})$$

$$M_u = 1.25(82.00) + 1.50(8.32) + 1.75 (154.04) = 384.55 \text{ Ton-m}$$

- Cálculo de acero para viga principal exterior:

Se toma el ancho tributario de la viga como ancho efectivo. Según AASHTO 4.6.2.6:

$$B_{\text{efectivo}} = 1.20 \text{ m}$$

Luego, se asume  $a = t/2 = 20/2 = 10$

$d = 100 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{(384.55 \text{ Ton} - \text{m})(100)(1000)}{(0.90)(4200)(100 - \frac{10}{2})} = 107.09 \text{ cm}^2.$$

Equivale a utilizar 11 varillas G60 nro. 11.



$$c = \frac{(1.18) \left( \frac{107.09}{120 * 110} \right) (4200) (100)}{(0.85)(281)} = 16.83$$

$$a = 16.83 * 0.85 = 14.30$$

As máximo:

Las actuales ediciones de las normas AASHTO LRFD eliminan este valor.

As mínimo:

El valor obtenido debe ser capaz de resistir  $M_{cr}$  y 1.33  $M_u$ . Según AASHTO 5.6.3.3:

$$M_{cr} = 1.2(f_r S) = 1.2((33.63)(242,000)) = 97.66 \text{ Ton} - m.$$

Donde:

$$f_r = 2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{(120)(110)^2}{6} = 242,000 \text{ cm}^3$$

Entonces:

$$1.33 M_u = (1.33) (384.55 \text{ Ton-m}) = 511.45 \text{ Ton-m.}$$

$$A_s = \frac{(97.66 \text{ Ton} - m)(100)(1000)}{(0.90)(4200)(100 - \frac{14.30}{2})} = 27.83 \text{ cm}^2.$$

Equivale a 3 varillas G60 nro. 11

Por lo tanto, la distribución del acero en la viga será:

En la parte superior de la viga, 5 varillas G60 nro. 11 corridas. En la parte inferior de la viga, 6 varillas G60 nro.11 corridas y 5 al centro a  $L/2 = 8$  m, como refuerzo donde ocurre el momento máximo.

Acero por temperatura:

Según normas ACI 318-14, tabla 24.4.3.2:

$$A_{S \text{ temp.}} = 0.002 * 60 * 110 = 13.20 \text{ cm}^2.$$

6 varillas G40 No.6 @ 0.30m

$S_{max} < 45$  cm, OK. según AASHTO 5.10.3.2.

- Diseño de refuerzo por corte

Peralte efectivo de corte. De acuerdo, con AASHTO 5.7.2.8:

$\vartheta = 45^\circ$ , AASHTO 5.7.3.4.1.

$d_v$  = peralte efectivo de corte.

$$d_v = d_e - a/2 = 100 - 14.30/2 = 92.85$$

Este valor no debe ser menor a:

$$0.90de = 0.90(100) = 90.00 \text{ OK}$$

$$0.72H = 0.72(110) = 79.20 \text{ OK}$$

Cálculo de cortante:

$$V = \frac{M * L}{2}$$

Donde:

V = cortante, en toneladas.

W = carga distribuida, en Ton/m.

L = luz del puente, en metros.

$$V_{Losa} = \frac{(0.58) * (16)}{2} = 4.64 \text{ Ton.}$$

$$V_{Viga} = \frac{(1.30) * (16)}{2} = 10.40 \text{ Ton.}$$

$$V_{banqueta} = \frac{(0.34) * (16)}{2} = 2.72 \text{ Ton.}$$

$$V_{anclaje} = \frac{(0.14) * (16)}{2} = 1.12 \text{ Ton.}$$

$$V_{barandal} = \frac{(0.17) * (16)}{2} = 1.36 \text{ Ton.}$$

$$V_{asfalto} = \frac{(0.26) * (16)}{2} = 2.08 \text{ Ton}$$

$$V_{diafragma} = 0.26 \text{ Ton}$$

---

$$\Sigma (\text{sin asfalto}) = 20.50 \text{ Ton}$$

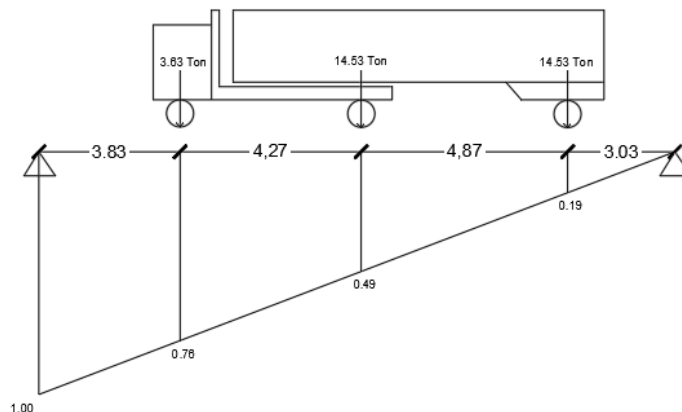
$$V_{peatonal} = \frac{(0.36) * (16)}{2} = 2.88 \text{ Ton}$$

$$V_{movil} = \frac{(0.96) * (16)}{2} = 7.68 \text{ Ton}$$

- Método de punto de Barré para cortante:

Debe verse la siguiente figura:

Figura 28. **Análisis de cortante a causa de HL 93 sobre el puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$y_1 = \frac{16 - 3.83}{16} = 0.76$$

$$y_2 = \frac{16 - 3.83 - 4.27}{16} = 0.49$$

$$y_3 = \frac{16 - 3.83 - 4.27 - 4.87}{16} = 0.19$$

$$V_{LL} = (p_1) (y_1) + (p_2) (y_2) + (p_3) (y_3)$$

$$V_{LL} = (3.63) (0.76) + (14.53) (0.49) + (14.53) (0.19) = 12.64 \text{ Ton}$$

Factor de distribución:

De acuerdo con AASHTO 4.6.2.2.3b-1, la distribución de la sobrecarga por carril para corte en vigas interiores se calcula con los siguientes factores de distribución:

- Para el caso de 1 carril:

$$g1 = 0.90 \text{ (metodo de ley de momentos)}$$

- Para el caso de 2 o más carriles:

$$e = 0.60 + \frac{de}{10}$$

Donde:

de = distancia en pies.

$$e = 0.60 + \frac{2.62}{10} = 0.86$$

$$g2 = e * g_{Viga\ Interna} = 0.86 * 0.66 = 0.57$$

Se empleará  $g1 = 0.90$ .

$$V_{LL+IM} = [12.64 + 2.88 + 7.68] * 1.33 = 30.86 * 0.90 = 27.77 \text{ Ton.}$$

- Cortante último:

$$V_u = (1.25) (20.50) + (1.50) (2.08) + (1.75) (27.77) = 76.78 \text{ Ton.}$$

- Diseño de estribos:

Cortante actuante:  $V_u = 76.78$ , AASHTO 5.7.2.1.

Cortante resistente:  $V_r = \phi * V_n$ ,  $\phi = 0.90$ . AASHTO 5.5.4.2.

Para  $V_n$ , AASHTO 5.7.3.3.

$$V_n = V_o + V_s + V_p$$

$$V_n = 0.25 f'c * b * d + V_p$$

Donde:

Cortante nominal resistente del concreto

Con  $\beta = 2$ , AASHTO 5.7.3.4.1.

$$V_o = 0.53 \sqrt{f'c} * b * d = 0.53 \sqrt{280} * 60 * 92.85 = 49,406.95 \text{ kg.}$$

Cortante nominal resistente del acero:

$\theta = 45$ , AASHTO 5.7.3.4.1

$\alpha = 90^\circ$

AASHTO 5.7.3.3.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Donde:

S = espaciamiento asumido.

Utilizando varillas nro. 3, asume espaciamiento a cada 0,15m.

$$V_s = \frac{(2)(1.29)(2810)(92.85)}{15} = 44,876.26 \text{ kg}$$

Componente nominal de la fuerza

$V_p = 0$ ; valor para elementos pretensados.

Se escoge el valor más pequeño:

$$V_n = 49,406.95 \text{ kg} + 44,876.26 \text{ kg} + 0 = 94,283.21 \text{ kg}$$

$$V_n = (0.25)(280)(60)(92.85) + 0 = 389,970 \text{ kg}$$

Se tomará el valor más pequeño,  $V_n = 94,283.21 \text{ kg}$

Cortante resistente total:

$$\begin{aligned} V_r = \phi V_n &= 0.90V_s + 0.90V_o = 0.9 ( 49,406.95 \text{ kg} ) + 0.90 (44,876.26 \text{ kg} ) \\ &= 84.85 \text{ T} > 76.78 \text{ Ton. OK} \end{aligned}$$

Refuerzo transversal mínimo:

De acuerdo con AASHTO 5.7.2.5:

$$A_v \geq 0.27 \sqrt{f'c} \frac{b * s}{f_y}$$

$$A_v \geq 0.27 \sqrt{280} \frac{(60) * (15)}{2810}$$

$$1.44 \leq 2.58. \text{ CUMPLE}$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal:

De acuerdo con AASHTO 5.8.2.6.:

$$V_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi b * d_v}; V_p, \text{ este valor es para elementos pretensados.}$$

$$V_u = \frac{76,780}{(0.90)(60)(92.85)} = 15.31 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, según AASHTO 2.7.2.6:

Si,  $V_u < 0.125 * f'c$ ,  $S_{max} = 0.8 * d_v \leq 0.60 \text{ cm}$

Si,  $V_u \geq 0.125 * f'c$ ,  $S_{max} = 0.4 * d_v \leq 0.30 \text{ cm}$

Como:

$$V_u = 15.31 \text{ kg/cm}^2 < 0.125 (280) = 35 \text{ kg/cm}^2.$$

Entonces:

$$S_{max} = 0.8 * d_v = 0.8 * (92.85) = 74.28 \text{ cm}$$



Por lo tanto, tomaremos  $S = 0.15 \text{ m} < 0.45 \text{ m}$ , que es el espaciamiento máximo.

Est. nro. 4 G40 @ 0.15 m

- Revisión de fisura por distribución de armado:

De acuerdo con AASHTO 3.4.1-1:

$$M_s = 1.0 \text{ MDC} + 1.0 \text{ MDW} + 1.0 \text{ M LL+IM}$$

$$M_s = 1.0 (82.00) + 1.0 (8.32) + 1.0 (154.04 \text{ Ton-m}) = 244.36 \text{ Ton-m/m.}$$

- Ubicación de eje neutro:

AASHTO 5.4.3.2 y 5.4.2.4-1.

$$E_s = 2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15,300 \sqrt{f'_c} = 15,300 \sqrt{280} = 256,018 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 * 10^6 \text{ kg/cm}^2}{256,018 \text{ kg/cm}^2} = 8$$

$$dc = rec + \emptyset rec + \emptyset + 2.54 \text{ cm} + \frac{\emptyset}{2} = 5.0 \text{ cm} + 1.27 \text{ cm} + 3.50 + 2.54 + \frac{3.50}{2}$$

$$dc = 14.06 \text{ cm}$$

- Área transformada:

$$A_{strans} = \text{relacion modular} * \text{area de acero} = (8)(110.55 \text{ cm}^2) = 884.40 \text{ cm}^2 .$$

- Momento respecto al eje neutro:

$$b * x * \frac{x}{2} = A_{strans} (h - x - dc)$$

$$\frac{b * x^2}{2} = A_{strans} (h - x - dc)$$

$$\frac{120 * x^2}{2} = 884.40 (110 - x - 14.06)$$

$$\frac{120 * x^2}{2} = 88,528 - 884.40x - 11,315.49$$

$$\frac{120 * x^2}{2} = 77,212.51 - 884.40x$$

$$\frac{120 * x^2}{2} + 884.40x - 77,212.51 = 0$$

$$x = 29.79 \text{ cm}$$

- Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio:

$$c = h - x - dc = 110 - 29.79 - 14.06 = 66.15 \text{ cm}$$

$$I = A_{strans} * c^2 + (b * x^3)/3$$

$$I = 884.40 * (66.15)^2 + \frac{120 * (29.79)^3}{3} = 4,927,455.81 \approx 4.93 * 10^6 \text{ cm}^2$$

$$f_{ss} = \left( \frac{M_s * c}{I} \right) * n = \left( \frac{(244.36)(100)(1000) * 66.15}{4.93 * 10^6 \text{ cm}^2} \right) * 8 = 2,623.03 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Separación máxima de armadura:

De acuerdo con AASHTO 5.7.3.4-1.γ:

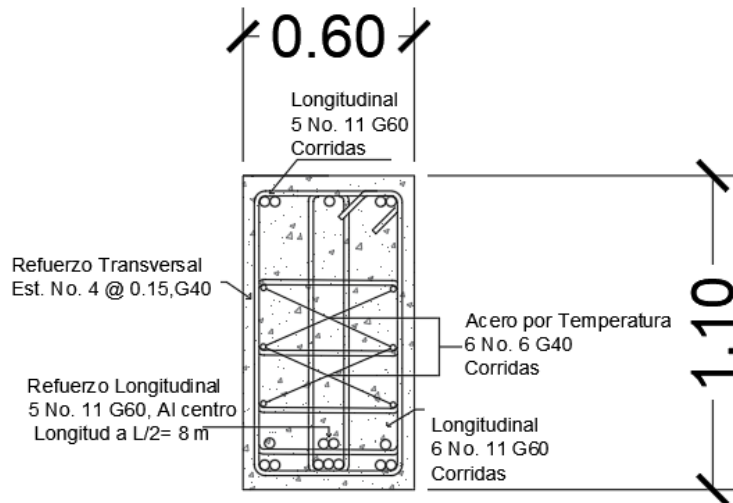
$$S_{max} = \frac{125,000 (\gamma_e)}{\beta_s * f_{ss}} - d_c$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7 (h - d_c)} = 1 + \frac{14.06}{0.7 (110 - 14.06)} = 1.21$$

Exposición severa,  $\gamma_e = 1$ :

$$S_{max} = \frac{125,000 (1)}{1.21 * 2,623.03} - 2(14.06) = 11.26 > 5 \text{ cm. OK}$$

Figura 29. **Distribución de refuerzo para viga exterior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### **2.3.1.5. Análisis sísmico**

AASHTO 4.7.4.2. establece que, para puentes de un solo tramo, no se requiere análisis sísmico, independientemente de la zona sísmica en la cual estén ubicados. Un puente de un solo tramo está compuesto por una unidad de superestructura soportada por dos estribos, sin pilas intermedias. Sin embargo, se previó la utilización de angulares de metal para fijar articularmente las vigas principales (ver detalle en plano 5).

## **2.4. Diseño de subestructura**

Esta parte del puente está comprendida por los siguientes elementos: cortina, vigas de apoyo y estribos.

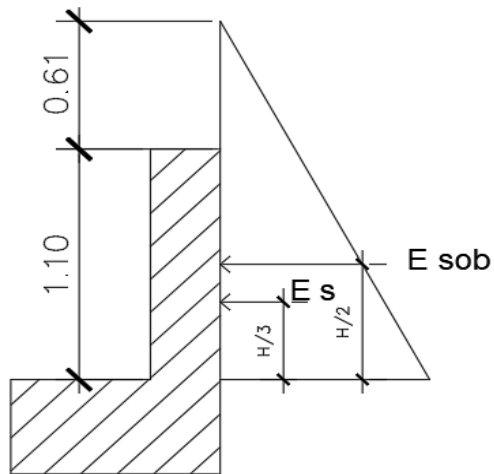
### **2.4.1. Diseño de cortina y viga de apoyo**

Se diseña como se explica en los siguientes incisos:

#### **2.4.1.1. Diseño de la cortina**

De acuerdo con AASHTO 3.11.5.5, para el diseño de elementos que funcionen como contención del suelo, se debe diseñar con una sobrecarga del suelo equivalente no menor a  $480 \text{ kg/m}^3$ , donde actúan las cargas de empuje del suelo (E), fuerza longitudinal (FL) y fuerza de sismo (S).

Figura 30. Diagrama de fuerzas de suelo que actúan sobre la cortina



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Sobrecarga:

$$Sob = \left(480 \frac{kg}{m^3}\right) (0.61 m) = 292.80 \frac{kg}{m^2}$$

Valor 0,61 m, según AASHTO 3.11.6.4.

Presión en base de cortina:

$$S = \left(480 \frac{kg}{m^3}\right) (1.10 m) = 528 \frac{kg}{m^2}$$

Cálculo de empuje de suelo:

$$\Sigma E = E_{sob} + E_s$$

$$E_{sob} = 292.80 \frac{kg}{m^2} * 1.10m = 322.08 kg/m$$

$$E_s = 528 \frac{kg}{m^2} * (1.10m)/2 = 290.40 kg/m$$

$$\Sigma E = 322.08 + 290.40 = 612.48 kg/m$$

Momentos por el empuje del suelo:

$$M_{Esob} = 322.08 \frac{kg}{m} * \left( \frac{1.10m}{2} \right) = 177.14 \frac{kg - m}{m}$$

$$M_{Es} = 290.40 \frac{kg}{m} * \left( \frac{1.10m}{3} \right) = 106.48 \frac{kg - m}{m}$$

Fuerza longitudinal:

$$F_L = 0.05 \left( \frac{P}{2H} \right)$$

$$F_L = 0.05 \left( \frac{7,300 kg}{2(1.10)} \right) = 165.91 kg/m$$

Debido a ambas llantas se toma el valor =  $2 * 165,91 kg/m = 331,82 kg/m$ .

Momento por fuerza longitudinal:

Se considera su centro de gravedad = 6':

$$M_{FL} = FL * d$$

$$M_{FL} = \left( 331.82 \frac{kg}{m} \right) * (1.10 + 1.83) = 972.23 \frac{kg - m}{m}$$

Fuerza de sismo:

$$S = 0.12W$$

$$W = (1.10)(0.30)(1) \left( 2,400 \frac{kg}{m^3} \right) = 792 \text{ kg.}$$

$$S = 0.12(792 \text{ kg}) = 95.04 \text{ kg}$$

Momento de sismo:

$$M_{sismo} = 95.04 \text{ kg} * \frac{1.10 \text{ m}}{2} = 52.27 \text{ kg} - m$$

Grupos de cargas:

$$\text{Grupo III} = 1.30 * (ME_{sob} + ME_s + MF_L)$$

$$\text{Grupo III} = 1.30 * \left( 177.14 \frac{kg - m}{m} + 106.48 \frac{kg - m}{m} + 972.23 \frac{kg - m}{m} \right)$$

$$\text{Grupo III} = 1,632.61 \frac{kg - m}{m}$$

$$\text{Grupo IV} = 1.30 * (ME_{sob} + ME_s + MS)$$

$$\text{Grupo IV} = 1.30 * \left( 177.14 \frac{kg - m}{m} + 106.48 \frac{kg - m}{m} + 52.27 \frac{kg - m}{m} \right)$$

$$\text{Grupo IV} = 436.66 \frac{kg - m}{m}$$

Se toma el mayor valor obtenido = 1 632,61 kg-m/m.

Cálculo del refuerzo:

$$d = 30 - 7.5 - \left(\frac{1.27}{2}\right) = 21.37 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ (100 * 21.37) - \sqrt{(100 * 21.37)^2 - \frac{1,632.61 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{2810}$$

$$A_s = 3.05 \text{ cm}^2$$

As mínimo:

$$A_{smin} = \left(\frac{14.1}{2810}\right) (100)(21.37) = 10.72 \text{ cm}^2$$

Considerando que el  $A_{smin} > A_s$ , se toma el valor de 10,72 cm<sup>2</sup>.

Empleando varillas nro. 4 G40:

$$\frac{10.72}{1.29} = 8.31, \text{ cantidad de varillas en } A_s$$

Espaciamiento S:

$$S = \frac{100}{8.31} = 12.03$$

Se emplearán:

Nro.4 G40 @ 0,15 m.



Revisión por cortante:

$$\text{Grupo III} = 1.30 (E + F_L)$$

$$\text{Grupo III} = 1.30 (612.48 + 165.91) = 1,011.91 \text{ kg}$$

$$\text{Grupo IV} = 1.30 (E + S)$$

$$\text{Grupo IV} = 1.30 (612.48 + 95.04) = 919.78 \text{ kg}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_{CR} = 0.53 * (0.85)(100)(21.37)(\sqrt{281}) = 16,138.10 \text{ kg}$$

$$16,138.10 \text{ kg} > 1,011.91 \text{ kg. OK}$$

Espaciamiento de estribos:

$$S = \frac{30 - 7.5}{2} = 11.25 \text{ cm}$$

Se emplearán estribos:

Nro.3 G40 @ 0,15 m.

#### **2.4.1.2. Diseño de viga de apoyo**

H > 0.40 m.

$$A_s = \left(\frac{14.1}{2810}\right) (85)(45) = 19.19 \text{ cm}^2$$

$$\left(\frac{19.19}{1.99}\right) = 9.64 \approx 10 \text{ varillas No. 5 G40}$$

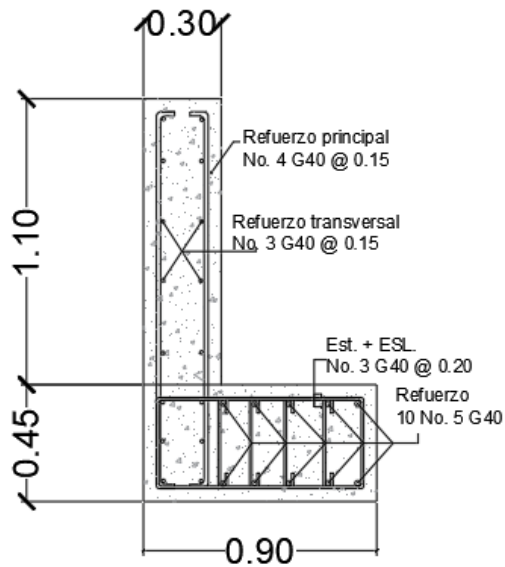
Espaciamiento:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{45 - 7.50}{2} = 18.75 \text{ cm} \approx 0.20 \text{ m}$$

Se empleará:

10 nro. 5 G40, est. nro. 3 G40 @ 0,20 m.

Figura 31. **Detalle de armado de cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

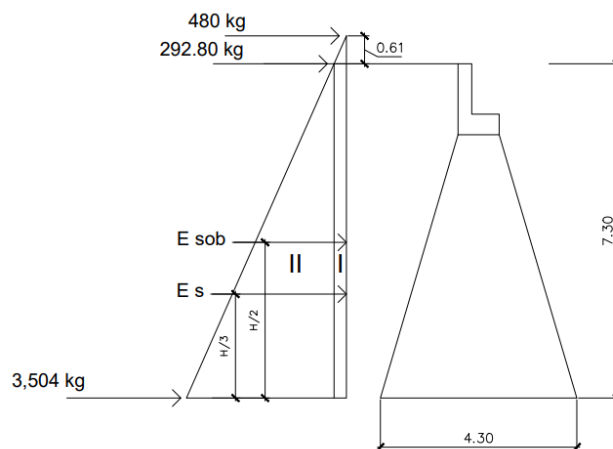
#### 2.4.2. Diseño de estribos

Estos son elementos muy importantes, pues trabajan como apoyo y cimentación de la estructura, por lo que soportan dichas cargas tanto muertas

como vivas y las transmiten hacia el suelo. Los estribos se diseñarán como un muro de contención por gravedad y conformado por concreto ciclópeo, que se verificará por: deslizamiento, volteo y presión.

De acuerdo con AASHTO 3.11.5.5, para el diseño de elementos que funcionen como contención del suelo se debe diseñar con una sobrecarga del suelo equivalente no menor a 480 kg/m<sup>3</sup>.

Figura 32. Diagrama de influencia de cargas sobre estribos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Sobrecarga:

$$Sob = \left( 480 \frac{kg}{m^3} \right) (0.61 m \text{ ó } 2 ft) = 292.80 \frac{kg}{m^2}$$

El valor 0.61 m, según AASHTO 3.11.6.4

Presión del suelo:

$$P_{suelo} = \left(480 \frac{kg}{m^3}\right) (7.30 m) = 3,504.00 \frac{kg}{m^2}$$

Empuje y momento de volteo:

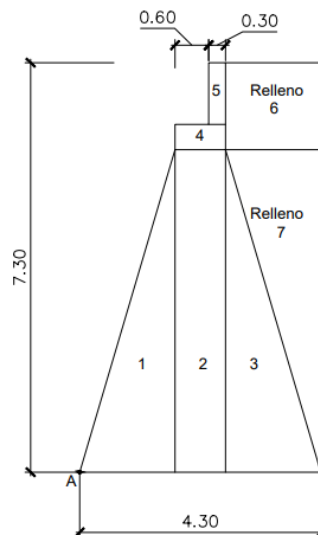
Debido al suelo.

Tabla III. Empuje y momento de volteo del estribo

Seccion	Presion (kg/m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Empuje (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
I	292.80	7.30	2,137.44	3.65	7,801.66
II	3,504.00	3.65	12,789.6	2.43	31,121.36
		E=	14,927.04	Mv=	38,923.02

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Sección del estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Momento de estabilización

Este es el que es producido por las cargas provocadas por el peso de la estructura y el relleno. Se toma desde el punto A mostrado en la figura 34.

Tabla IV. **Momento de estabilización del estribo**

Sección	Área (m2)	Peso (kg)	Brazo (m)	Momentos (kg-m)
1	4.89	12,218.75	1.13	13,847.92
2	5.18	12,937.50	2.15	27,815.63
3	4.89	12,218.75	3.17	38,692.71
4	0.41	972.00	2.15	2,089.80
5	0.33	792.00	2.45	1,940.40
6	2.64	3,062.40	3.45	10,363.46
7	4.89	5,672.40	3.73	20,801.20
	W=	47,714.65	Me=	115,551.11

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

#### 2.4.2.1. Revisión del estribo sin superestructura

Volteo:

$$V_{olteo} = \frac{Me}{Mv} \geq 1.5$$

$$V_{olteo} = \frac{115,551.11}{38,923.02} = 2.97 \geq 1.5 .OK$$

Donde:

Me = momento de empuje (kg-m)

Mv = momento de volteo (kg-m)

Deslizamiento:

$$D = (0.5) \left( \frac{W}{E} \right) \geq 1.5$$
$$D = (0.5) \left( \frac{47,714.65}{14,927.04} \right) = 1.60 \geq 1.5. \text{ OK}$$

Donde:

W = peso (kg)

E = empuje (kg/m)

Presión máxima y mínima:

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$a = \frac{Me - Mv}{W} ; \quad 3a > b$$

$$P_{max} = \frac{W}{A} * \left( 1 + \frac{6e}{b} \right) > V_s$$

$$P_{min} = \frac{W}{A} * \left( 1 - \frac{6e}{b} \right) > 0$$

Donde:

Me = momento de empuje (kg-m)

Mv = momento de volteo (kg-m)

W = peso (kg)

b = base del estribo

e= excentricidad

Cálculo:

$$a = \frac{115,551.11 - 38,923.02}{47,714.65} = 1.61 ; \quad 3(1.61) > 4.30$$

$$3a = 4.83 > 4.30 .OK$$

$$e = \frac{4.30}{2} - 1.61 = 0.54$$

$$P_{max} = \frac{47,714.65}{4.30} * \left(1 + \frac{6(0.54)}{4.30}\right) = 19,457.46 \frac{kg}{m^2} < V_s = 51,100 \frac{kg}{m^2} .OK$$

$$P_{min} = \frac{47,714.65}{4.30} * \left(1 - \frac{6(0.54)}{4.30}\right) = 2,735.40 \frac{kg}{m^2} > 0 .OK$$

#### 2.4.2.2. Revisión del estribo con superestructura y carga móvil

Esta se realiza para verificar que el estribo soportará las cargas agregadas por la superestructura y las cargas vivas.

Cargas muerta y viva:

$$W_2 = \frac{V_u}{L_{VA}}$$

$$W_2 = \frac{50,340 + (2)(76,780)}{4.80} = 42,479.17 \text{ kg/m}$$

Donde:

$V_u$  = cortante último de vigas principales (kg)

$L_{va}$  = longitud de viga de apoyo (m)

- Momento =  $W_2 * \text{brazo}$

Donde el brazo es la mitad de la base del estribo:

$$M_{total} = 42,479.17 \frac{kg}{m} * \frac{4.30}{2} = 91,330.22 \frac{kg - m}{m}$$

$$M_{Etotal} = M_{total} + M_E$$

$$M_{Etotal} = 91,330.22 + 115,551.11 = 206,881.33 \frac{kg - m}{m}$$

Donde:

Metotal = momento de empuje total (kg-m/m)

Revisión de presiones:

$$a = \frac{M_{Etotal} - M_V}{W_2 + W} = \frac{206,881.33 - 38,923.02}{42,479.17 + 47,714.65} = 1.86 \quad ; 3a > b. OK$$

$$e = \frac{4.30}{2} - 1.86 = 0.29$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= \left( \frac{42,479.17 + 47,714.65}{4.30} \right) * \left( 1 + \frac{6 * 0.29}{4.30} \right) = 29,462.99 \frac{kg}{m^2} < V_s \\ &= 51,100 \frac{kg}{m^2} \end{aligned}$$

$$P_{min} = \left( \frac{42,479.17 + 47,714.65}{4.30} \right) * \left( 1 - \frac{6 * 0.29}{4.30} \right) = 12,487.62 \frac{kg}{m^2} > 0$$

Donde:

Mv = momento de volteo (kg-m)



$V_s$  = valor soporte del suelo ( $\text{kg/m}^2$ )

$e$  = excentricidad

### 2.4.2.3. Revisión del estribo con sismo sin carga viva

Para la viga interior:

$$V_{CM} = (1.30)(V_{vpi}) = 27,300 \text{ kg}$$

$$V_{CM} = (1.30)(21,000 \text{ kg}) = 27,300 \text{ kg}$$

Donde:

$V_{cm}$  = cortante para carga muerta (kg)

$V_{vpi}$  = carga muerta de viga principal interior (kg)

Para la viga exterior:

$$V_{CM} = (1.30)(V_{vpe}) = 28,769 \text{ kg}$$

$$V_{CM} = (1.30)(22,130 \text{ kg}) = 28,769 \text{ kg}$$

Donde:

$V_{cm}$  = cortante para carga muerta (kg)

$V_{vpe}$  = carga muerta de viga principal exterior (kg)

$$V_{U \text{ total}} = (2)(28,769 \text{ kg}) + 27,300 \text{ kg} = 84,838 \text{ kg}$$

$$C_{CM} = \frac{V_{U \text{ total}}}{L_{VA}} = \frac{84,838 \text{ kg}}{4.80 \text{ m}} = 17,674.58 \text{ kg/m}$$

$$W_H = W_{\text{Estribo}} + C_{CM}$$

$$W_H = 47,714.65 \text{ kg} + 17,674.58 \text{ kg/m} = 65,389.23 \text{ kg/m}$$

$$M_{EH} = M_E + (C_{CM} * brazo)$$

$$M_{EH} = 115,551.11 + \left(17,674.58 * \frac{4.30}{2}\right) = 153,551.46 \frac{\text{kg} - \text{m}}{\text{m}}$$

Donde:

Vutotal = cortante último total (kg)

Ccm = carga muerta en viga de apoyo (kg/m)

Meh = momento estabilizante horizontal (kg-m/m)

- Fuerza horizontal

Para calcular la fuerza horizontal se considera un 8 % de  $W_H$ .

$$F_H = 1.08E + 0.08 W_H$$

$$F_H = 1.08(14,927.04) + 0.08(65,389.23) = 21,352.34 \text{ kg/m}$$

Tabla V. **Momento de volteo en el sentido horizontal del estribo**

Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Brazo (m)	Momentos (kg-m)
1	4.89	12,218.75	1.92	23,419.27
2	5.18	12,937.50	2.88	37,195.31
3	4.89	12,218.75	1.92	23,419.27
4	0.41	972.00	5.98	5,807.70
5	0.33	792.00	6.75	5,346.00
6	2.64	3,003.90	6.53	19,600.45
7	4.89	5,571.75	3.83	21,358.38
	W=	47,714.65	Me2=	136,146.38

Fuente: elaboración propia.

Momento por sismo:

$$M_{EQ} = 0.08 (M_{e2})$$

$$M_{EQ} = 0.08 (136,146.38) = 10,891.71 \frac{kg - m}{m}$$

Momento de volteo por fuerza horizontal:

$$M_{VH} = 1.08 M_V + 0.08 * C_{CM} * h + M_{EQ}$$

$$H = 5.75 + 0.45 = 6.20 \text{ m}$$

$$M_{VH} = 1.08 (38,923.02) + (0.08 * 17,674.58 * 6.20) + 10,891.71$$

$$M_{VH} = 61,695.16 \frac{kg - m}{m}$$

Donde:

H = altura de estribo + altura de viga de apoyo (m)

Ccm = carga muerta en viga de apoyo (kg/m)

Meq = momento por sismo (kg-m/m)

Mv = momento por volteo (kg-m/m)

Volteo:

$$V = \frac{M_{EH}}{M_{VH}} = \frac{153,551.46}{61,695.16} = 2.49 > 1.5 \text{ . OK}$$

Donde:

Meh = momento de estabilizante por fuerza horizontal (kg-m/m)

Mvh = momento de volteo por fuerza horizontal (kg-m/m)

Desplazamiento:

$$D = (0.5) \left( \frac{W_H}{F_H} \right) = (0.5) \left( \frac{65,389.23}{21,352.34} \right) = 1.53 > 1.5 \text{ OK}$$

Donde:

Wh = peso horizontal (kg)

Fh = fuerza horizontal (kg/m)

Revisión de presiones:

$$a = \frac{M_{EH} - M_{VH}}{W_H} = \frac{153,551.46 - 61,695.16}{65,389.23} = 1.45; 3a > b$$

$$e = \frac{4.30}{2} - 1.45 = 0.70$$

$$P_{max} = \left( \frac{65,389.23}{4.30} \right) * \left( 1 + \frac{6 * 0.70}{4.30} \right) = 30,059.95 \frac{kg}{m^2} < V_s = 51,100 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{min} = \left( \frac{65,389.23}{4.30} \right) * \left( 1 - \frac{6 * 0.70}{4.30} \right) = 353.65 \frac{kg}{m^2} > 0$$

Donde:

Meh = momento estabilizante por fuerza horizontal (kg-m)

Mvh = momento de volteo por fuerza horizontal (kg-m)

Vs = valor soporte del suelo (kg/m<sup>2</sup>)

e = excentricidad

### 2.4.3. Diseño de neopreno

Estos son dispositivos hechos de caucho, utilizados para la transmisión de cargas entre la superestructura y la subestructura del puente, permitiendo absorber movimientos de deslizamiento y rotación causados a las vigas por el impacto de las cargas en la estructura, brindándole una unión elástica entre las vigas principales y las vigas de apoyo.

El área de aplastamiento se calculó de la siguiente manera:

$$A_p = \frac{P}{f'_c * \phi_c}$$

Donde:

$A_p$  = área de aplastamiento  $cm^2$

$P$  = cortante último crítico de las vigas principales (Kg)

$f'_c$  = resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\phi_c$  = constante del concreto 0,70 a 0,75; se emplea 0,73.

$$A_p = \frac{76,780 \text{ Kg}}{281 \text{ kg/cm}^2 * 0.73}$$

$$A_p = 374.30 \text{ cm}^2$$

Obtenido el valor de  $A_p$ , se puede calcular el área de neopreno mínimo requerido por la estructura, de la siguiente manera:

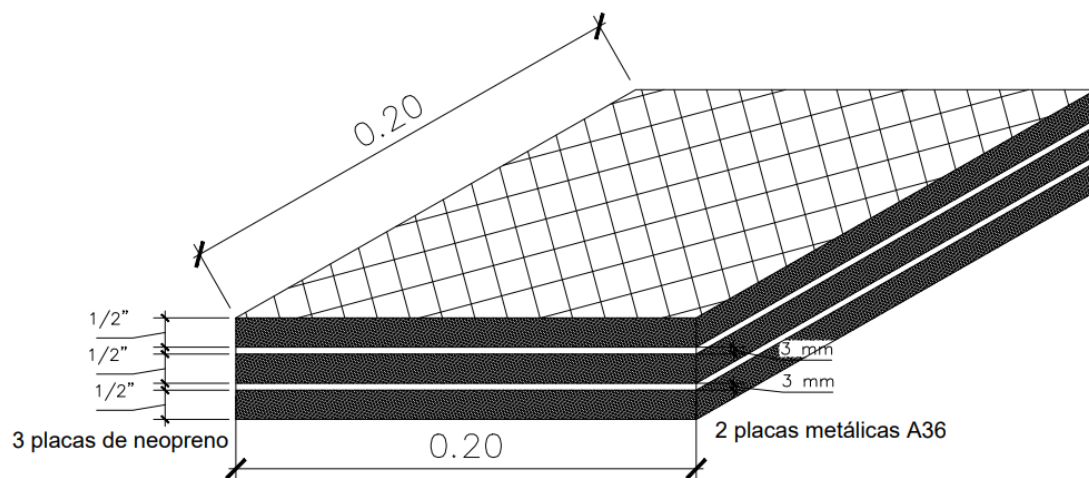
$$b = \sqrt{A_p}$$

$$b = \sqrt{374.30 \text{ cm}^2}$$

$$b = 19.35 \text{ cm} \approx 20.0 \text{ cm}$$

Con las dimensiones de 0,20x0,20 m, se propone neopreno de dureza *shore* 60 con un espesor total de 4,41 cm, comprendido por 3 placas de neopreno de 1/2" y reforzado con 2 placas metálicas A36 de 3 mm de espesor.

Figura 34. **Detalle de neopreno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### 2.4.4. **Diseño de obras de protección**

Es muy importante el mantenimiento preventivo de la estructura del puente, de manera que este pueda prestar su servicio de forma óptima, por lo que es necesario desempeñar obras de protección continuamente para evitar socavamiento de terreno en áreas críticas de la estructura y daños tanto en la

subestructura como en la superestructura del puente, para así garantizar el correcto estado y funcionamiento del mismo.

Una de las obras de protección más importantes es el dragado del río, el cual evita que las crecidas dañen la estructura del puente, por tal razón es recomendable que se lleve a cabo antes de empezar la época lluviosa, ya que el cauce del río acarrea continuamente material que se sedimenta en la subestructura, causando que en la época lluviosa el cauce crezca, pudiendo causar daño en los elementos estructurales de la subestructura y superestructura del puente, de manera que, para evitar esto, se realizan extracciones de material para cuidar la rasante natural del río y que este pase adecuadamente por debajo. Sin embargo, existen precauciones que se deben tomar antes de llevar a cabo estos trabajos, pues se debe evitar extraer material cerca de la subestructura del puente para evitar socavamiento que puede dejar a la intemperie la cimentación del puente, por lo que, si sucediera, se deben realizar tratamientos especiales para la reparación de esto, elevando el costo de mantenimiento de la estructura. En otros casos se emplea la construcción de gaviones y muros de contención que sirven para la estabilización de taludes cercanos a la subestructura del puente, evitando la erosión de los mismos, y como disipadores de energía, los cuales se utilizan para reducir la velocidad de impacto del cauce del río sobre aletones y estribos del puente.

Para el presente proyecto se empleará el dragado continuo del río con excavadora, de manera que se pueda mantener la rasante natural del río, evitando la sedimentación excesiva de material en la subestructura del puente, disminuyendo la probabilidad de que las crecidas en la época lluviosa dañen la estructura del puente.

## **2.5. Planos del proyecto**

Para el proyecto *Diseño del sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco y puente vehicular para la aldea El Jicaral, Jalpatagua, Jutiapa*, se presentan en el apéndice los siguientes planos:

- Plano de ubicación y localización
- Plano de topografía del puente
- Plano de planta y elevación del puente
- Plano de superestructura del puente
- Plano de subestructura del puente

## **2.6. Presupuesto del proyecto**

Después de elaborar los planos y cálculos estructurales, para lo que fue necesario realizar levantamiento topográfico del área y estudio del suelo anticipadamente, se procede a realizar la cuantificación de materiales considerando el desperdicio en campo y cantidades de trabajo, tomando en cuenta los detalles y especificaciones presentados en los planos.

Para la elaboración del presupuesto se presentan los renglones y cantidades de trabajo que serán necesarias para el desarrollo del proyecto. Para cada uno de estos se realiza la integración de materiales, herramientas, maquinaria, equipo y mano de obra, con respecto a cada actividad descrita en cada renglón, para calcular costos unitarios por renglón.

Los costos unitarios se multiplican por la cantidad de trabajo correspondiente, para obtener un costo total por cada renglón. La sumatoria total



de cada uno de los costos totales obtenidos para cada renglón representa el gran total, el cual es el costo del proyecto.

Costo del proyecto: dos millones trescientos setenta y un mil seiscientos treinta y cuatro quetzales con cinco centavos (Q 2 371 634,05).

Tabla VI. **Presupuesto para construcción de puente vehicular**

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA					
PRESUPUESTO					
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES				Q63,170.87
1.01.00	Demolicion de estructura de puente existente; incluye extraccion de material resultante	80.00	M3	Q125.21	Q10,016.58
1.02.00	Limpieza general del terreno; incluye extraccion de material resultante	2000.00	M2	Q22.83	Q45,664.12
1.03.00	Trazo y nivelacion topografica de terreno	1.00	Global	Q7,490.18	Q7,490.18
2.00.00	SUBESTRUCTURA				Q1,735,519.73
2.01.00	Relleno con material de prestamo para nivelacion de rasante en ingreso y egreso de puente	1281.36	M3	Q273.24	Q350,112.87
2.02.00	Excavacion de terreno con maquinaria para cimentacion estribos y aletones	123.00	M3	Q113.83	Q14,000.60
2.03.00	Estribos con concreto ciclopeo	143.52	M3	Q2,650.10	Q380,342.41
2.04.00	Aletones con concreto ciclopeo	340.12	M3	Q2,650.10	Q901,352.16
2.05.00	Cortina con concreto reforzado; dimensiones 0.30 m ancho, 1.10 m alto	9.60	ML	Q2,914.98	Q27,983.77
2.06.00	Viga apoyo V-3 con concreto reforzado; dimensiones 0.90 m ancho, 0.45 m alto	9.60	ML	Q2,804.34	Q26,921.65
2.07.00	Anclaje de angular 6"x8" y pernos de 1" para vigas principales en vigas de apoyo	6.00	Unidad	Q1,285.10	Q7,710.60
2.08.00	Apoyos estructurales de neopreno	6.00	unidad	Q4,515.94	Q27,095.66
3.00.00	SUPERESTRUCTURA				Q551,198.99
3.01.00	Viga principal exterior V-1 de concreto reforzado; dimesiones 0.60 m ancho, 1.10 m alto	32.00	ML	Q5,802.40	Q185,676.67
3.02.00	Viga principal interior V-2 de concreto reforzado; dimesiones 0.60 m ancho, 1.10 m alto	16.00	ML	Q5,802.40	Q92,838.34
3.03.00	Viga diafragma de concreto reforzado; dimesiones 0.30 m ancho, 0.80 m alto	4.20	ML	Q2,335.52	Q9,809.16
3.04.00	Losa con 0.20 m de espesor de concreto reforzado	67.20	M2	Q1,847.58	Q124,157.62
3.05.00	Banqueta peatonal de concreto reforzado; dimesiones 0.70 m ancho, 0.20 m espesor	22.40	M2	Q1,847.58	Q41,385.87
3.06.00	Instalacion de 2 lineas de barandal	64.00	ML	Q245.17	Q15,690.86
3.07.00	Postes de concreto reforzado e instalacion de barandales; dimesiones seccion 0.20x0.20 m	25.00	ML	Q705.65	Q17,641.22
3.08.00	Pavimento asfaltico de 0.10 m de espesor para superficie de rodadura	68.00	M2	Q429.82	Q29,227.60
3.09.00	Pavimento de cocreto 0.15 m espesor para ingreso y egreso de puente	82.00	M2	Q424.04	Q34,771.65
4.00.00	TRABAJOS FINALES				Q21,744.46
4.01.00	Señalizacion de puente; incluye señales verticales, señalizacion en capa de rodadura, banqueta y pintura de postes de barandal.	1	Global	Q14,438.20	Q14,438.20
4.02.00	Limpieza general para entrega de proyecto; incluye extraccion de material resultante	1	Global	Q7,306.26	Q7,306.26
GRAN TOTAL					Q2,371,634.05

Fuente: elaboración propia.

## **2.7. Evaluación de de impacto ambiental**

Se tiene conocimiento de que cualquier actividad desarrollada por el ser humano causa un impacto sobre el medio ambiente, por lo que es de suma importancia que, antes de la ejecución de un proyecto, se debe evaluar el impacto que este tendrá para la naturaleza, en cumplimiento con el Decreto 68-86, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*, considerando el Acuerdo Gubernativo 23-2003 y reformas 704-2003 y 424-2003. Se realiza la evaluación ambiental para el desarrollo del proyecto y operación del mismo.

De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 137-2016, el cual hace referencia al *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental y su reforma*, se realiza la siguiente evaluación:

Tabla VII. Evaluación ambiental de construcción de puente vehicular

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN					
<p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario el Departamento de Atención a la Gestión Ambiental o las Delegaciones Departamentales no lo aceptarán.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Este formato se puede descargar en el portal: <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a> (link: <a href="http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental">http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental</a>)</li> <li>Completar el siguiente instrumento ambiental colocando una X en las casillas donde corresponda, y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso al que corresponde la información.</li> <li>La información debe ser completa, utilizando letra de molde legible, máquina de escribir y/o digital (impreso).</li> <li><b>Todos los espacios deben ser completados</b>, incluso aquellos en que no sean aplicables a su Proyecto (explicar la razón o las razones por las que usted lo considera de esa manera).</li> <li>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> <li>En caso el Sector de su proyecto, obra, industria o actividad, cuente con Guía Ambiental, deberá utilizarla como herramienta en este formato para mitigar impactos ambientales.</li> <li>Si la información consignada en el presente formato no llena los aspectos técnicos para el proyecto, obra, industria o actividad, se requerirán Ampliaciones de acuerdo a la normativa ambiental vigente.</li> </ul>		Nro. Expediente					
		Firma y sello de recibido					
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b>							
<b>1.1. Información del Proyecto</b>							
Nombre del proyecto, obra, industria o actividad		Construcción de puente vehicular					
Dirección donde se ubica el proyecto		Aldea El Jicaral, Jalpatagua, Jutiapa.					
		(Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)					
<b>1.2. Información legal (persona individual o jurídica)</b>							
Nombre del propietario y/o representante legal		Gustavo Adolfo Recinos Corea					
Número de Documento Personal de Identificación (DPI)		N/A					
Razón social		N/A					
Nombre comercial		N/A					
Nro. de Escritura Constitutiva		N/A					
Fecha de constitución		N/A					
Patente de sociedad		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	
Patente de comercio		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	
Patente de Comercio (sucursal)		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	

Continuación de la tabla VII.

Finca donde se ubica el proyecto	Finca Nro.	Folio Nro.	Libro Nro.	de	
Número de RTU					
<b>1.3. Información de contacto del proponente</b>					
Teléfono	7963-8106	Correo electrónico	jalpataguamuni@hotmail.com		
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)	Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa. (Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)				
<b>1.4. Información de contacto de profesional de apoyo</b> Si para consignar la información en este formato fue apoyado por un profesional, anote la siguiente información:					
Nombre		Profesión			
Teléfono		Correo electrónico			
Nro. de licencia de consultor (Sí aplica)					
<b>1.5. Fases de desarrollo del proyecto</b>					
Fase de construcción		Fase de operación		Fase de abandono	
¿Aplica? Sí/No	Sí	¿Aplica? Sí/No	Sí	¿Aplica? Sí/No	Sí
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:					
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>					
Realizar una breve descripción del proyecto, mencionando las fases que abarcará (construcción, operación y/o abandono), así como las actividades más relevantes de cada fase. Tomar como referencia los planos de distribución.					
<p>Este es un proyecto de beneficio social para la comunidad de la aldea El Jicaral, en Jalpatagua, Jutiapa.</p> <p>Para el desarrollo de la construcción del proyecto se realizan las siguientes actividades: Demolición de estructura de puente existente, extracción de escombro, excavación para cimentación, construcción de la subestructura (estribos, aletones, viga de apoyo y cortina) y superestructura (losa, vigas principales, diafragma, banqueta y barandales) del puente y rellenos de terreno para ingreso y egreso del puente, aplicación de acabados y señalización.</p> <p>Durante la operación del proyecto, dragado de río, limpieza de obstáculos en el drenaje del puente, aplicación de pintura anticorrosiva en estructuras metálicas expuestas a intemperie, reparación en estructuras y reemplazo de capa asfáltica de rodadura deteriorada, actividades que hacen parte del mantenimiento preventivo del proyecto.</p> <p>Si hubiese abandono del proyecto, la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa, es la encargada de habilitar un paso vehicular temporal, mientras se solventa la situación y se retoman las actividades, ya que esta estructura es de suma importancia, debido a que es el único acceso hacia la aldea y caseríos colindantes.</p>					
Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.					
<b>Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos o grados decimales)</b>					
Latitud		14° 7'42.83"N			
Longitud		90° 0'49.63"O			

Continuación de la tabla VII.

<b>2.1. Área de influencia indirecta del proyecto</b> Describir detalladamente las características más importantes cercanas al proyecto (viviendas, barrancos, cuerpos de agua, hospitales, iglesias, centros educativos, centros culturales, áreas protegidas, entre otros)						
<b>Dirección</b>		<b>Descripción del entorno</b>			<b>Distancia (metros)</b>	
Norte		Centro de convenciones Granja Lucy			50	
Sur		Aldea El Jicaral			500	
Este						
Oeste						
<b>2.2. Área de influencia directa del proyecto</b> Actividades colindantes al proyecto (vecindad inmediata).						
Norte						
Sur						
Este		Río Pululá				
Oeste		Río Pululá				
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:				Rural		
<b>2.3. Exposición a riesgos</b> Indicar con una X los riesgos a los que se está expuesto por la ubicación del proyecto.						
Inundación	X	Explosión		Deslizamientos	X	Erupciones
Derrumbes	X	Sismos	X	Incendios		Biológicos
Otros (explicar)						
<b>2.4. Área del proyecto</b> En Sistema Internacional (metros cuadrados, hectáreas o como corresponda).						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área del terreno: área que tiene toda la propiedad, finca o terreno.</li> <li>Área de ocupación: área de intervención que tiene el proyecto en el primer nivel o planta baja.</li> <li>Área de construcción: área total que tiene la intervención del proyecto, desde su planta baja hacia niveles superiores.</li> </ul>						
Área del terreno:		2,100 m2				
Área de ocupación:		2,000 m2				
Área de construcción:		2,000 m2				
<b>2.5. Descripción de las fases de desarrollo del proyecto</b> Proporcionar una descripción de las actividades que apliquen y serán efectuadas en el proyecto. Puede utilizar hojas adicionales de ser necesario, especificando los temas a tratar.						
<b>Fase de construcción</b>	Actividades a realizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demolición de estructura de puente existente.</li> <li>Excavación para cimentación.</li> <li>Construcción de estribos y aletones.</li> <li>Construcción de vigas de principales y de apoyo.</li> <li>Construcción de losa, banquetas y barandales.</li> <li>Fundición de ingreso y egreso de puente</li> <li>Aplicación de acabados y señalización.</li> </ul>				
	Insumos necesarios	Cemento, varillas de acero, arena, pedrín, piedra bola, alambre de amarre, clavos, madera, material asfáltico, neopreno, tubos HG, pintura anticorrosiva, pintura para tráfico.				

Continuación de la tabla VII.

	Maquinaria y equipo	Excavadora, mezcladora, compactadora tipo bailarina, palas, piochas, carretillas, cucharas.				
	Horario de trabajo	Lunes a sábado de 7:00 a 17:00 horas				
	Contratación de personal	Subcontrato				
	Otros de relevancia					
<b>Fase de operación</b>	Actividades o procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dragado de río</li> <li>• Limpieza de obstáculos en el drenaje del puente</li> <li>• Aplicación de pintura anticorrosiva en estructuras metálicas expuestas a intemperie</li> <li>• Reparación en estructuras</li> <li>• Reemplazo de capa asfáltica de rodadura deteriorada</li> </ul>				
	Materia prima e insumos	Pintura anticorrosiva, piedra bola, morteros de reparación estructural, piedra bola, material asfáltico, cemento, arena y piedrín				
	Maquinaria y equipo	Excavadora, carretillas, brochas, palas, piochas, cucharas.				
	Productos y subproductos (bienes y servicios)	Reparadores estructurales de alta resistencia				
	Horario de trabajo	Variable, en horario diurno de 7:00 a 16:00 horas				
	Contratación de personal	Colaboradores de la municipalidad				
	Otros de relevancia					
<b>Fase de abandono</b>	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilitar paso vehicular provisional.</li> <li>• Solventar situación a la brevedad.</li> </ul>				
<b>2.6. Información específica de insumos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de <b>equipo eléctrico</b>, considerar los lineamientos del Acuerdo Gubernativo Nro. 194-2018 <i>Reglamento para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo Contienen</i>.</li> <li>• En el caso de refrigerantes, agroquímicos o aceites dieléctricos a utilizar, especificar tipo y considerar el Convenio de Estocolmo, Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali, Convenio de Basilea, ratificados y vigentes, entre otros que aplique. Remitirse al Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.</li> <li>• Por uso o almacenamiento de hidrocarburos, ver requisito 10.</li> </ul>						
<b>Agua</b>	<b>Forma de suministro</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>
	Servicio municipal	<b>Sí</b>	<b>10 m3</b>	<b>Toneles</b>		<b>Regional</b>
	Servicio privado					

Continuación de la tabla VII.

	Pozo manual						
	Pozo mecánico						
	Superficial						
	Otro						
<b>Combustibles</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>	
	Gasolina	Sí	15 galones	Caneca		Regional	
	Diésel						
	<i>Bunker</i>						
	GLP						
<b>Lubricantes</b>	Solubles						
	No solubles						
<b>Energía eléctrica</b>	<b>Forma de suministro</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Proveedor</b>	
	Público						
	Privado						
	Propio						
<b>Equipo eléctrico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Forma de mantenimiento y proveedor</b>		
	Transformadores						
	Condensadores						
	Capacitores						
	Inductores eléctricos						
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico						
	<b>En caso afirmativo indicar lo siguiente:</b>						
	Usuario (correo electrónico) registrado en el sistema de información de PCB:						
	Número de equipos con aceite dieléctrico en la institución:						
	Número de equipos clasificados como:			Sospechoso de PCB:			
Bajo nivel de PCB:							
Contaminado con PCB (mayor a 50 ppm de PCB):							
<b>Otros</b>	<b>Tipo</b> Especificar:		<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>	

Continuación de la tabla VII.

<b>Refrigerantes</b> (para A/C u otro sistema de enfriamiento)					
<b>Agroquímicos y fertilizantes</b> (COP's, organofosforados, fertilizantes nitrogenados, etc.)					
<b>Baterías de ácido plomo y litio</b>					
<b>Otros gases</b> (hospitalarios, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , etc.)					
<b>3. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>					
<b>3.1. Gases y material particulado</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, producirán gases o partículas (ejemplo: polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, entre otros) que se dispersarán en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generarán.</p>					
<p>Polvo ocasionado por la demolición de la estructura existente y excavaciones.</p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p>					
<p>Se colocarán protecciones de nylon y se le brindara protección respiratoria y ocular a los trabajadores.</p>					
<b>3.2. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes) * Consignar únicamente cuando corresponde</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, producirán radiaciones de tipo ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.</p>					
<p></p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para controlar las radiaciones ionizantes o no ionizantes para que no impacten el vecindario o a los trabajadores?</p>					
<p></p>					
<b>3.3. Ruidos y vibraciones</b>					
<p>Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto ¿producen sonidos fuertes (ruido) o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (Ejemplo: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros)</p>					
<p>Ruido debido a la demolición de la estructura existente y movimiento de tierras.</p>					
<p>¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p>					
<p>Se brindará equipo de protección auditiva a los trabajadores y se realizaran trabajos en horarios diurnos.</p>					



Continuación de la tabla VII.

<b>3.4. Olores</b>	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, ¿generan olores? Explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores.	
No general olores	
Explicar qué se hace o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente.	
No aplica	
<b>4. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
<b>4.1. Aguas residuales</b> Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo Nro. 236-2006, <i>Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos y sus Reformas.</i>	
<b>Fase de construcción</b>	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas) se generarán? Marcar con una X la opción.	<input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial)  <input type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse.	
<b>Fase de operación</b>	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas) se generarán? Marcar con una X la opción.	<input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial)  <input type="checkbox"/> Otro
Indicar caudal de agua residual a generarse (de tipo ordinario y/o especial).	
Según Acuerdo Gubernativo Nro. 236-2006 y por las características del proyecto, ¿es necesario implementar sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta.	
<b>Sistema de tratamiento de aguas residuales</b>	
Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales previo a su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).	

Continuación de la tabla VII.

<b>4.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)</b>		
¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías, que impidan la infiltración natural del agua de lluvia durante todas las fases del proyecto?		
Calzadas de concreto para paso vehicular.		
Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunetas, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros)		
Cunetas		
<b>5. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>		
<b>5.1. Cambio de uso del suelo</b>		
Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo?		
Soporte de estructura y cimentación		
¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del proyecto?		
Gaviones y muros de contención para evitar erosión del suelo.		
<b>5.2. Geomorfología</b>		
¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad.		
123 m3		
<b>5.3. Calidad del suelo</b>		
<b>Residuos y desechos comunes:</b> aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana o al ambiente, por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes u otras de similar riesgo.		
<b>Residuos y desechos peligrosos:</b> entiéndase los peligrosos, aquellos que poseen al menos una de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infecciosos. Incluye los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Pueden ser luminarias (lámparas), solventes, baterías (cadmio, ácido plomo, litio, entre otros), desechos hospitalarios, entre otros.		
<b>Residuos y desechos de manejo especial:</b> aquellos que, aunque no posean las características de los residuos y desechos peligrosos, requieren de un manejo específico, en virtud de su tamaño, volumen, complejidad o potencial de riesgo de algunos de sus componentes.		
<b>Generación de residuos y desechos sólidos comunes.</b> Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.	<input checked="" type="checkbox"/>	Hasta 5 kg/día
	<input type="checkbox"/>	De 5 a 20 kg/día
	<input type="checkbox"/>	De 20 a 100 kg/día
	<input type="checkbox"/>	Mayor a 100 kg/día
	<input type="checkbox"/>	
Describir acciones de reducción, reúso y clasificación para valorización. Considerar los lineamientos estipulados en el Acuerdo Ministerial 6-2019: <i>Guía para la identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes.</i>		
<b>Fase de construcción</b>		<b>Fase de operación</b>
Los desechos en las letrinas serán extraídos por una empresa de subcontrato		
Describir el manejo de los residuos y desechos sólidos a generar, tales como el acopio, almacenamiento, extracción, tratamiento y/o disposición final.		
<b>Fase de construcción</b>		<b>Fase de operación</b>
Los residuos extraídos pasan un tratamiento antes de ser desechadas.		
<b>Generación de residuos y desechos peligrosos.</b> Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.	<input type="checkbox"/>	Hasta 0,5 kg/mes
	<input type="checkbox"/>	De 0,5 a 5 kg/mes
	<input type="checkbox"/>	De 5 a 50 kg/mes
	<input type="checkbox"/>	Mayor a 50 kg/mes
	<input type="checkbox"/>	

Continuación de la tabla VII.

Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos peligrosos dentro del proyecto.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos peligrosos.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
Indicar las medidas a adoptar para la correcta gestión de equipos con aceite dieléctrico a fin de prevenir la contaminación con PCB, indicando la actividad a realizar y plazos de estas:	
• Compra de equipos con aceite dieléctrico:	
• Inventario de equipos:	
• Análisis químico y etiquetado:	
• Operación y mantenimiento:	
• Almacenamiento temporal:	
• Disposición final:	
<div style="border: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Generación de residuos y desechos de manejo especial.</b></p> <p style="text-align: center;">Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.</p> </div>	
Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos de manejo especial dentro del proyecto.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos de manejo especial.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
<b>6. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
En el sitio donde se ubica el proyecto, ¿existen bosques, animales u otros? Especificar la información.	
¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.	
Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.	
En caso existan impactos al elemento biótico, proponer las medidas de mitigación para reducir, minimizar, remediar o compensar los impactos.	

Continuación de la tabla VII.

<b>7. IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS</b>	
<b>7.1. Elementos socioeconómicos y culturales</b>	
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿existe alguna(s) etnia(s) predominantes? Indicar cuál.	
Ladinos	
¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.	
No aplica	
¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad de unidades y lugar de estacionamiento.	
Paso vehicular liviano y tráfico pesado esporádico.	
¿Qué medidas se hacen o se proponen realizar para no afectar al vecindario?	
No tiene alto impacto ya que el proyecto no se ubica cerca de una comunidad.	
En el área del proyecto o sus alrededores, ¿existe algún vestigio paleontológico o arqueológico? Explique de qué trata, dónde está ubicado y a qué distancia de donde se propone el proyecto. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.	
No aplica	
<b>7.2. Elementos estéticos</b>	
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.	
No aplica	
Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.	
No aplica	
¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la implementación del proyecto?	
No aplica	
<b>8. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>	
De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para realizar los distintos trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lentes protectores</li> <li>• Guantes de trabajo</li> <li>• Mascarilla KN95</li> <li>• Casco</li> <li>• Botas industriales</li> <li>• Reflectivos</li> </ul>	

Fuente: MARN. (2021). *Actividades del bajo impacto ambiental*.

## 2.8. Evaluación socioeconómica

Se realiza a continuación:

### 2.8.1. Valor Presente Neto (VPN)

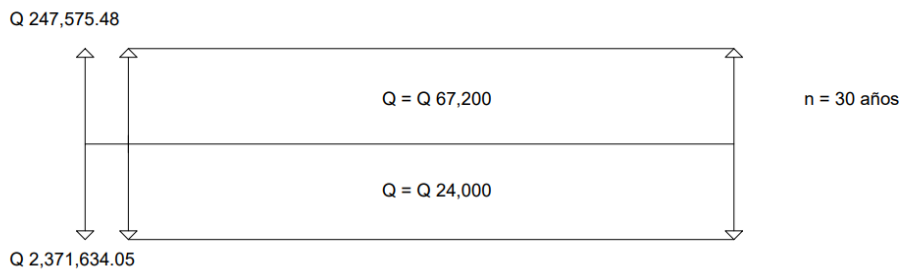
La municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa, debe invertir la cantidad de Q 2 371 634,05 para la ejecución del proyecto de puente vehicular para aldea El Jicaral. Se debe considerar que se tendrá un costo mensual de Q 2 000,00 por mantenimiento de la estructura del puente y dragado de río Pululá. Se proyecta tener los siguientes ingresos: ahorro por mano de obra en la construcción del puente Q 247 575,48, se estima utilizar mano de obra de la población beneficiada con la ejecución del proyecto, así mismo se le cobrará Q 10,00 mensualmente por vivienda de la población beneficiada. Tomando en cuenta un 15 % de interés estimado para los 30 años de vida útil, se evalúa la factibilidad del proyecto por medio del Valor Presente Neto (VPN).

Tabla VIII. **Evaluación de costos e ingresos**

	Operación	Resultado
Costo Inicial		Q2,371,634.05
Ahorro M.O.		Q247,575.48
Costo por mantenimiento anual	(Q 2,000/mes)(12 meses)	Q24,000.00
Ingresos anuales	(Q 10/mes)(560 viviendas)(12 meses)	Q67,200.00
Vida útil		30 años

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 35. **Gráfico de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Los valores sobre la horizontal representan los ingresos y los que se encuentran bajo la horizontal representan los egresos.

$$\text{VPN} = -2,371,634.05 + 247,575.48 - 24,000(1 + 0.15)^{30} + 67,200(1 + 0.15)^{30}$$

$$\text{VPN} = 736,289.98$$

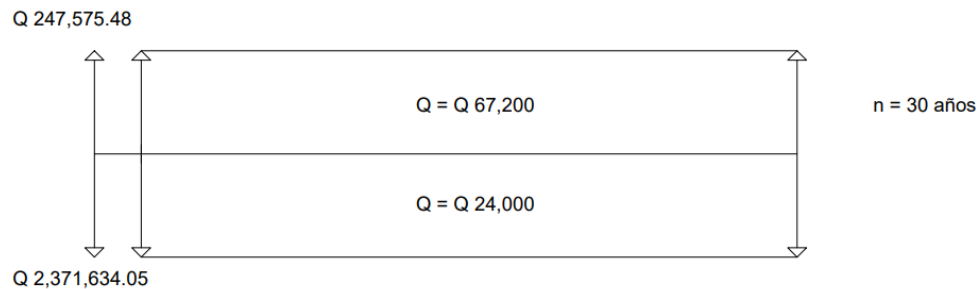
Debido a que el resultado del VPN es positivo, se puede determinar que la ejecución del proyecto es factible, añadiendo el beneficio comercial que este le brindará a la población del sector.

### 2.8.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se tiene una inversión inicial de Q 2 371 634,05 para la ejecución del proyecto, además de ser necesaria una inversión anual de Q 24 000 para el mantenimiento del puente para la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa, evaluando que por otra parte se tendrá un ahorro inicial de Q 247 575,48 y un ingreso fijo anual de Q 67 200 por cobro para mantenimiento de la infraestructura del puente para las 560 viviendas aproximadamente beneficiadas, los cuales

servirán para cubrir los gastos que se tendrán a lo largo de los 30 años de vida útil del proyecto. Tomando en cuenta todo lo anterior, se elabora la siguiente gráfica para la evaluación de los ingresos y egresos del proyecto a lo largo de la vida útil del mismo.

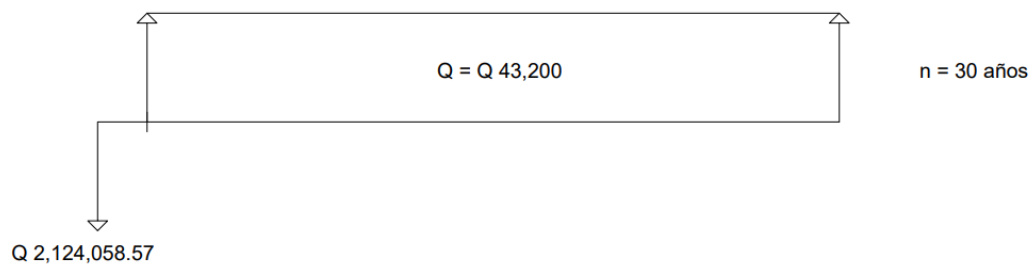
Figura 36. **Gráfico de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Simplificando la gráfica y operando los valores evaluados para el mismo intervalo de tiempo, se obtiene la siguiente gráfica:

Figura 37. **Gráfico simplificado de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Con la gráfica anterior se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la siguiente manera:

Utilizando una tasa de interés del 10 %:

$$VPN = -2,124,058.57 + 43,200 (1+0.10)^{30} = - 1,370,244.39$$

Utilizando una tasa de interés del 15 %:

$$VPN = -2,124,058.57 + 43,200 (1+0.15)^{30} = 736,289.98$$

Se utiliza los valores obtenidos anteriormente y, con ayuda de interpolación matemática, se encuentra el porcentaje de interés adecuado:

$$\frac{15 - i}{15 - 10} = \frac{736,289.98}{736,289.98 - (-1,370,244.39)}$$
$$i = 15 - \frac{(736,289.98)(15 - 10)}{736,289.98 - (-1,370,244.39)}$$

$$i = 13.25\%$$

## 2.9. Cronograma del proyecto

Es el siguiente:



Tabla IX. Cronograma de ejecución de la construcción del puente vehicular

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALSEA ELUCARAL, JURUPATAGUA, JUTIPA												
CRONOGRAMA												
REGIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	POCENTIALE DE AVANCE	POCENTIALE DE AVANCE ACUMULADO	COSTO TOTAL	AVANCE FINANCIERO
TRABAJO PRELIMINARES												
Demolicion de estructura de puente existente, incluye extraccion de material residual	80.00	M3	■						0.42%	0.42%	0100165.98	0100165.98
Limpieza general del terreno, incluye extraccion de material residual	2000.00	M2	■						1.53%	2.35%	0865464.12	0554880.69
Trazo y nivelacion topografica de terreno	1.00	Global	■						0.32%	2.46%	07490.18	0831708.87
SUBESTRUCTURA												
Relevo con material de préstamo para nivelacion de manate en ingreso y egreso de puente	1281.36	M3	■	■					14.76%	17.46%	0350112.87	0413288.74
Elevacion de terreno con megaluar para cimentacion estribos y apoyos	123.00	M3	■	■					0.99%	18.02%	014000.60	0287284.34
Estribos con concreto ciclope	148.52	M3	■	■					16.94%	34.05%	0383362.41	0387626.75
Alcantaras con concreto ciclope	340.12	M3	■	■	■				38.01%	72.06%	0503352.18	01208578.92
Cornisa con concreto reforzado, dimensiones 0.30 m ancho, 1.10 m alto	9.60	ML	■	■	■				1.38%	73.24%	0279881.71	01298962.65
Viga apoyo V3 con concreto reforzado, dimensiones 0.30 m ancho, 0.45 m alto	9.60	ML	■	■	■				1.44%	74.37%	026321.68	01293884.34
Perforacion de agujas 6"x8" y pernos de 1" para vigas principales en vigas de apoyo	6.00	Unidad	■	■	■				0.33%	74.70%	03710.88	01271584.66
Reparacion estructural de concreto	6.00	unidad	■	■	■				1.24%	75.94%	02785.68	01298606.65
SUPERESTRUCTURA												
Viga principal exterior V-1 de concreto reforzado, dimensiones 0.60 m ancho, 1.10 m alto	32.00	ML				■	■	■	7.81%	83.67%	0186576.67	01884872.72
Viga principal interior V-2 de concreto reforzado, dimensiones 0.60 m ancho, 1.10 m alto	15.00	ML				■	■	■	3.91%	87.59%	023388.34	02077205.61
Viga diafragma de concreto reforzado, dimensiones 0.30 m ancho, 0.80 m alto	4.20	ML				■	■	■	0.41%	88.00%	036909.16	02087014.77
Losas con 0.20 m de espesor de concreto reforzado	67.20	M2				■	■	■	5.24%	93.23%	0124157.69	02211172.98
Banqueta peatonal de concreto reforzado, dimensiones 0.70 m ancho, 0.20 m espesor	22.40	M2				■	■	■	1.25%	94.98%	041385.87	02252582.27
Instalacion de 2 lineas de barandal	64.00	ML				■	■	■	0.66%	95.64%	015698.86	022682461.3
Postes de concreto reforzado instalacion de barandales, dimensiones seccion 0.20x0.20 m	25.00	ML				■	■	■	0.74%	96.38%	017641.22	02285890.34
Pavimento asfaltico de 0.10 m de espesor para superficie de cobadura	68.00	M2				■	■	■	1.23%	97.62%	02927.60	02315177.94
Pavimento de concreto 0.15 m espesor para ingreso y egreso de puente	82.00	M2				■	■	■	1.47%	99.08%	034771.65	02349888.59
TRABAJO FINALES												
Señalacion de puente, incluye señales verticales, y señalacion en opaco de cobadura, banquetas y pizarra de postes de barandal.	1	Global							0.01%	99.09%	014438.20	02364327.79
Limpieza general para entrega de proyecto, incluye extraccion de material residual	1	Global							0.31%	100.00%	07306.26	02371630.05

Fuente: elaboración propia.



### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO**

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

La aldea El Coco es una de las aldeas más importantes de Jalpatagua, pues es una de las áreas turísticas con más demanda del municipio, por lo que este sector está en constante crecimiento, tanto demográfica como comercialmente. Sin embargo, este crecimiento se ve afectado por el carecimiento de algunos servicios básicos, como lo es el acceso a drenajes sanitarios para las viviendas, lo que causa que estos desechos sean expulsados a flor de tierra, siendo esto nocivo para la salud de la población, ya que el estancamiento de las aguas servidas desarrolla enfermedades respiratorias y gastrointestinales. Por tal motivo es de suma importancia el desarrollo de este proyecto, para mejorar la calidad de vida de la población de la aldea.

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco, de 4 900 metros lineales, el cual pretende cubrir el 100 % de las viviendas de la aldea, beneficiando a 755 familias. Este sistema se diseña con base en las especificaciones brindadas por la municipalidad, empleando tubería PVC de 6, 8, 10, 12 y 15 pulgadas, que cumplan con la norma ASTM D-3034 para garantizar la calidad de los materiales. Así mismo, contará con 103 pozos de visita que servirán para darle mantenimiento constante al sistema.

Dicho sistema de drenaje descargará todas las aguas servidas en una planta de tratamiento municipal, que está planificada por la municipalidad para servicio de la población de la aldea El Coco, de manera que las aguas residuales

sean tratadas y desechadas de forma óptima, para que no contaminen el recurso hídrico del municipio.

### **3.2. Diseño de la red de colectores**

Para el diseño del sistema de drenaje inicialmente es necesario determinar la rasante del terreno, por lo que se realiza la planimetría y altimetría, a fin de determinar una ruta para el sistema que lo haga funcionar por gravedad, aprovechando los cambios de nivel en el terreno. El sistema consiste en una serie de tuberías de PVC de diferentes diámetros con respecto al caudal que contenga, conectadas entre sí, que conducen las aguas servidas desechadas por las viviendas del sector hacia una planta de tratamiento municipal. Para el mantenimiento del sistema de drenaje se colocan pozos de visita a cada cierta distancia, o ya sea en cada cambio de dirección, lo cual permite el ingreso al sistema para mantenimiento preventivo y algunas reparaciones.

En este caso se considera el diseño del sistema con tubería de PVC, debido a que este material permite mayores pendientes, mayores velocidades y fácil manipulación e instalación.

#### **3.2.1. Periodo de diseño**

Este es el periodo de tiempo proyectado (en años) durante el que el sistema de drenaje sanitario prestará servicio de manera óptima y eficiente a los habitantes de la comunidad, tomando en consideración que el mantenimiento sea el adecuado, el tiempo de vida útil de los materiales empleados y el crecimiento de la población estén dentro del intervalo proyectado. De manera que es importante que la municipalidad vele por el mantenimiento preventivo del sistema para que este conserve su vida útil al servicio de la población.

Para este proyecto se considera un periodo de diseño de 30 años, de acuerdo con lo recomendado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

### **3.2.2. Población de diseño**

Es la proyección futura de población a servir con el sistema de drenaje, tomando en cuenta la población actual, factor de crecimiento y periodo de diseño. El crecimiento de la población de la comunidad se da de forma exponencial, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) la tasa de crecimiento es de 3,50 % para el 2018, sin embargo, para este caso se tomará una tasa de crecimiento de 3,34 %, que es el dato brindado por el Departamento Municipal de Planificación (DMP), de acuerdo a las estimaciones para sus proyectos.

En este proyecto se emplea el método geométrico para determinar la población futura a servir, con la siguiente ecuación:

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

Donde:

$P_f$  = población final

$P_o$  = población inicial

$r$  = tasa de crecimiento poblacional

$n$  = periodo de diseño

### **3.2.3. Dotación**

Es la cantidad de agua asignada para el consumo de cada habitante en la comunidad. En el caso de la Municipalidad de Jalpatagua, tiene asignada una

dotación de 175 lts/hab/día para sus aldeas y caseríos, por lo que será la dotación estimada para el diseño del sistema de drenaje sanitario.

#### **3.2.4. Factor de retorno**

Es el porcentaje de agua potable que retorna hacia el drenaje sanitario, del total de agua potable brindada para cada vivienda. Es el agua desechada después de cada actividad cotidiana desempeñada por los habitantes, tomando en consideración que el sector no es un sector industrial ni de gran comercio, siendo algunas de las actividades que predominan el consumo de agua en el aseo, uso de sanitarios, preparación de alimentos, entre otras actividades convencionales. Se considera un factor de retorno del 85 % para el proyecto, el cual se empleará en el diseño del sistema de drenaje sanitario.

#### **3.2.5. Caudal sanitario**

Este consiste en la sumatoria de los caudales que estarán presentes en el sistema, en este proyecto solo se consideran caudales comerciales en algunos tramos, ya que no existen caudales industriales en el sector. Para el cálculo de este caudal se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{CI}$$

Donde:

$Q_{san}$  = caudal sanitario

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar

$Q_{com}$  = caudal comercial

$Q_{ind}$  = caudal industrial

$Q_{inf}$  = caudal de infiltración

$Q_{CI}$  = caudal de conexiones ilícitas

### 3.2.5.1. Caudal domiciliar

Es el caudal de agua que ingresa al sistema de drenaje sanitario proveniente de las actividades domésticas como el aseo personal, cocina, aseo doméstico, entre otras actividades cotidianas. Está relacionado con la dotación de agua, la cantidad de habitantes a servir y la actividad desempeñada. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{dom} = \frac{No. Hab \times Dotacion \times F.R.}{86,400}$$

Donde:

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

Nro. de habitantes = número de habitantes

Dotación = dotación asignada por habitante (Lts/hab/día)

F.R. = factor de retorno

### 3.2.5.2. Caudal comercial

Es el caudal de agua servida que ingresa al sistema de drenaje sanitario proveniente de comercios tales como gasolineras, hoteles, restaurantes, entre otros. La dotación depende del tipo de servicio o producto que preste o venda el comercio. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{com} = \frac{No. Comercios \times Dotacion \times F.R.}{86,400}$$

Donde:

Qcom = caudal comercial (Lts/s).

Nro. de comercios = número de comercios.

Dotación = dotación asignada para cada tipo de comercio (Lts/comercio/día).

F.R. = factor de retorno.

### 3.2.5.3. Caudal industrial

Este es el caudal de agua descargado de los procesos industriales, que ingresa al sistema de drenaje sanitario, tales como procesamiento de textiles, fabricación de alimentos, industrias farmacéuticas, fabricación de materiales de construcción, entre otros. La dotación de agua para las industrias depende del tipo de proceso que se desarrolle para la fabricación del producto o tipo de producto que se fabrique. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{ind} = \frac{No. Industrias \times Dotacion \times F. R.}{86,400}$$

Donde:

Qind = caudal industrial (Lts/s).

Nro. de industrias = número de industrias.

Dotación = dotación asignada para cada tipo de industria (Lts/industria/día).

F.R. = factor de retorno.

Para este proyecto no se considera caudal industrial, ya que en la comunidad no se realiza ningún proceso industrial.



#### 3.2.5.4. Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal derivado de las viviendas que conectan el drenaje pluvial en el sistema de drenaje sanitario, este se estima en un porcentaje de las viviendas que pueden realizar estas conexiones, que está entre el 0,5 % al 2,50 % del total de las viviendas. Sin embargo, el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) considera que se puede estimar como el 10 % del caudal domiciliar.

#### 3.2.5.5. Caudal de infiltración

Este es el caudal de agua que se infiltra en las tuberías del sistema de drenaje sanitario, por medio de tuberías con defectos, mano de obra no calificada, unión de tuberías mal instaladas, calidad de pegamento o filtraciones en muros de pozos de visita. La infiltración de este caudal depende del nivel freático y la permeabilidad del terreno.

Este se calcula tomando en cuenta la longitud de tubería utilizada en las conexiones domiciliarias y considerando 6,00 mL de tubería para cada vivienda, también se incluye un factor de infiltración que oscila entre los 15,000 a los 20,000 Lts/km/día.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{inf} = \frac{(f_{inf})(Mts. tubería + No. casas \times 6.00 mts)(\frac{1}{1000})}{86,400}$$

Donde:

$Q_{inf}$  = caudal infiltración (Lts/seg)

$f_{inf}$  = factor de infiltración (Lts/km/día)

Mts. tubería = metros lineales de tubería

### 3.2.6. Factor de caudal medio

Dicho factor se calcula para evitar que el diseño de drenaje sanitario no esté subdiseñado o sobrediseñado respectivamente, el valor del factor oscila entre 0,002 y 0,005, de manera que no se debe considerar un valor que esté debajo ni sobre este intervalo. Dicho factor se calcula con la sumatoria de los caudales que intervienen en cada tramo del sistema, dividido la población futura a servir.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$FQM = \frac{(Q_{san})}{Pob. futura}$$

Donde:

FQM = factor de caudal medio (Lts/hab/seg)

$Q_{san}$  = caudal sanitario (Lts/s)

Pob. futura = población futura a servir

Algunas instituciones recomiendan parámetros para el valor de este factor, estas son los siguientes:

- Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM): 0,0046
- Según la Municipalidad de Guatemala (EMPAGUA): 0,003
- Según la Dirección General de Obras Públicas (DGOP): 0,002 – 0,005

Para el diseño de este proyecto se consideraron valores que están dentro del parámetro que recomienda la DGOP, ya que este parámetro contiene los valores recomendados por el INFOM y EMPAGUA.

### **3.2.7. Factor de flujo instantáneo o de Harmond**

El factor de Harmond es un valor estadístico que determina la probabilidad de la cantidad de usuarios y artefactos conectados en el drenaje sanitario que estén haciendo uso del sistema simultáneamente en cada tramo, es por ello que el valor de este factor no es constante en todos los tramos y depende del número de habitantes acumulados que se encuentren en cada tramo. Este se considera tanto para la población actual como para la población futura a servir. Se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

F.H. = factor de Harmond

P = población en miles

### **3.2.8. Caudal de diseño**

Obtenido el factor de caudal medio y el factor de Harmond, se estima este caudal, el cual representa la cantidad de aguas servidas o aguas negras que se conducirán por las tuberías, por lo tanto, este representa el caudal con el cual se diseña cada tramo entre pozo y pozo del sistema de drenaje sanitario. Dicho caudal se considera para la población actual y para la población futura.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = (No. hab)(F.H.)(FQM)$$

Donde:

Qdis = caudal de diseño (Lts/s).

Nro. de habitantes = número de habitantes (actual y futuro, respectivamente).

F.H. = factor de Harmond.

FQM = factor de caudal medio.

### **3.2.9. Diámetro mínimo**

Existen 2 tipos de tuberías que se utilizan frecuentemente en los sistemas de drenajes sanitarios, estas son las tuberías de cemento y las de PVC. El tipo de tubería a utilizar se escoge de acuerdo a las necesidades que se quieran suplir, algunos de los factores que intervienen en esta decisión son la durabilidad, la eficiencia en transportar los flujos, la manipulación y el costo. Los diámetros mínimos a emplear dependen del material de que esté hecha la tubería, para las tuberías de cemento el diámetro mínimo es de 8 pulgadas y para las tuberías de PVC es de 6", esto para garantizar la limpieza en las tuberías y evitar cualquier tipo de obstrucción.

Para este proyecto se estima utilizar tubería PVC según la norma ASTM 3034, por lo que el diámetro mínimo que se utilizará para los primeros tramos es de 6 pulgadas. Se considera la tubería de PVC, ya que brinda mejor manipulación, facilidad de instalación, mayor velocidad de flujo y durabilidad.

### **3.2.10. Tirante de flujo**

Para el diseño de las redes de drenajes sanitarios se considera que estos conduzcan las aguas negras o servidas por gravedad hacia su lugar de descarga, es por ello que se estima que estos trabajen a sección parcialmente llena como un canal abierto circular, aunque se utilicen valores de caudales y velocidades a sección llena para su diseño.

El tirante se refiere a la altura que tendrá el flujo de agua dentro de las tuberías del sistema de drenaje sanitario. Para garantizar que la tubería no trabaje a sección llena y pueda liberar presiones, se calcula la relación de tirantes  $d/D$ , valor que debe estar entre el 10 % y 75 % del diámetro de la tubería.

### **3.2.11. Velocidades máximas y mínimas**

Las velocidades mínimas y máximas del flujo en un sistema de drenaje sanitario son parámetros que permiten garantizar un diseño óptimo. La velocidad mínima permite el correcto arrastre de sedimentación y evita la existencia de alguna obstrucción o taponamiento en la tubería. Por otro lado, la velocidad máxima permite evitar el desgaste o la erosión en las paredes de la tubería.

El Instituto de Fomento Municipal (INFOM) recomienda que el parámetro de velocidad mínima y máxima de diseño debe estar entre 0.60 m/s y 2.50 m/s, respectivamente, sin embargo, para este proyecto se considera una velocidad máxima de 3.00 m/s, ya que el terreno presenta algunas pendientes pronunciadas y, tomando en cuenta que se utilizará tubería PVC, este valor es tolerable, según el manual técnico del fabricante (Durman) la velocidad máxima permisible es 5.00 m/s. También se puede considerar que en tramos iniciales

donde existan caudales pequeños de aguas servidas sean tolerables valores de velocidad menores a 0.60 m/s, sin estar muy alejados de este valor.

### **3.2.12. Pendientes**

Es importante tener conocimiento físico del terreno donde se va a trabajar, conocer las pendientes y distancias de la ruta donde pasará la tubería para poder realizar un diseño óptimo del sistema de drenaje sanitario. Las pendientes de la tubería deben adaptarse a las pendientes del terreno para ahorrar costos en la excavación, sin embargo, no siempre es posible, ya que en ocasiones el terreno es irregular, presentando pendientes pronunciadas que representan valores altos para la velocidad del flujo que conduce el sistema. Por eso las pendientes de la tubería deben determinar velocidades que estén dentro de los parámetros permisibles de las velocidades mínimas y máximas de diseño, es por ello que la pendiente de la tubería y la pendiente del terreno difiere, ya que se deben profundizar las excavaciones para alcanzar velocidades óptimas para la tubería de la red de drenaje sanitario. Así mismo, influye en la construcción de los pozos de visita, ya que estos deben alcanzar el nivel de la tubería, siendo profundizados de la misma forma, elevando los costos de mano de obra, equipo y materiales.

### **3.2.13. Cotas Invert**

Esta representa la cota que resulta de la diferencia de la cota de la rasante del terreno y la distancia que existe, tomada desde la rasante hasta la parte inferior de la tubería, en cada pozo de visita.

De acuerdo con lo que propone el INFOM, en un pozo de visita donde entran y salen tuberías de distinto diámetro, la diferencia de la cota Invert de

entrada y la cota Invert de salida debe ser como mínimo la carga de velocidad en la tubería de salida:

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$H_v$  = carga de velocidad (m)

$v$  = velocidad del flujo (m/s)

$g$  = constante de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Si el tramo de tubería que entra y el tramo de tubería que sale son del mismo diámetro en un pozo de visita, y la ruta sigue en línea recta, entonces estos se instalan siguiendo la pendiente.

Para tramos iniciales:

$$CIS = CT - (H_{min} + \phi_{tub})$$

Donde:

CIS = cota Invert de salida

CT = cota de terreno

$H_{min}$  = altura mínima de la profundidad de la tubería

$\phi_{tub}$  = diámetro de tubería

Para los siguientes tramos:

$$CIE = CIS - \frac{S_{tuberia} \times DH}{100}$$

Donde:

CIE = cota Invert de entrada

CIS = cota Invert de salida

$S_{\text{tubería}}$  = pendiente de tubería

DH = distancia horizontal entre pozos

Existen parámetros para el cálculo de las cotas Invert de salida que se deben considerar:

- En el caso de que, en un pozo de visita, ingrese y salga una tubería que sea del mismo diámetro, la cota Invert de salida debe estar a 3 cm por debajo de la cota Invert de entrada.
- Si al pozo de visita ingresa una tubería de diferente diámetro a la que sale, la cota Invert de salida debe estar por debajo de la cota Invert de entrada, por lo menos a una altura de la diferencia entre ambos diámetros.
- Cuando en un pozo de visita ingresan 2 o más tuberías y la que sale es del mismo diámetro, la cota Invert de salida debe estar por lo menos 3 cm por debajo de la cota Invert de entrada, esto desde la cota Invert de entrada más profunda.
- Por otro lado, si en un pozo de visita ingresan 2 o más tuberías de distintos diámetros y sale una de distinto diámetro, la cota Invert de salida debe estar por lo menos 3 cm debajo de la tubería del mismo diámetro y a una altura como mínimo de la diferencia entre ambos diámetros, medido desde la cota Invert de entrada más profunda.



### **3.2.14. Pozos de visita**

Este es un elemento muy importante que forma parte del sistema de drenaje sanitario, se construye con el fin de tener un acceso al sistema para inspeccionar y darle mantenimiento en cada tramo y normalmente está construido de mampostería o concreto armado.

Cada pozo de visita está conformado por un ingreso, el cual es de forma circular con un diámetro que varía entre los 0.60 a 0.75 metros, dicho ingreso está cerrado por una tapadera que descansa sobre un brocal, ambos hechos de concreto armado, aunque en ocasiones las tapaderas son fabricadas de acero. El área enterrada de los pozos de visita se conforma de 2 partes: cono y cilindro. Cono se le llama a la parte superior y va desde el área de ingreso hasta el inicio del cilindro, terminando con un diámetro de 1.20 m y una altura de entre 0,60 y 1.00 m, dependiendo de la altura total del pozo, por otro lado, a la parte inferior se le llama cilindro, tiene un diámetro constante con una altura variable que depende de la profundidad de las tuberías que ingresan y salen de él.

El fondo es de concreto reforzado con una pequeña pendiente de 1.5 % a 2 %, que permite el drenaje de toda el agua que ingresa al pozo, ya que estos no deben guardar agua, para cumplir con su función de ser un punto de inspección del sistema. De manera que para realizar la inspección del sistema en los pozos de visita estos deben tener escalones que permitan el ingreso, los cuales son hechos de acero y van anclados a las paredes del mismo.

Cada una de las paredes interiores que conforman los pozos de visita deben estar debidamente impermeabilizadas con repello y cernido liso, lo que protege al sistema de filtraciones.

Se colocan pozos de visita en:

- Donde existen cambios de pendiente
- Cambios de diámetro en la tubería
- Intersecciones de tubería
- El inicio de cualquier ramal
- Cualquier cambio de dirección horizontal

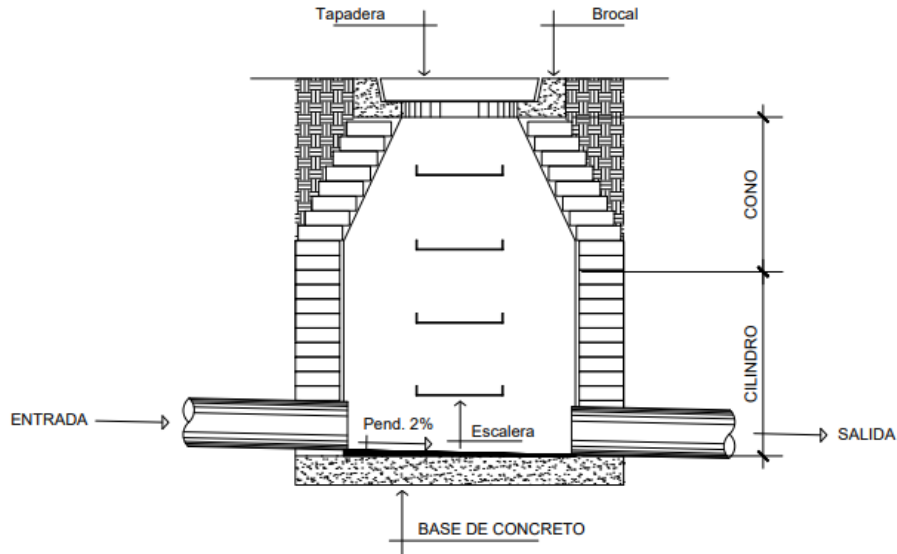
Distancia entre pozos de visita:

- Para tramos no mayores a 100 metros, esto aplica para tuberías con diámetros hasta 24 pulgadas.
- Para tramos no mayores a 300 metros, esto aplica para tuberías con diámetros mayores de 24 pulgadas.

Diámetros para pozos de visita

- Para tuberías de hasta 24 pulgadas: 1,20 metros
- Para tuberías de 30 pulgadas hasta 42 pulgadas: 1,50 metros
- Para tuberías de 48 pulgadas hasta 80 pulgadas: 2,00 metros

Figura 38. **Pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.2.15. **Conexiones domiciliars**

La función de estas es conducir las aguas servidas que son desechadas desde las viviendas o edificios hacia la red de drenaje principal, esto por medio de la candela domiciliar y tuberías secundarias.

La candela domiciliar es una caja de registro (inspección) construida normalmente de mampostería o tubos de concreto colocados verticalmente, por ello existen 2 tipos de registros, los que son rectangulares (cuyo lado menor mide 45 centímetros) y los circulares (cuyo diámetro no debe ser menor a 12 pulgadas). Estos registros deben estar debidamente impermeabilizados en su interior y poseer una tapadera para realizar las inspecciones periódicamente.

La conexión de la candela domiciliar con el colector principal se realiza mediante tuberías secundarias que consisten en un tubo que conduce las aguas servidas desde la candela hacia la tubería principal, este puede ser de concreto con un diámetro no menor a 6 pulgadas o de PVC, que en este caso no debe tener un diámetro menor a 4 pulgadas. La conexión de la tubería secundaria con la tubería principal se hace a 45° aguas abajo y una pendiente mínima del 2 %.

### **3.2.16. Profundidad mínima de tubería**

La instalación de la tubería del sistema de drenaje sanitario debe llevarse a cabo a una profundidad óptima bajo la rasante del terreno, la cual pueda evitar que factores como el clima y la transmisión de cargas vehiculares causen daños en ella. De manera que es importante determinar, al momento de diseñar el sistema, una profundidad mínima que se cumpla por todo el recorrido de la tubería y pueda impedir que los factores anteriormente mencionados puedan afectar al correcto funcionamiento de drenaje, es por ello que se considera lo siguiente, según el manual del INFOM:

- La profundidad mínima es de 1,00 m, para tramos donde el tránsito sea normal y menor a 200 quintales.
- La profundidad mínima es de 1,20 m, para tramos donde el tránsito sea pesado y mayor a 200 quintales.

Para este proyecto se considera una profundidad mínima de 1,00 m, ya que en la comunidad no ingresa tránsito pesado.

### 3.2.17. Principios hidráulicos

La función principal del drenaje es conducir las aguas servidas por tuberías hacia un área de descarga, este principio se basa en los conductos abiertos llamados canales, estos transportan el agua dejándola en contacto con el aire, mediante un flujo determinado por las pendientes y el tipo de material del que esté fabricado.

Una de las características de estos conductos es que pueden ser cerrados o abiertos. Así mismo trabajan los sistemas de drenaje sanitario, estos funcionan como un canal cerrado circular, el cual conduce el fluido bajo la influencia de presiones provocadas por los gases generados en el interior y presiones atmosféricas, debido a que las tuberías de los sistemas no funcionan a sección llena.

Para garantizar que las tuberías de las redes de drenaje funcionan a sección parcialmente llena existen relaciones hidráulicas que se utilizan para chequearlo, estas relacionan los valores de áreas, velocidades, caudales, radio hidráulico, perímetro mojado y tirantes de las tuberías trabajando a sección llena y sección parcialmente llena. Con los resultados obtenidos se construye una tabla de iteraciones (anexo) que es muy útil para el diseño de la red, esta tabla contiene las siguientes relaciones hidráulicas:  $d/D$ ,  $a/A$ ,  $v/V$  y  $q/Q$ .

Para realizar el diseño hidráulico se calcula  $q/Q$ , el cual relaciona el caudal de diseño futuro con el caudal de una tubería a sección llena, mismo que depende del diámetro y la pendiente que tenga el tramo de tubería. Obtenido  $q/Q$  se busca dicho valor en la tabla de iteraciones, si este no se encuentra se busca el valor aproximado mayor a este, al encontrar dicho valor en la tabla se obtiene  $v/V$  con el que se despeja el valor de “v” que debe estar entre el rango de 0,60 m/s y 3,00

m/s, este parámetro garantiza que el flujo de agua en la tubería tenga la capacidad de arrastrar los sedimentos y evitar taponamientos, así también que este no desgaste las paredes de la tubería, debido a la fricción producida. Por último, se toma el valor de la relación de tirantes  $d/D$ , valor que debe estar entre el rango de 10 % y 75 %, lo que representa el porcentaje de la altura de agua que conduce con respecto al diámetro de la tubería.

### 3.2.18. Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará un tramo del sistema, a manera de demostración del procedimiento utilizado para cálculo y diseño de todos los tramos que comprenden la red de drenaje. Se escoge el tramo comprendido entre el PV 6 y 7 para el ejemplo. Datos para el diseño:

Periodo de diseño:	30 años
Cota inicial de terreno:	106,74
Cota final de terreno:	106,88
Distancia horizontal de tramo:	32,88 m
Habitantes actuales:	485
Tasa de crecimiento:	3,34 %, proporcionado por la DMP
Dotación:	175 Lts/hab/día, proporcionado por la DMP
Tasa de retorno:	85 %

- Pendiente de terreno, PV 6- PV 7:

$$\%S_{terreno} = \frac{CT_6 - CT_7}{DH} \times 100$$

$$\%S_{terreno} = \frac{106.74 - 106.88}{32.88} \times 100$$

$$\%S_{terreno} = -0.43\%$$

- Número de viviendas actuales:

Local = 6 viviendas

Acumulado = 97 viviendas

- Población actual y futura:

$$P_{actual} = 97 \text{ viviendas} \times 5 \text{ hab/vivienda}$$

$$P_{actual} = 485 \text{ habitantes}$$

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

$$P_{futura} = (485 \text{ habitantes})(1 + 0.0334)^{30}$$

$$P_{futura} = 1,300 \text{ habitantes}$$

- Caudal domiciliar:

$$Q_{dom}(actual) = \frac{(Dotacion)(Po \text{ actual})(F.R)}{86,400}$$

$$Q_{dom}(actual) = \frac{(175 \frac{lbs}{hab - dia})(485 \text{ habitantes})(0.85)}{86,400}$$

$$Q_{dom}(actual) = 0.83 \text{ Lts/s}$$

$$Q_{dom}(futuro) = \frac{(175 \frac{lbs}{hab - dia})(1300 \text{ habitantes})(0.85)}{86,400}$$

$$Q_{dom}(futuro) = 2.24 \text{ Lts/s}$$

- Caudal de infiltración:

$$Q_{inf} = \frac{(f_{inf})(Mts. tubería + No. casas \times 6.00 mts)(\frac{1}{1000})}{86,400 \text{ segundos/día}}$$

$$Q_{inf} = \frac{(18,000 \frac{Lts}{km-día})(4,898 m + (6 m)(755 viviendas))(\frac{1}{1000})}{86,400 \text{ segundos/día}}$$

$$Q_{inf} = 1.96 \text{ Lts/s}$$

- Caudal de conexiones ilícitas:

$$Q_{CI} = (0.10)(Q_{dom})$$

$$Q_{CI}(\text{actual}) = (0.10)(0.83 \frac{Lts}{s})$$

$$Q_{CI}(\text{actual}) = 0.08 \text{ Lts/s}$$

$$Q_{CI}(\text{futura}) = (0.10)(2.24 \frac{Lts}{s})$$

$$Q_{CI}(\text{futura}) = 0.22 \text{ Lts/s}$$

- Caudal sanitario:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{CI}$$

$$Q_{san}(\text{actual}) = 0.83 \frac{Lts}{s} + 1.96 \frac{Lts}{s} + 0.08 \frac{Lts}{s}$$

$$Q_{san}(\text{actual}) = 2.88 \text{ Lts/s}$$

$$Q_{san}(\text{futuro}) = 2.24 \frac{Lts}{s} + 1.96 \frac{Lts}{s} + 0.22 \frac{Lts}{s}$$

$$Q_{san}(\text{futuro}) = 4.43 \text{ Lts/s}$$



- Factor de caudal medio:

$$FQM = \frac{(Q_{san})}{Pob. futura}$$

$$FQM (actual) = \frac{2.88 Lts/s}{485 habitantes}$$

$$FQM (actual) = 0.006$$

$$FQM (futura) = \frac{4.43 Lts/s}{1300 habitantes}$$

$$FQM (futura) = 0.003$$

- Factor de Harmond:

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

$$F.H. (actual) = \frac{18 + \sqrt{\frac{485}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{485}{1000}}}$$

$$F.H. (actual) = 3.98$$

$$F.H. (futura) = \frac{18 + \sqrt{\frac{1300}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{1300}{1000}}}$$

$$F.H. (futura) = 3.72$$

- Caudal de diseño:

$$Q_{dis} = (No. hab)(F.H.)(FQM)$$

$$Q_{dis}(actual) = (0.005)(3.98)(485 \text{ habitantes})$$

$$Q_{dis}(actual) = 9.65 \text{ Lts/s}$$

$$Q_{dis}(futura) = (0.003)(3.72)(1300 \text{ habitantes})$$

$$Q_{dis}(futura) = 16.48 \text{ Lts/s}$$

### 3.2.19. Cálculo hidráulico

Esta parte del cálculo es la que diseña los elementos del sistema de drenaje sanitario. Diámetro considerado para el tramo: 8 pulgadas.

$\%S_{tuberia}$  : 0.64 %, se considera una pendiente diferente a la del terreno ya que esta no es óptima.

- Velocidad a sección llena:

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{0.03429}{n} x (D)^{\frac{2}{3}} x (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{0.03429}{0.01} x (8)^{\frac{2}{3}} x (0.0064)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.10 \text{ m/s}$$

Datos de la tabla:

Según:

$\%S = 0,64 \%$ , aproximamos a  $0,70 \%$ .

Diámetro = 8 pulgadas

$$V = 1.15 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q = \left(1.10 \frac{m}{s}\right) \times (0.032 \text{ m}^2) \times 1000$$

$$Q = 35.55 \text{ Lts/s}$$

Tabla en anexos.

Datos de la tabla:

Según:

%S = 0,64 %, aproximamos a 0,70 %

Diámetro = 8 pulgadas

$$Q = 37.10 \text{ Lts/s}$$

Se tomarán los datos obtenidos de la tabla (anexos) para el diseño hidráulico de sistema.

- Relaciones hidráulicas:

$$q/Q = \frac{\text{Caudal de diseño}}{\text{Caudal seccion llena}}$$

$$q/Q = \frac{16.48 \text{ Lts/s}}{37.10 \text{ Lts/s}}$$

$q/Q = 0.444167$ , buscamos en la tabla el valor aproximado superior.

Este valor se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, de la cual se obtiene:

$$v/V = 0.970606$$

Despejando  $v$ , = 1.12 m/s

$$d/D = 0.47$$

- Chequeo de relaciones hidráulicas:

$q < Q$	0.44 Lts/s < 37.10 Lts/s, OK.
$0.60 \text{ m/s} < v < 3.00 \text{ m/s}$	$0.60 \text{ m/s} < 1.12 \text{ m/s} < 3.00 \text{ m/s}$ , OK.
$0.10 < d/D < 0.75$	$0.10 < 0.47 < 0.75$ , OK.

### 3.3. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas para el desarrollo y ejecución del sistema de drenaje sanitario serán las siguientes:

- Limpieza general y rectificación de medidas

Inicialmente se debe realizar la limpieza del área de terreno donde se llevará a cabo la excavación e instalación del sistema, esta consiste en la eliminación de cualquier capa vegetal, troncos, árboles y material orgánico que exista en un área de al menos 2 metros, medida desde el eje de la ruta de tubería, la cual permita la acumulación del material resultante del zanjeo, sin que esta se contamine o contamine el sistema a instalar.

Después de haber realizado la limpieza general del terreno, se debe llevar a cabo la rectificación de las medidas con la ayuda de una cinta métrica, la cual valide que las medidas estipuladas en los planos correspondan a las dimensiones de campo, tanto de pozos de visita como tramos de tubería, de manera que se

pueda realizar cualquier tipo de corrección antes de realizar el zanjeo, construcción de pozos de visita e instalación de la tubería.

- Almacenamiento de materiales del proyecto

Para evitar cualquier tipo de daño y pérdidas económicas, es importante la construcción de una bodega provisional, la cual tenga la capacidad de almacenar todos los materiales estimados para el desarrollo del proyecto y pueda protegerlos de las inclemencias del tiempo. Esta puede ser construida de lámina de zinc y parales de madera.

- Excavación y zanjeo

La excavación, por cuestiones de facilidad y tiempo, se realiza con maquinaria, se debe tomar en cuenta en la excavación que se deben respetar las profundidades estipuladas en los planos, de manera que el sistema tenga las cotas Invert y pendientes adecuadas para su funcionamiento. Es importante considerar que el ancho de las zanjas sea el apropiado para que la instalación de la tubería y compactado del relleno se realicen de forma cómoda y eficiente. El ancho apropiado depende del diámetro de la tubería a instalar y de la profundidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla X. **Anchos mínimos para zanjas**

Diámetro de tubería (in)	Profundidad de zanja (m)										
	0 a 1.30	1.31 a 1.85	1.86 a 2.35	2.36 a 2.85	2.86 a 3.35	3.36 a 3.85	3.86 a 4.35	4.38 a 4.85	4.86 a 5.35	5.36 a 5.85	5.86 a 6.35
	Ancho de zanja (m)										
6	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8
8	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8
10		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8
12		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8
15		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
18		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
21		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.35	1.1	1.1	1.1	1.1
24		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.55	1.35	1.35	1.35	1.35

Fuente: elaboración propia.

Por último, el material resultante de la excavación debe ser almacenado a un costado de la zanja sin que estropee el paso peatonal o vehicular, si el ancho del terreno lo permite.

- **Base**

Después de haber realizado la excavación de las zanjas, se debe realizar una base o encamado para la instalación de las tuberías, ya que estas deben estar sostenidas sobre una base sólida y uniforme. Esta base se puede constituir de balastro, material selecto o material del lugar, y debe estar debidamente compactada con un espesor de entre 10 y 15 centímetros, de esta manera en toda la ruta de la tubería.

- **Materiales**
  - Tubería PVC: esta debe ser de los diámetros considerados y estipulados por el diseño del sistema, así mismo, debe cumplir con norma ASTM 3034, hermeticidad, resistencia a la abrasión, resistencia a químicos y no poseer ningún daño que pueda ocasionar la contaminación del manto freático y acuíferos.
  - Concreto: el constructor debe considerar una correcta dosificación de cemento, arena, pedrín y agua, para que este cumpla con la resistencia requerida para cada elemento.
  - Cemento: este debe ser tipo Portland I, el cual es para uso general y cumple con la norma ASTM C-150.
  - Agregados: la arena puede ser de procedencia volcánica, triturada o de río, y el pedrín debe ser triturado no mayor a 1". Estos agregados deben carecer de materia orgánica que contamine y afecte para alcanzar la resistencia requerida para el concreto o morteros.
  - Acero de refuerzo: el acero utilizado debe ser de carácter legítimo con una resistencia no menor a los 40 000 PSI o 2 810 kg/cm<sup>2</sup>.
  - Pegamento PVC: debe ser de buena calidad para garantizar la hermeticidad del sistema y la perfecta unión de la tubería.

- Instalación de tubería

Este debe ser bajada con la ayuda de una polea, de manera que se pueda evitar cualquier daño en la tubería que pueda afectar al funcionamiento óptimo del sistema. Colocada la tubería sobre la base o encamado, se procede a conectar la tubería una con otra, lo que se facilita gracias a que la tubería PVC cuenta con una campana que sirve como cople, a la cual se le aplica la cantidad suficiente de pegamento para que esta unión sea hermética. La unión del tramo de tubería con los pozos de visita se hace introduciendo el tubo por un agujero en la pared del pozo de visita y se sella el contorno con mortero para evitar cualquier filtración.

- Pruebas para la tubería

A cada tramo de tubería instalado se le realizará pruebas, las cuales determinan que no existen taponamientos. La primera prueba consiste en encender una linterna en un extremo del tubo, la luz generada por esta debe percibirse en el otro extremo, si esta no se logra ver por completo es que existe algún taponamiento parcial, pero si esta no se percibe entonces existe un taponamiento completo, lo cual se soluciona introduciendo agua a presión en el tramo, para que esto libere el tramo del taponamiento.

Otra prueba que se debe realizar es la de flujo continuo, la cual consiste en introducir cierta cantidad de agua por la tubería, esta debe salir con flujo continuo en el otro extremo, si no es así, existe un taponamiento en el tramo de la tubería, por lo que se introduce una guía que identifica la ubicación del taponamiento y se debe despegar la tubería y corregir el taponamiento.



- Relleno

Este puede realizarse con material de préstamo, material selecto, balastro o material resultante de la excavación, por economía puede ser realizado con el material resultante, sin embargo, este debe estar bien compactado para evitar cualquier hundimiento a futuro.

El relleno a los costados de la tubería se debe realizar en una capa que cubra por lo menos 15 cm sobre la parte superior de la tubería, luego las siguientes ocasiones se debe realizar en capas de 20 cm hasta cubrir la zanja y llegar al nivel natural de la rasante.

- Pozos de visita

Estos deben estar ubicados como se indica en los planos y señalizados con la misma nomenclatura, así mismo, para la construcción de estos elementos del sistema, se deben respetar los niveles, profundidades y dimensiones planificadas, de manera que se pueda realizar el mantenimiento preventivo y este tenga un funcionamiento óptimo durante su periodo de vida útil.

Estos serán construidos con paredes de ladrillo tayuyo colocado de punta pegado con mortero de cal y arena de río, con una proporción de 1:3 por otro lado, los elementos estructurales se deben realizar tal y como se presenta en los planos, respetando el diseño de la geometría, dimensiones y refuerzos.

- Impermeabilizado de pozos de visita (repello + cernido)

Es importante impermeabilizar las paredes de los pozos de visita, ya que con esto se evita filtraciones que puedan contaminar el manto freático, es por ello

que esto se realizará con un mortero a base de cal y arena de río cernida, con una proporción de 1:2 (7 sacos de cal x 6.5 carretillas de arena de río cernida). Esto se coloca sobre las paredes interiores de cada pozo de visita, con un acabado rústico alisado.

### **3.4. Operación y mantenimiento de la red**

Es muy importante que, para garantizar que el sistema de drenaje sanitario, se cumpla con su funcionamiento óptimo durante su vida útil, tenga una buena operación y mantenimiento periódico.

Cuando se habla de operación se hace referencia a todas aquellas acciones externas realizadas tanto por los usuarios como por los encargados de cuidar y mantener el funcionamiento del sistema en óptimas condiciones, por otro lado, cuando se habla de mantenimiento, se trata de las medidas tomadas por los encargados, que se realizan directamente al sistema para poder mantener o reparar daños, con el fin de conservar el buen funcionamiento del servicio. Considerar una buena operación y mantenimiento del sistema garantiza brindar un buen servicio, lo cual motiva al usuario a pagar su cuota mensual por mantenimiento. Sin embargo, en la mayoría de casos a las redes de drenaje no se les da la importancia requerida y casi nunca se les brinda un correcto mantenimiento, es por ello que estas terminan teniendo condiciones inadecuadas que causan inseguridad, para lo cual no fueron diseñadas.

Existen buenas prácticas que ayudan a conservar el buen funcionamiento del sistema, por mencionar algunas:

- Crear un reglamento para el uso correcto del sistema, esto ayuda a que los usuarios tengan conocimiento de la manera correcta de utilizar el servicio, para conservar su vida útil.
- Ejecutar estrictamente mantenimiento periódico al sistema, esto ayuda a corregir cualquier tipo de falla o daño que presente el sistema.
- Tener un control frecuente de los desechos domiciliarios que se están descargando al sistema, esto para evitar que se pueda estar haciendo mal uso del servicio y así prevenir algún tipo de taponamiento.
- Prohibir el desecho de químicos nocivos y corrosivos que puedan afectar y dañar el sistema.

Para brindar a los usuarios un servicio de calidad es importante considerar el siguiente control de operación y mantenimiento:

- Pozos de visita: para la operación de estos elementos del sistema se debe tener un control estricto mensual de la acumulación de sedimentos, lodos y basura que se acumule, así como verificar el estado físico tanto de las tapaderas como de la estructura, y como mantenimiento se deben extraer los sedimentos, lodos y basura acumulados para evitar cualquier obstrucción en el flujo, así mismo se debe reparar cualquier daño que presente la estructura.
- Tuberías principales: en la operación se debe tener un control periódico de los tramos de tubería de pozo a pozo, estos se realizan con la ayuda de linternas y vertiendo agua en cada tramo, para identificar algún tipo de taponamiento, fisuras o daños en las tuberías, después de control se debe

realizar el mantenimiento, en el cual, identificado algún taponamiento o algún daño en las tuberías, se procede a reparar o reemplazar el tramo de tubería en dado caso no se pueda corregir el daño.

- Conexiones domiciliarias: para la operación se llevará un control frecuentemente semanal del tipo de desechos que se descargan al sistema, así como del estado de la tubería, y para el mantenimiento se debe realizar una limpieza ocasional de la tubería, preferiblemente que sea semestral.

### **3.5. Evaluación de impacto ambiental**

Cualquier actividad desarrollada por el ser humano causa un impacto sobre el medio ambiente, por lo que es de suma importancia que antes de la ejecución de un proyecto se debe evaluar el impacto que este tendrá para la naturaleza, en cumplimiento con el Decreto 68-86, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*, considerando el Acuerdo Gubernativo 23-2003 y reformas 704-2003 y 424-2003. Se realiza la evaluación ambiental para el desarrollo del proyecto y operación del mismo.

De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 137-2016, el cual hace referencia al *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental y su reforma*, se realiza la siguiente evaluación:

Tabla XI. Evaluación ambiental de construcción de drenaje sanitario

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN					
<p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario el Departamento de Atención a la Gestión Ambiental o las Delegaciones Departamentales no lo aceptarán.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Este formato se puede descargar en el portal: <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a> (link: <a href="http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental">http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental</a>)</li> <li>Completar el siguiente instrumento ambiental colocando una X en las casillas donde corresponda, y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso al que corresponde la información.</li> <li>La información debe ser completa, utilizando letra de molde legible, máquina de escribir y/o digital (impreso).</li> <li><b>Todos los espacios deben ser completados</b>, incluso aquellos en que no sean aplicables a su proyecto (explicar la razón o las razones por las que usted lo considera de esa manera).</li> <li>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> <li>En caso el sector de su proyecto, obra, industria o actividad, cuente con guía ambiental, deberá utilizarla como herramienta en este formato para mitigar impactos ambientales.</li> <li>Si la información consignada en el presente formato no llena los aspectos técnicos para el proyecto, obra, industria o actividad, se requerirán ampliaciones de acuerdo a la normativa ambiental vigente.</li> </ul>		<b>Nro. Expediente</b>					
		<b>Firma y sello de recibido</b>					
<b>9. INFORMACIÓN GENERAL</b>							
<b>9.1. Información del Proyecto</b>							
Nombre del proyecto, obra, industria o actividad		Construcción de drenaje sanitario					
Dirección donde se ubica el Proyecto		Aldea El Coco, Jalpatagua, Jutiapa.					
		(Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)					
<b>9.2. Información legal (persona individual o jurídica)</b>							
Nombre del propietario y/o representante legal		Gustavo Adolfo Recinos Corea					
Número de Documento Personal de Identificación (DPI)		N/A					
Razón social		N/A					
Nombre comercial		N/A					
Nro. de escritura constitutiva		N/A					
Fecha de constitución		N/A					
Patente de sociedad		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	
Patente de comercio		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	
Patente de comercio (sucursal)		Registro Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.	

Continuación de la tabla XI.

Finca donde se ubica el proyecto	Finca Nro.		Folio Nro.		Libro Nro.		de	
Número de RTU								
<b>9.3. Información de contacto del proponente</b>								
Teléfono	7963-8106		Correo electrónico		jalpataguamuni@hotmail.com			
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)	Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa. (Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)							
<b>9.4. Información de contacto de profesional de apoyo</b> Si para consignar la información en este formato fue apoyado por un profesional, anote la siguiente información:								
Nombre				Profesión				
Teléfono				Correo electrónico				
Nro. de licencia de consultor (sí aplica)								
<b>9.5. Fases de desarrollo del Proyecto</b>								
Fase de construcción		Fase de operación			Fase de abandono			
¿Aplica? Sí/No	Sí	¿Aplica? Sí/No	Sí	¿Aplica? Sí/No	Sí	¿Aplica? Sí/No	Sí	
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:								
<b>10. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>								
Realizar una breve descripción del proyecto, mencionando las fases que abarcará (construcción, operación y/o abandono), así como las actividades más relevantes de cada fase. Tomar como referencia los planos de distribución.								
Este es un proyecto de beneficio social para la comunidad de la Aldea El Coco, en Jalpatagua, Jutiapa.								
Para el desarrollo de la construcción del proyecto se realizan las siguientes actividades: excavación de zanjas y pozos de visita, conexiones domiciliarias, instalación de tuberías, construcción de pozos de visita, relleno de zanjas y compactación.								
Durante la operación del proyecto, hay inspección de conexiones domiciliarias, inspección de desechos, inspección de colector principal, reparación de tuberías y taponamientos, desecho de acumulación de lodos y sedimentos en pozos de visita, inspección y reparación de tapaderas, actividades que hacen parte del mantenimiento preventivo del proyecto.								
Si hubiese abandono del proyecto, la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa, es la encargada de rellenar y compactar las zanjas hasta alcanzar la rasante y habilitar el paso vehicular.								
Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.								
<b>Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos; o grados decimales)</b>								
Latitud				14° 3'24.17"N				
Longitud				89°56'32.73"O				

Continuación de la tabla XI.

<b>10.1. Área de Influencia indirecta del proyecto</b> Describir detalladamente las características más importantes cercanas al proyecto (viviendas, barrancos, cuerpos de agua, hospitales, iglesias, centros educativos, centros culturales, áreas protegidas, entre otras)						
<b>Dirección</b>		<b>Descripción del entorno</b>			<b>Distancia (metros)</b>	
Norte		Balneario La Cueva de Anda Mira			100	
Sur						
Este						
Oeste						
<b>10.2. Área de Influencia directa del proyecto</b> Actividades colindantes al proyecto (vecindad inmediata).						
Norte		Río Pululá				
Sur						
Este						
Oeste						
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:				Rural		
<b>10.3. Exposición a riesgos</b> Indicar con una X los riesgos a los que se está expuesto por la ubicación del Proyecto.						
Inundación		Explosión		Deslizamientos		Erupciones
Derrumbes		Sismos		x		Incendios
Otros (explicar)						Biológicos
<b>10.4. Área del proyecto</b> En Sistema Internacional (metros cuadrados, hectáreas, o como corresponda).						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área del terreno: área que tiene toda la propiedad, finca o terreno.</li> <li>Área de ocupación: área de intervención que tiene el proyecto en el primer nivel o planta baja.</li> <li>Área de construcción: área total que tiene la intervención del proyecto, desde su planta baja hacia niveles superiores.</li> </ul>						
Área del terreno:		20,000 m2				
Área de ocupación:		4,000 m2				
Área de construcción:		4,000 m2				
<b>10.5. Descripción de las fases de desarrollo del proyecto</b> Proporcionar una descripción de las actividades que apliquen y serán efectuadas en el proyecto. Puede utilizar hojas adicionales de ser necesario, especificando los temas a tratar.						
<b>Fase de construcción</b>		Actividades a realizar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación de zanjas y pozos de visita</li> <li>Construcción de pozos de visita</li> <li>Instalaciones domiciliarias</li> <li>Instalación de tuberías</li> <li>Relleno y compactación de zanjas.</li> </ul>		
		Insumos necesarios		Tubos de PVC, cemento, varillas de acero, arena, piedrín, alambre de amarre, clavos, madera, cal y ladrillo tayuyo.		
		Maquinaria y equipo		Excavadora, mezcladora, compactadora tipo bailarina, palas, piochas, carretillas, cucharas.		
		Horario de trabajo		Lunes a sábado de 7:00 a 17:00 horas		

Continuación de la tabla XI.

	Contratación de personal	Subcontrato				
	Otros de relevancia					
<b>Fase de operación</b>	Actividades o procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de conexiones domiciliarias</li> <li>• Inspección de desechos</li> <li>• Inspección de colector principal</li> <li>• Reparación de tuberías y taponamientos</li> <li>• Desecho de acumulación de lodos y sedimentos en pozos de visita</li> <li>• Inspección y reparación de tapaderas</li> </ul>				
	Materia prima e insumos	Tubería para reparación de tramos dañados, pegamento para PVC, linternas, bolsa de basura, materiales de construcción varios dependen de la reparación que requiera.				
	Maquinaria y equipo	Excavadora, carretillas, brochas, palas, piochas, cucharas.				
	Productos y subproductos (bienes y servicios)	Adhesivos para PVC, moRteros para impermeabilizar				
	Horario de trabajo	Variable, en horario diurno de 7:00 a 16:00 horas				
	Contratación de personal	Colaboradores de la municipalidad				
	Otros de relevancia					
<b>Fase de abandono</b>	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno y compactación de las zanjas hasta la rasante, para habilitar el paso vehicular</li> </ul>				
<b>10.6. Información específica de insumos</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de <b>equipo eléctrico</b>, considerar los lineamientos del Acuerdo Gubernativo Nro. 194-2018: <i>Reglamento para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo Contienen.</i></li> <li>• En el caso de <b>refrigerantes</b>, agroquímicos o aceites dieléctricos a utilizar, especificar tipo y considerar el Convenio de Estocolmo, Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali, Convenio de Basilea, ratificados y vigentes, entre otros que aplique. Remitirse al Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.</li> <li>• Por uso o almacenamiento de hidrocarburos, ver requisito 10.</li> </ul>						
<b>Agua</b>	<b>Forma de suministro</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>
	Servicio municipal	<b>Si</b>	<b>15 m3</b>	<b>Toneles</b>		<b>Regional</b>
	Servicio privado					
	Pozo manual					
	Pozo mecánico					
	Superficial					
	Otro					



Continuación de la tabla XI.

	Tipo	Sí/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad	Proveedor	
<b>Combustibles</b>	Gasolina	Sí	20 galones	Caneca		Regional	
	Diésel						
	Bunker						
	GLP						
	Otro						
<b>Lubricantes</b>	Solubles						
	No solubles						
<b>Energía eléctrica</b>	<b>Forma de suministro</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Proveedor</b>	
	Público						
	Privado						
	Propio						
<b>Equipo eléctrico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Forma de mantenimiento y proveedor</b>		
	Transformadores						
	Condensadores						
	Capacitores						
	Inductores eléctricos						
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico						
	<b>En caso afirmativo indicar lo siguiente:</b>						
	Usuario (correo electrónico) registrado en el sistema de información de PCB:						
	Número de equipos con aceite dieléctrico en la institución:						
	Número de equipos clasificados como:			Sospechoso de PCB:			
Bajo nivel de PCB:							
Contaminado con PCB (mayor a 50 ppm de PCB):							
<b>Otros</b>	<b>Tipo</b> Especificar:		<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>	

Continuación de la tabla XI.

<b>Refrigerantes</b> (para A/C u otro sistema de enfriamiento)					
<b>Agroquímicos y fertilizantes</b> (COP's, organofosforados, fertilizantes nitrogenados, entre otros)					
<b>Baterías de ácido plomo y litio</b>					
<b>Otros gases</b> (hospitalarios, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , etc.)					
<b>11. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>					
<b>11.1. Gases y material particulado</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, producirán gases o partículas (ejemplo: polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, entre otros) que se dispersarán en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generarán.</p>					
<p style="text-align: center;">Polvo ocasionado por los movimientos de tierra</p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p>					
<p style="text-align: center;">Se humedece el terreno constantemente y se le brindará protección respiratoria y ocular a los trabajadores.</p>					
<b>11.2. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes) * Consignar únicamente cuando corresponde</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, producirán radiaciones de tipo ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.</p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para controlar las radiaciones ionizantes o no ionizantes para que no impacten el vecindario o a los trabajadores?</p>					
<b>11.3. Ruidos y vibraciones</b>					
<p>Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto ¿producen sonidos fuertes (ruido) o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (Ejemplo: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros)</p>					
<p style="text-align: center;">Ruido a causa de la maquinaria para movimiento de tierras.</p>					
<p>¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p>					
<p style="text-align: center;">Se brindará equipo de protección auditiva a los trabajadores y se realizarán trabajos en horarios diurnos.</p>					

Continuación de la tabla XI.

<b>11.4. Olores</b>	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del proyecto, ¿generan olores? Explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores.	
No se genera olores	
Explicar qué se hace o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente.	
<b>12. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
<b>12.1. Aguas residuales</b> Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo Nro. 236-2006: <i>Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos y sus Reformas.</i>	
<b>Fase de construcción</b>	
tipo de aguas residuales (aguas) se generarán? Marcar con una X mación.	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial)  <input type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse.	
Estas serán generadas por las letrinas construidas en campo, las cuales serán extraídas periódicamente.	
<b>Fase de operación</b>	
tipo de aguas residuales (aguas) se generarán? Marcar con una X mación.	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial)  <input type="checkbox"/> Otro
Indicar caudal de agua residual a generarse (de tipo ordinario y/o especial).	
1,258 L/s, si todos los tramos del sistema trabajan en simultaneo.	
Según Acuerdo Gubernativo Nro. 236-2006 y por las características del proyecto, ¿es necesario implementar sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta.	
Si, ya que este aplica para todo ente que genere aguas residuales y sean descargadas a cuerpos de agua.	
<b>Sistema de tratamiento de aguas residuales</b>	
Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales antes de su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).	

Continuación de la tabla XI.

<b>12.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)</b>
¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías y que impidan la infiltración natural del agua de lluvia durante todas las fases del proyecto?
No aplica
Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunetas, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros)
No aplica
<b>13. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>
<b>13.1. Cambio de uso del suelo</b>
Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo?
No aplica, ya que el desarrollo del proyecto no altera el uso del suelo en el área de implementación.
¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del proyecto?
No aplica
<b>13.2. Geomorfología</b>
¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad.
Si, 10 600 m3 de tierra.
<b>13.3. Calidad del suelo</b>
<b>Residuos y desechos comunes:</b> aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana o al ambiente, por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes u otras de similar riesgo.
<b>Residuos y desechos peligrosos:</b> entiéndase los peligrosos aquellos que poseen al menos una de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infecciosos. Incluye los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Pueden ser luminarias (lámparas), solventes, baterías (cadmio, ácido plomo, litio, entre otros), desechos hospitalarios y demás.
<b>Residuos y desechos de manejo especial:</b> aquellos que, aunque no posean las características de los residuos y desechos peligrosos, requieren de un manejo específico, en virtud de su tamaño, volumen, complejidad o potencial de riesgo de algunos de sus componentes.

Continuación de la tabla XI.

<p align="center"><b>Generación de residuos y desechos sólidos comunes.</b></p> <p>Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>Hasta 5 kg/día</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>De 5 a 20 kg/día</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>De 20 a 100 kg/día</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Mayor a 100 kg/día</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Hasta 5 kg/día	<input type="checkbox"/>	De 5 a 20 kg/día	<input type="checkbox"/>	De 20 a 100 kg/día	<input checked="" type="checkbox"/>	Mayor a 100 kg/día				
<input type="checkbox"/>	Hasta 5 kg/día												
<input type="checkbox"/>	De 5 a 20 kg/día												
<input type="checkbox"/>	De 20 a 100 kg/día												
<input checked="" type="checkbox"/>	Mayor a 100 kg/día												
<p>Describir acciones de reducción, reúso y clasificación para valorización. Considerar los lineamientos estipulados en el Acuerdo Ministerial 6-2019: <i>Guía para la identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes.</i></p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fase de construcción</th> <th style="text-align: center;">Fase de operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Serán extraídos de la letrina por empresa de subcontrato</td> <td style="padding: 2px;">El sistema de drenaje sanitario descarga las aguas residuales en la planta de tratamiento</td> </tr> </tbody> </table>	Fase de construcción	Fase de operación	Serán extraídos de la letrina por empresa de subcontrato	El sistema de drenaje sanitario descarga las aguas residuales en la planta de tratamiento									
Fase de construcción	Fase de operación												
Serán extraídos de la letrina por empresa de subcontrato	El sistema de drenaje sanitario descarga las aguas residuales en la planta de tratamiento												
<p>Describir el manejo de los residuos y desechos sólidos a generar, tales como el acopio, almacenamiento, extracción, tratamiento y/o disposición final.</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fase de construcción</th> <th style="text-align: center;">Fase de operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Los desechos extraídos son tratados antes de ser desechados.</td> <td style="padding: 2px;">Antes de ser descargadas las aguas residuales al cuerpo de agua receptor, esta pasa por un proceso en la planta de tratamiento.</td> </tr> </tbody> </table>	Fase de construcción	Fase de operación	Los desechos extraídos son tratados antes de ser desechados.	Antes de ser descargadas las aguas residuales al cuerpo de agua receptor, esta pasa por un proceso en la planta de tratamiento.									
Fase de construcción	Fase de operación												
Los desechos extraídos son tratados antes de ser desechados.	Antes de ser descargadas las aguas residuales al cuerpo de agua receptor, esta pasa por un proceso en la planta de tratamiento.												
<hr/>													
<p align="center"><b>Generación de residuos y desechos peligrosos.</b></p> <p>Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>Hasta 0,5 kg/mes</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>De 0,5 a 5 kg/mes</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>De 5 a 50 kg/mes</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>Mayor a 50 kg/mes</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Hasta 0,5 kg/mes	<input type="checkbox"/>	De 0,5 a 5 kg/mes	<input type="checkbox"/>	De 5 a 50 kg/mes	<input type="checkbox"/>	Mayor a 50 kg/mes				
<input type="checkbox"/>	Hasta 0,5 kg/mes												
<input type="checkbox"/>	De 0,5 a 5 kg/mes												
<input type="checkbox"/>	De 5 a 50 kg/mes												
<input type="checkbox"/>	Mayor a 50 kg/mes												
<p>Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos peligrosos dentro del proyecto.</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fase de construcción</th> <th style="text-align: center;">Fase de operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Fase de construcción	Fase de operación											
Fase de construcción	Fase de operación												
<p>Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos peligrosos.</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fase de construcción</th> <th style="text-align: center;">Fase de operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Fase de construcción	Fase de operación											
Fase de construcción	Fase de operación												
<p>Indicar las medidas a adoptar para la correcta gestión de equipos con aceite dieléctrico a fin de prevenir la contaminación con PCB, indicando la actividad a realizar y plazos de estas:</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">• Compra de equipos con aceite dieléctrico:</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">• Inventario de equipos:</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">• Análisis químico y etiquetado:</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">• Operación y mantenimiento:</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">• Almacenamiento temporal:</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">• Disposición final:</td><td></td></tr> </table>	• Compra de equipos con aceite dieléctrico:		• Inventario de equipos:		• Análisis químico y etiquetado:		• Operación y mantenimiento:		• Almacenamiento temporal:		• Disposición final:		
• Compra de equipos con aceite dieléctrico:													
• Inventario de equipos:													
• Análisis químico y etiquetado:													
• Operación y mantenimiento:													
• Almacenamiento temporal:													
• Disposición final:													
<hr/>													

Continuación de la tabla XI.

<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p><b>Generación de residuos y desechos de manejo especial.</b>                      Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.</p> </div>	
Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos de manejo especial dentro del proyecto.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos de manejo especial.	
<b>Fase de construcción</b>	<b>Fase de operación</b>
<b>14. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
¿En el sitio donde se ubica el proyecto existen bosques, animales u otros? Especificar la información.	
¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.	
Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.	
En caso existan impactos al elemento biótico, proponer las medidas de mitigación para reducir, minimizar, remediar o compensar los impactos.	
<b>15. IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS</b>	
<b>15.1. Elementos socioeconómicos y culturales</b>	
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿existe alguna(s) etnia(s) predominantes? Indicar cuál.	
Ladinos	
¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.	
Si, debido a la obstaculización del tránsito vehicular durante el desarrollo del proyecto.	
¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad de unidades y lugar de estacionamiento.	
Si, paso continuo de tránsito liviano, tránsito pesado esporádico y maquinaria pesada durante la ejecución del proyecto, ya que este se desarrolla sobre las calzadas principales de la aldea.	

## Continuación de la tabla XI.

¿Qué medidas se hacen o se proponen realizar para no afectar al vecindario?
Utilizar parcialmente la calzada para no detener el tránsito y habilitar vías alternas.
En el área del proyecto o sus alrededores, ¿existe algún vestigio paleontológico o arqueológico? Explique de qué trata, dónde está ubicado, y a qué distancia de donde se propone el proyecto. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.
No aplica
<b>15.2. Elementos estéticos</b>
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.
No aplica
Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.
No aplica
¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la implementación del proyecto?
No aplica
<b>16. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>
De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para realizar los distintos trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lentes protectores</li><li>• Guantes de trabajo</li><li>• Mascarilla KN95</li><li>• Casco</li><li>• Botas industriales</li><li>• Reflectivos</li></ul>

Fuente: MARN. (2022). *Actividades del bajo impacto ambiental*.

### 3.6. Evaluación socioeconómica

Se desarrolla a continuación:

#### 3.6.1. Valor Presente Neto (VPN)

Uno de los principales objetivos en las municipalidades es velar por el desarrollo y bienestar de las comunidades, es por ello que se tiene un fondo

destinado para esto, con el fin de ejecutar proyectos que impulsen el desarrollo y mejoren la calidad de vida en las comunidades. La ejecución del sistema de drenaje sanitario es de gran beneficio para la comunidad de la aldea El Coco, por lo que es importante evaluar la factibilidad de este, lo cual se realiza con el siguiente análisis socioeconómico:

Se debe tener en cuenta que la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa, debe invertir la cantidad de Q 5 522 539,10 para la ejecución del proyecto, además de un costo mensual de Q 2 500,00 por mantenimiento del sistema. Pero, para evaluar que este sea factible, debe haber un retorno económico, por lo cual se proyecta tener los siguientes ingresos: ahorro de Q 1 518 593,23 por mano de obra en la construcción del sistema de drenaje sanitario, ya que se estima utilizar mano de obra de la población beneficiada con la ejecución del proyecto, así mismo se cobrará Q 20,00 mensualmente por vivienda de la población beneficiada. Tomando en cuenta un 15 % de interés estimado para los 30 años de vida útil, se evalúa la factibilidad del proyecto por medio del Valor Presente Neto (VPN).

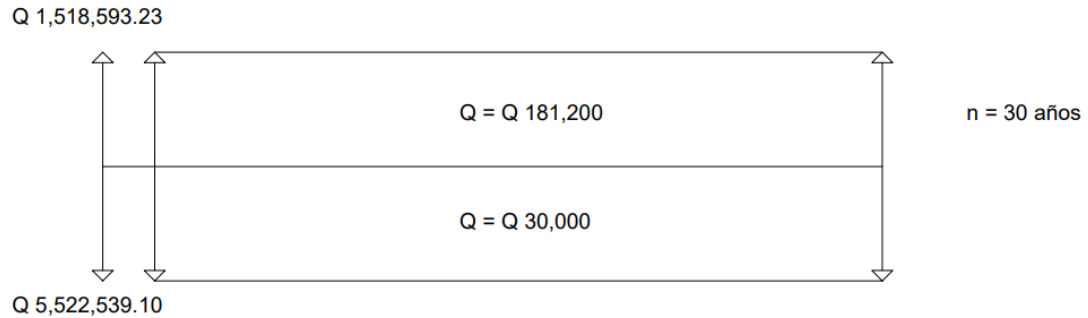
**Tabla XII. Evaluación de costos e ingresos del drenaje**

	Operación	Resultado
Costo Inicial		Q5,522,539.10
Ahorro M.O.		Q1,518,593.23
Costo por mantenimiento anual	(Q 2,500/mes)(12 meses)	Q30,000.00
Ingresos anuales	(Q 20/mes)(755 viviendas)(12 meses)	Q181,200.00
Vida útil		30 años

Fuente: elaboración propia.



Figura 39. **Gráfico de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Los valores representados en la gráfica anterior se pueden interpretar de la siguiente manera: los valores sobre la horizontal representan los ingresos y los que se encuentran bajo la horizontal representan los egresos.

$$VPN = - 5,522,539.10 + 1,518,593.23 - 30,000 (1 + 0.15)^{30} + 181,200 (1 + 0.15)^{30}$$

$$VPN = 6,007,274.05$$

Tomando en consideración que los resultados obtenidos en la evaluación del VPN son positivos, es posible interpretar que la ejecución del proyecto es factible, tanto económica como socialmente, ya que se puede añadir la disminución que se tendrá en la población de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, y el desarrollo comercial de la región.

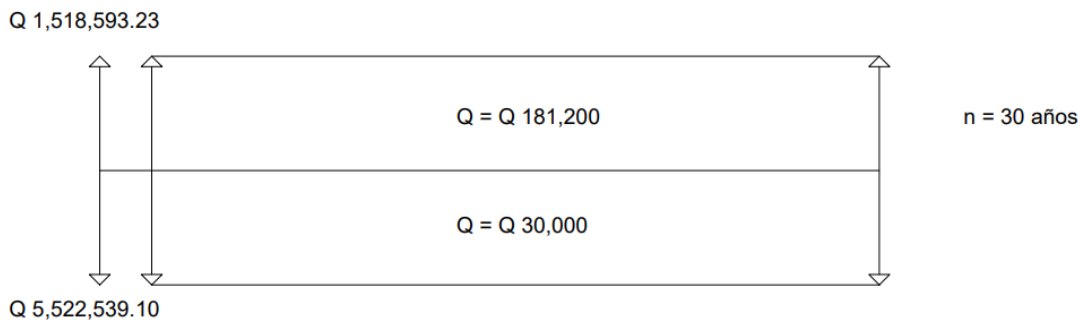
### 3.6.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para la evaluación de la tasa interna de retorno se debe tomar en cuenta la inversión inicial de Q 5 522 539.10 para la ejecución del proyecto, y la inversión

anual de Q 30 000 para el mantenimiento del sistema, que tendrá que estimar la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa. También se debe considerar el ahorro inicial de Q 1 518 593,23 por utilizar la mano de obra brindada por la población y un ingreso fijo anual de Q 181 200 por cobro para mantenimiento periódico del sistema que sirve a las 755 viviendas beneficiadas actualmente, monto que será utilizado para cubrir los gastos que se tendrán a lo largo de los 30 años de vida útil del proyecto.

El siguiente gráfico presenta la evaluación de los ingresos y egresos del proyecto a lo largo de la vida útil del mismo.

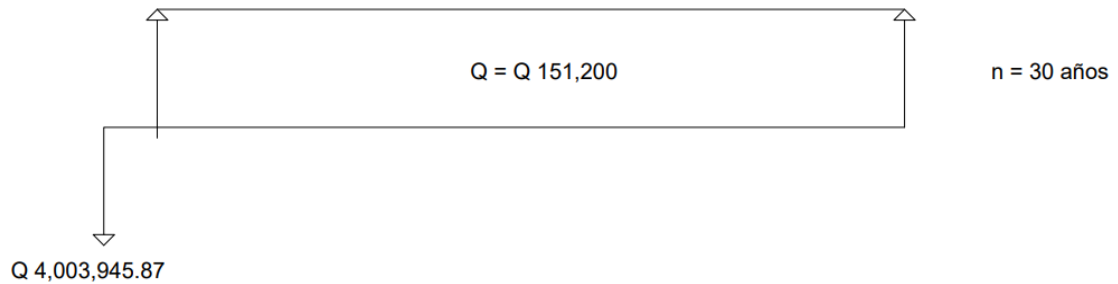
Figura 40. **Gráfico de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Simplificando el gráfico anterior y operando los valores evaluados para el mismo intervalo de tiempo, se obtiene el siguiente:

Figura 41. **Gráfico simplificado de evaluación de costo e ingresos**



Fuente: elaboración propia.

Con la gráfica anterior se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la siguiente manera:

- Utilizando una tasa de interés del 10 %:

$$VPN = -4\,003\,945,87 + 151\,200 (1+0,10)^{30} = -1\,365\,596,25$$

- Utilizando una tasa de interés del 15 %:

$$VPN = -4\,003\,945,87 + 151\,200 (1+0,15)^{30} = 6\,007\,274,05$$

Se utilizan los valores obtenidos anteriormente y, con ayuda de interpolación matemática, se encuentra el porcentaje de interés adecuado:

$$\frac{15 - i}{15 - 10} = \frac{6,007,274.05}{6,007,274.05 - (-1,365,596.25)}$$

$$i = 15 - \frac{(6,007,274.05)(15 - 10)}{6,007,274.05 - (-1,365,596.25)}$$

$$i = 10.93 \%$$

### **3.7. Presupuesto para el proyecto**

Se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla XIII. Presupuesto para la construcción del sistema de drenaje sanitario**

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA						
PRESUPUESTO						
No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
1.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES				Q188,216.25	
1.01.00	Construcción de bodega provisional de lamina de zinc y parales de madera. Dimensiones: 6.0x10.0 m	1.00	unidad	Q17,708.98	Q17,708.98	
1.02.00	Limpieza general y chapeo	20000.00	M2	Q4.61	Q92,148.32	
1.03.00	Trazado	5000.00	ml	Q12.76	Q63,783.89	
1.04.00	Topografía de rectificación	1.00	Global	Q14,575.05	Q14,575.05	
2.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				Q808,142.11	
2.01.00	Excavación de zanjas para colocación de tuberías	5635.60	m3	Q6.64	Q37,413.83	
2.02.00	Excavación para construcción de pozos de visita; incluye extracción de material resultante	103.00	unidad	Q970.51	Q99,962.51	
2.03.00	Excavación para candelas domiciliarias; incluye extracción de material resultante	755.00	unidad	Q45.38	Q34,265.57	
2.04.00	Excavación de zanjas para conexiones domiciliarias	543.60	m3	Q6.64	Q3,608.87	
2.05.00	Conformación de base o encamamiento al fondo de las zanjas para colocación de tuberías	525.00	m3	Q79.50	Q41,735.93	
2.06.00	Relleno + compactación de zanjas posterior a colocación de tubería; incluye extracción de material resultante	5110.60	m3	Q105.82	Q540,791.18	
2.07.00	Relleno + compactación de zanjas posterior a colocación de tubería para conexiones domiciliarias; incluye extracción de material resultante	543.60	m3	Q92.65	Q50,364.23	
3.00.00	POZOS DE VISITA				Q1,253,616.89	
3.01.00	Construcción de pozos de visita h < 2m; incluye levantamiento de muro de ladrillo tayuyo colocado de punta (cono + cilindro) + fundición de base de concreto con t. 0.15 m, diametro de 1.70 m + armado de refuerzo + escalones	89.00	unidad	Q9,105.69	Q810,406.37	
3.02.00	Construcción de pozos de visita h > 2m; Incluye levantamiento de muro de ladrillo tayuyo colocado de punta (cono + cilindro) + fundición de base de concreto con t. 0.15 m, diametro de 1.70 m + armado de refuerzo + escalones	13.00	unidad	Q17,826.60	Q231,745.82	
3.03.00	Construcción de pozo de visita PV-21 con disipadores de energía; Incluye levantamiento de muro de ladrillo tayuyo colocado de punta (cono + cilindro) + fundición de base de concreto con t. 0.15 m, diametro de 1.70 m + armado de refuerzo + armado y fundición de 4 placas para disipadores de energía + escalones	1.00	unidad	Q34,398.25	Q34,398.25	
3.04.00	Armado y fundición de brocal y tapadera para pozos de visita. Diametro 1.10 m, h.brocal. 0.20 m y t. tapadera. 0.12 m	103.00	unidad	Q1,719.09	Q177,066.46	
4.00.00	INSTALACION DE TUBERIA				Q1,368,460.29	
4.01.00	Suministro e instalación de tubería PVC de 6"	3751	ml	Q208.21	Q780,988.65	
4.02.00	Suministro e instalación de tubería PVC de 8"	434	ml	Q295.35	Q128,181.05	
4.03.00	Suministro e instalación de tubería PVC de 10"	252	ml	Q444.49	Q112,010.44	
4.04.00	Suministro e instalación de tubería PVC de 12"	202	ml	Q587.71	Q118,717.22	
4.05.00	Suministro e instalación de tubería PVC de 15"	261	ml	Q875.72	Q228,562.92	
5.00.00	CONEXIONES DOMICILIARES				Q1,811,955.24	
5.01.00	Suministro e instalación de tubo de concreto 15" para candela domiciliar; Incluye fundición de fondo de candela, brocal y tapadera + cernido y repello	755	unidad	Q1,010.26	Q762,748.82	
5.02.00	Suministro e instalación de tubería pvc de 4" para conexión de candelas hacia colector principal + accesorios	755	ml	Q1,389.68	Q1,049,206.42	
6.00.00	TRABAJOS FINALES				Q92,148.32	
6.01.00	Limpieza general para entrega de proyecto; incluye extracción de material resultante	20000.00	m2	Q4.61	Q92,148.32	
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>Q5,522,539.10</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Cronograma del proyecto

Se presenta en la siguiente tabla:

Tabla XIV. Cronograma de ejecución para la construcción del sistema de drenaje sanitario

DESARROLLO DE TRABAJO DE INGENIERÍA PARA LA ABASTECIMIENTO DE AGUA EN COCA, MANAYACHA, UTAHA COCO SENNA													
REQUERIMIENTO	CANTIDAD	UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	PROGRESO DE EJECUCIÓN ACUMULADO	COSTO TOTAL	AVANCE FINANCIERO
<b>TRABAJO DE INGENIERÍA</b>													
Consultoría de ingeniería para el diseño de tuberías y pozos de ventilación	1.00	unidad									0.20%	07,739.86	07,739.86
Diseño de tuberías y pozos	2000.00	m2									1.98%	021,481.21	029,221.07
Impresión y dibujo	500.00	m									1.50%	05,133.88	034,354.95
Transporte de materiales	1.00	unidad									3.48%	08,214.62	042,569.57
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>													
Excavación de zanjas para tuberías de 1.50 m de diámetro	600.00	m3									0.08%	07,743.83	050,313.38
Excavación para construcción de pozos de ventilación y de acceso de tuberías	100.00	unidad									5.90%	05,915.25	056,228.63
Excavación para instalación de tuberías, tuberías de acceso de material	75.00	unidad									6.52%	04,465.57	060,694.20
Excavación de zanjas para construcción de tuberías	400.00	m3									0.07%	03,638.67	064,332.87
Construcción de bases y cimentaciones de tuberías para pozos de ventilación	50.00	m3									0.79%	04,173.65	068,506.52
<b>POZOS DE VISITA</b>													
Instalación de tuberías de ventilación de 1.50 m de diámetro para pozos de ventilación	80.00	unidad									14.85%	020,540.37	089,046.89
Instalación de tuberías de ventilación de 1.50 m de diámetro para pozos de ventilación	130.00	unidad									4.20%	021,145.02	0110,191.91
Instalación de tuberías de ventilación de 1.50 m de diámetro para pozos de ventilación	1.00	unidad									0.02%	03,478.35	0113,670.26
Instalación de tuberías de ventilación de 1.50 m de diámetro para pozos de ventilación	100.00	unidad									3.20%	07,736.46	0121,406.72
<b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA</b>													
Suministro e instalación de tuberías PVC de 6"	375.00	m									14.40%	030,988.62	0154,605.34
Suministro e instalación de tuberías PVC de 8"	64.00	m									2.32%	03,116.02	0157,721.36
Suministro e instalación de tuberías PVC de 10"	25.00	m									2.09%	01,010.04	0158,731.40
Suministro e instalación de tuberías PVC de 12"	300.00	m									2.15%	03,117.22	0161,848.62
Suministro e instalación de tuberías PVC de 15"	261.00	m									4.49%	023,632.24	0185,480.86
<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>													
Suministro e instalación de tuberías de acceso de 15" para cada domicilio	75.00	unidad									13.80%	032,748.87	0218,229.73
Suministro e instalación de tuberías de acceso de 15" para cada domicilio	630.00	m									30.20%	01,993,166.00	0220,222.93
<b>TRABAJO DE PAVIMENTOS</b>													
Pavimento de concreto para el acceso de tuberías, incluye acceso de material y transporte	500.00	m3									9.70%	040,171.56	0260,394.49
Pavimento de concreto para el acceso de tuberías, incluye acceso de material y transporte	400.00	m3									0.50%	02,184.12	0262,578.61
Impresión y dibujo para el proyecto, incluye acceso de material y transporte	2000.00	m2									1.67%	02,148.32	0264,726.93

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el presente trabajo de graduación, se concluye que:

1. La ejecución del puente vehicular dará acceso a las aldeas El Jicaral, El Aceituno, Las Moritas, también caseríos como El Cuje, El Tename, Carrizo y La Esperanza, siendo beneficiadas aproximadamente 560 familias, permitiendo el ingreso de mayor comercio para mejorar la calidad de vida y la economía de la región.
2. Con la implementación de una estructura para el puente, sin pila central, se mejora el drenaje de la estructura existente para el caudal del río, evitando taponamientos por el arrastre de árboles y desbordamientos que obstruyan el paso vehicular en la época lluviosa.
3. Se diseña un puente tipo viga-losa, empleando las normas de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO) y del Instituto Americano del Concreto (ACI), para lo cual se considera el camión de diseño HL-93 por su capacidad de carga, que satisface la necesidad del tipo de tránsito proyectado que transitará sobre el puente y garantiza una estructura confiable y segura para el servicio de las comunidades beneficiadas.
4. La construcción del sistema de drenaje sanitario mejorará las condiciones de vida para los habitantes de la aldea El Coco, brindándoles un mejor manejo de las aguas servidas y evitando la propagación de enfermedades

respiratorias y gastrointestinales. Así mismo, se beneficiará a 755 familias e impulsará el desarrollo comercial y económico del sector.

5. Se diseña un sistema de drenaje sanitario, tomando en cuenta las recomendaciones y consideraciones de diseño de alcantarillados presentadas en las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), exceptuando tramos en los que las condiciones de las pendientes pronunciadas del terreno no permitían velocidades máximas de 2,5 m/s, por lo que se tomó una velocidad máxima de 3,0 m/s, considerando que es tubería PVC y resiste hasta 5,0 m/s, según el fabricante, evitando profundizar la tubería y pozos de visita. Esto garantiza que el sistema tendrá un funcionamiento óptimo y eficiente, si este recibe un mantenimiento preventivo adecuado y periódicamente.
6. Mediante una evaluación ambiental y socioeconómica, se determina que el impacto de la ejecución de los proyectos no es significativo para el medio ambiente y que es viable la implementación de los proyectos para el desarrollo de las comunidades beneficiadas.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Jalpatagua, Jutiapa:

1. Asignar un encargado profesional de ingeniería civil para la ejecución de los proyectos, de manera que este pueda garantizar el correcto desarrollo de los proyectos con base en lo planificado en planos, el empleo de materiales con la calidad y resistencias estipuladas en las especificaciones técnicas, así como el adecuado manejo financiero de los fondos asignados para la ejecución.
2. Realizar una revisión periódica de la estructura del puente para identificar cualquier tipo de daño y velar por el mantenimiento preventivo de la estructura, además, aplicar anticorrosivo en los elementos de acero expuestos a la intemperie, realizar el reemplazo de piedra bola en áreas de socavamiento, cambiar la capa asfáltica deteriorada sobre la losa cuando sea necesario, entre otras acciones que puedan ayudar a garantizar el funcionamiento óptimo del puente durante su vida útil.
3. Implementar, después de la ejecución del proyecto del puente, la señalización de la presencia del puente a una distancia de anticipación adecuada, así como para el ingreso y egreso del puente, para el barandal y banqueta, y en la capa de rodadura del puente. Toda esta señalización debe colocarse en material reflectivo, para poder ser percibida por el usuario en cualquier horario del día.

4. Realizar un plan de operación y mantenimiento para el sistema de drenaje sanitario, con el cual se pueda garantizar el buen uso del servicio y velar por el mantenimiento preventivo periódico de la estructura del sistema, a fin de que este pueda brindarle a la población un servicio óptimo y de calidad durante su vida útil.
5. Construir una planta de tratamiento con la capacidad del volumen de agua a descargar por el sistema de drenaje sanitario, la cual esté diseñada por un profesional de ingeniería civil o ingeniería sanitaria, que garantice su buen funcionamiento y eficiencia, a fin de realizar el tratamiento adecuado de aguas residuales para su descarga al cuerpo de agua receptor y cumplir con el Acuerdo Gubernativo 254-2019: *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*.
6. Realizar un plan de análisis y mitigación de riesgos para los colaboradores de la ejecución de los proyectos, de acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 057-2022: *Reglamento de salud y seguridad ocupacional*. También velar por el cumplimiento de las condiciones seguras de trabajo y uso de equipo de protección personal (EPP), para proteger la integridad física de los colaboradores.
7. Señalizar, en todo momento durante la ejecución de los proyectos, el área de trabajo y zanjas, a fin de evitar cualquier accidente vehicular o altercado con los habitantes del sector.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *Especificaciones para el diseño de puentes mediante el método de factores de carga y resistencia*. Estados Unidos: AASHTO.
2. American Concrete Institute. (2014). *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario*. Estados Unidos: ACI 318-14.
3. Chicas, B. (2011). *Diseño de alcantarillado sanitario para la aldea San Lorenzo El Cubo, del Municipio de Ciudad Vieja, Departamento de Sacatepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
4. Del Valle, A. (2010) *Diseño de puente vehicular en la aldea Las Lagunas y diseño de drenaje sanitario para la colonia Los Pinos, Municipio de Huehuetenango, Departamento de Huehuetenango* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
5. Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Obras Públicas. (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC.
6. España, L. (2007). *Diseño de drenaje sanitario y pavimentación para el barrio Nuevo San José, Municipio de San José, Departamento de*

*Petén* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

7. Félix, J. (2004). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en aldea Lo de Hernández y puente vehicular aldea El Terrero del Municipio de Huehuetenango, Huehuetenango* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Instituto de Fomento Municipal. (2001). *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM.
9. López, L. (2008). *Diseño de puente vehicular para la comunidad Río Grande, Los Llanos, Municipio de Joyabaj, Quiché* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Rodríguez, A. (2022) *Puentes con AASHTO LRFD 2020*. Perú: Prometeo Desencadenado.

## **APÉNDICES**

- Apéndice 1. **Cálculo hidráulico del sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.



DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

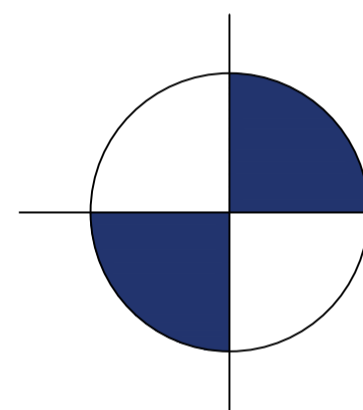
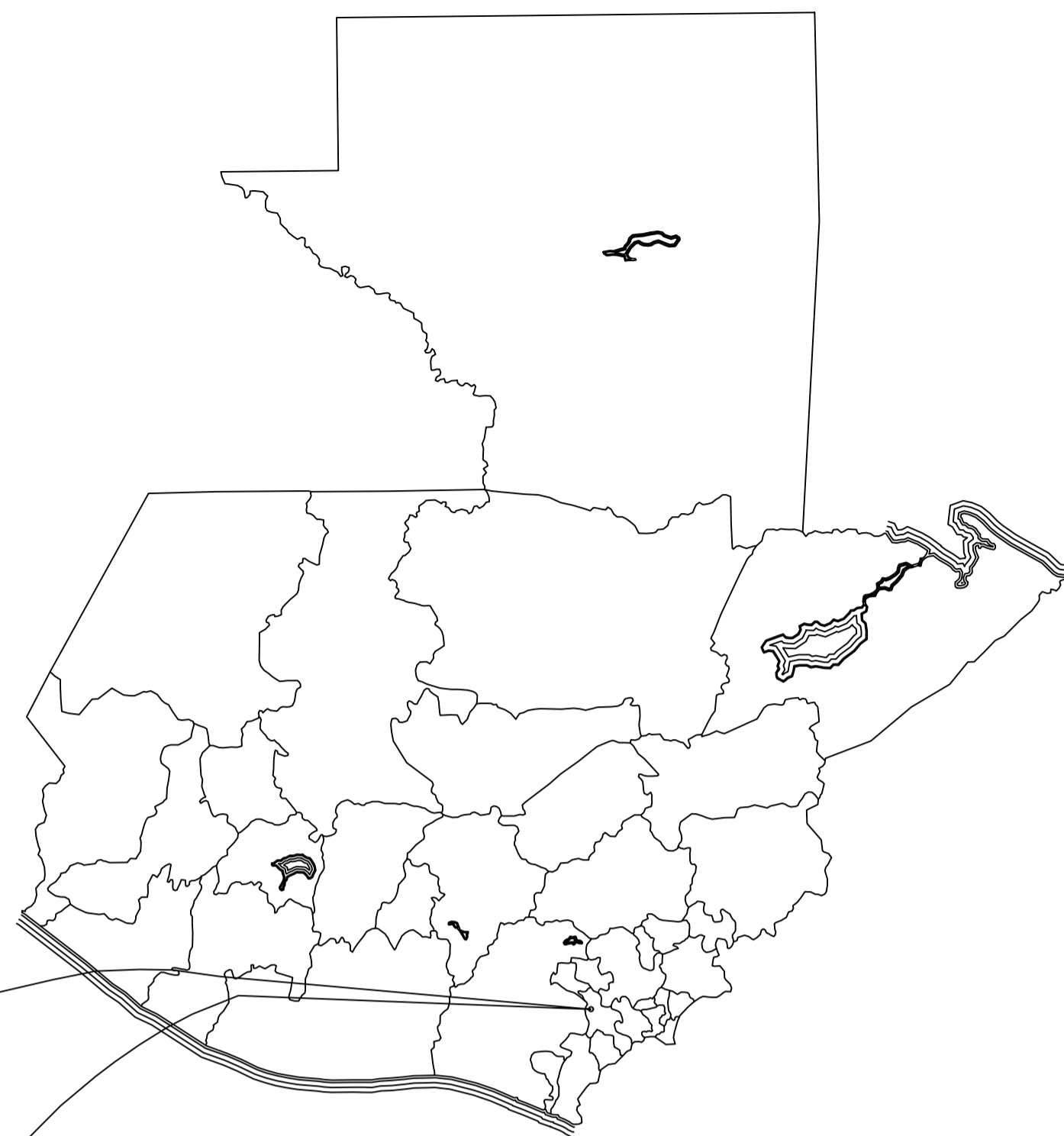
DE PV	A PV	Cota de terreno		ΔH (m)	Dist. Horizontal (m)	Dist. Horizontal Acumulada (m)	Excavación (m³)	No. tubos	S (%) Terreno	No. de viviendas		Hab. A servir		FQM		Factor Harmon		Qd (L/s)		Diametro Tuberia (plg)	S (%) Tuberia	Seccion llena			v= v/V*V (m/s)	Cota Invert		Prof. De pozo		Chequeo h=2/2g			
		Inicio	Final							Actual	Acumulado	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	V (m/s)	A (plg2)			Q (L/s)	q/Q	v/V		d/D	Inicio	Final	Inicio		Final		
1.1	1.0	107.74	107.45	0.29	18.28	18.28	13.79	3	1.59	9	9	45	121	0.005	0.005	4.32	4.22	0.97	2.54	6	0.49	0.79	28.27	14.00	0.181746	0.760316	0.29	0.60	106.39	106.29	1.35	1.16	0.02
1.0	2.0	107.45	107.91	-0.46	16.70	34.98	14.71	3	-2.74	3	12	60	161	0.005	0.005	4.30	4.18	1.29	3.36	6	0.54	0.87	28.27	15.30	0.219673	0.802488	0.32	0.70	106.26	106.21	1.19	1.70	0.02
2.0	3.0	107.91	107.69	0.22	23.81	58.79	24.38	4	0.92	5	17	85	228	0.005	0.005	4.26	4.13	1.81	4.70	6	0.71	1.00	28.27	17.70	0.265519	0.845485	0.35	0.85	106.18	106.04	1.73	1.65	0.04
3.0	4.0	107.69	106.48	1.21	28.22	87.01	24.39	5	4.29	5	22	110	295	0.005	0.005	4.23	4.08	2.33	6.02	6	2.52	1.81	28.27	31.90	0.188569	0.768997	0.30	1.39	106.01	105.33	1.68	1.15	0.10
4.0	5.0	106.48	106.09	0.39	16.05	103.06	11.58	3	2.43	2	24	120	322	0.005	0.005	4.22	4.07	2.53	6.54	6	2.43	1.77	28.27	31.30	0.208818	0.791539	0.31	1.40	105.30	104.94	1.68	1.15	0.10
5.0	6.0	106.09	106.74	-0.65	54.45	157.51	69.93	9	-1.19	9	33	165	442	0.005	0.005	4.18	4.00	3.45	8.84	6	1.56	1.42	28.27	25.00	0.353793	0.914237	0.41	1.30	104.91	104.09	1.18	2.65	0.09
25.0	26.0	110.75	111.07	-0.32	22.08	179.59	25.43	4	-1.45	2	10	27	70	0.005	0.005	4.41	4.36	0.22	0.58	6	2.17	1.66	28.27	29.40	0.019879	0.396055	0.10	0.66	109.40	108.91	1.35	2.16	0.02
26.0	27.0	111.07	109.86	1.21	22.91	202.50	26.61	4	5.28	4	6	30	80	0.005	0.005	4.35	4.27	0.65	1.72	6	1.79	1.50	28.27	26.60	0.064494	0.563791	0.17	0.85	108.88	108.51	2.19	1.35	0.04
27.0	28.0	109.86	107.74	2.12	91.15	293.65	75.49	15	2.33	9	15	75	201	0.005	0.005	4.28	4.15	1.60	4.17	6	2.33	1.74	28.27	30.70	0.135741	0.699064	0.25	1.22	108.48	106.39	1.38	1.35	0.08
28.0	29.0	107.74	106.69	1.05	38.58	332.23	31.94	6	2.72	7	22	110	295	0.005	0.005	4.23	4.08	2.33	6.02	6	2.72	1.87	28.27	33.10	0.181732	0.760316	0.29	1.42	106.36	105.34	1.38	1.35	0.10
29.0	30.0	106.69	105.86	0.83	88.56	420.79	67.23	15	0.94	6	28	140	375	0.005	0.005	4.20	4.04	2.94	7.57	6	0.68	1.12	28.27	19.80	0.382258	0.933267	0.43	1.05	105.31	104.74	1.38	1.12	N/A
30.0	31.0	105.86	105.78	0.08	24.41	445.20	17.23	4	0.33	2	30	150	402	0.005	0.005	4.19	4.02	3.14	8.08	6	0.53	0.87	28.27	15.30	0.528172	1.014067	0.52	0.88	104.71	104.61	1.15	1.17	N/A
31.2	31.1	107.23	106.79	0.44	64.08	509.28	52.69	11	0.69	11	11	55	147	0.005	0.005	4.31	4.19	1.18	3.09	6	0.69	0.94	28.27	16.60	0.186147	0.766117	0.29	0.72	105.88	105.43	1.35	1.36	0.03
31.1	31.0	106.79	105.78	1.01	47.85	557.13	37.18	8	2.11	8	19	95	255	0.005	0.005	4.25	4.11	2.02	5.23	6	1.73	1.50	28.27	26.60	0.196560	0.777553	0.30	1.17	105.40	104.61	1.39	1.17	0.07
31.0	6.0	105.78	106.74	-0.96	103.58	660.71	133.00	17	-0.93	9	58	245	656	0.005	0.005	4.11	3.91	5.04	12.84	6	0.50	0.79	28.27	14.00	0.916832	1.134259	0.75	0.90	104.58	104.09	1.20	2.65	0.04
6.0	7.0	106.74	106.88	-0.14	32.88	693.59	67.13	5	-0.43	6	97	485	1300	0.005	0.003	3.98	3.72	9.65	16.48	8	0.64	1.15	50.27	37.10	0.444167	0.970606	0.47	1.12	104.00	103.83	2.74	3.05	0.06
7.0	8.0	106.88	106.93	-0.05	40.33	733.92	91.93	7	-0.12	9	106	530	1420	0.005	0.003	3.96	3.70	10.50	17.20	8	0.74	1.23	50.27	39.60	0.434411	0.964962	0.46	1.19	103.80	103.53	3.08	3.40	0.07
8.0	9.0	106.93	106.35	0.58	29.69	763.61	67.17	5	1.95	8	114	570	1527	0.005	0.003	3.94	3.67	11.24	17.84	8	0.61	1.15	50.27	37.10	0.480932	0.990511	0.49	1.14	103.50	103.35	3.43	3.00	0.07
9.2	9.1	107.23	107.04	0.19	26.47	790.08	21.70	4	0.72	8	8	40	107	0.005	0.005	4.33	4.24	0.87	2.27	6	0.72	1.00	28.27	17.70	0.128229	0.687704	0.24	0.69	105.88	105.69	1.35	1.35	0.02
9.1	9.0	107.04	106.35	0.69	39.62	829.70	61.16	7	1.74	7	15	75	201	0.005	0.005	4.28	4.15	1.60	4.17	6	5.78	2.74	28.27	48.50	0.085922	0.613230	0.20	1.68	105.66	103.40	1.38	2.95	0.14
9.0	10.0	106.35	106.15	0.20	56.93	886.63	125.77	9	0.35	12	141	705	1889	0.005	0.003	3.89	3.60	12.84	19.98	8	0.70	1.15	50.27	37.10	0.538471	1.018858	0.52	1.17	103.32	102.95	3.03	3.20	0.07
10.1	10.0	107.04	106.15	0.89	52.66	939.29	92.72	9	1.69	10	10	50	134	0.005	0.005	4.31	4.21	1.08	2.82	6	4.35	2.35	28.27	41.50	0.067901	0.971638	0.18	1.34	105.29	103.00	1.75	3.15	0.09
10.2	11.0	106.15	105.74	0.41	36.94	976.23	82.14	6	1.11	6	157	785	2103	0.004	0.003	3.87	3.57	13.34	21.23	10	0.54	1.23	78.54	62.30	0.340691	0.905495	0.40	1.11	102.87	102.70	3.28	3.04	0.06
11.0	12.0	105.74	106.01	-0.27	63.53	1039.76	150.35	11	-0.42	13	170	850	2278	0.004	0.003	3.84	3.54	13.74	22.23	10	0.55	1.23	78.54	62.30	0.356820	0.916395	0.41	1.13	102.67	102.35	3.07	3.66	0.06
12.0	13.0	106.01	106.24	-0.23	60.76	1100.52	181.41	12	-0.38	12	182	910	2438	0.004	0.003	3.83	3.52	14.11	23.15	10	0.58	1.23	78.54	62.30	0.371598	0.927021	0.42	1.14	102.32	102.00	3.69	4.24	0.07
13.1	13.0	106.77	106.24	0.53	58.17	1158.69	129.17	10	0.91	10	10	50	134	0.005	0.005	4.31	4.21	1.08	2.82	6	5.19	2.63	28.27	46.40	0.060730	0.960730	0.17	1.46	105.12	102.10	1.65	4.14	0.11
13.0	14.0	106.24	106.09	0.15	89.84	1248.53	299.54	15	0.17	16	208	1040	2787	0.004	0.003	3.79	3.47	14.90	25.12	10	0.50	1.12	78.54	56.80	0.442327	0.969672	0.47	1.09	101.97	101.55	4.27	4.54	0.06
32.2	32.1	113.96	113.95	0.01	26.47	1275.00	20.20	4	0.04	5	5	25	67	0.005	0.005	4.37	4.29	0.55	1.44	6	0.79	1.00	28.27	17.70	0.081129	0.602140	0.19	0.60	112.81	112.60	1.15	1.35	0.02
32.1	32.0	113.95	112.27	1.68	52.78	1327.78	40.53	9	3.18	8	13	65	174	0.005	0.005	4.29	4.17	1.39	3.63	6	2.80	1.87	28.27	33.10	0.109692	0.657546	0.22	1.23	112.57	111.12	1.38	1.15	0.08
32.0	33.0	112.27	110.40	1.87	65.54	1393.32	46.41	11	2.85	6	19	95	255	0.005	0.005	4.25	4.11	2.02	5.23	6	2.85	1.91	28.27	33.70	0.155148	0.727376	0.27	1.39	111.09	109.25	1.18	1.15	0.10
33.0	34.0	110.40	108.01	2.39	101.21	1494.53	71.67	17	2.36	10	29	145	389	0.005	0.005	4.20	4.03	3.04	7.83	6	2.36	1.74	28.27	30.70	0.254892	0.836648	0.35	1.46	109.22	106.86	1.18	1.15	0.11
34.2	34.1	110.02	109.96	0.06	48.10	1542.63	36.53	8	0.12	5	25	67	67	0.005	0.005	4.37	4.29	0.55	1.44	6	0.54	0.87	28.27	15.30	0.093855	0.627735	0.21	0.55	108.87	108.61	1.15	1.35	N/A
34.1	34.0	109.96	108.01	1.95	85.15	1627.78	65.42	14	2.29	7	12	60	161	0.005	0.005	4.30	4.18	1.29	3.36	6	2.06	1.62	28.27	28.70	0.117108	0.671122	0.23	1.09	108.58	106.86	1.38	1.15	N/A
34.0	35.0	108.01	107.17	0.84	28.6	1656.38	20.44	8	2.94	8	49	245	656	0.005	0.005	4.11	3.91	5.04	12.84	6	2.94	1.94	28.27	34.30	0.374217	0.928069	0.42	1.80	106.83	106.02	1.18	1.15	0.17
35.2	35.1	109.07	109.07	0.00	14.65	1671.03	15.98	2	0.00	3	3	15	40	0.005	0.005	4.40	4.33	0.33	0.87	6	6.83	2.96	28.27	52.60	0.016554	0.375193	0.09	1.11	107.91	106.91	1.16	2.16	0.06
35.1	35.0	109.07	107.17	1.90	88.08	1759.11	97.04	15	2.16	14	17	85	228	0.005	0.005	4.26	4.13	1.81	4.70	6	1.02	1.17	28.27	20.80	0.225947	0.809225	0.32	0.95	106.88	106.02	2.19	1.15	0.05
35.0	36.0	107.17	107.18	-0.01	40.84	1799.95	33.35	7	-0.02	10	76	380	1018	0.005	0.004	4.03	3.79	1.66	14.77	8	0.71	1.2											

Apéndice 2. **Planos del proyecto: Diseño de puente vehicular para la aldea El Jicaral**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



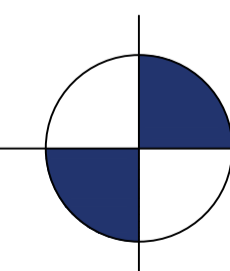
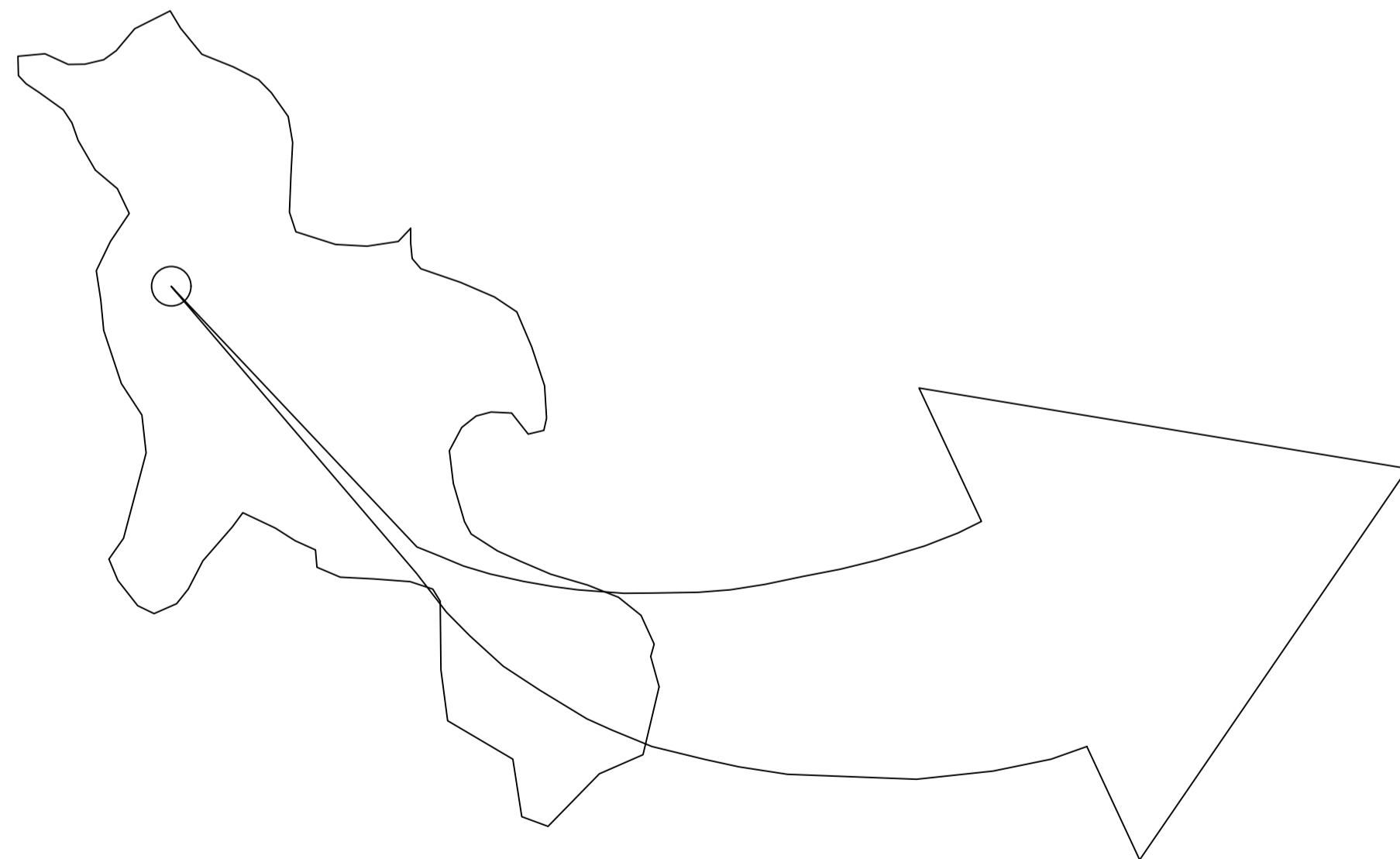




## República de Guatemala

Sin Escala

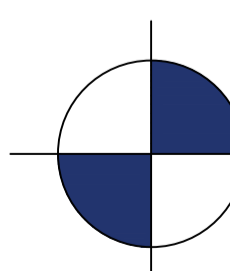
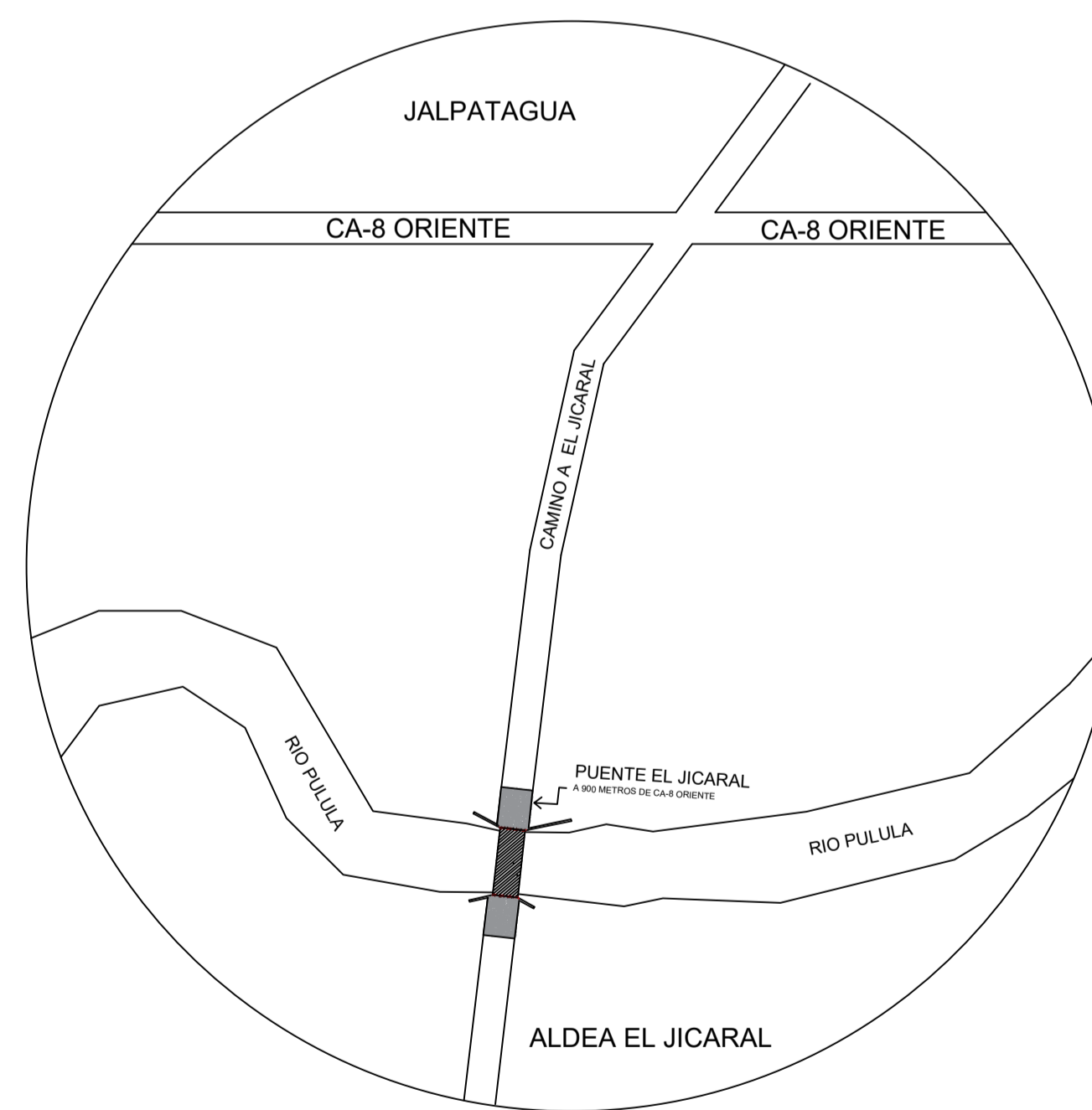
Localización del departamento de Jutiapa



## Municipio Jalpatagua

Sin Escala

Ubicación Aldea El Jicaral



## Ubicación

Sin Escala

Puente El Jicaral sobre Río Pulula

### ÍNDICE DE PLANOS

No.	DESCRIPCIÓN
1	Plano ubicación y localización
2	Plano topográfico
3	Plano planta y elevación
4	Plano superestructura
5	Plano subestructura

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:

PUENTE VEHICULAR PARA ALDEA EL JICARAL,  
JALPATAGUA, JUTIAPA



ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:

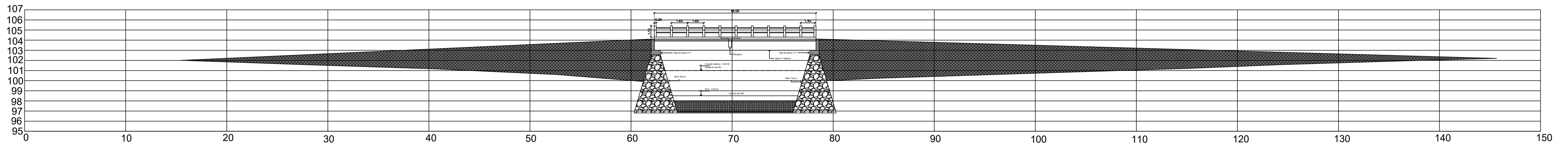
Ubicación y Localización

Vo.Bo.

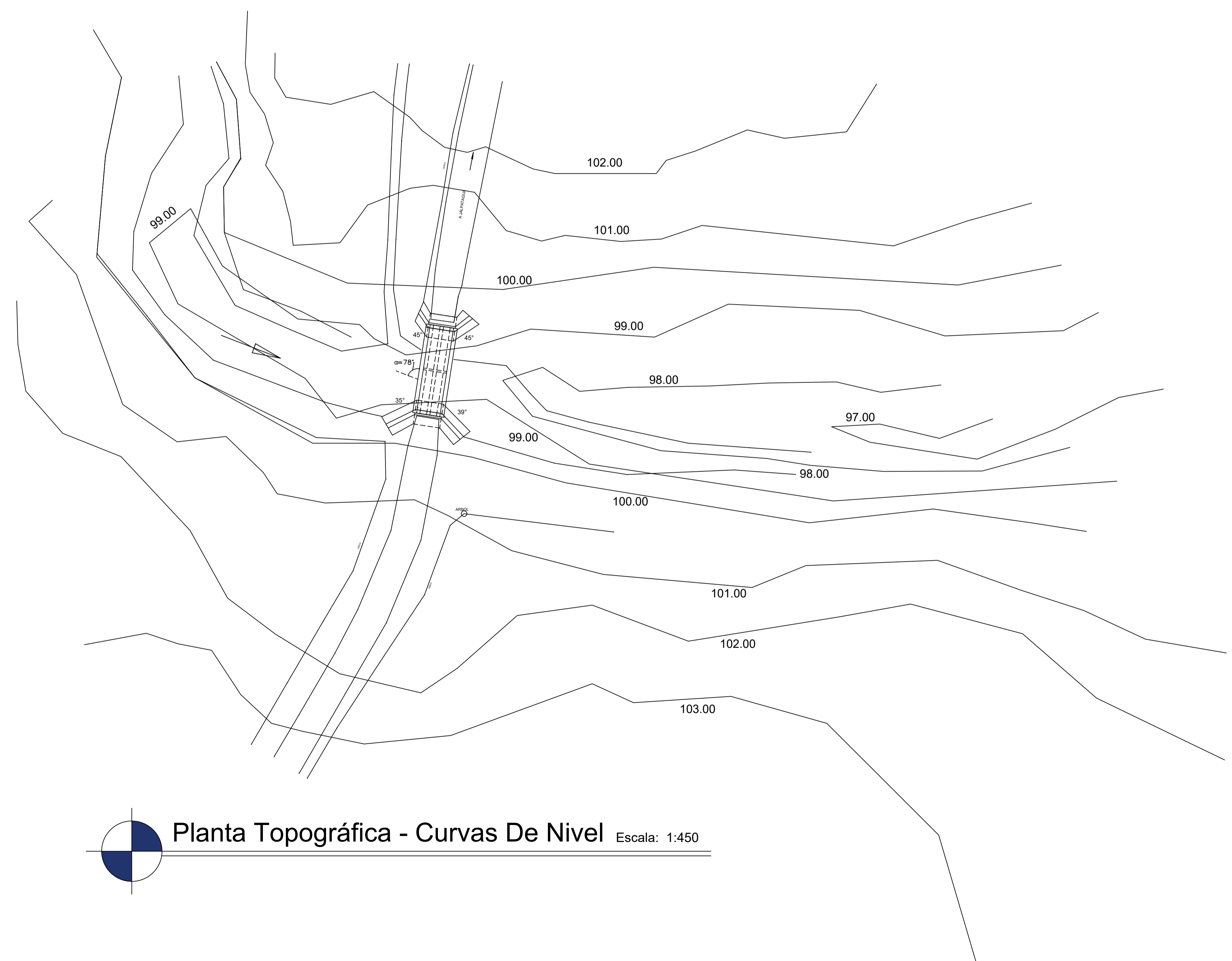
HOJA

1

5




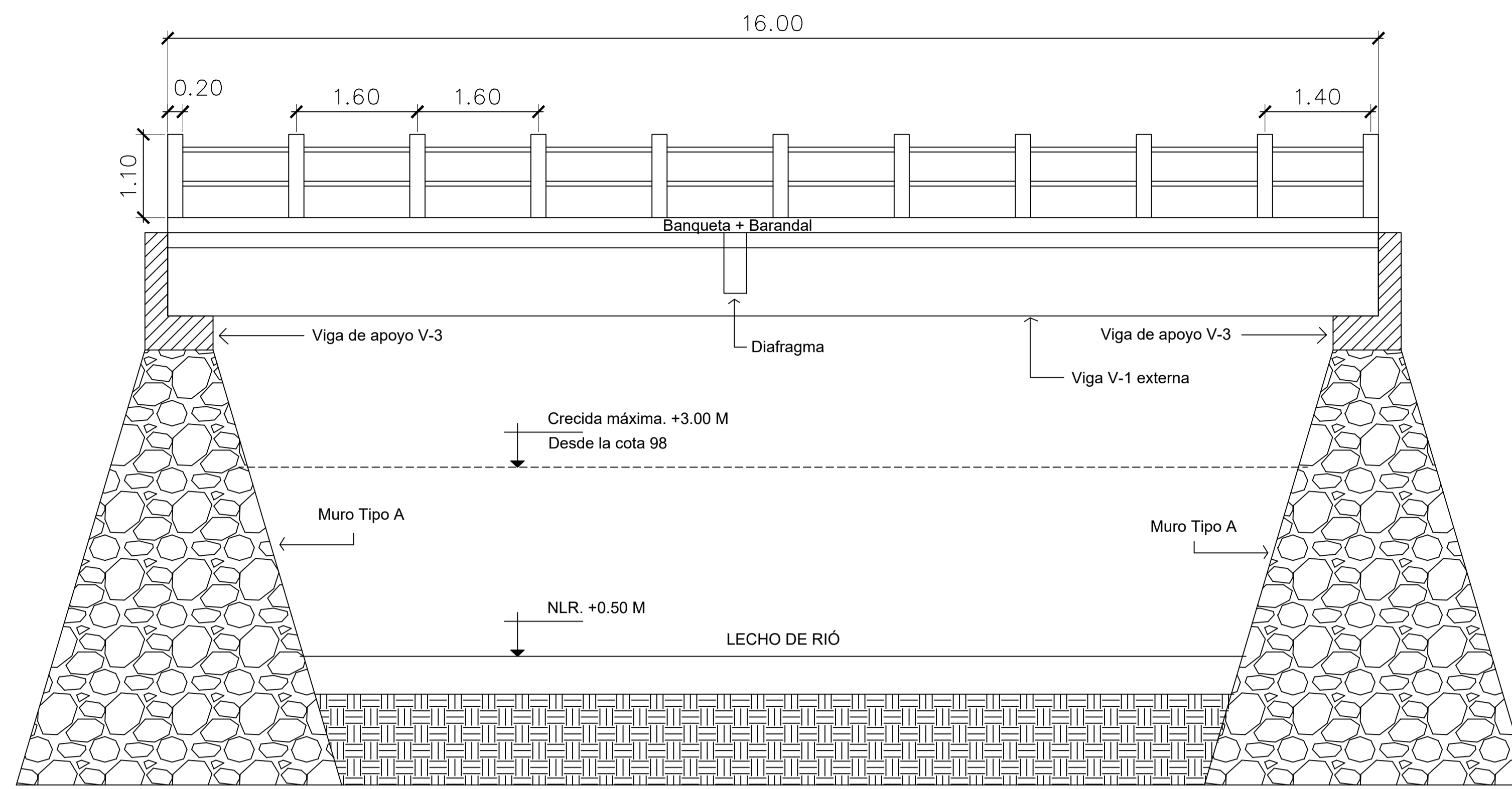

**Perfil Topográfico**  
 Escala Horizontal : 1:200  
 Escala Vertical : 1:200



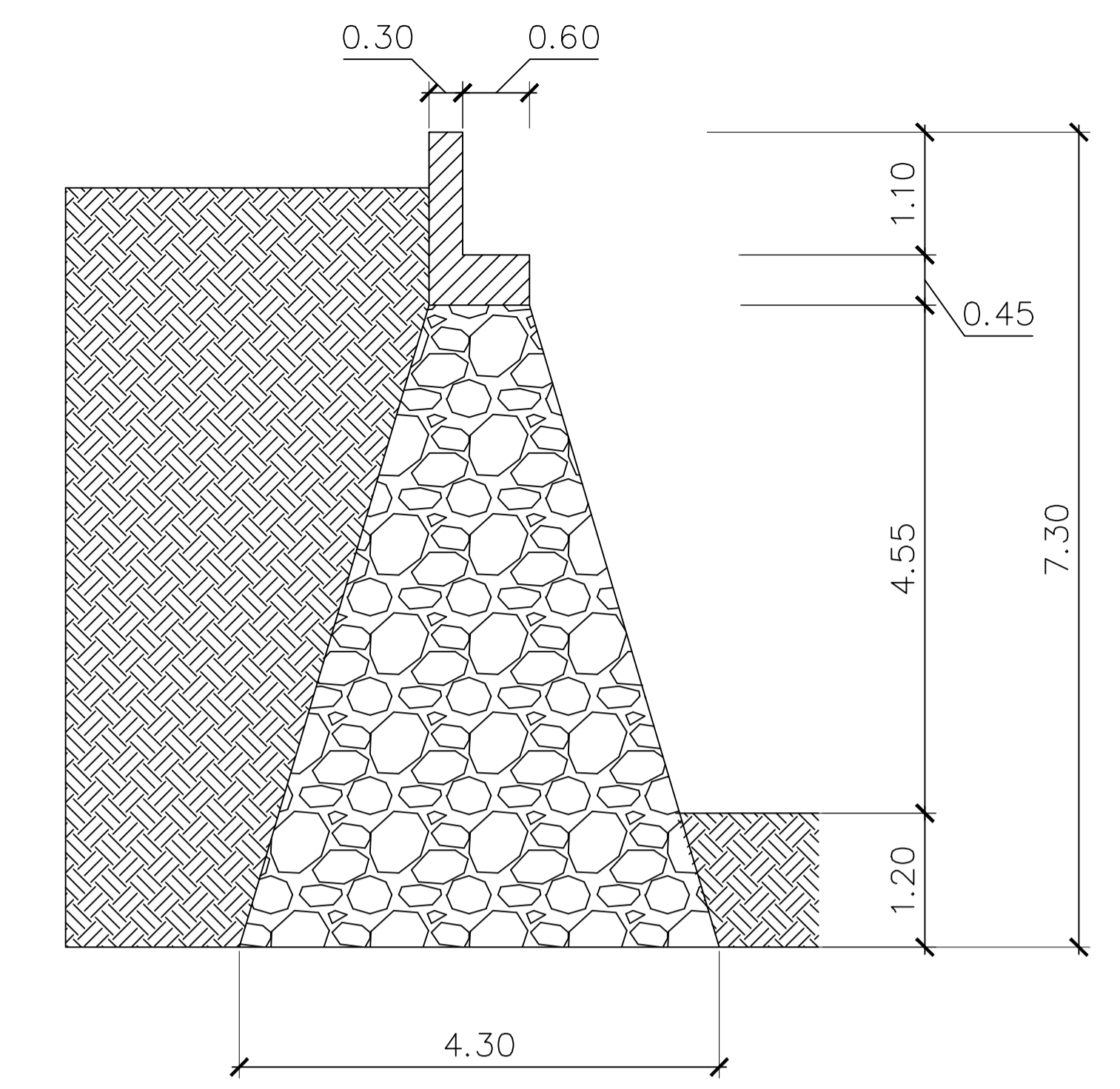

**Planta Topográfica - Curvas De Nivel** Escala: 1:450

NOTA:  
 Ángulo Esviado =  $\alpha$

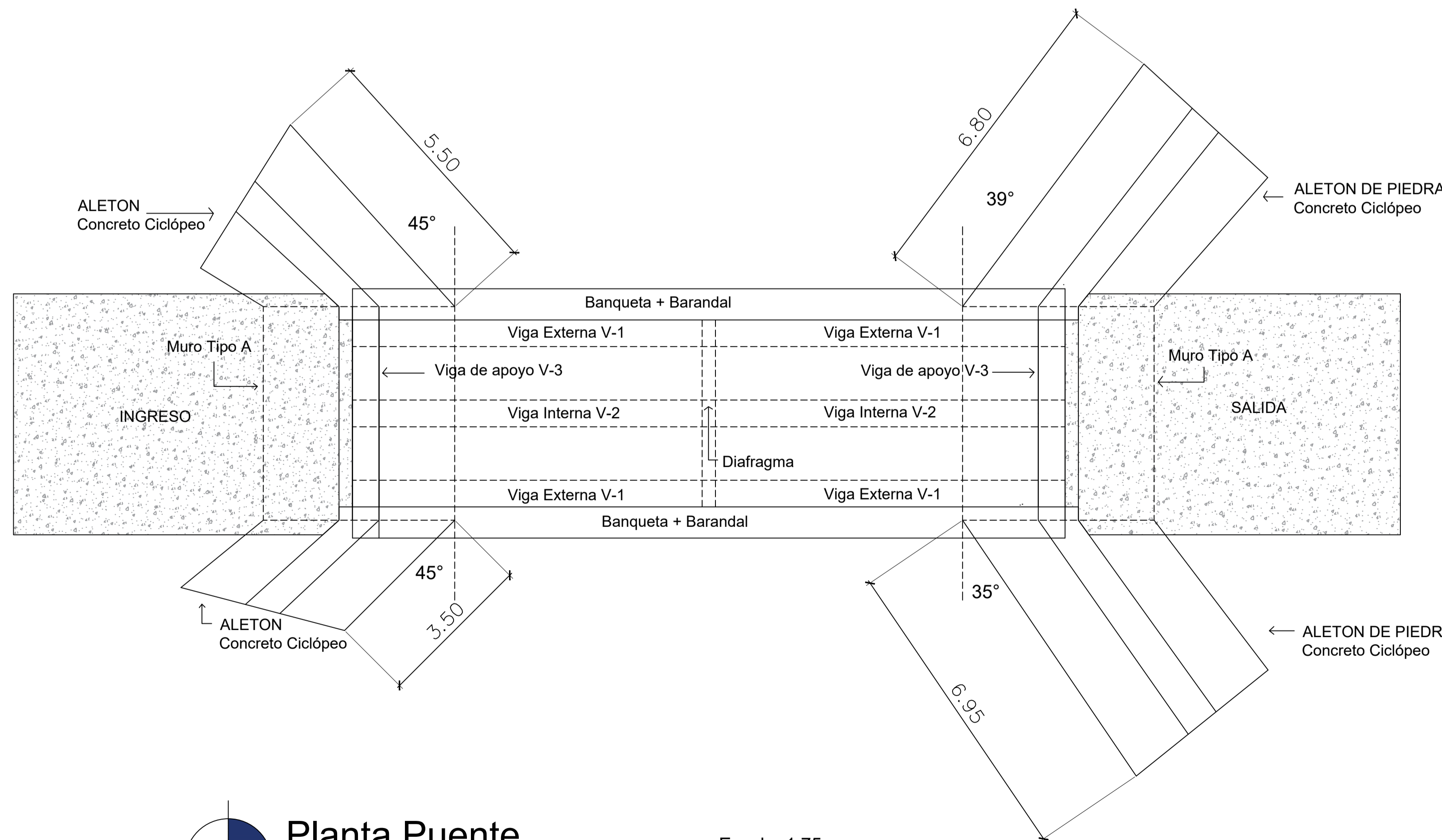
<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR PARA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: Perfil topográfico Planta topográfica	HOJA 2 / 5
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ	Vo.Bo. _____	
ESCALA: INDICADA		



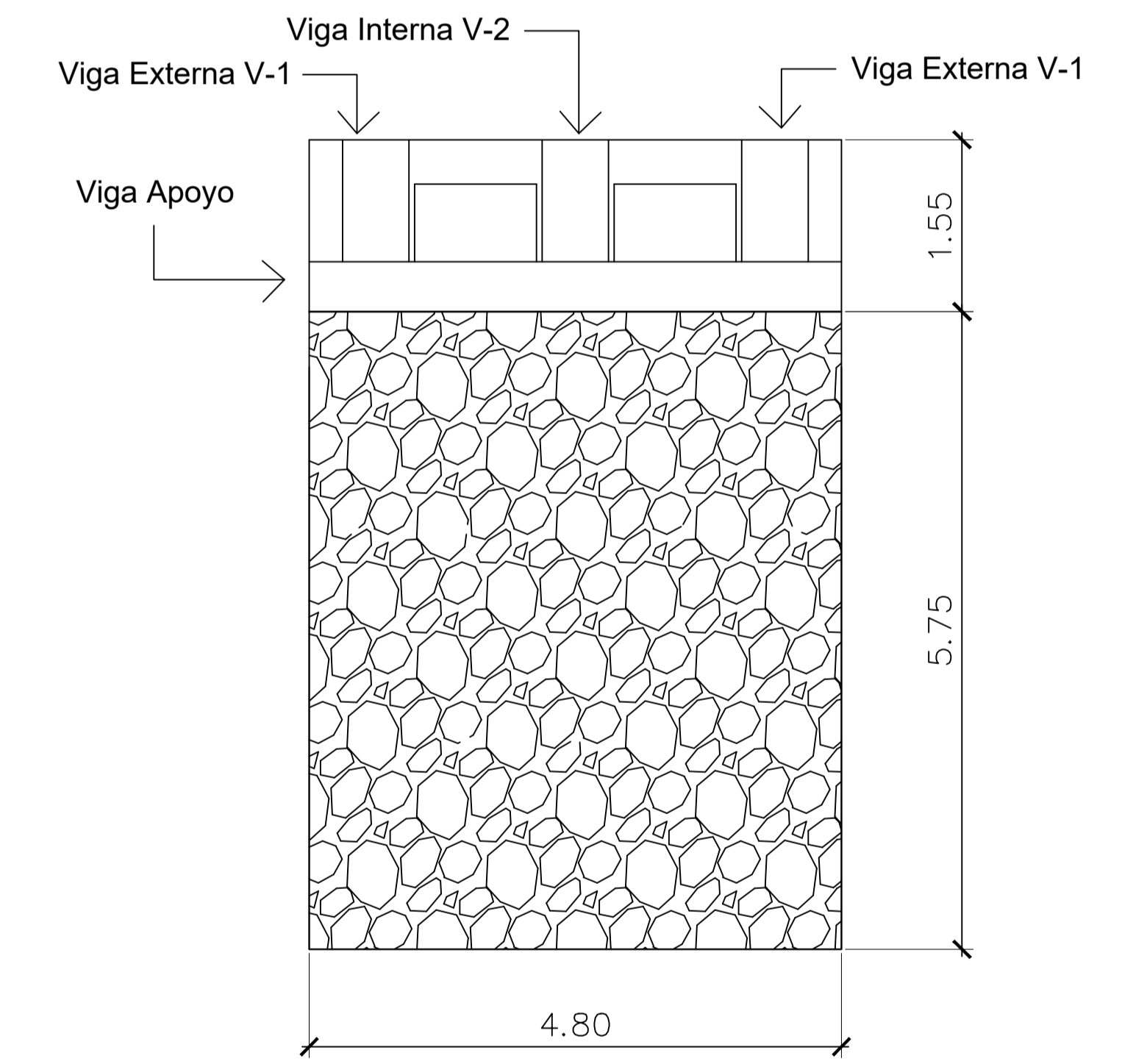
**Elevacion Puente** Escala: 1:50



**Muro Tipo A** Escala: 1:50  
Vista Lateral



**Planta Puente** Escala: 1:75



**Muro Tipo A** Escala: 1:50  
Vista Frontal

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR PARA ALDEA EL JICARAL,  
JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

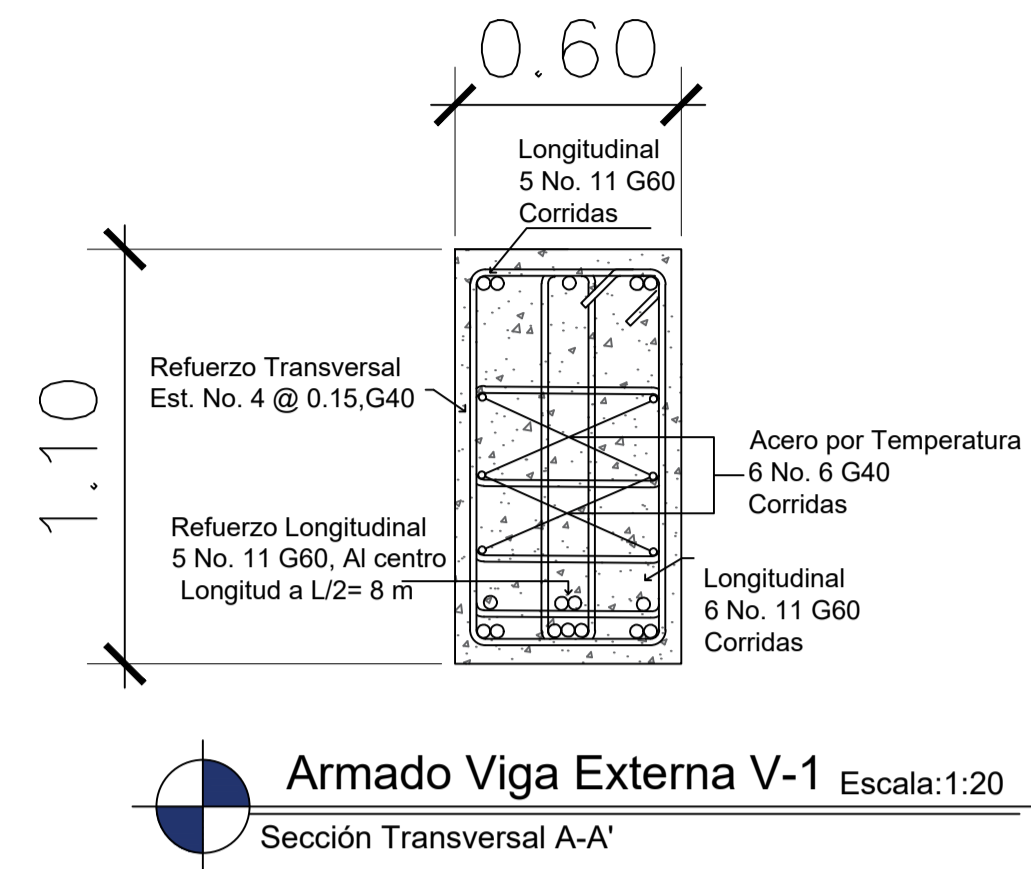
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
Elevación puente  
Muro tipo A  
Planta puente

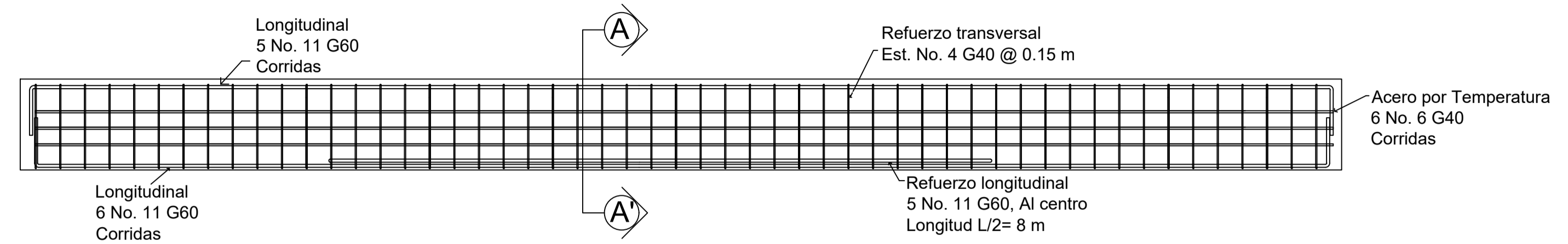
Vo.Bo.



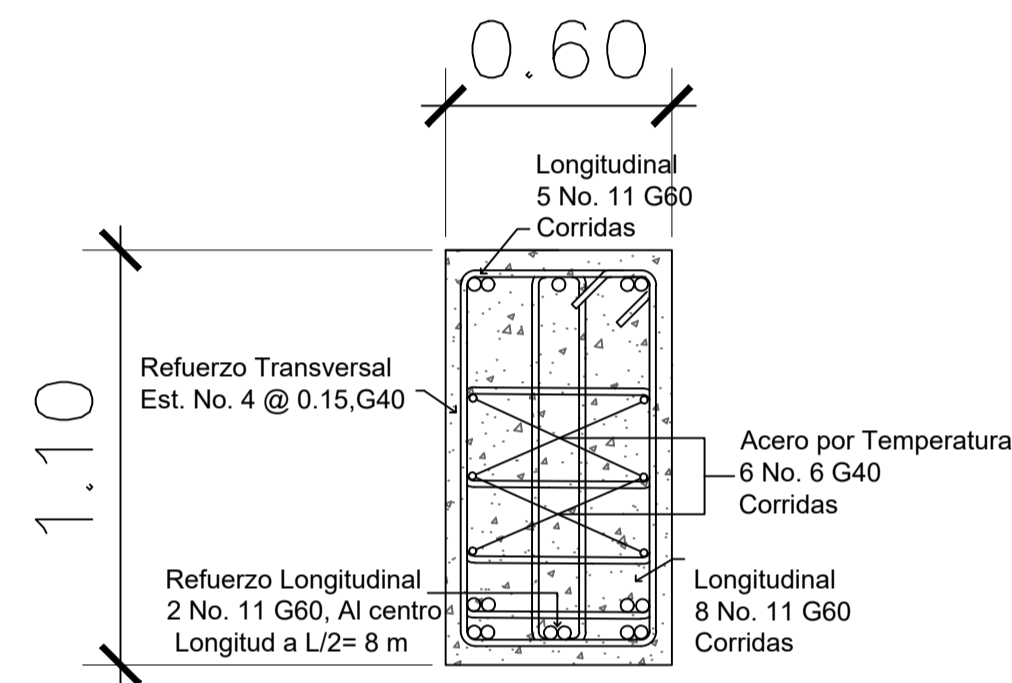
HOJA  
3  
5



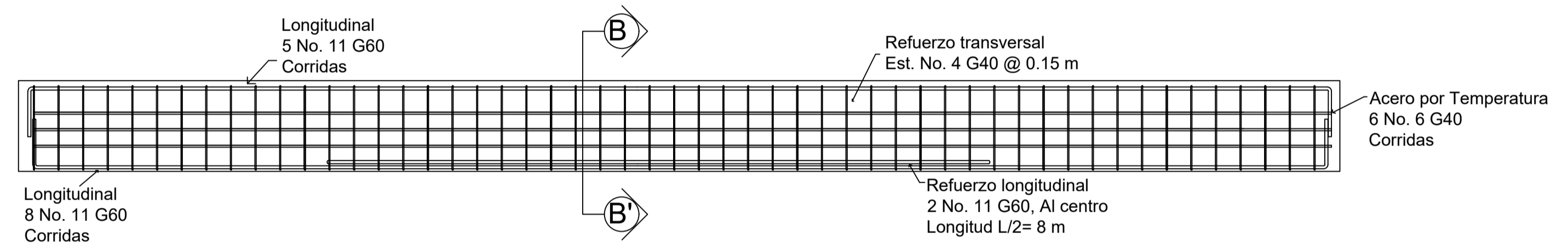
**Armado Viga Externa V-1** Escala:1:20  
Sección Transversal A-A'



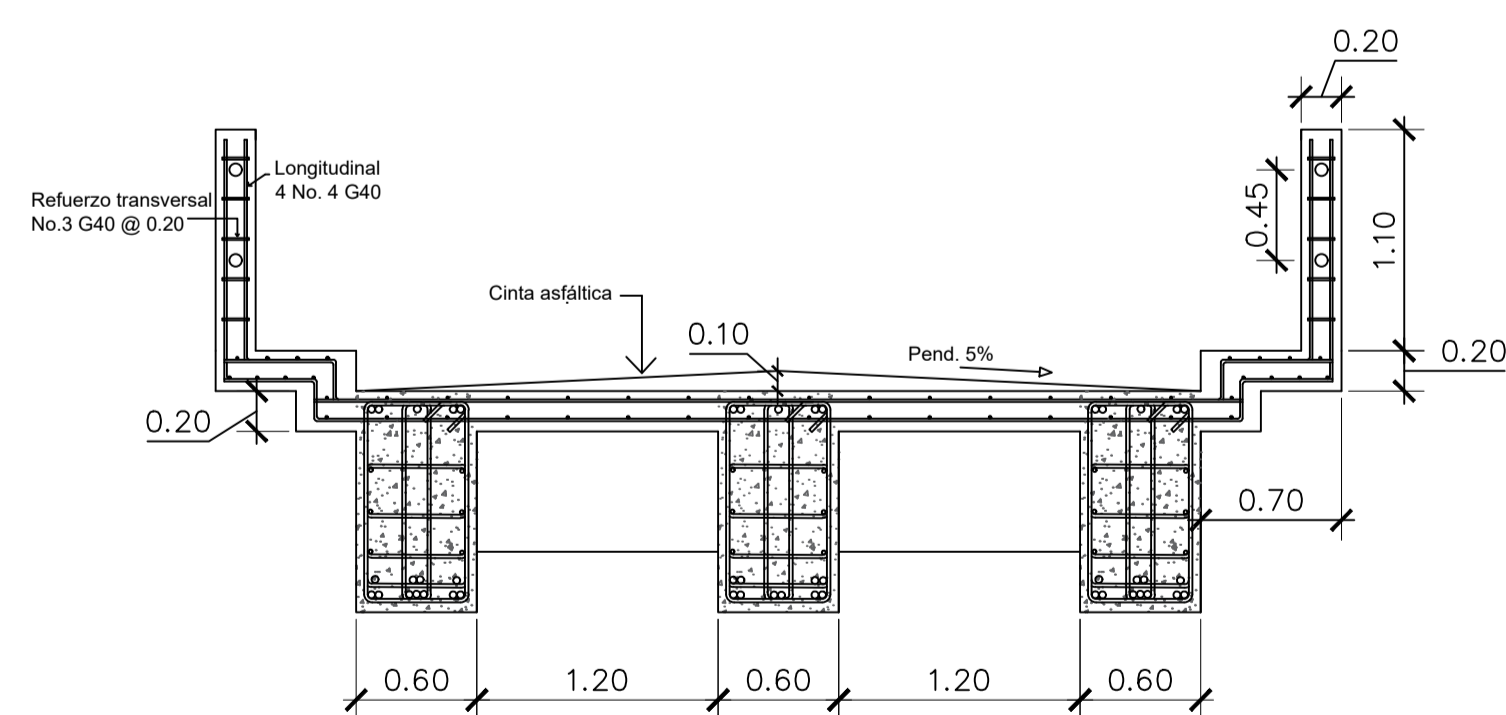
**Armado Viga Externa V-1** Escala:1:50  
Sección Longitudinal



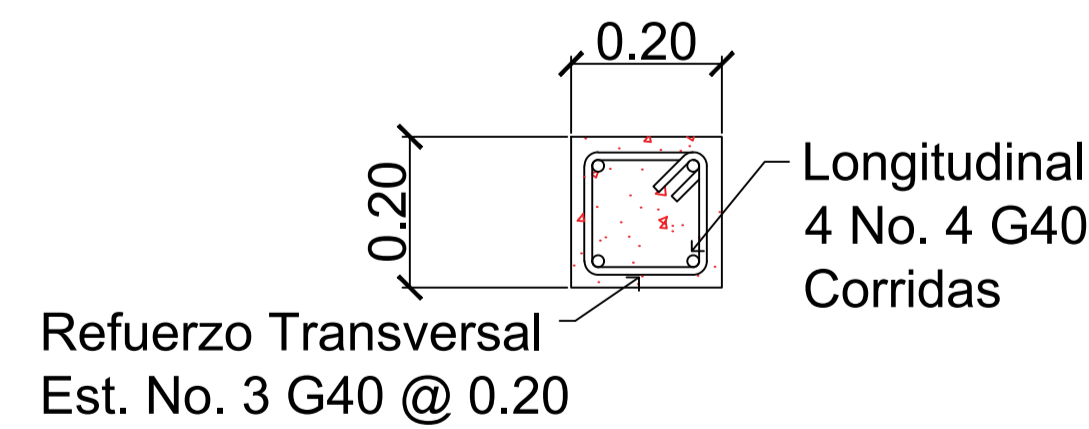
**Armado Viga Interna V-2** Escala:1:20  
Sección Transversal B-B'



**Armado Viga Interna V-2** Escala:1:50  
Sección Longitudinal



**Seccion Transversal Puente** Escala:1:50



**Detalle D-1** Escala:1:10  
Armado de postes

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR PARA ALDEA EL JICARAL,  
JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

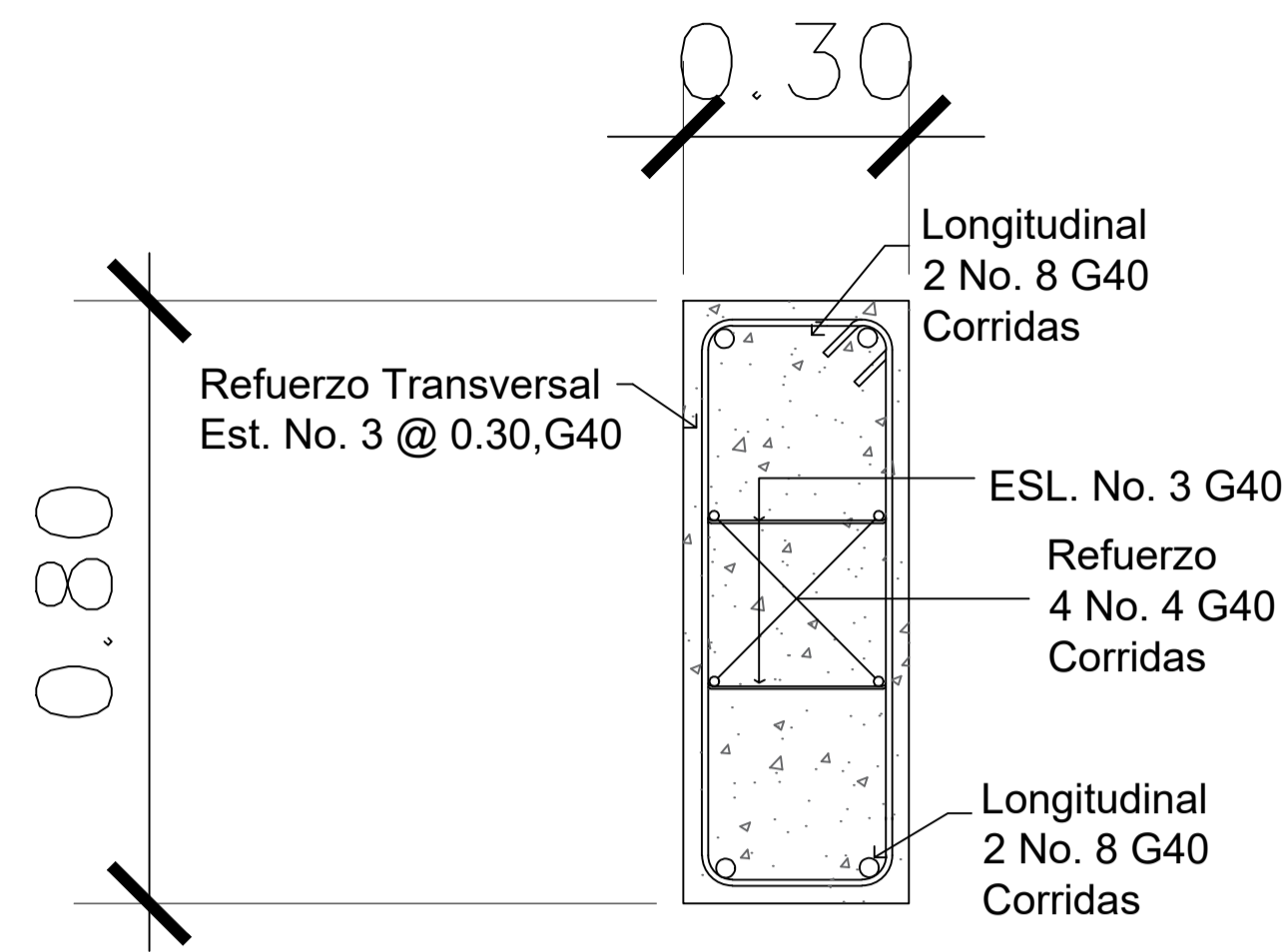
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
Armado viga externa de V-1  
Armado viga interna de V-2  
Armado de poste  
Seccion transversal puente

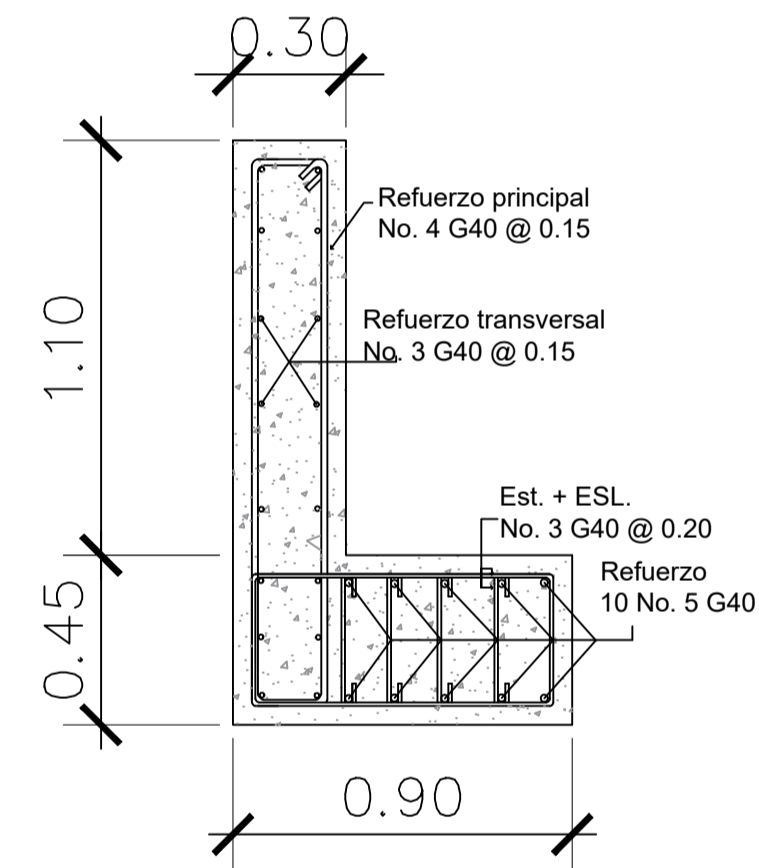
Vo.Bo.



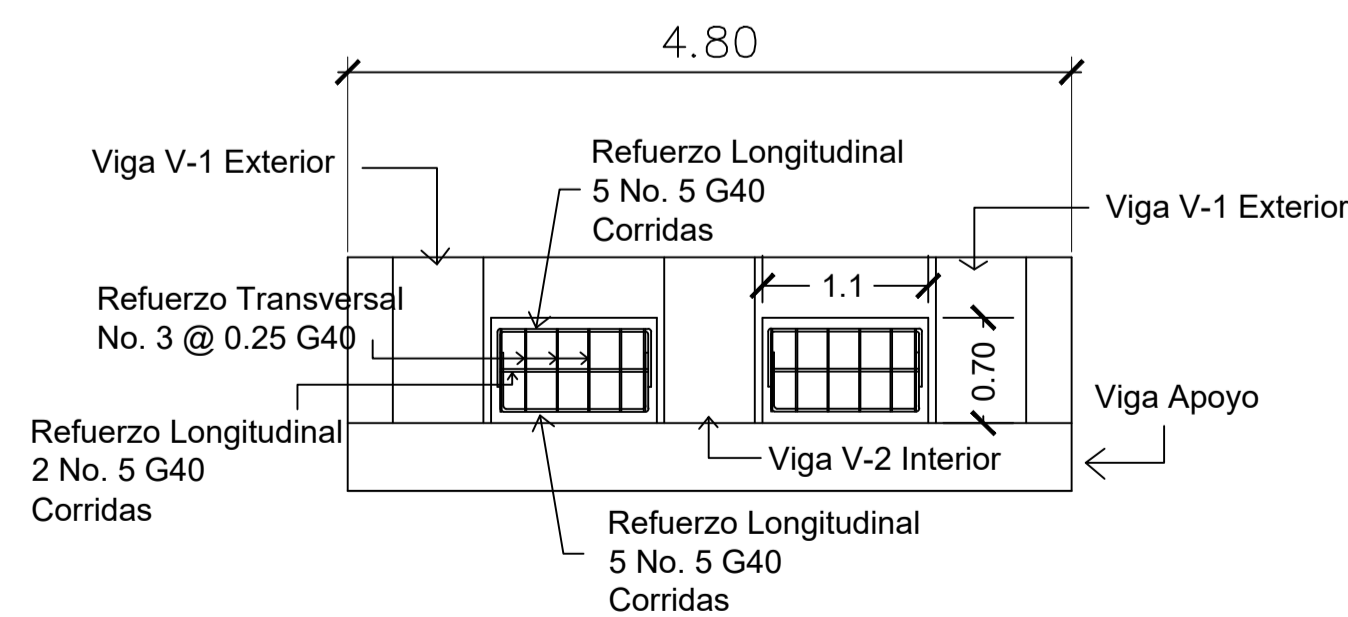
HOJA  
4  
5



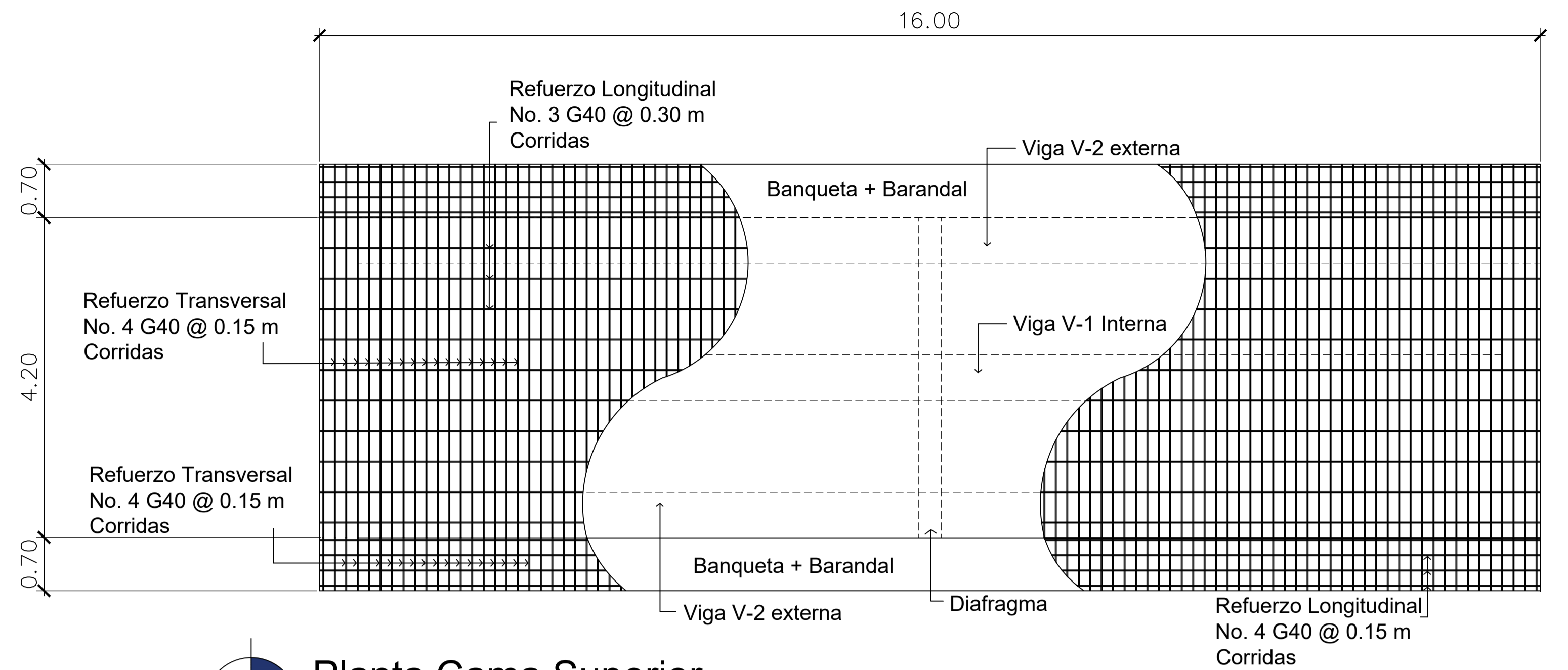
**Armado Viga Diafragma** Escala:1:10  
Sección Transversal



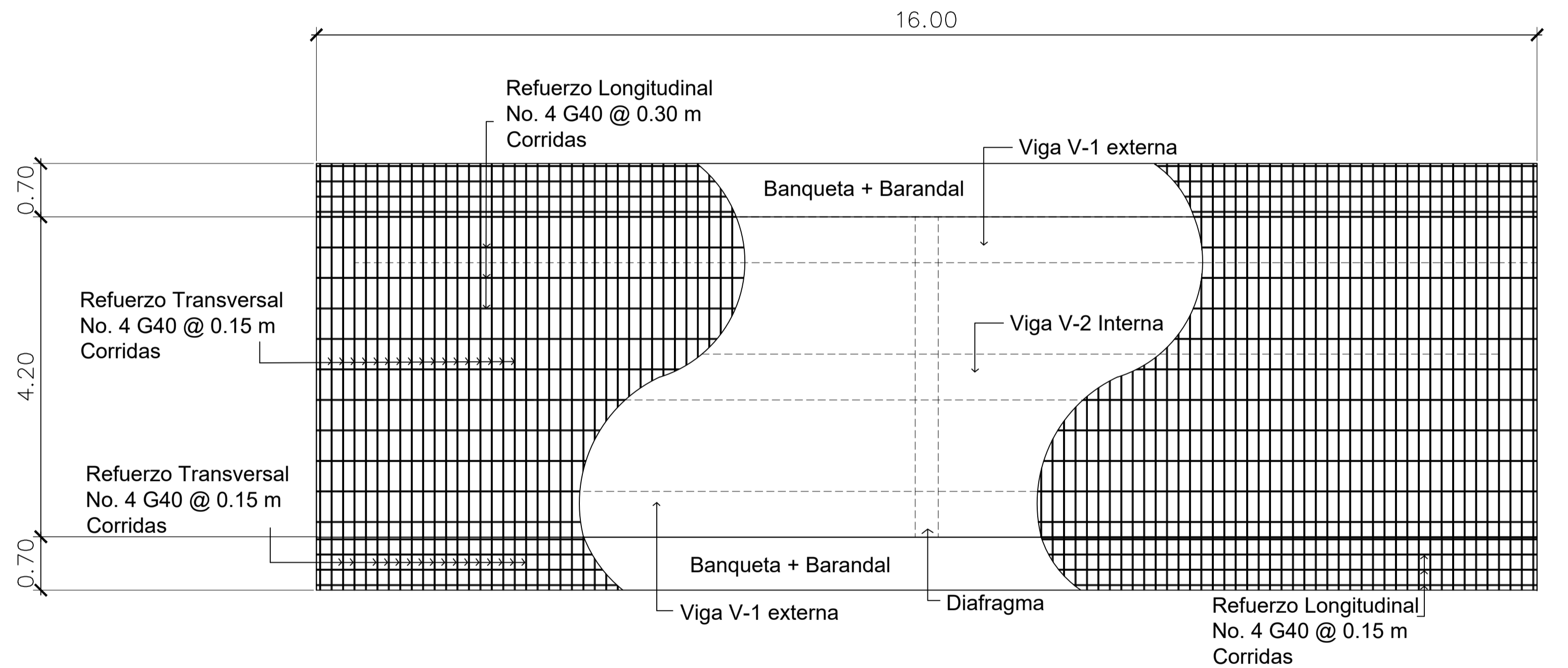
**Armado Cortina y Viga Apoyo V-3** Escala: 1:20  
Sección Transversal



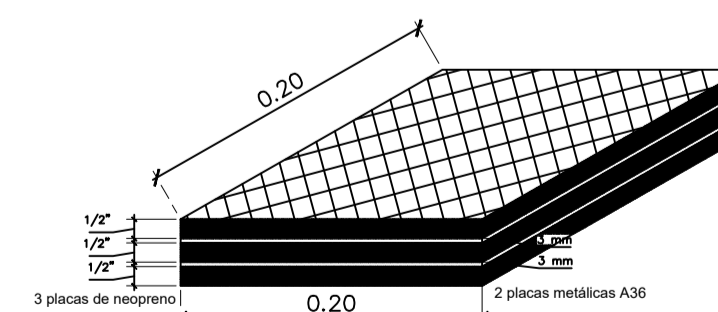
**Armado Topes Sismicos** Escala:1:50  
Sección Longitudinal



**Planta Cama Superior** Escala:1:50  
Armado de Losa



**Planta Cama Inferior** Escala: 1:50  
Armado de Losa



**Detalle Apoyo Neopreno** Escala:1:05

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA



PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR PARA ALDEA EL JICARAL,  
JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
Armado de losa  
Armado de viga diafragma  
Armado de cortina y viga apoyo  
Armado de topes sismicos  
Detalle apoyo neopreno

Vo.Bo.

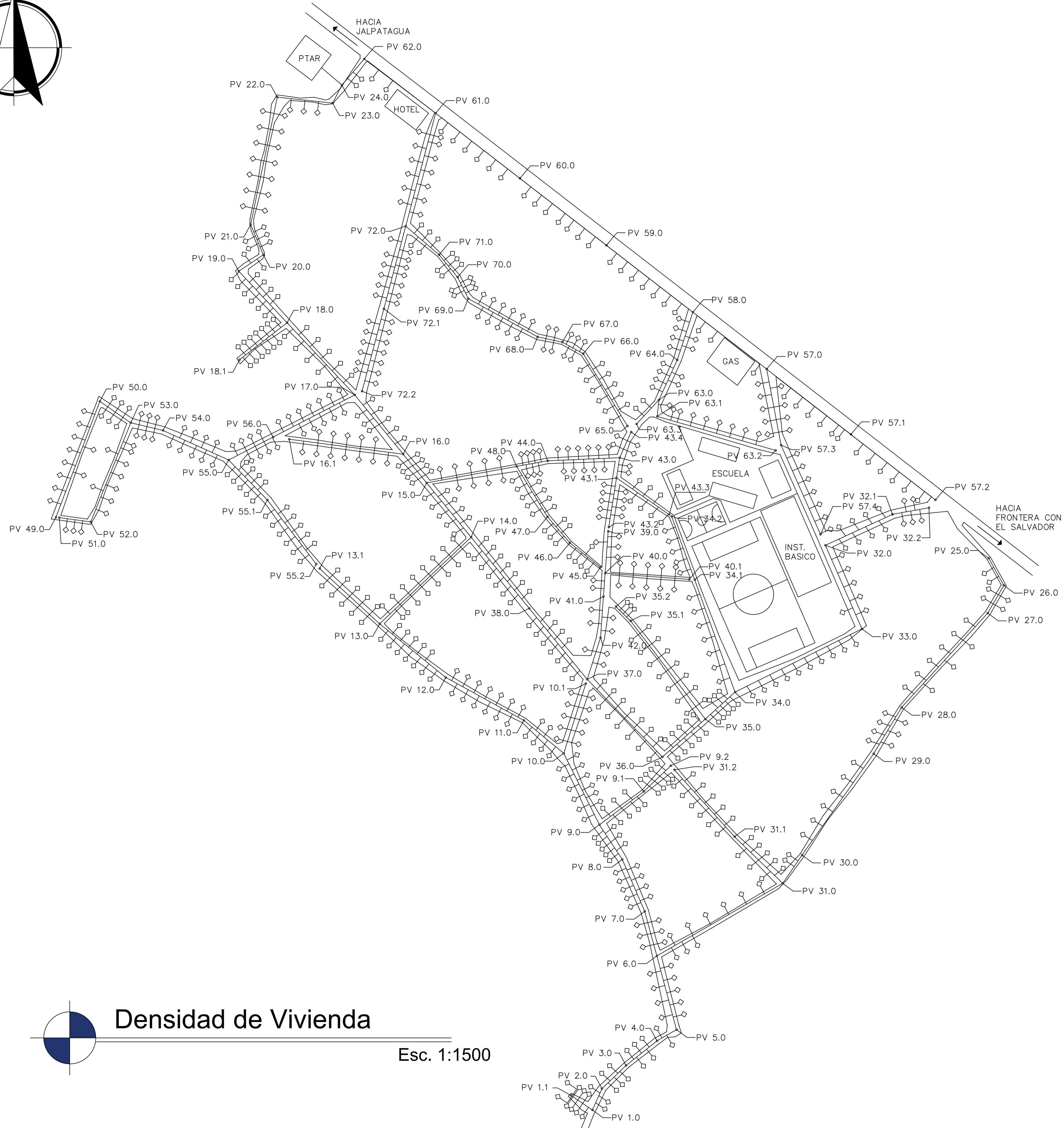
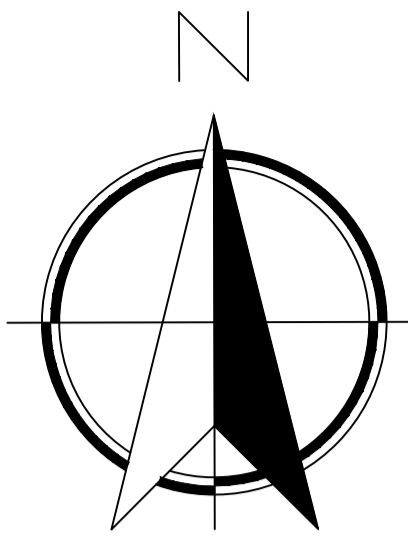
HOJA  
5  
5

Apéndice 3. **Planos del proyecto: Diseño del sistema de drenaje sanitario para la aldea El Coco**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



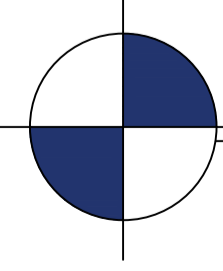




REFERENCIAS	
	VIVIENDA Y TRAMO DE TUBERIA AL QUE DESCARGA
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE RED PRINCIPAL

INDICE DE PLANOS	
No.	DESCRIPCIÓN
1	Plano densidad de vivienda
2	Plano red general
3	Plano planta y perfil tramo 1.1-6.0 y tramo 25.0-31.0
4	Plano planta y perfil tramo 31.2-6.0 y tramo 6.0-9.0
5	Plano planta y perfil tramo 9.2-10.0 y tramo 10.1-13.0
6	Plano planta y perfil tramo 32.2-34.0 y tramo 13.1-16.0
7	Plano planta y perfil tramo 35.2-37.0 y tramo 34.2-35.0
8	Plano planta y perfil tramo 40.0-14.0 y tramo 39.0-40.1
9	Plano planta y perfil tramo 43.3-43.1 y tramo 43.4-43.0
10	Plano planta y perfil tramo 45.0-15.0 y tramo 43.0-48.0
11	Plano planta y perfil tramo 16.1-17.0 y tramo 49.0-53.0
12	Plano planta y perfil tramo 55.2-18.0 y tramo 51.0-55.0
13	Plano planta y perfil tramo 18.1-PTAR
14	Plano planta y perfil tramo 57.2-57.0 y tramo 57.4-58.0
15	Plano planta y perfil tramo 63.3-61.0
16	Plano planta y perfil tramo 63.2-63.0 y tramo 65.0-72.0
17	Plano planta y perfil tramo 72.2-24.0
18	Plano pozos de visita
19	Plano conexiones domiciliarias

Est.	P.O.	AZMUT	DISTANCIA (M)	ELEVACION
1.1	1.0	124°18'31"	18.28	107.45
1.0	2.0	24°10'15"	16.70	107.91
2.0	3.0	46°10'23"	23.81	107.69
4.0	4.0	51°28'30"	28.22	108.48
4.0	5.0	60°14'26"	16.05	106.09
5.0	6.0	345°05'37"	54.45	106.74
25.0	26.0	150°36'56"	22.08	111.07
26.0	27.0	210°06'05"	22.91	109.86
27.0	28.0	210°06'05"	91.15	107.74
28.0	29.0	211°08'14"	38.58	106.69
29.0	30.0	215°13'32"	88.56	105.86
30.0	31.0	214°32'56"	24.41	105.78
31.2	31.1	137°59'06"	64.08	106.79
31.1	31.0	134°05'37"	47.85	105.78
31.0	6.0	240°02'08"	103.58	106.74
6.0	7.0	344°44'41"	32.88	106.88
7.0	8.0	336°36'39"	40.33	106.93
8.0	9.0	326°38'32"	29.69	106.35
9.2	9.1	226°12'51"	26.47	107.04
9.1	9.0	233°12'50"	39.62	108.35
9.0	10.0	333°25'40"	56.93	106.15
10.1	10.0	197°36'46"	52.66	106.15
10.0	11.0	309°32'00"	36.94	105.74
11.0	12.0	298°48'15"	63.53	106.00
12.0	13.0	308°59'18"	60.76	106.24
13.1	13.0	132°38'05"	58.17	106.24
13.0	14.0	46°35'57"	89.84	106.09
32.2	32.1	259°46'57"	26.47	113.95
32.1	32.0	245°16'13"	52.78	112.27
32.0	33.0	156°19'34"	65.54	110.40
33.0	34.0	243°32'03"	101.21	108.00
34.2	34.1	160°03'40"	48.10	109.86
34.1	34.0	160°14'01"	85.15	108.00
34.0	35.0	227°50'16"	28.60	107.17
35.2	35.1	134°03'19"	14.65	109.07
35.1	35.0	142°41'10"	88.08	107.17
35.0	36.0	228°33'24"	40.84	107.17
36.0	37.0	315°52'46"	77.05	107.04
39.0	40.0	184°07'01"	29.94	108.56
40.1	40.0	274°14'56"	60.41	108.56
40.0	41.0	184°07'01"	16.78	108.60
41.0	42.0	184°07'01"	16.78	108.60
42.0	37.0	197°37'43"	31.30	107.94
37.0	38.0	320°43'48"	65.47	105.51
38.0	14.0	320°43'48"	65.46	106.09
14.0	15.0	320°43'48"	50.15	103.02
15.0	16.0	320°43'48"	26.52	102.66
16.1	16.0	97°27'51"	81.94	102.66
16.0	17.0	320°43'48"	54.57	101.50
17.0	18.0	316°49'08"	70.58	100.20
18.1	18.0	52°05'08"	42.86	100.20
18.0	19.0	316°49'08"	50.55	100.69
19.0	20.0	56°22'20"	20.96	100.36
20.0	21.0	337°14'10"	23.40	100.74
21.0	22.0	11°49'26"	92.89	94.06
22.0	23.0	96°27'27"	38.75	92.73
23.0	24.0	271°33'33"	14.53	92.61
24.0	PTAR	310°21'14"	18.31	92.20
43.4	43.0	204°12'21"	20.02	108.78
43.3	43.1	304°52'51"	45.94	108.88
43.2	43.1	08°52'37"	50.22	108.88
43.1	43.0	08°52'37"	15.08	108.78
43.0	44.0	267°32'06"	51.42	106.16
44.0	48.0	259°51'08"	22.54	105.19
45.0	46.0	308°53'17"	27.92	108.55
46.0	47.0	319°10'37"	24.52	107.25
47.0	48.0	328°30'17"	42.18	105.19
48.0	15.0	259°37'41"	65.28	103.02
49.0	50.0	20°44'34"	88.44	104.59
50.0	53.0	124°41'59"	26.85	103.84
51.0	52.0	97°39'05"	22.74	105.50
52.0	53.0	22°00'50"	76.36	103.84
53.0	54.0	103°15'15"	23.84	103.59
54.0	55.0	114°14'52"	51.24	103.33
55.2	55.1	322°41'23"	57.48	104.39
55.1	55.0	315°52'12"	39.57	103.33
55.0	56.0	315°52'12"	35.75	102.49
55.0	17.0	315°52'12"	65.45	101.00
57.4	57.3	336°08'08"	69.72	112.22
57.3	57.0	349°16'57"	55.04	111.34
57.2	57.1	307°47'32"	76.22	112.37
57.1	57.0	307°47'32"	76.19	111.34
57.0	58.0	307°47'32"	66.36	108.84
58.0	59.0	307°47'32"	78.00	104.42
59.0	60.0	307°47'32"	78.00	100.74
60.0	61.0	307°47'32"	76.06	96.76
61.0	62.0	307°47'32"	64.07	93.28
62.0	24.0	220°34'09"	24.71	92.61
63.2	63.1	286°01'42"	88.13	110.29
63.1	63.0	05°03'37"	12.54	109.96
63.3	63.0	43°00'29"	23.37	109.96
63.0	64.0	24°43'12"	31.29	109.40
64.0	58.0	180°2'23"	36.29	108.84
65.0	66.0	328°28'44"	60.25	105.94
66.0	67.0	298°50'28"	16.83	104.52
67.0	68.0	282°18'07"	17.96	103.55
68.0	69.0	298°49'40"	56.59	101.74
69.0	70.0	333°36'12"	17.30	101.14
70.0	71.0	320°26'32"	20.65	99.74
71.0	72.0	310°36'23"	31.25	97.88
72.2	72.1	14°50'45"	61.02	98.88
72.1	72.0	14°50'45"	60.91	97.88
72.0	61.0	14°50'45"	80.37	96.76



# Densidad de Vivienda

Esc. 1:1500

**MUNICIPALIDAD**  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

ESCALA:  
INDICADA

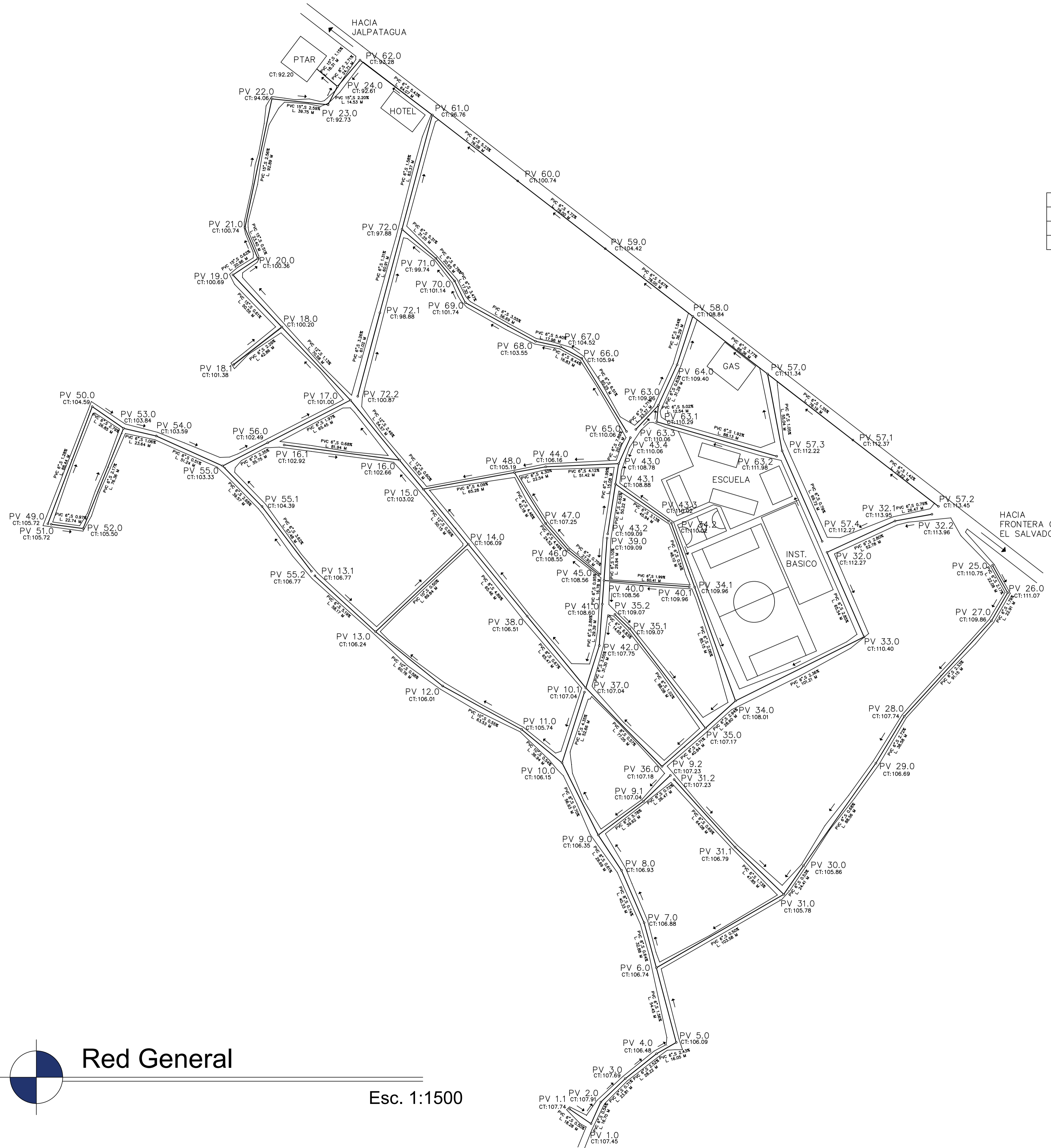
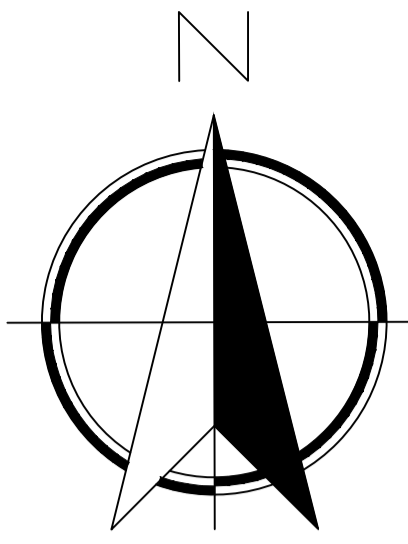
CONTENIDO:  
PLANO DE DENSIDAD DE VIVIENDA

Vo.Bo.

HOJA

1

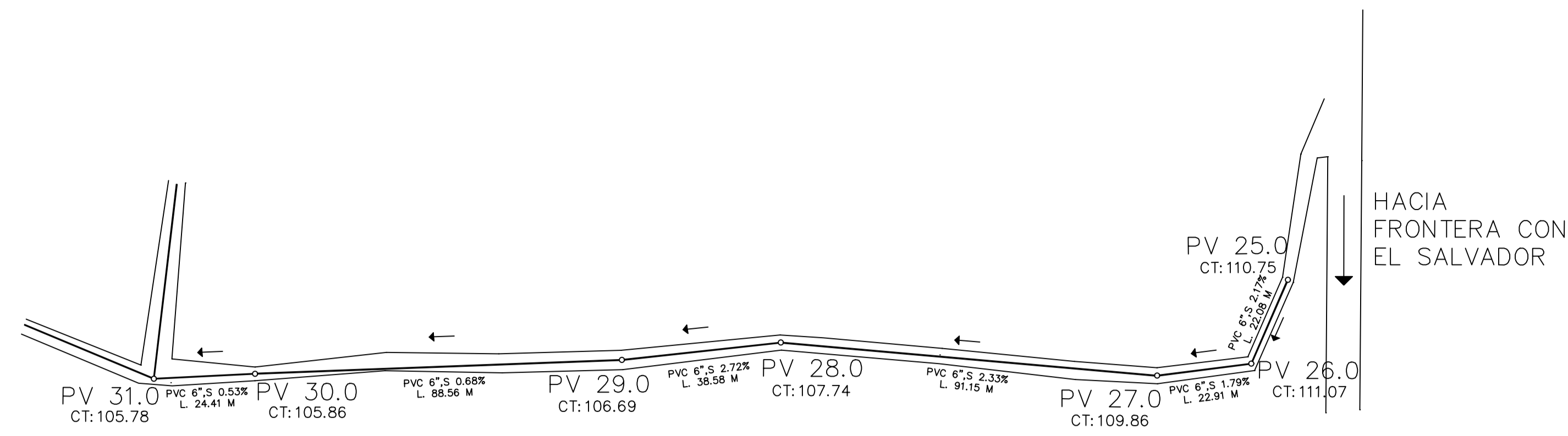
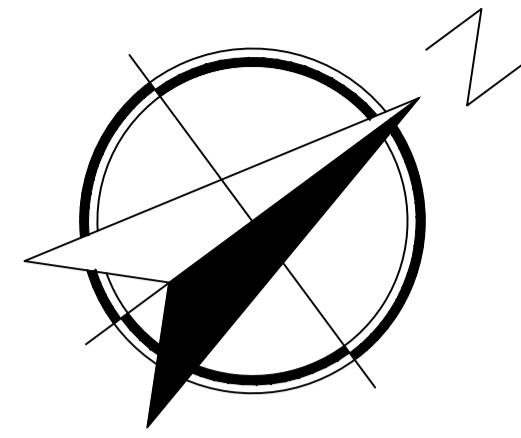
19



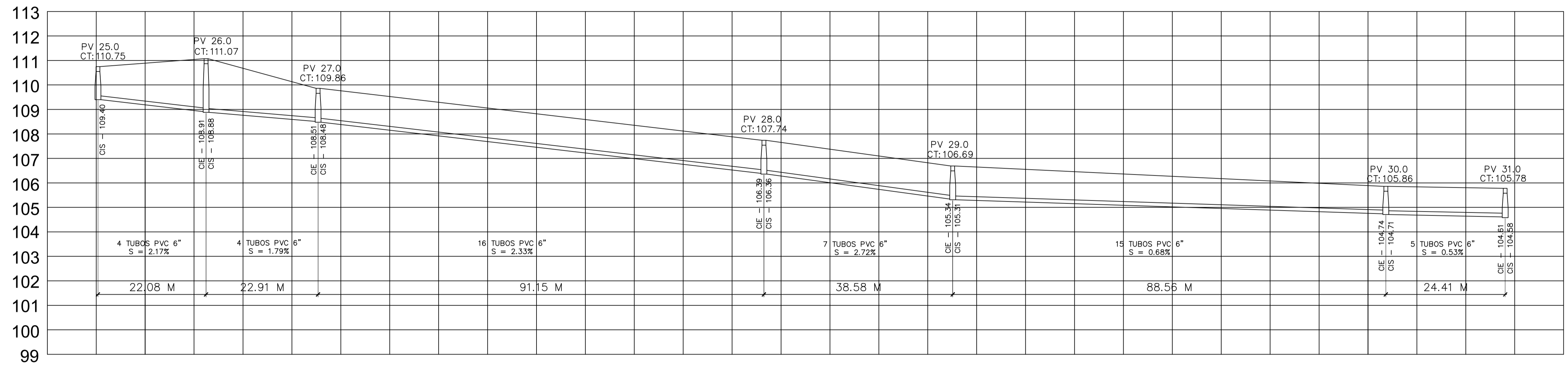
REFERENCIAS	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	POZO DE VISITA
	TRAMO DE RED PRINCIPAL

Red General  
Esc. 1:1500

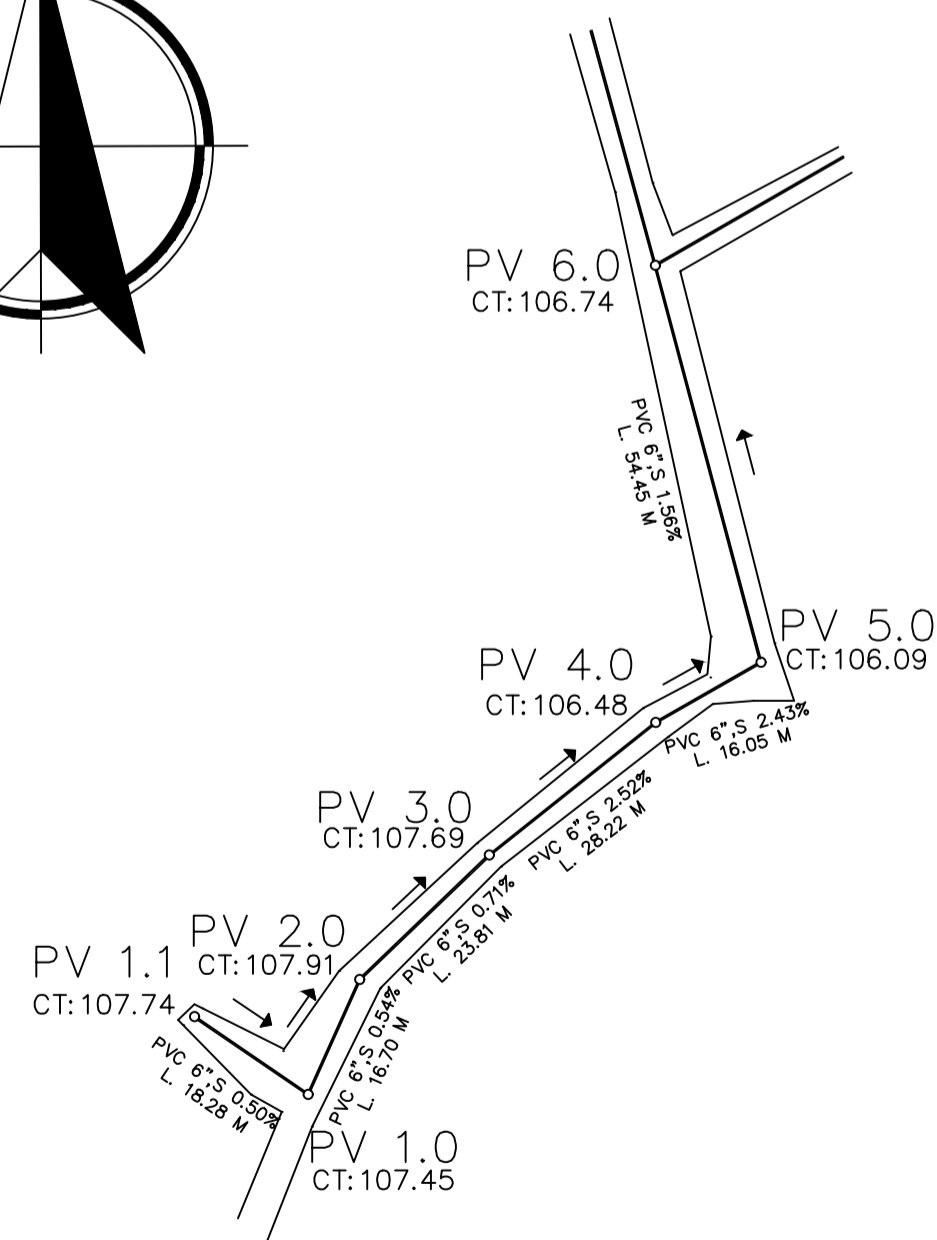
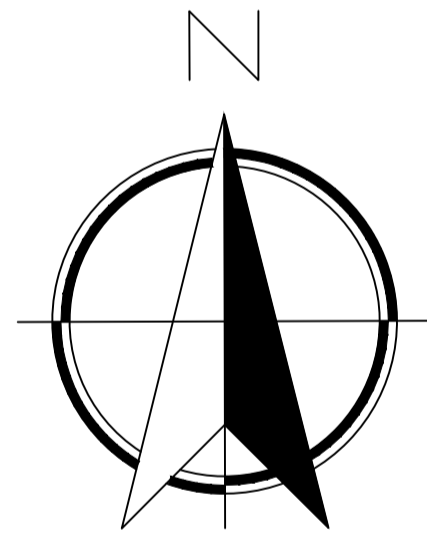
<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: PLANO DE RED GENERAL	HOJA 2
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ		19
ESCALA: INDICADA	Vo.Bo.	



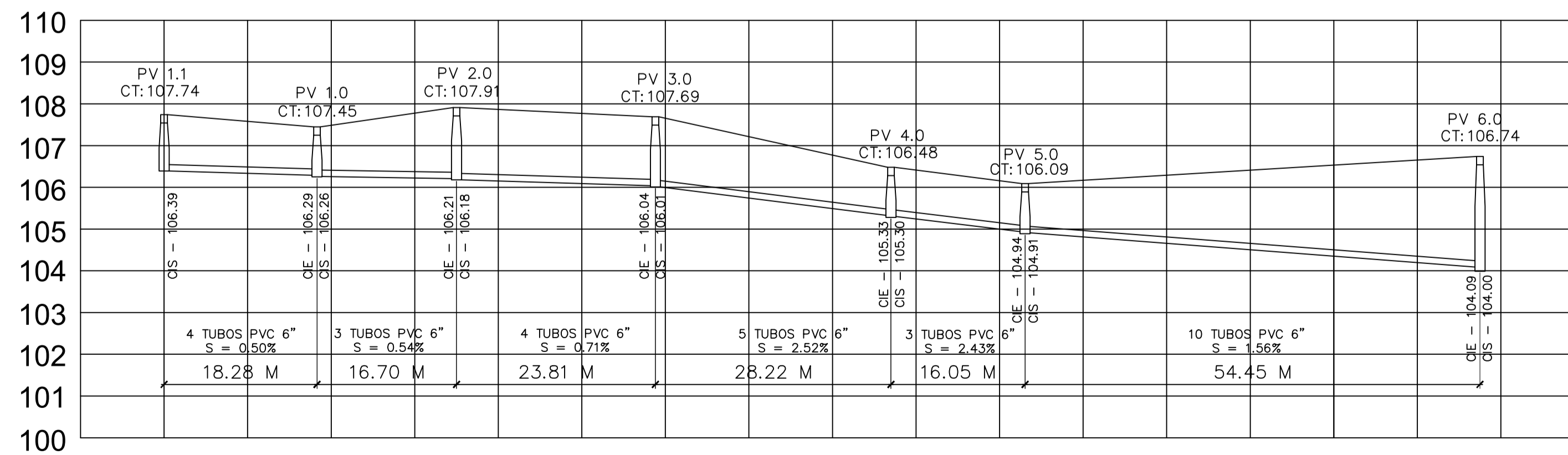
**Planta Tramo PV 25.0 a PV 31.0**  
Red General Esc. 1:1000



**Perfil Tramo PV 25.0 a PV 31.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



**Planta Tramo PV 1.1 a PV 6.0**  
Red General Esc. 1:1000



**Perfil Tramo PV 1.1 a PV 6.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

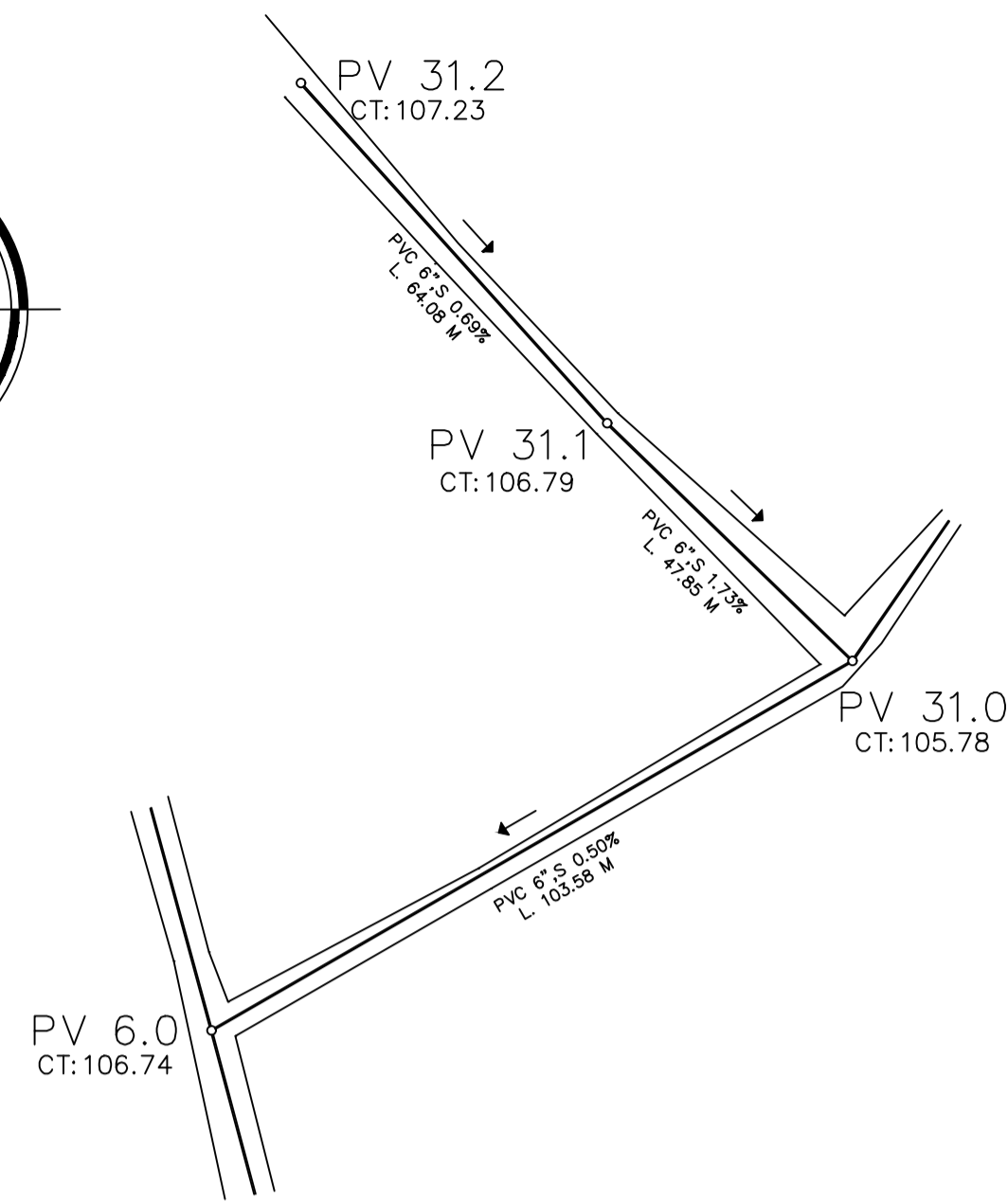
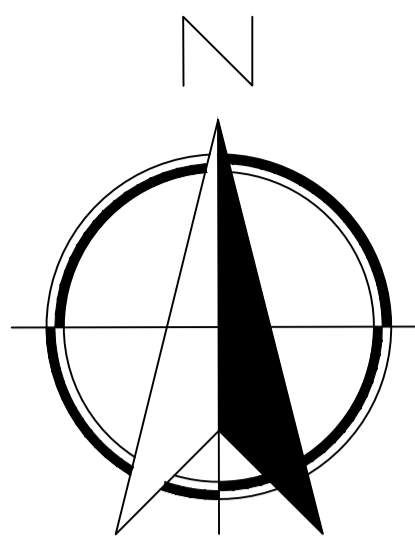


ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 1.1 A PV 6.0  
PLANTA TRAMO PV 25.0 A PV 31.0  
PERFIL TRAMO PV 1.1 A PV 6.0  
PERFIL TRAMO PV 25.0 A PV 31.0

HOJA  
3  
19

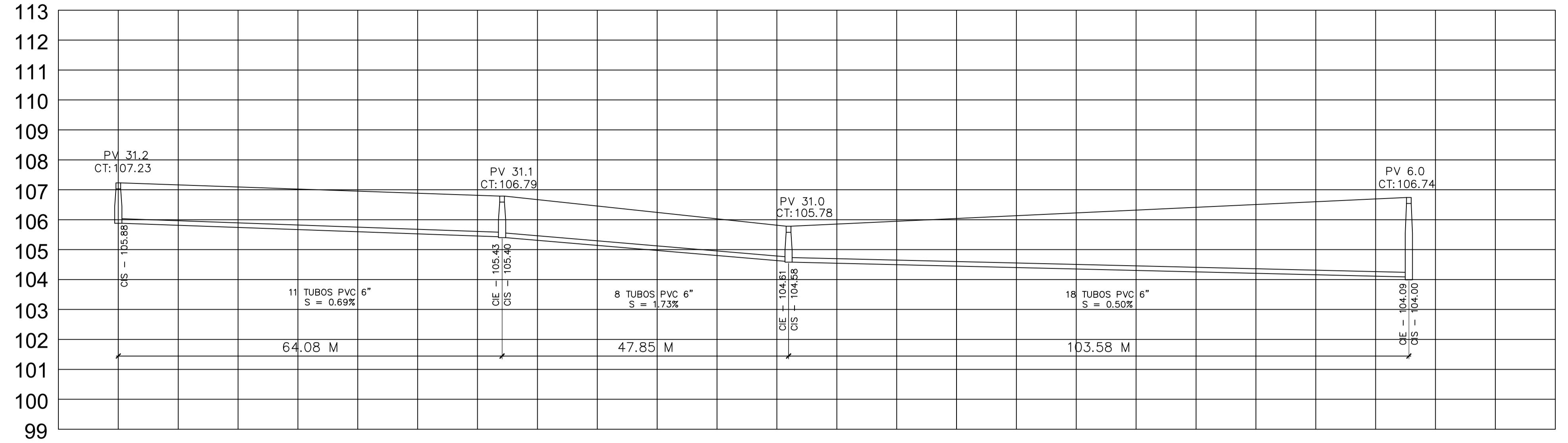
Vo.Bo.



### Planta Tramo PV 31.2 a PV 6.0

Red General

Esc. 1:1000

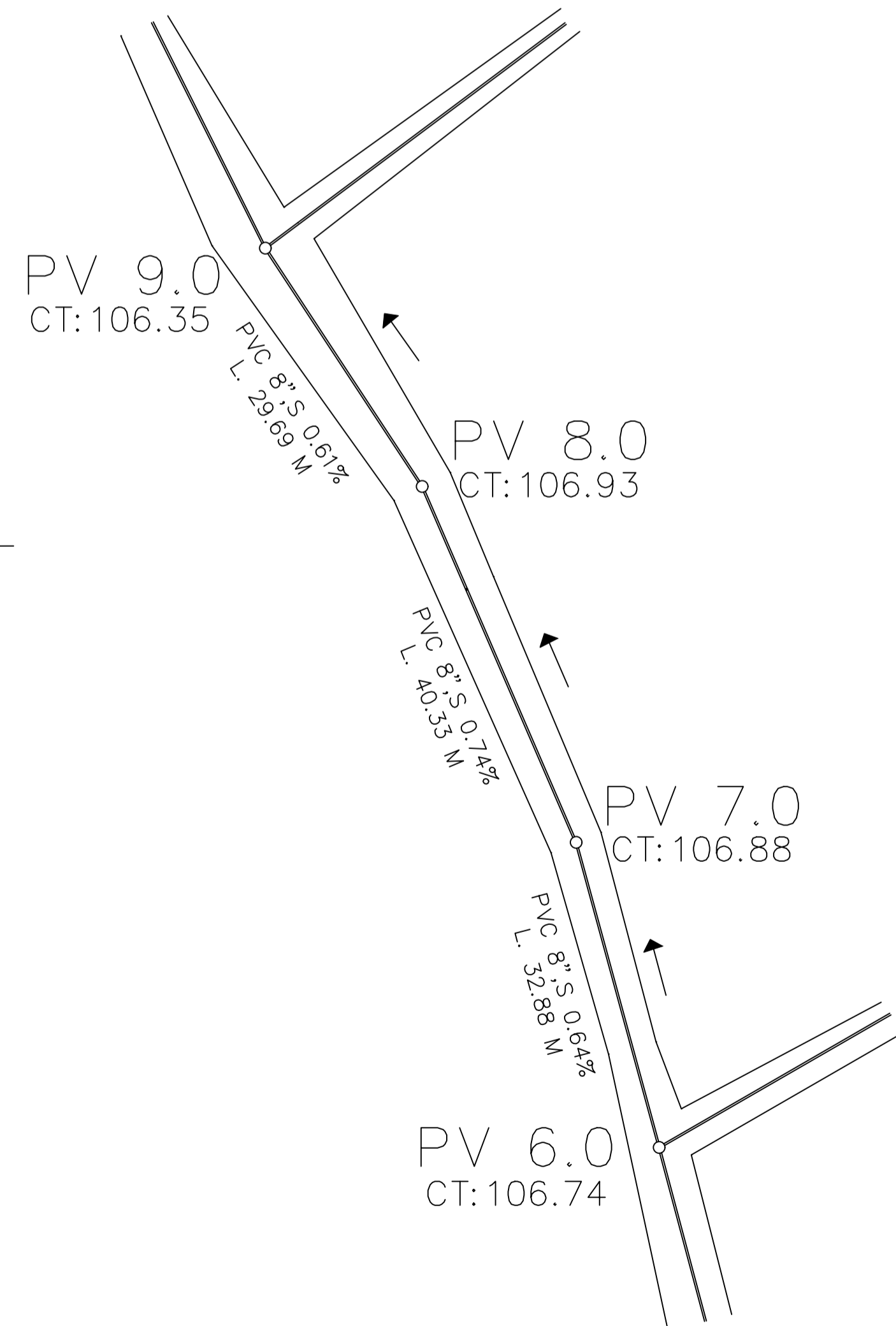
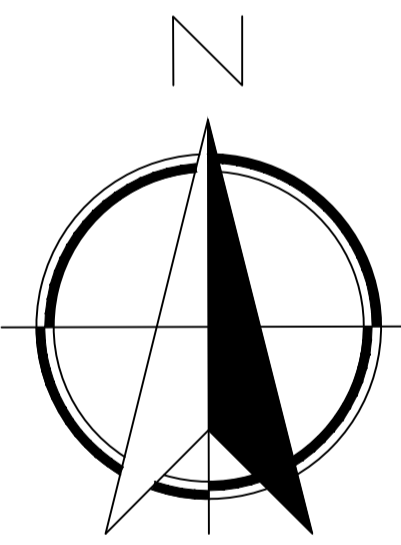


### Perfil Tramo PV 31.2 a PV 6.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

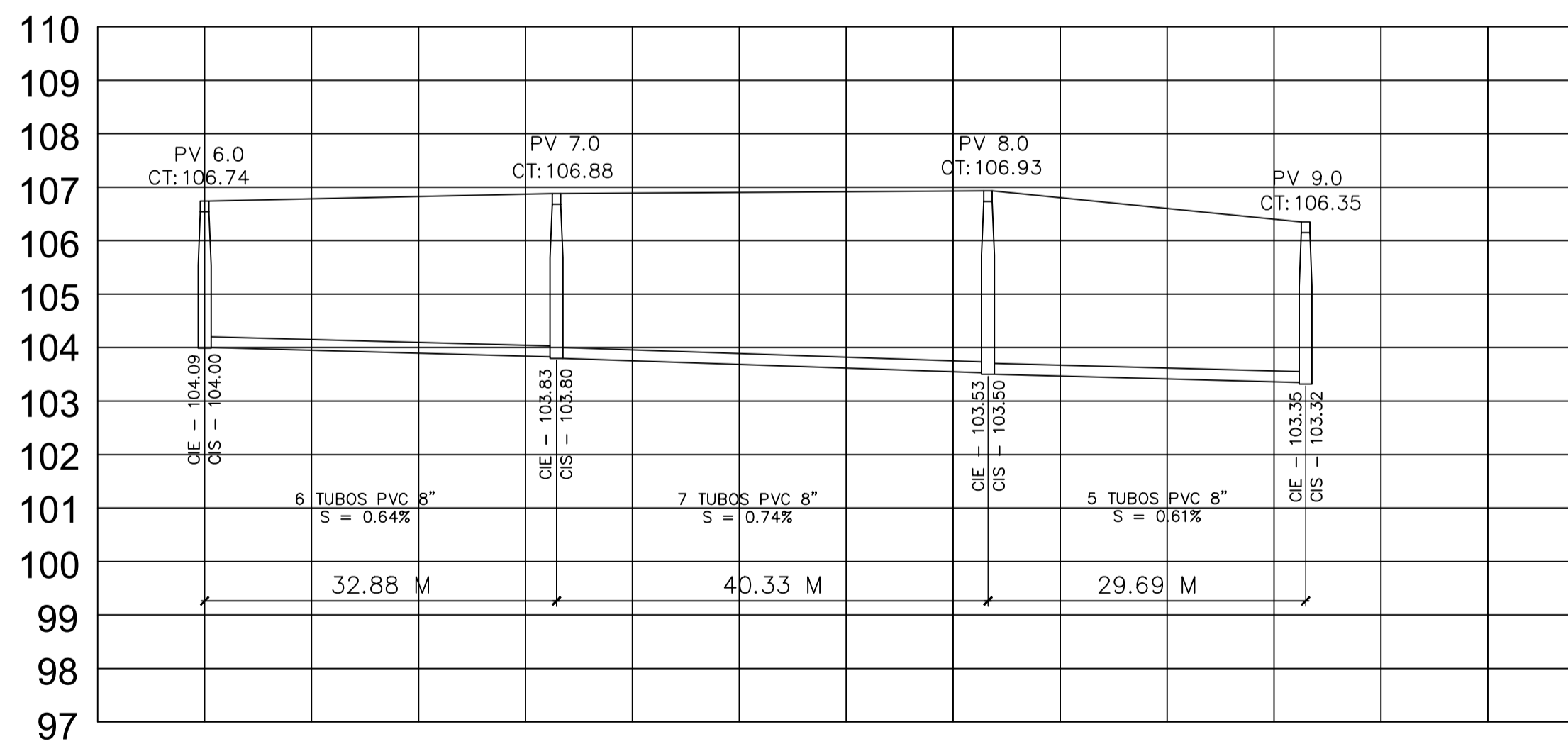
Esc. vertical 1:100



### Planta Tramo PV 6.0 a PV 9.0

Red General

Esc. 1:500



### Perfil Tramo PV 6.0 a PV 9.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA



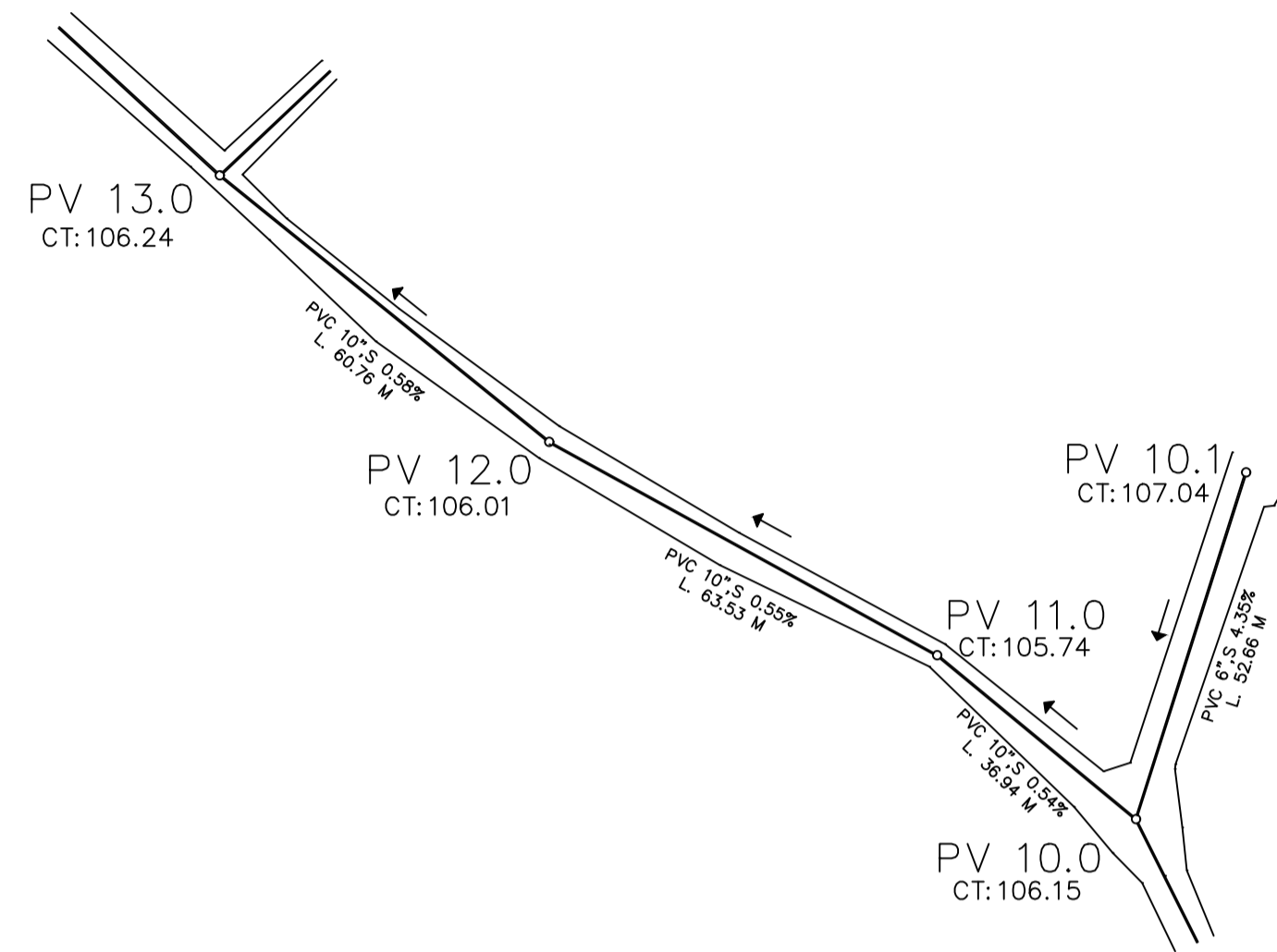
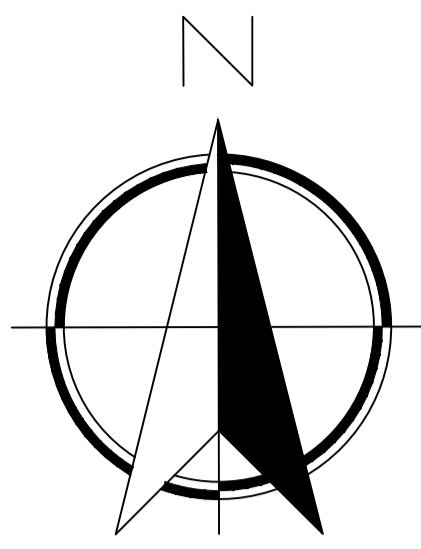
PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 31.2 A PV 6.0  
PLANTA TRAMO PV 6.0 A PV 9.0  
PERFIL TRAMO PV 31.2 A PV 6.0  
PERFIL TRAMO PV 6.0 A PV 9.0

HOJA  
4  
19

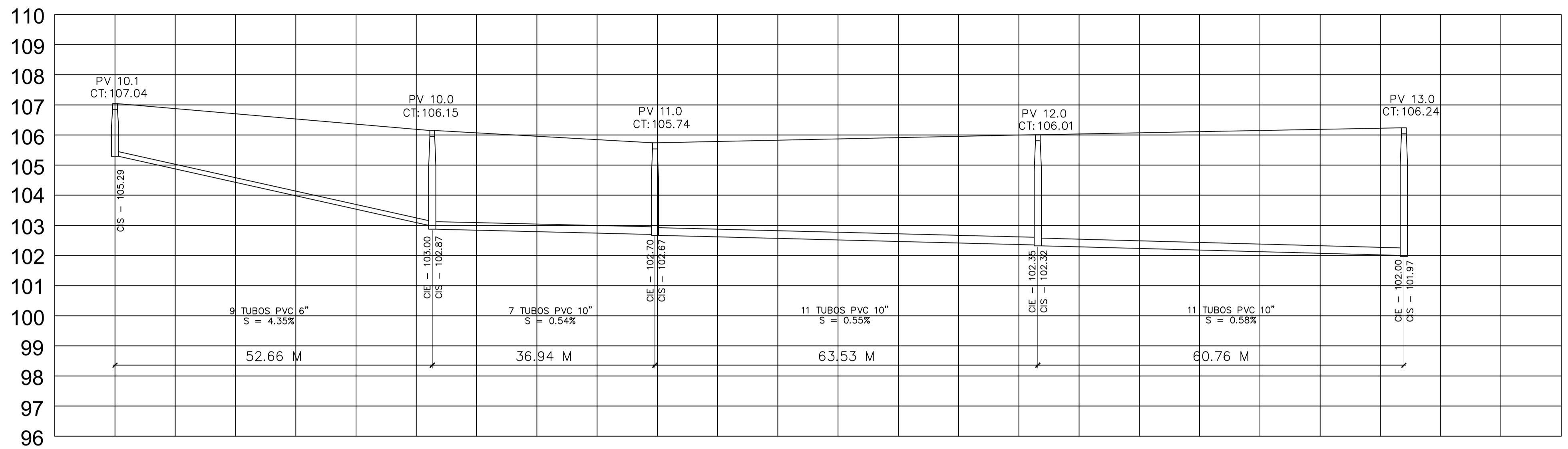
Vo.Bo.



Planta Tramo PV 10.1 a PV 13.0

Red General

Esc. 1:1000

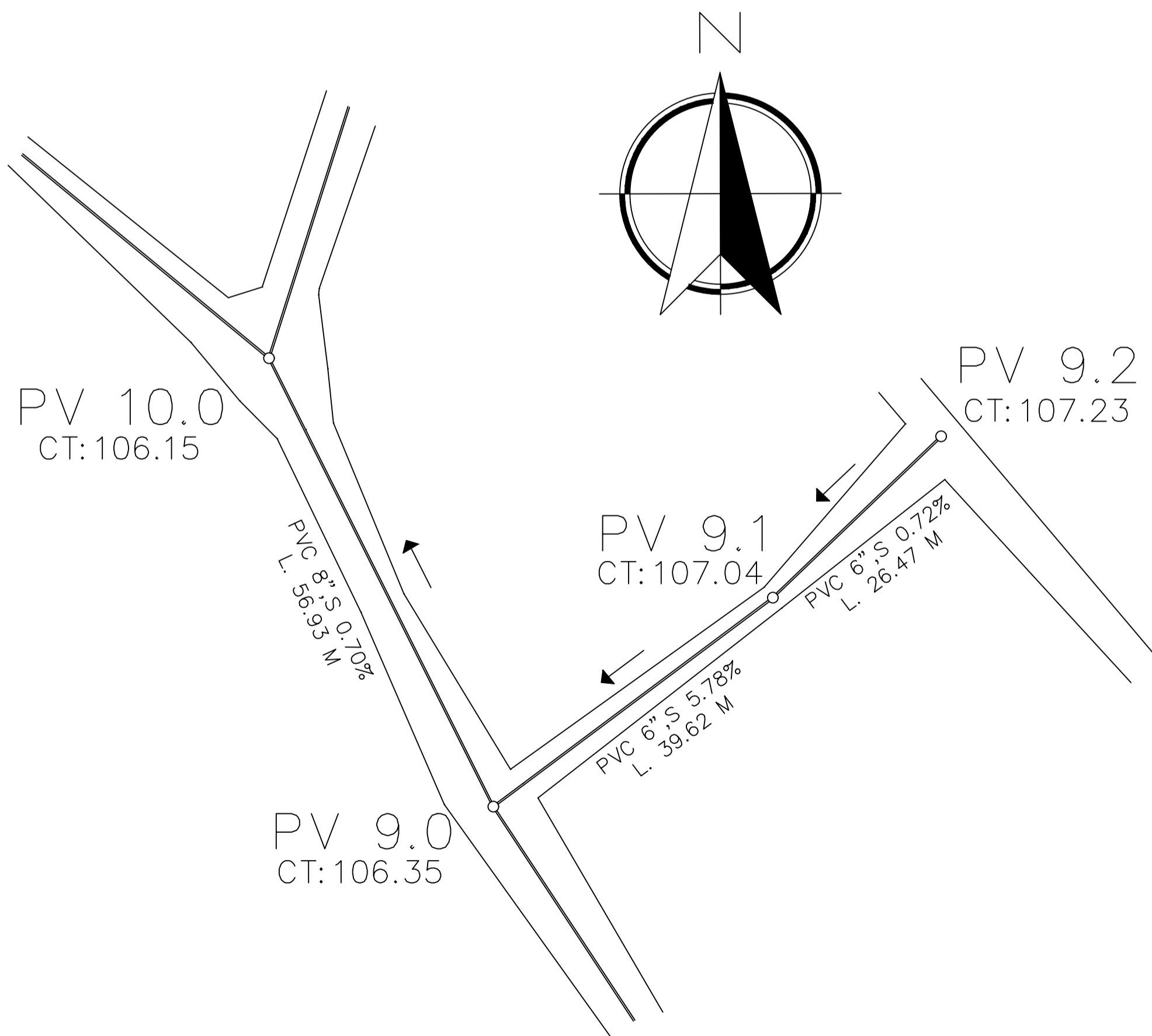


Perfil Tramo PV 10.1 a PV 13.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

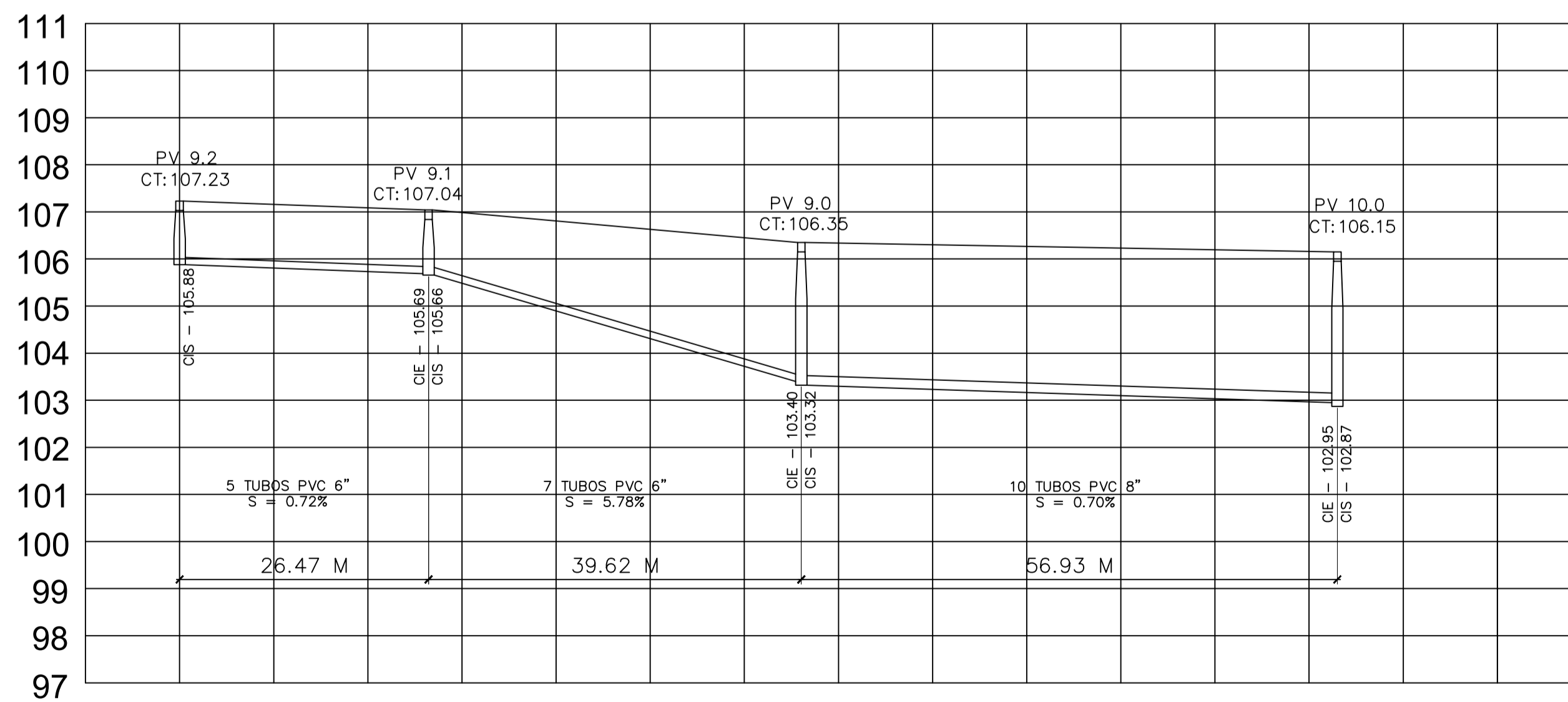
Esc. vertical 1:100



Planta Tramo PV 9.2 a PV 10.0

Red General

Esc. 1:500



Perfil Tramo PV 9.2 a PV 10.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

ESCALA:  
INDICADA

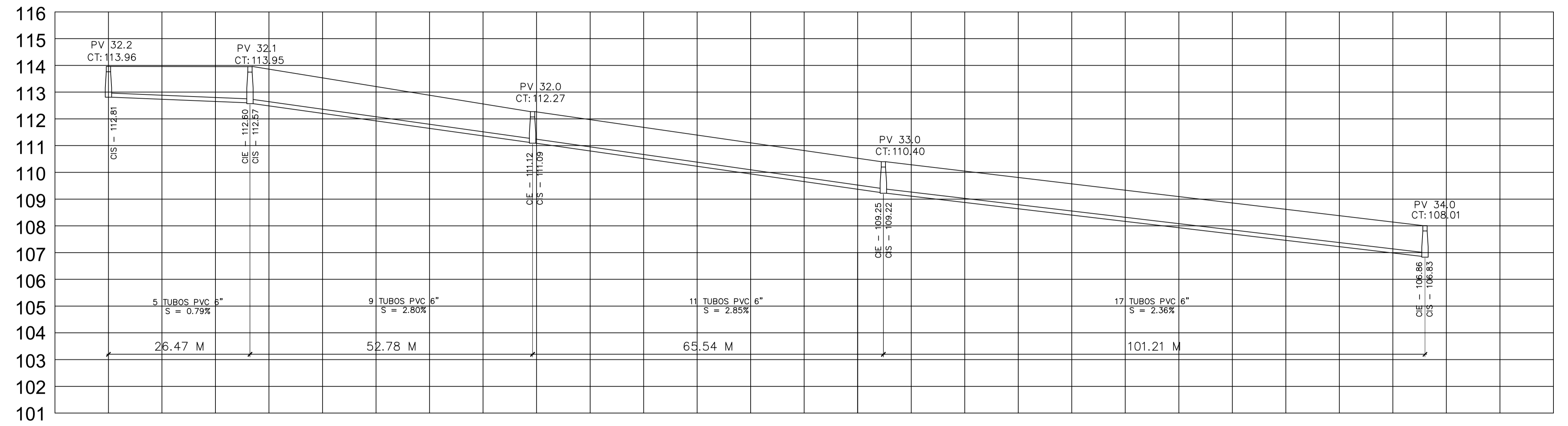
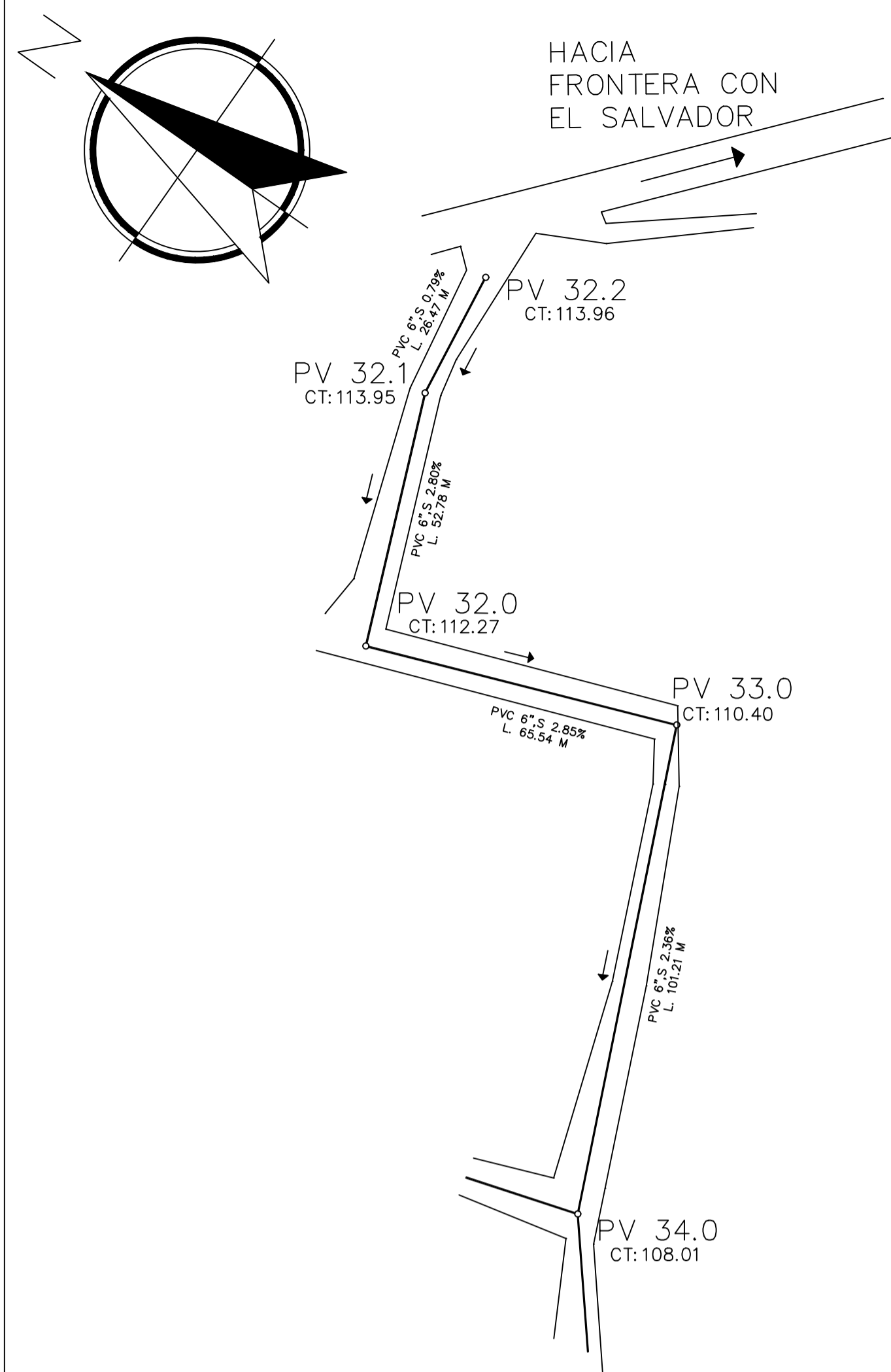
CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 9.2 A PV 10.0  
PLANTA TRAMO PV 10.1 A PV 13.0  
PERFIL TRAMO PV 9.2 A PV 10.0  
PERFIL TRAMO PV 10.1 A PV 13.0

Vo.Bo.



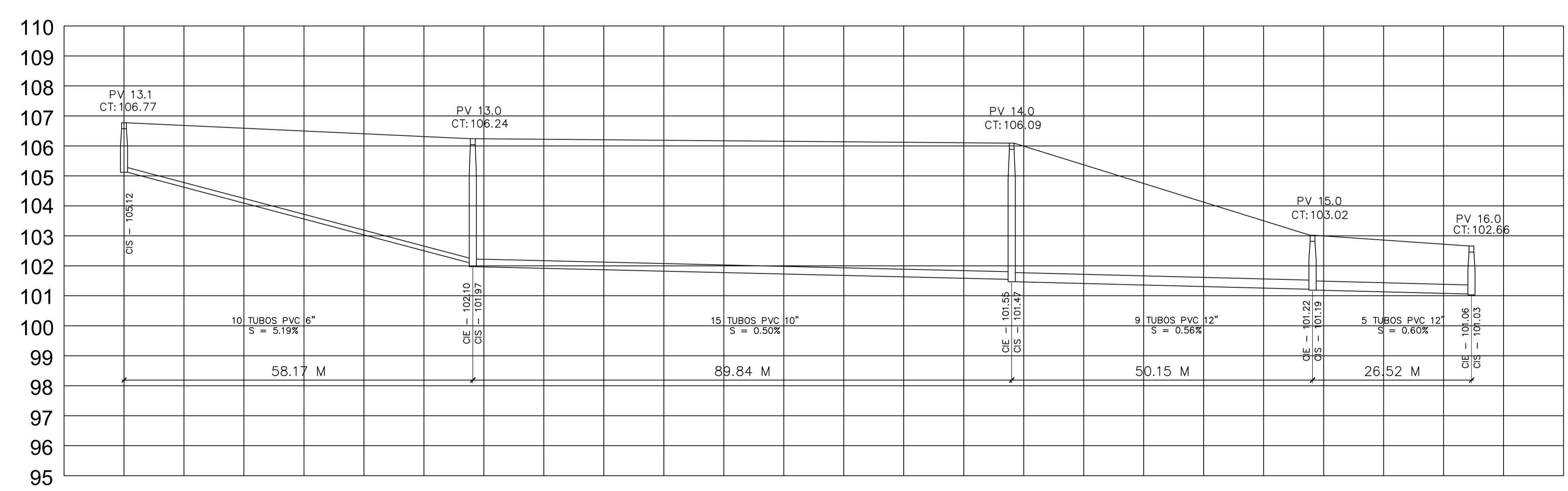
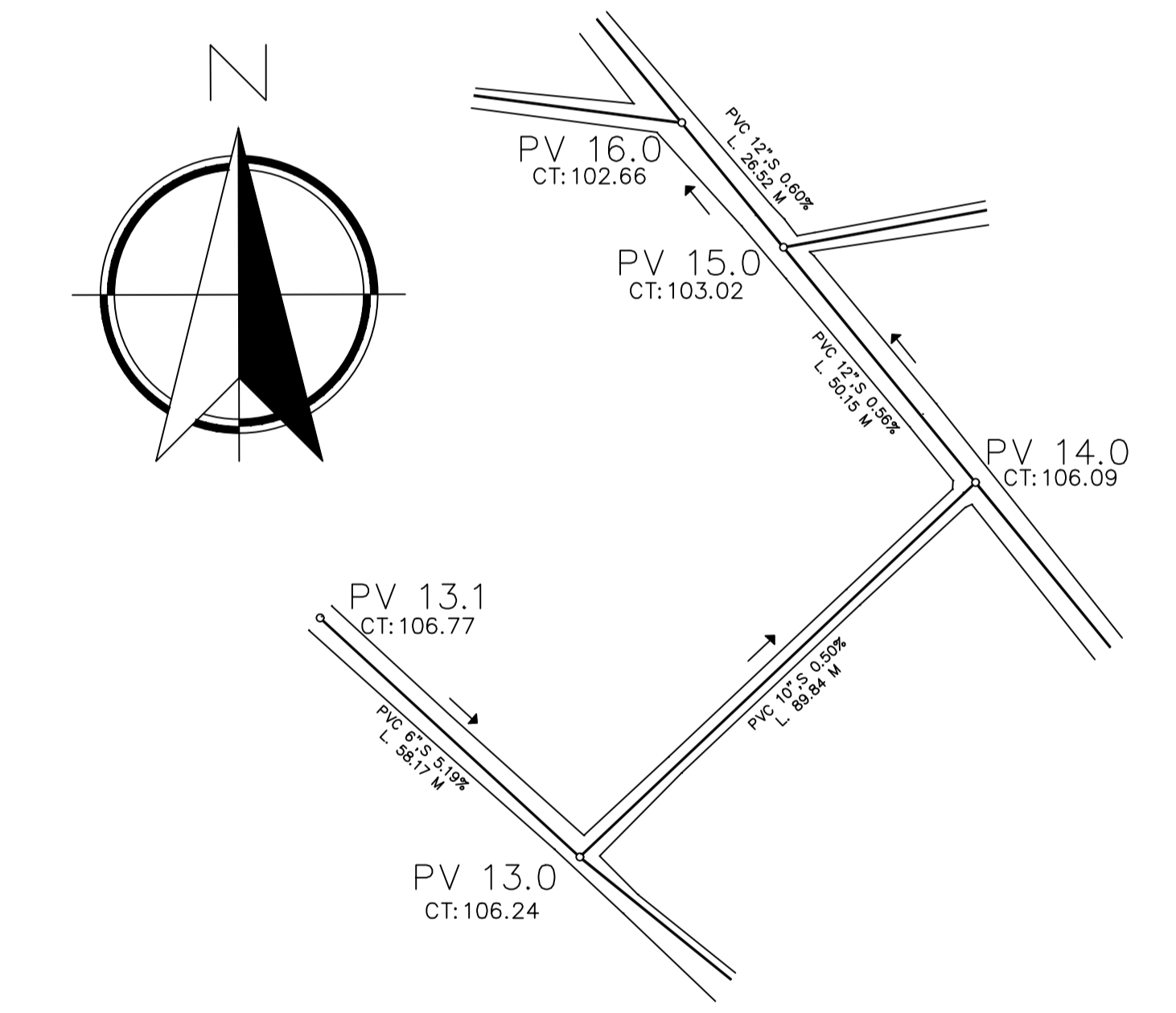
HOJA

5  
19



**Planta Tramo PV 32.2 a PV 34.0**  
 Red General Esc. 1:1000

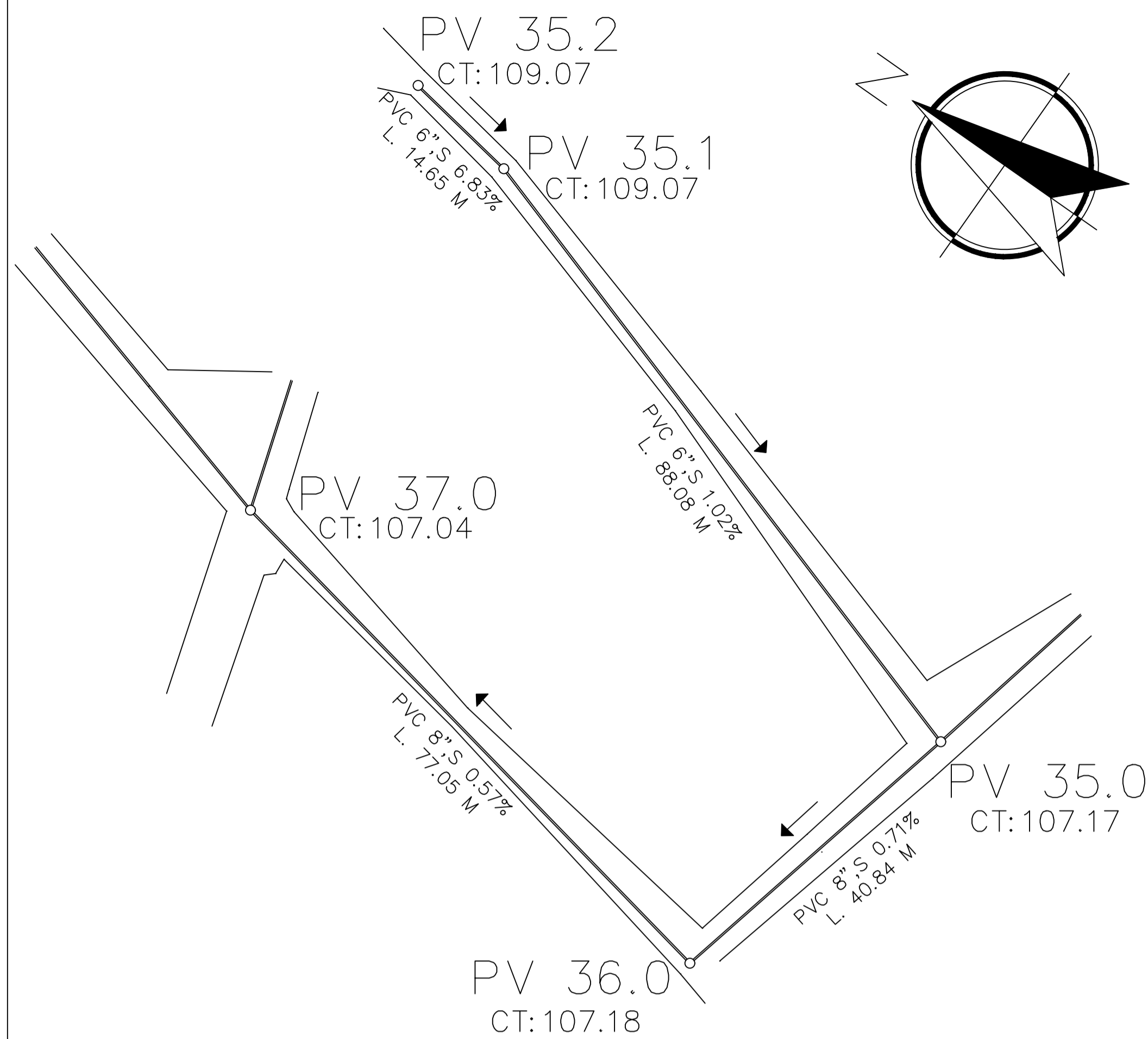
**Perfil Tramo PV 32.2 a PV 34.0**  
 Red General Esc. horizontal 1:1000  
 Esc. vertical 1:100



**Planta Tramo PV 13.1 a PV 16.0**  
 Red General Esc. 1:1000

<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: PLANTA TRAMO PV 32.2 A PV 34.0 PLANTA TRAMO PV 13.1 A PV 16.0 PERFIL TRAMO PV 32.2 A PV 34.0 PERFIL TRAMO PV 13.1 A PV 16.0	HOJA 6 19
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ		
ESCALA: INDICADA		

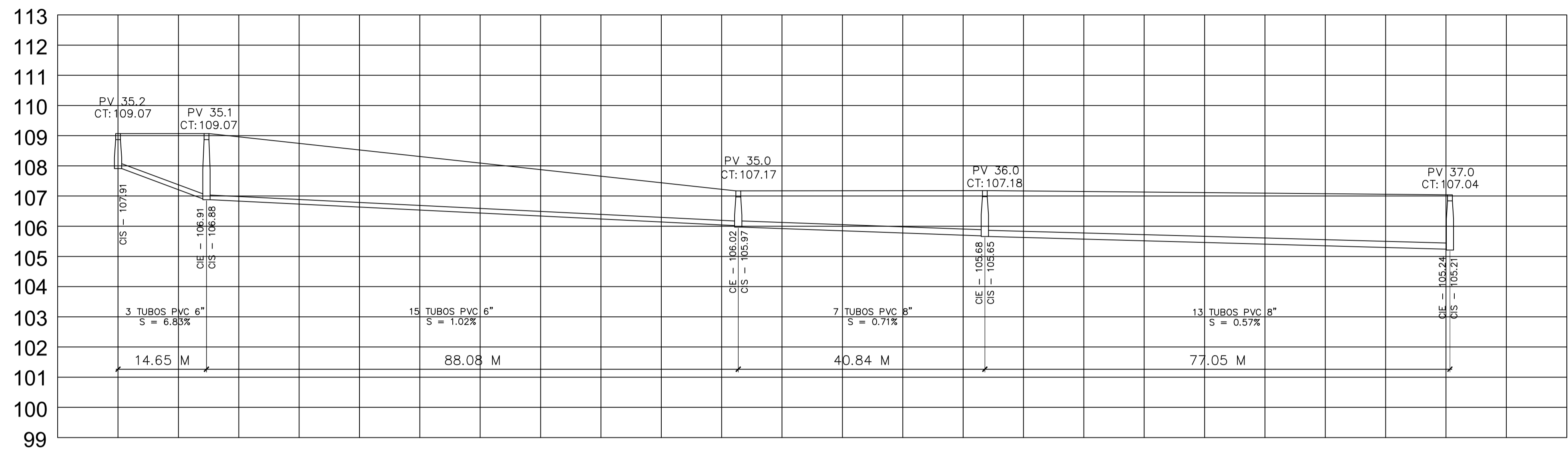
**Perfil Tramo PV 13.1 a PV 16.0**  
 Red General Esc. horizontal 1:1000  
 Esc. vertical 1:100



Planta Tramo PV 35.2 a PV 37.0

Red General

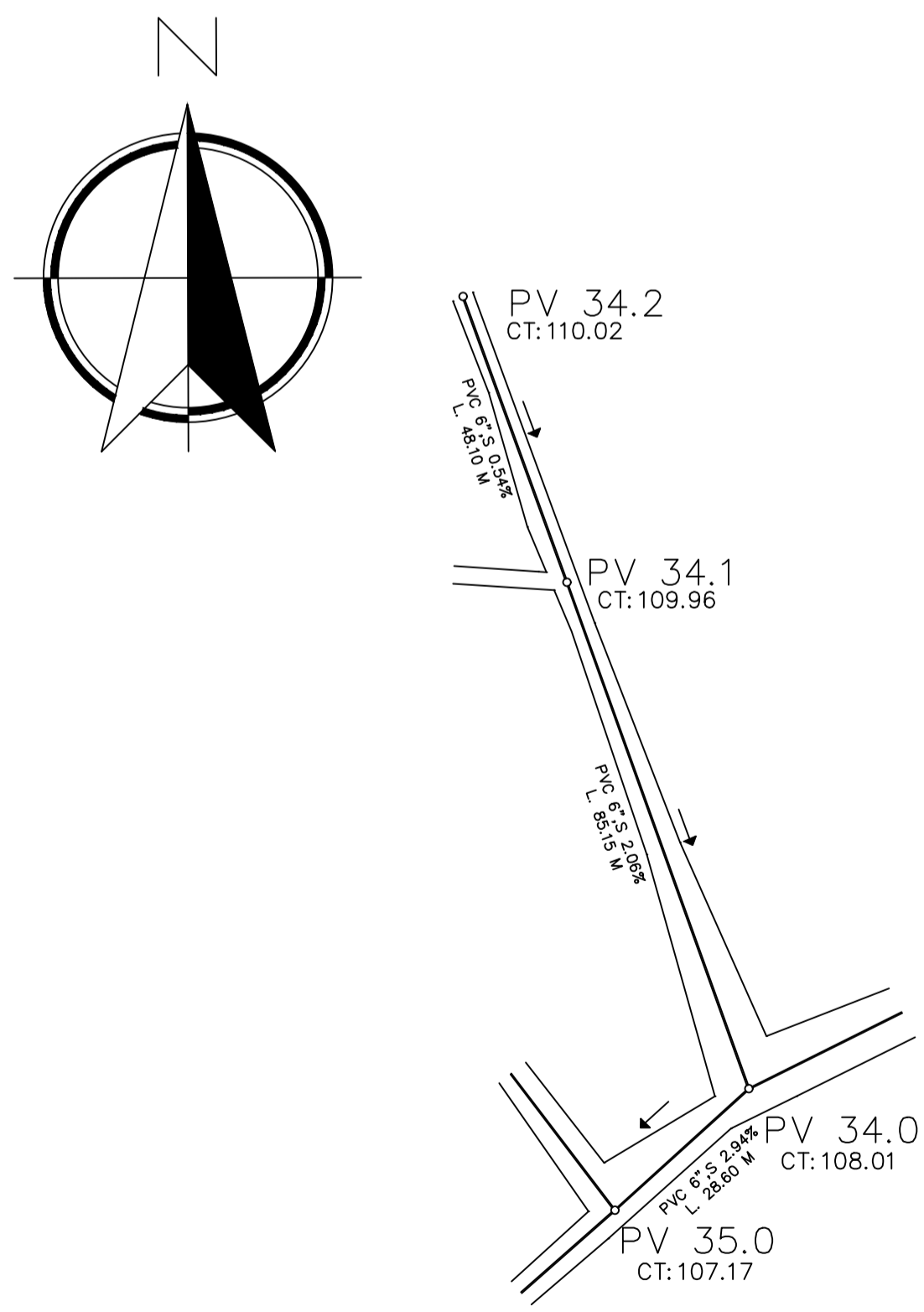
Esc. 1:500



Perfil Tramo PV 35.2 a PV 37.0

Red General

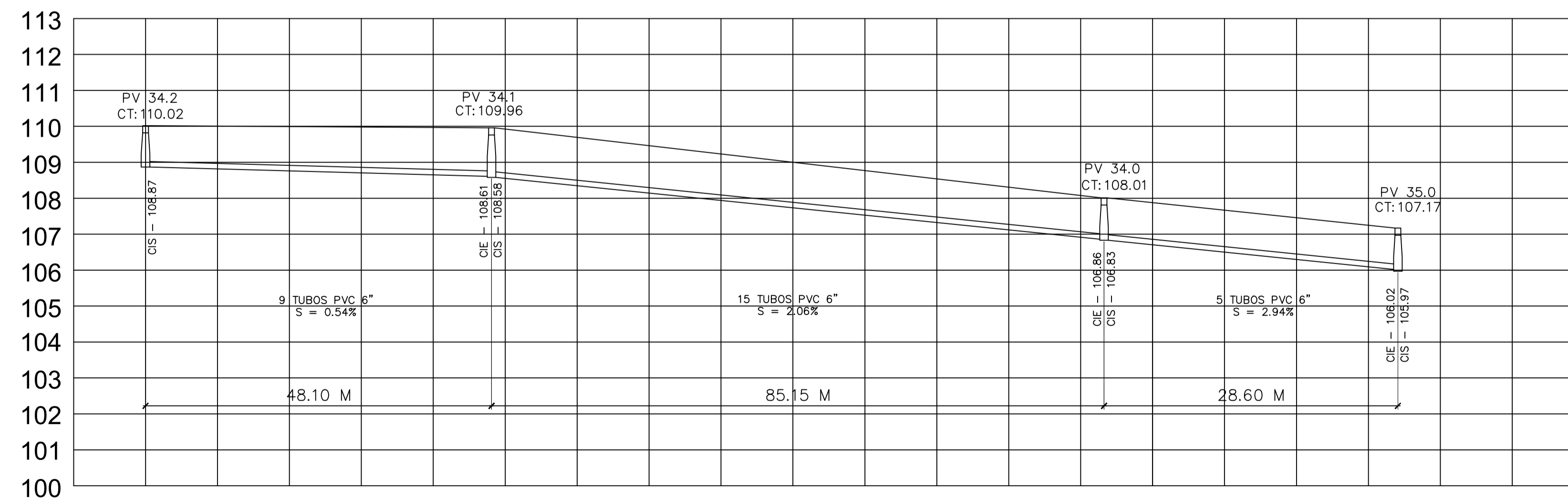
Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



Planta Tramo PV 34.2 a PV 35.0

Red General

Esc. 1:1000



Perfil Tramo PV 34.2 a PV 35.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

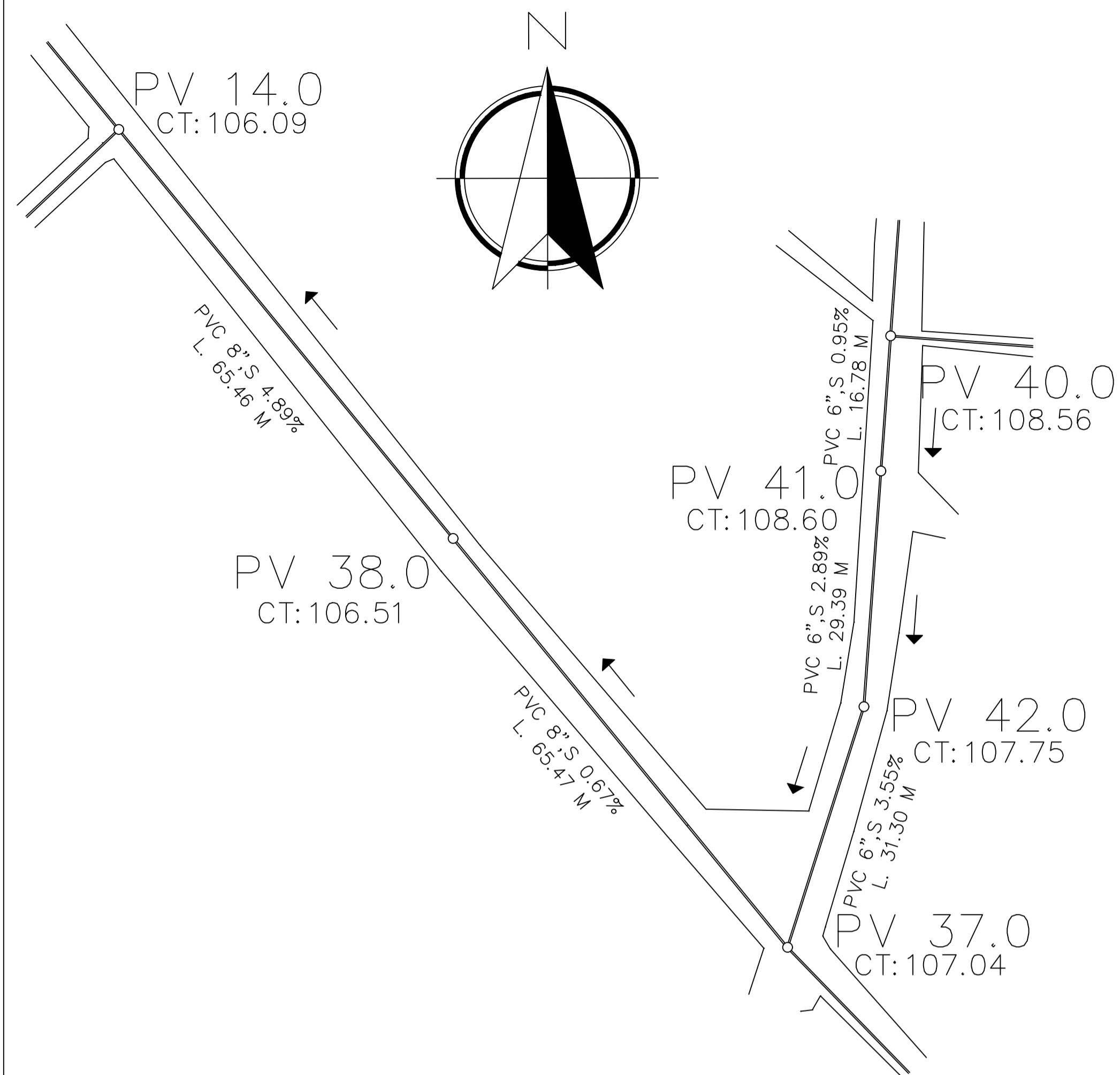


ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 35.2 A PV 37.0  
PLANTA TRAMO PV 34.2 A PV 35.0  
PERFIL TRAMO PV 35.2 A PV 37.0  
PERFIL TRAMO PV 34.2 A PV 35.0

HOJA  
7  
19

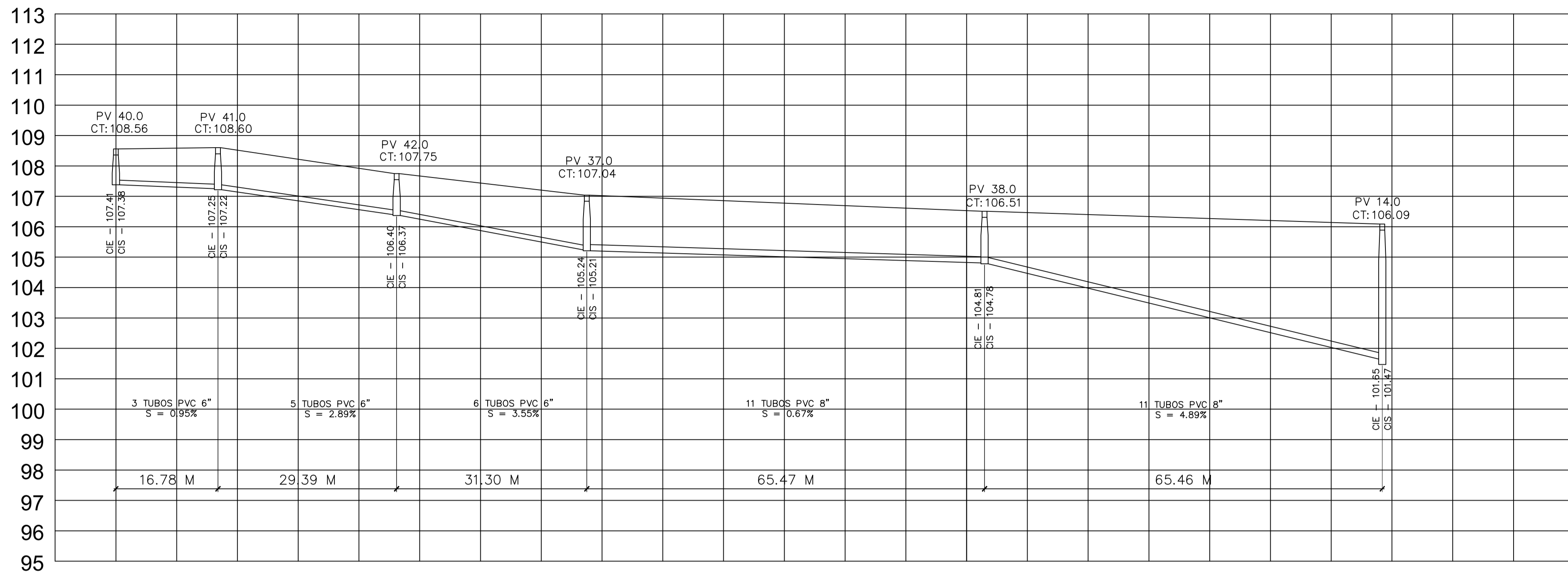
Vo.Bo.



Planta Tramo PV 40.0 a PV 14.0

Red General

Esc. 1:500

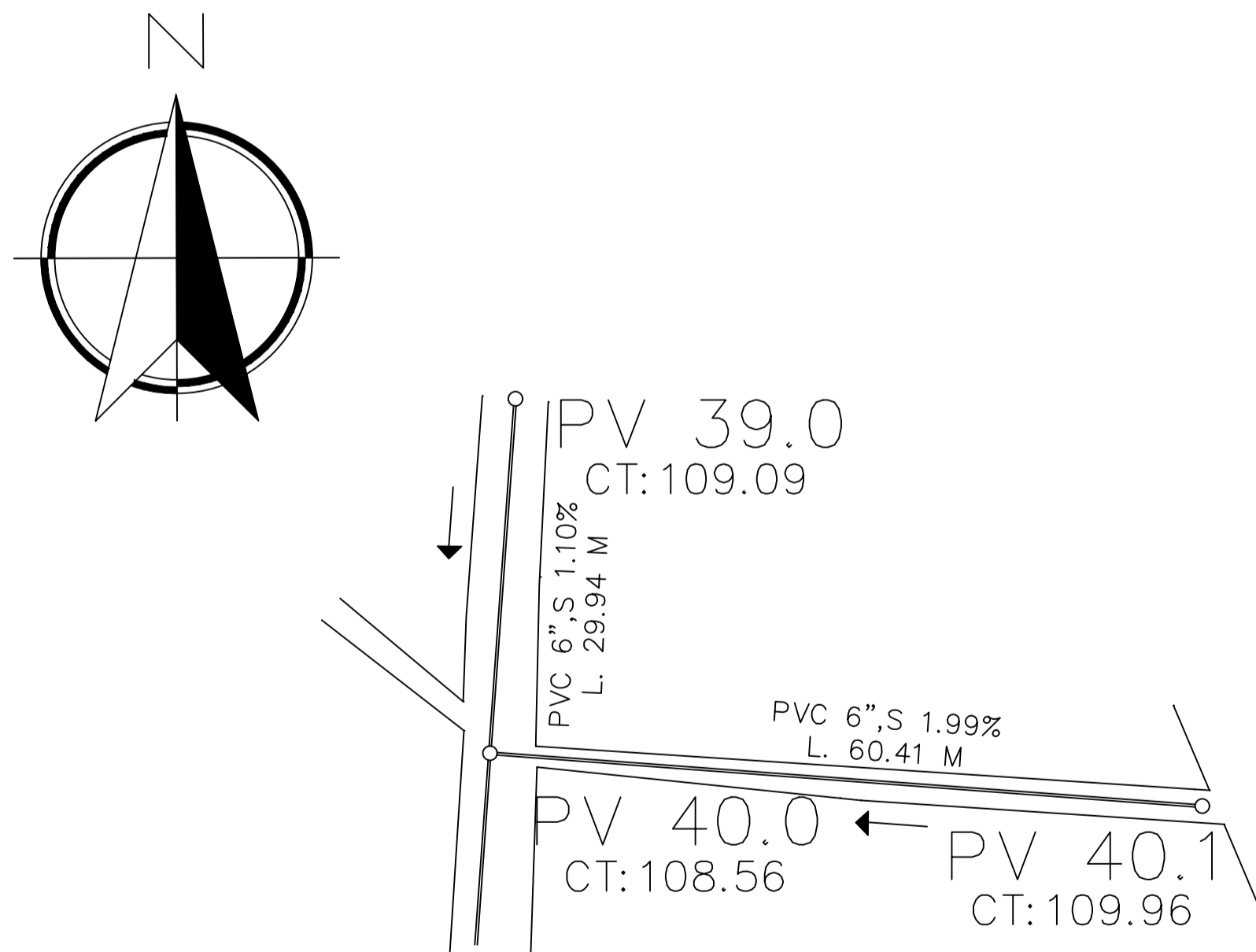


Perfil Tramo PV 40.0 a PV 14.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

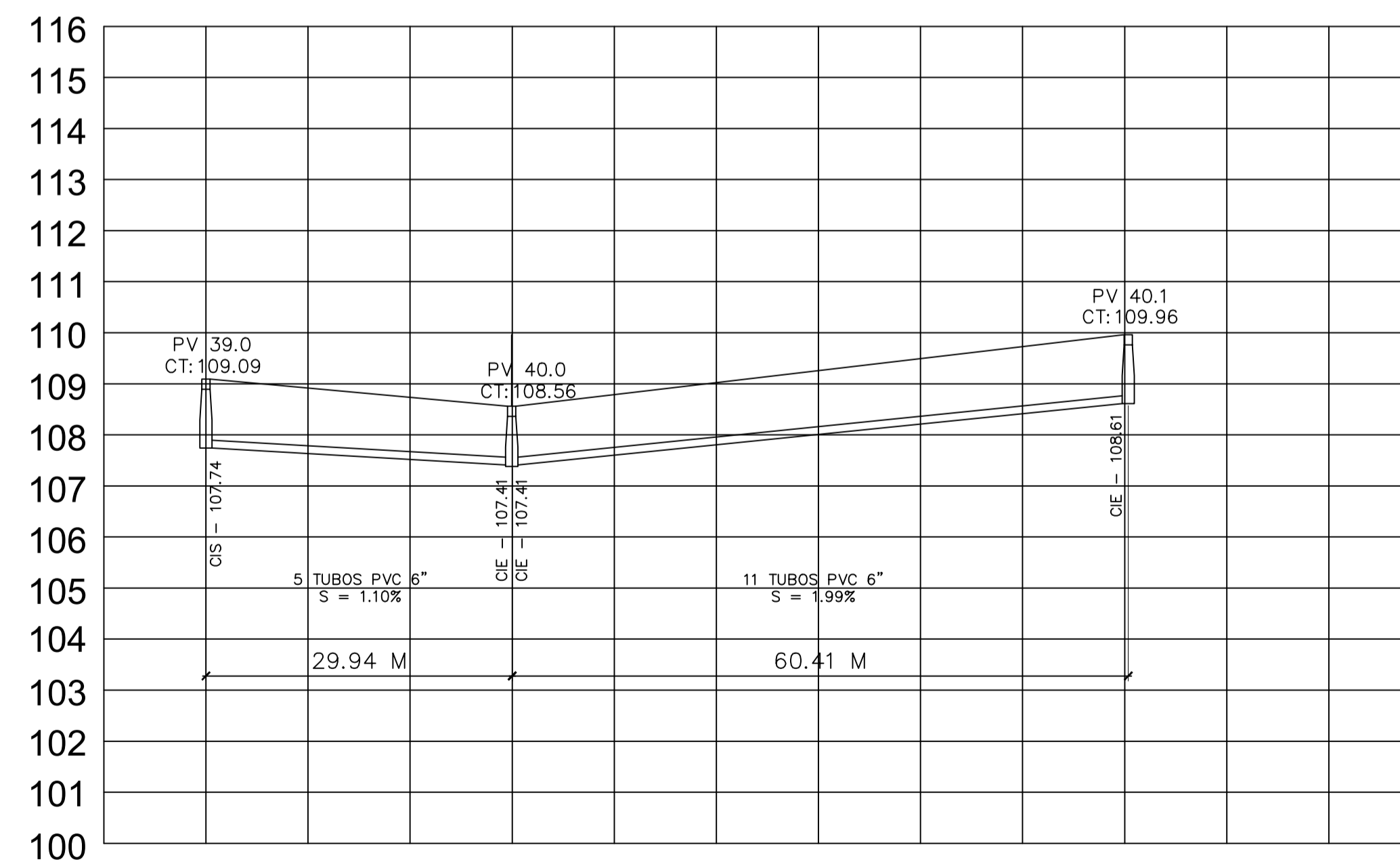
Esc. vertical 1:100



Planta Tramo PV 39.0 a PV 40.1

Red General

Esc. 1:500



Perfil Tramo PV 39.0 a PV 40.1

Red General

Esc. horizontal 1:1000

Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 40.0 A PV 14.0  
PLANTA TRAMO PV 39.0 A PV 40.1  
PERFIL TRAMO PV 40.0 A PV 14.0  
PERFIL TRAMO PV 39.0 A PV 40.1

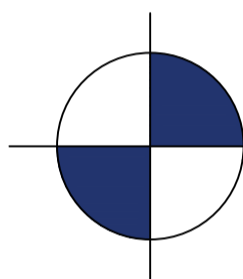
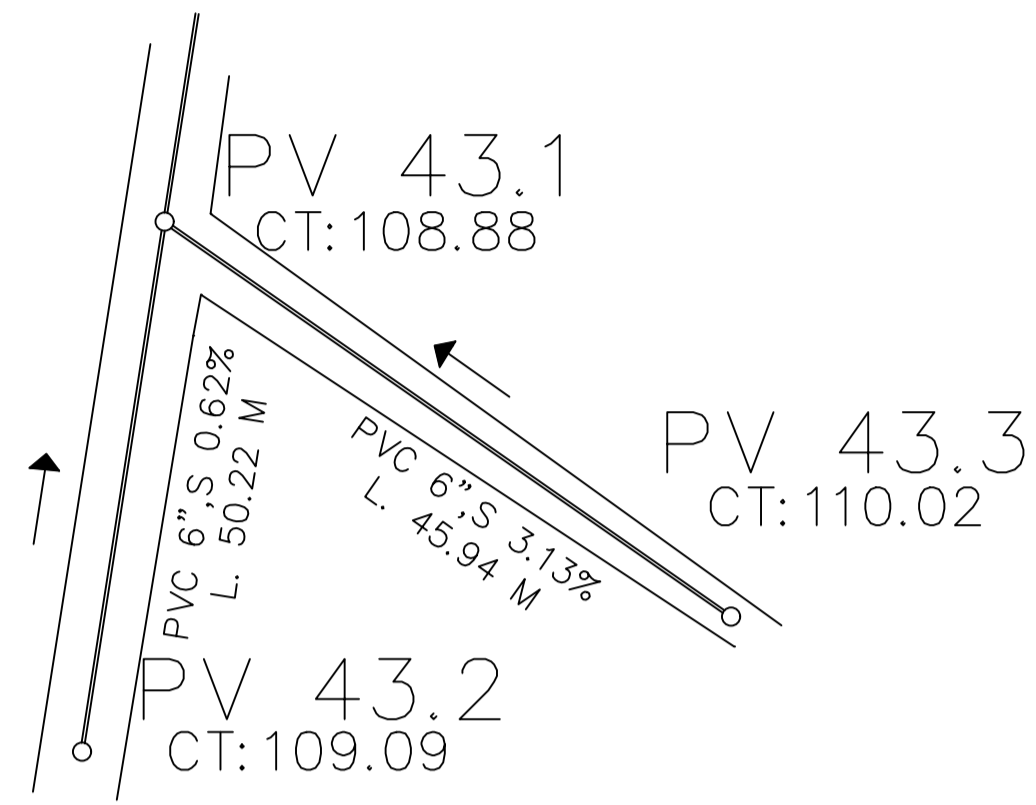
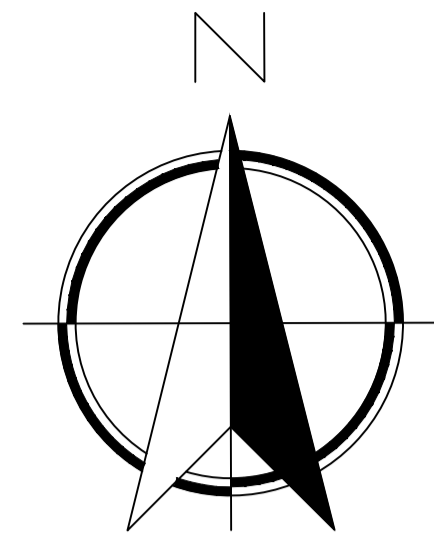
HOJA

8  
19

Vo.Bo.



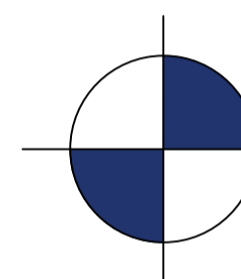
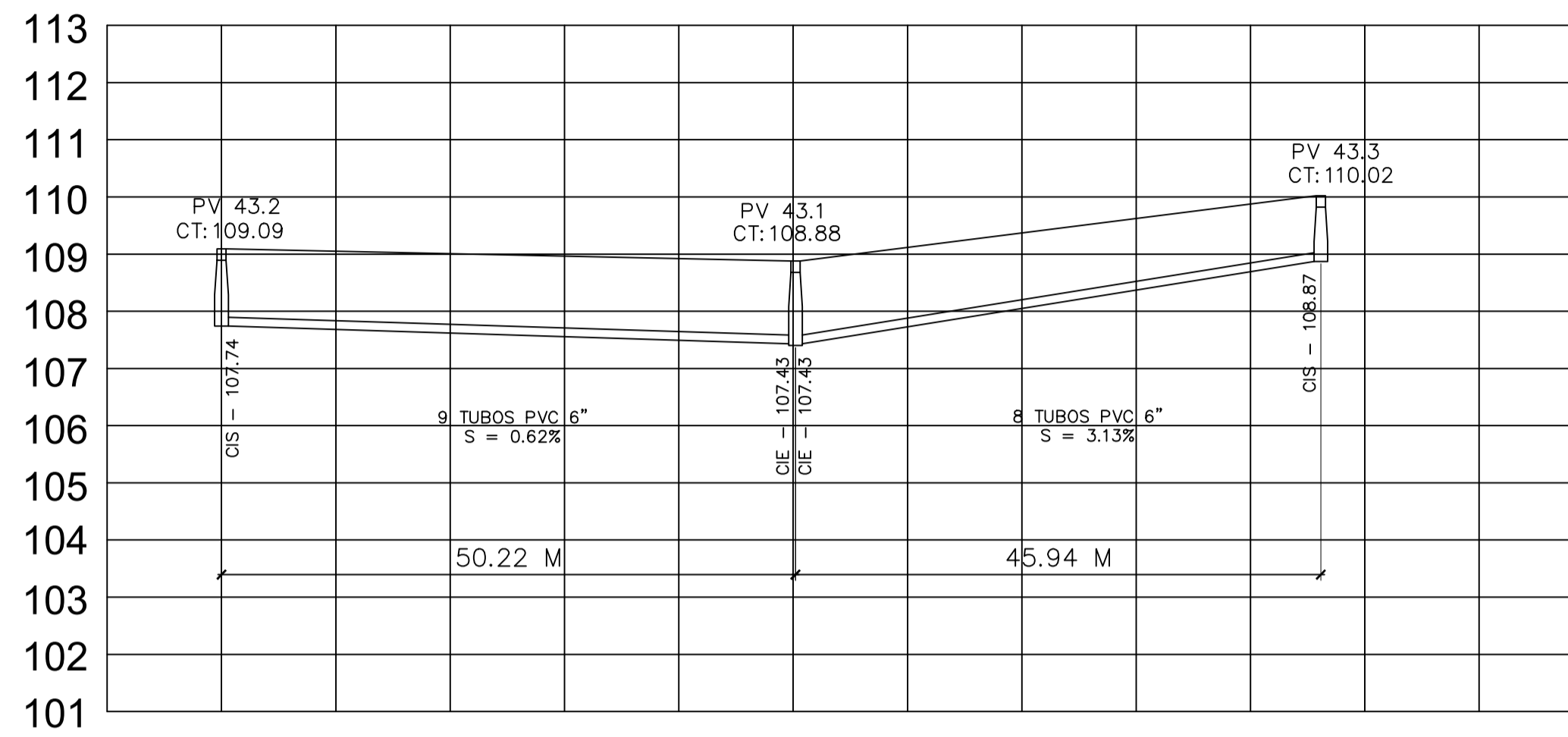




### Planta Tramo PV 43.3 a PV 43.1

Red General

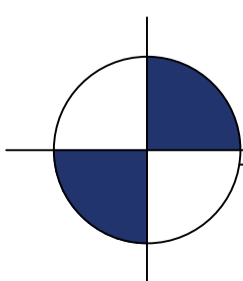
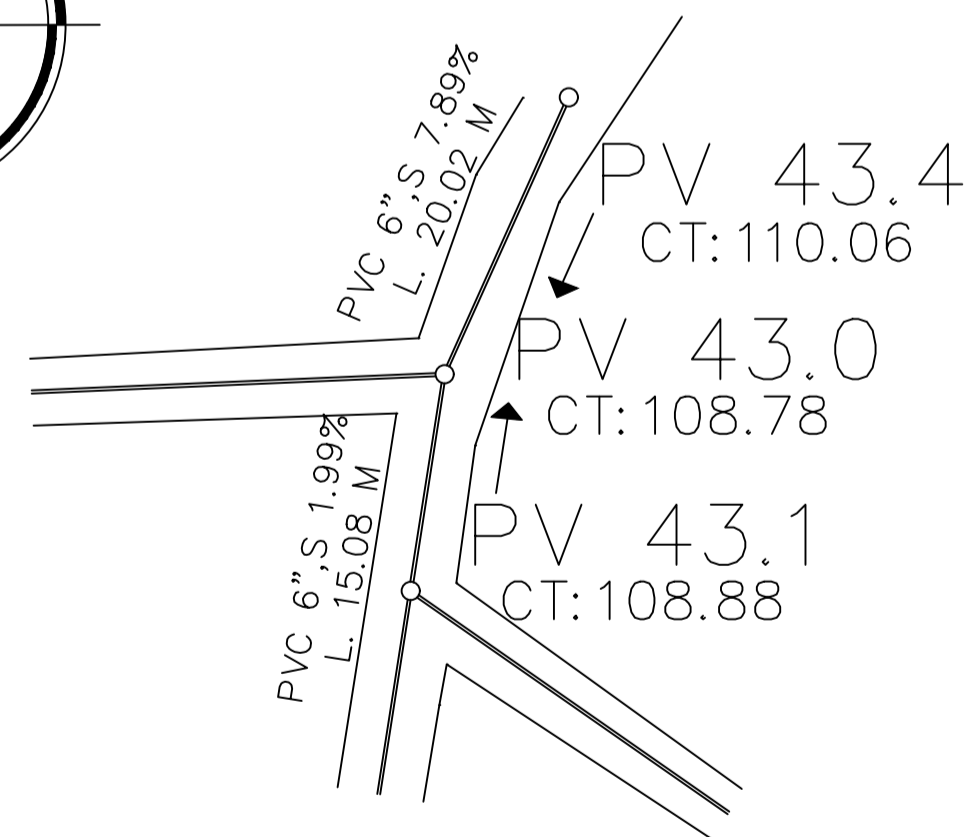
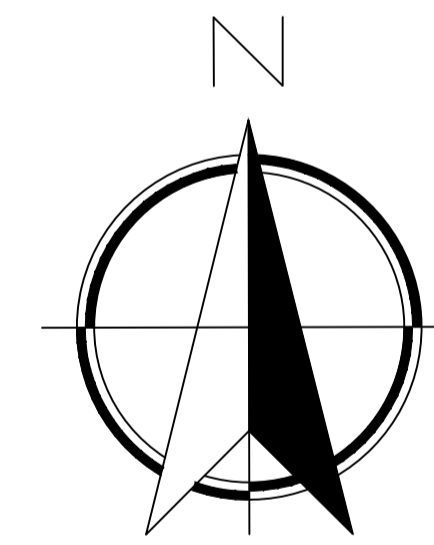
Esc. 1:500



### Perfil Tramo PV 43.3 a PV 43.1

Red General

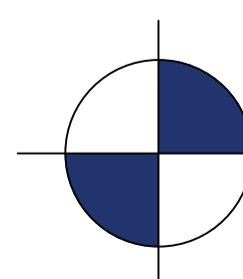
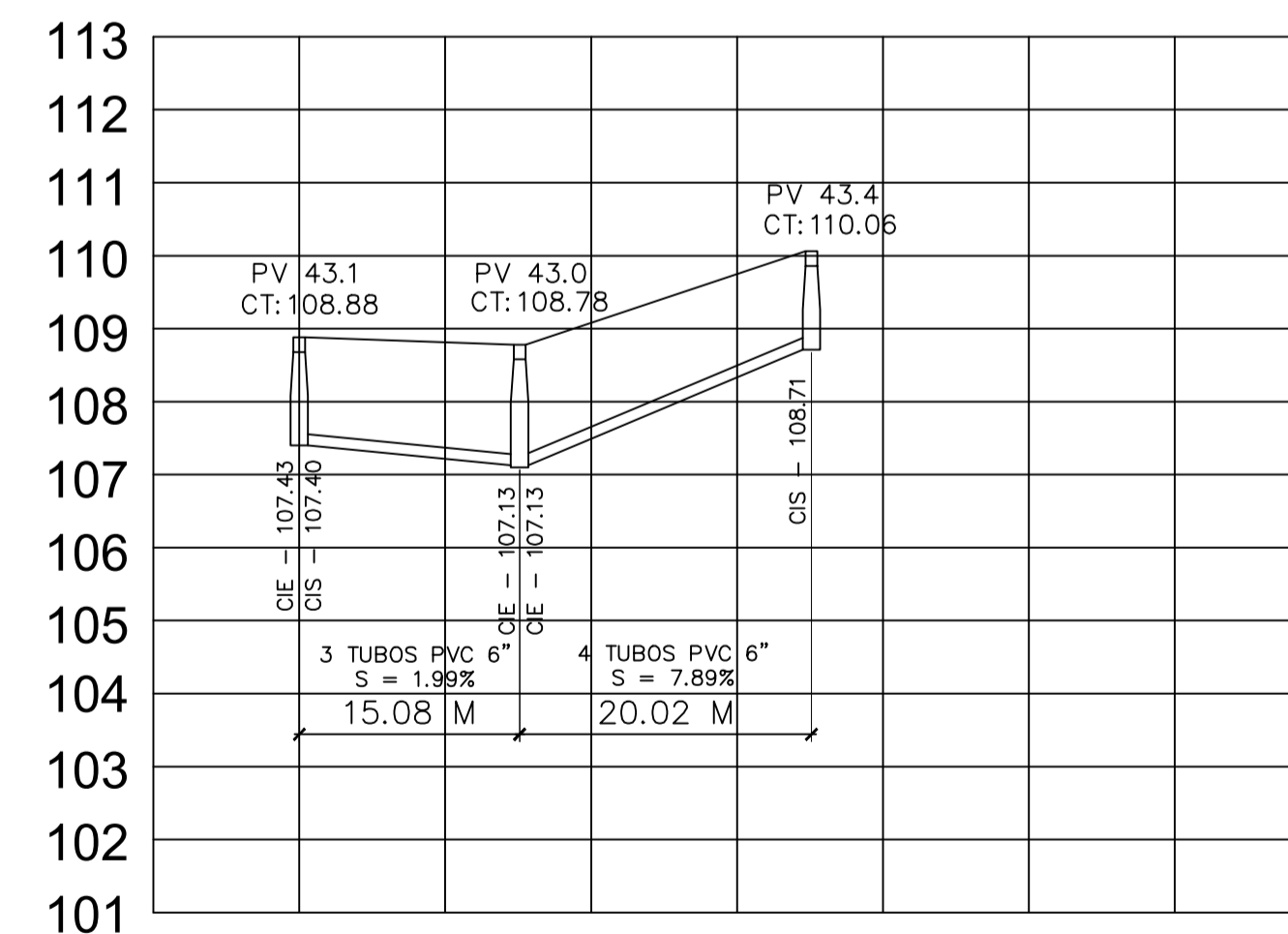
Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



### Planta Tramo PV 43.4 a PV 43.0

Red General

Esc. 1:500



### Perfil Tramo PV 43.4 a PV 43.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA



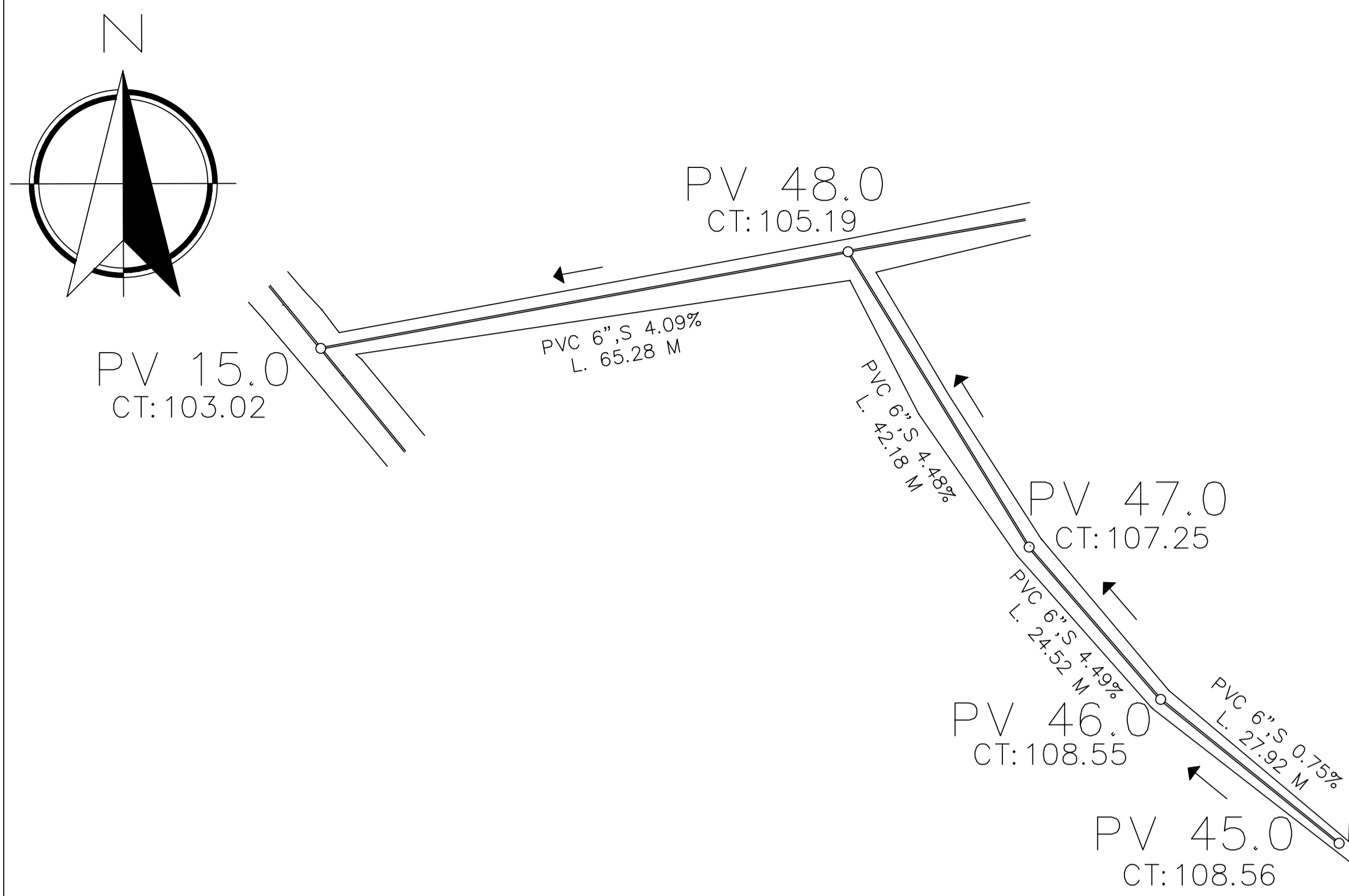
ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 43.3 A PV 43.1  
PLANTA TRAMO PV 43.4 A PV 43.0  
PERFIL TRAMO PV 43.3 A PV 43.1  
PERFIL TRAMO PV 43.4 A PV 43.0

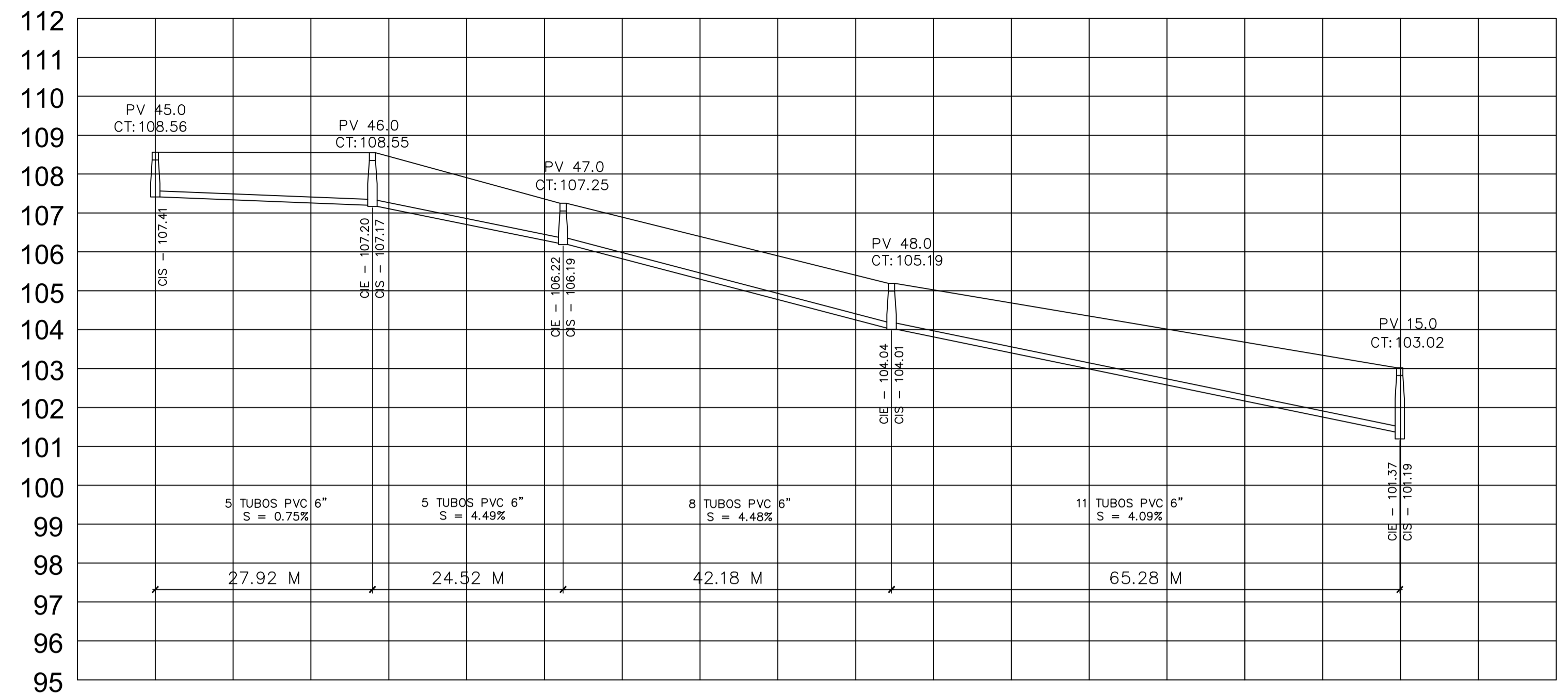
HOJA

9  
19

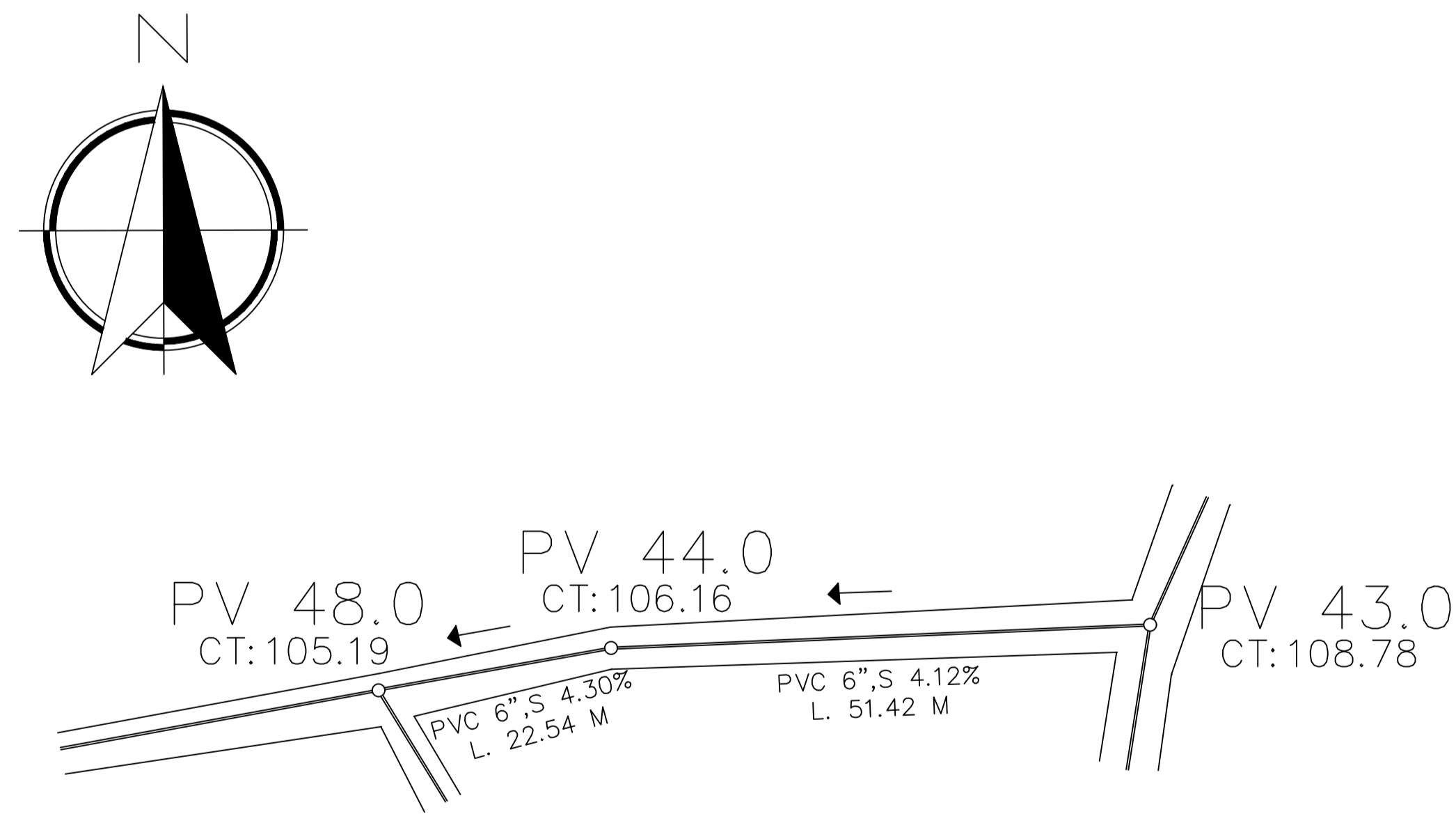
Vo.Bo.



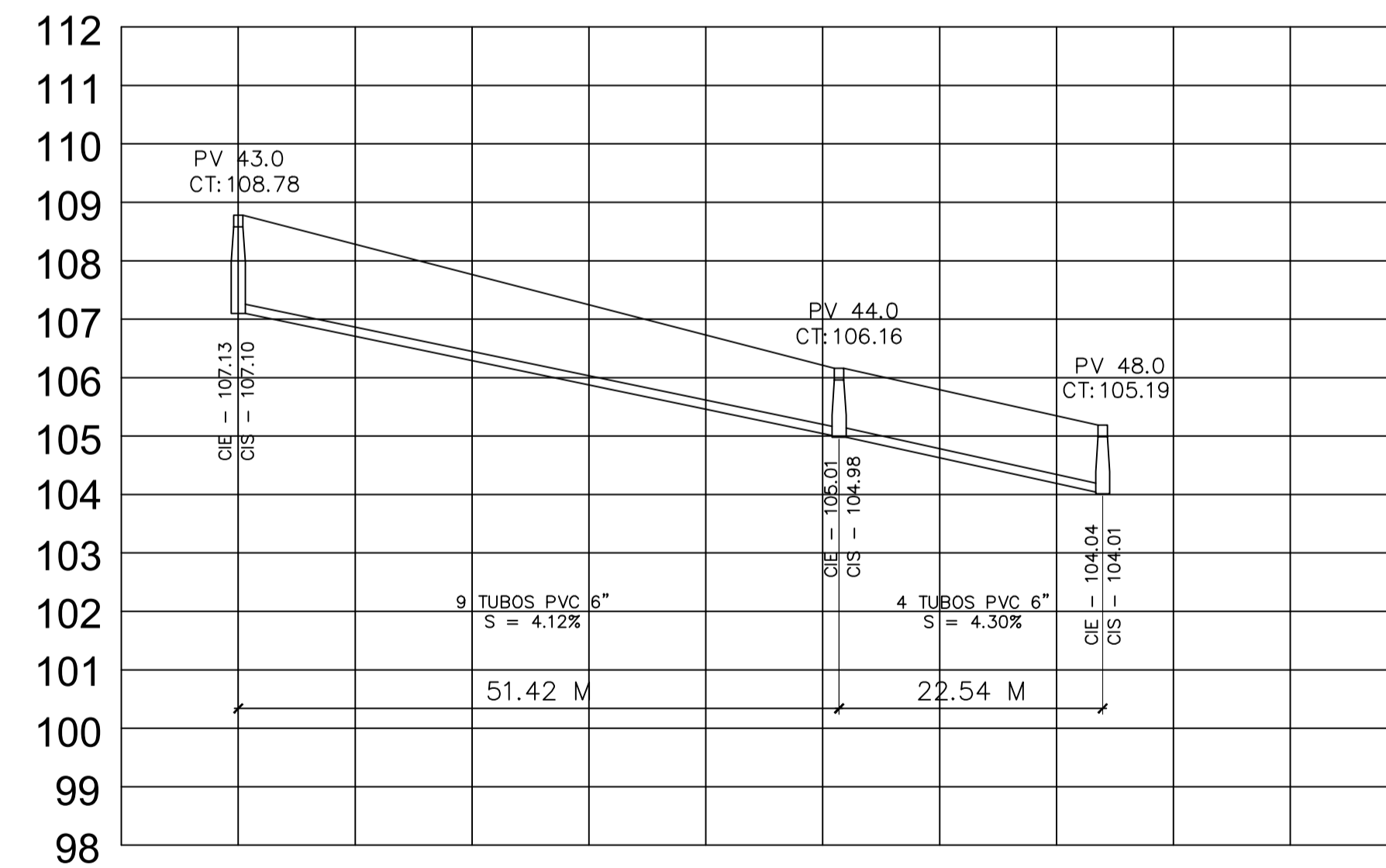
**Planta Tramo PV 45.0 a PV 15.0**  
Red General Esc. 1:500



**Perfil Tramo PV 45.0 a PV 15.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



**Planta Tramo PV 43.0 a PV 48.0**  
Red General Esc. 1:500



**Perfil Tramo PV 43.0 a PV 48.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA



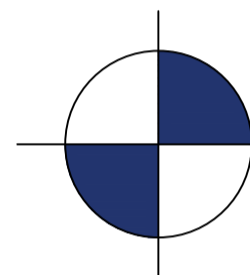
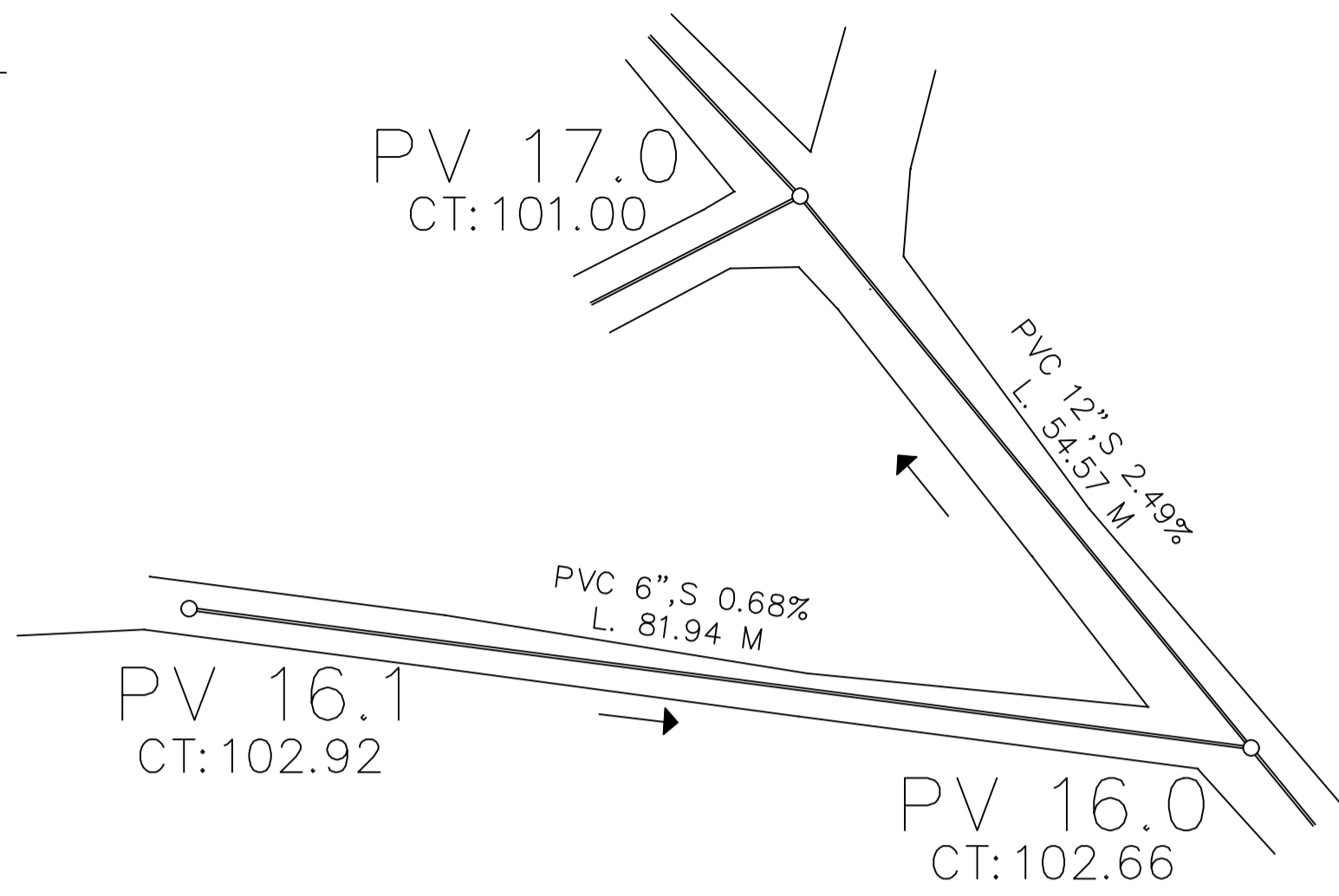
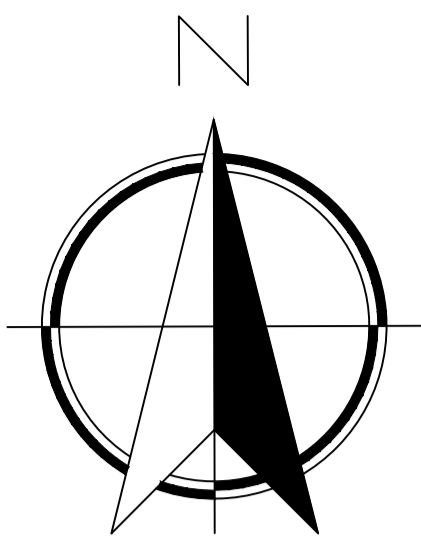
ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 45.0 A PV 15.0  
PLANTA TRAMO PV 43.0 A PV 48.0  
PERFIL TRAMO PV 45.0 A PV 15.0  
PERFIL TRAMO PV 43.0 A PV 48.0

HOJA

10  
19

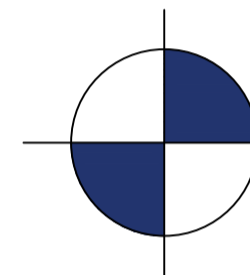
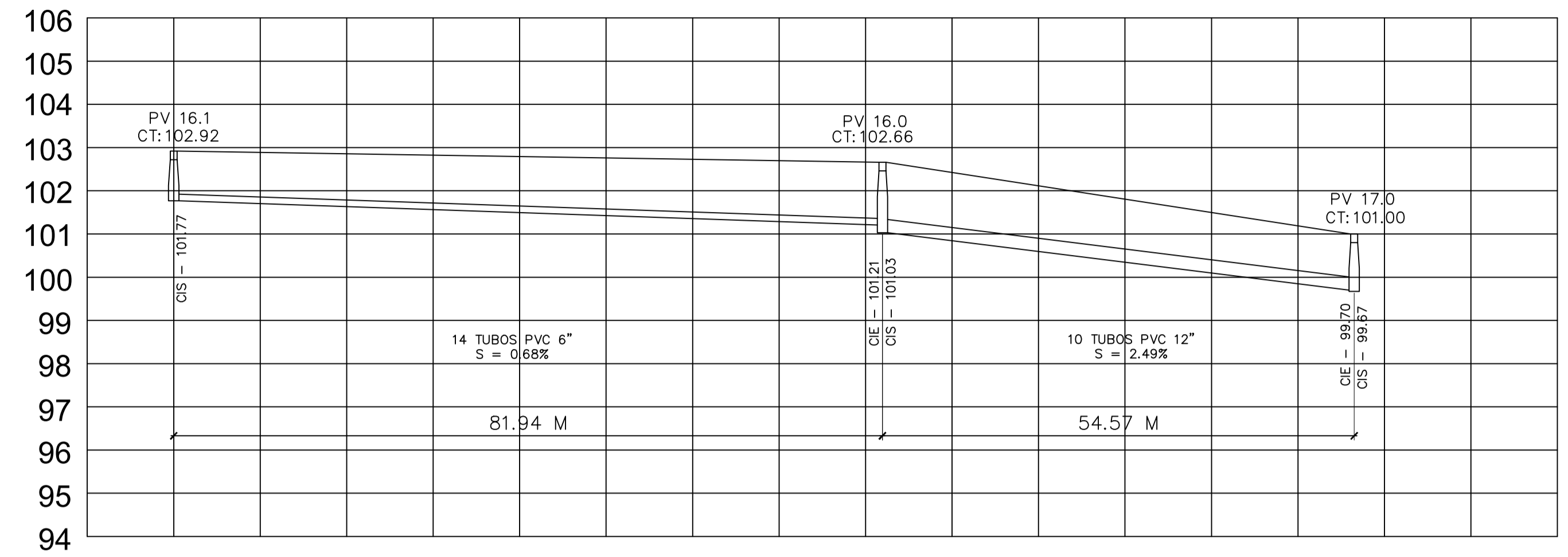
Vo.Bo.



### Planta Tramo PV 16.1 a PV 17.0

Red General

Esc. 1:500

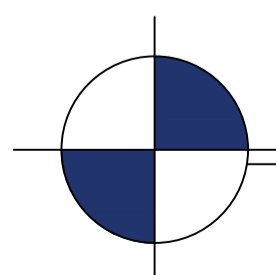
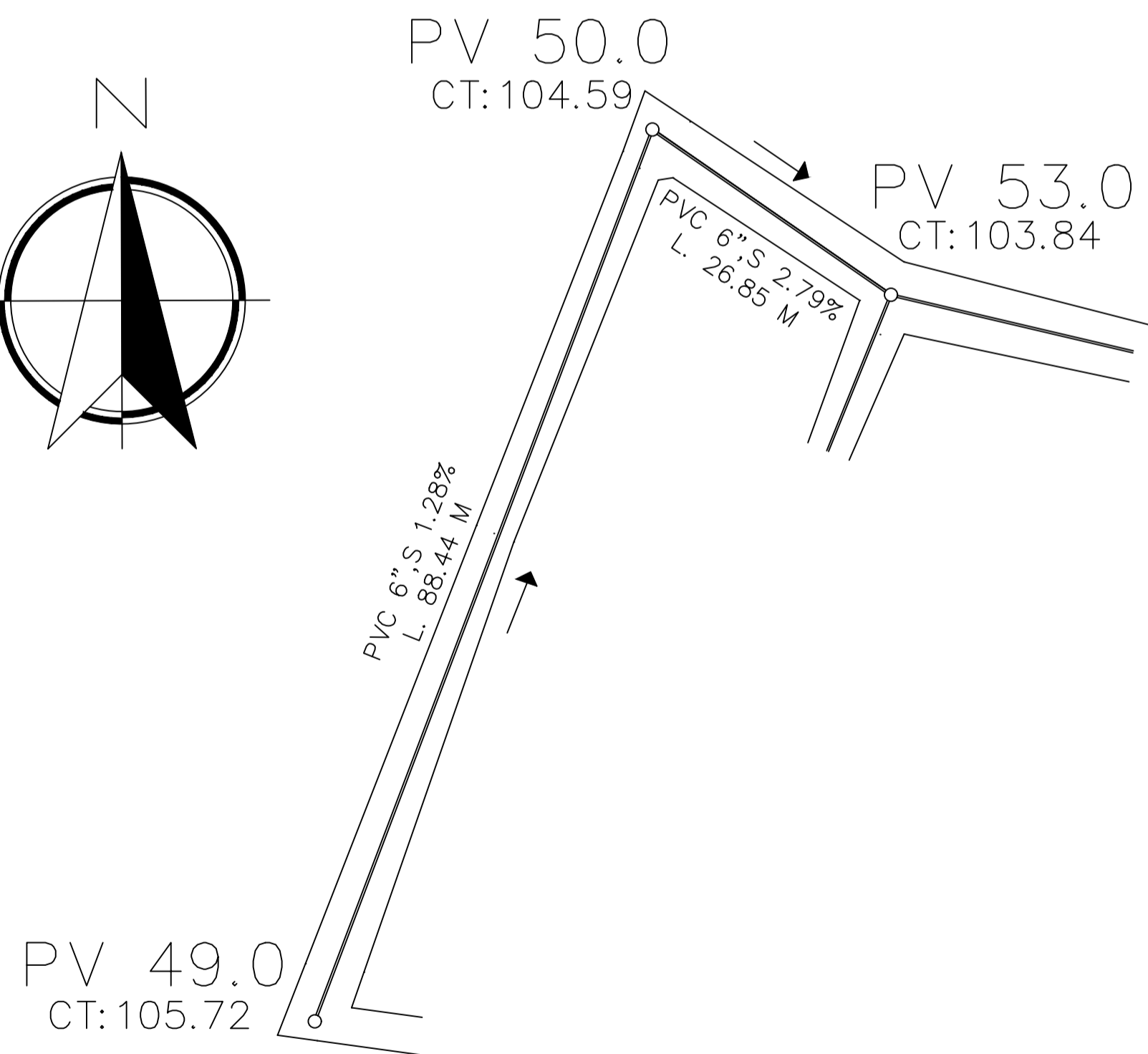
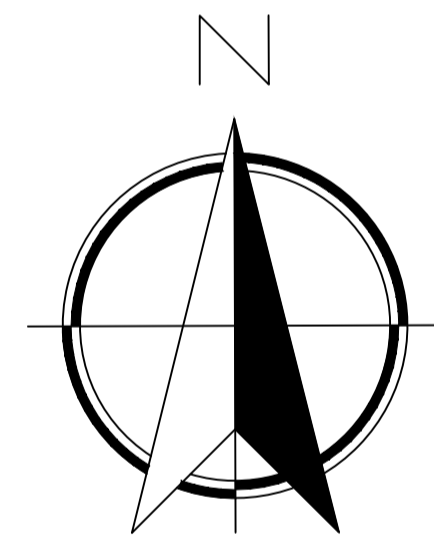


### Perfil Tramo PV 16.1 a PV 17.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

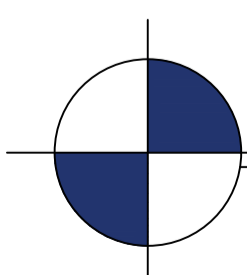
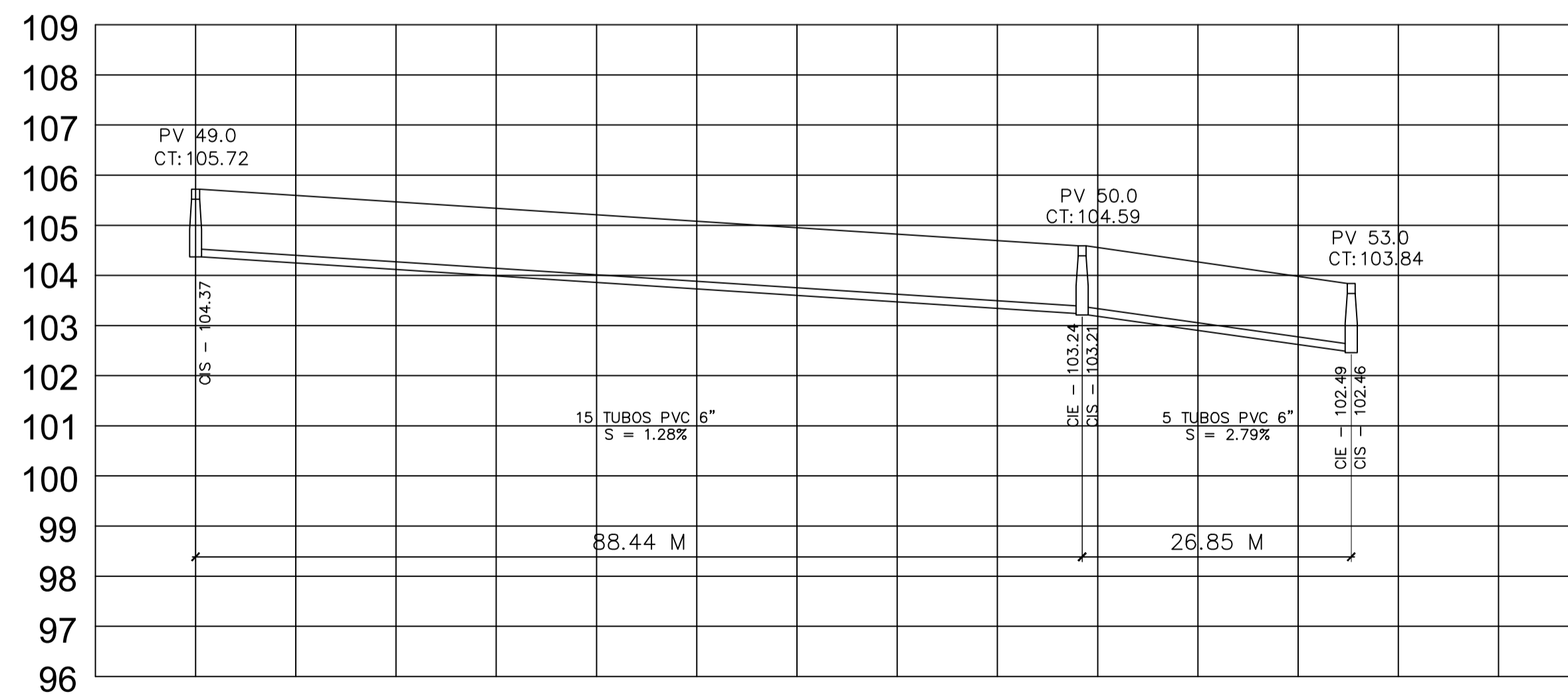
Esc. vertical 1:100



### Planta Tramo PV 49.0 a PV 53.0

Red General

Esc. 1:500



### Perfil Tramo PV 49.0 a PV 53.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA



ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

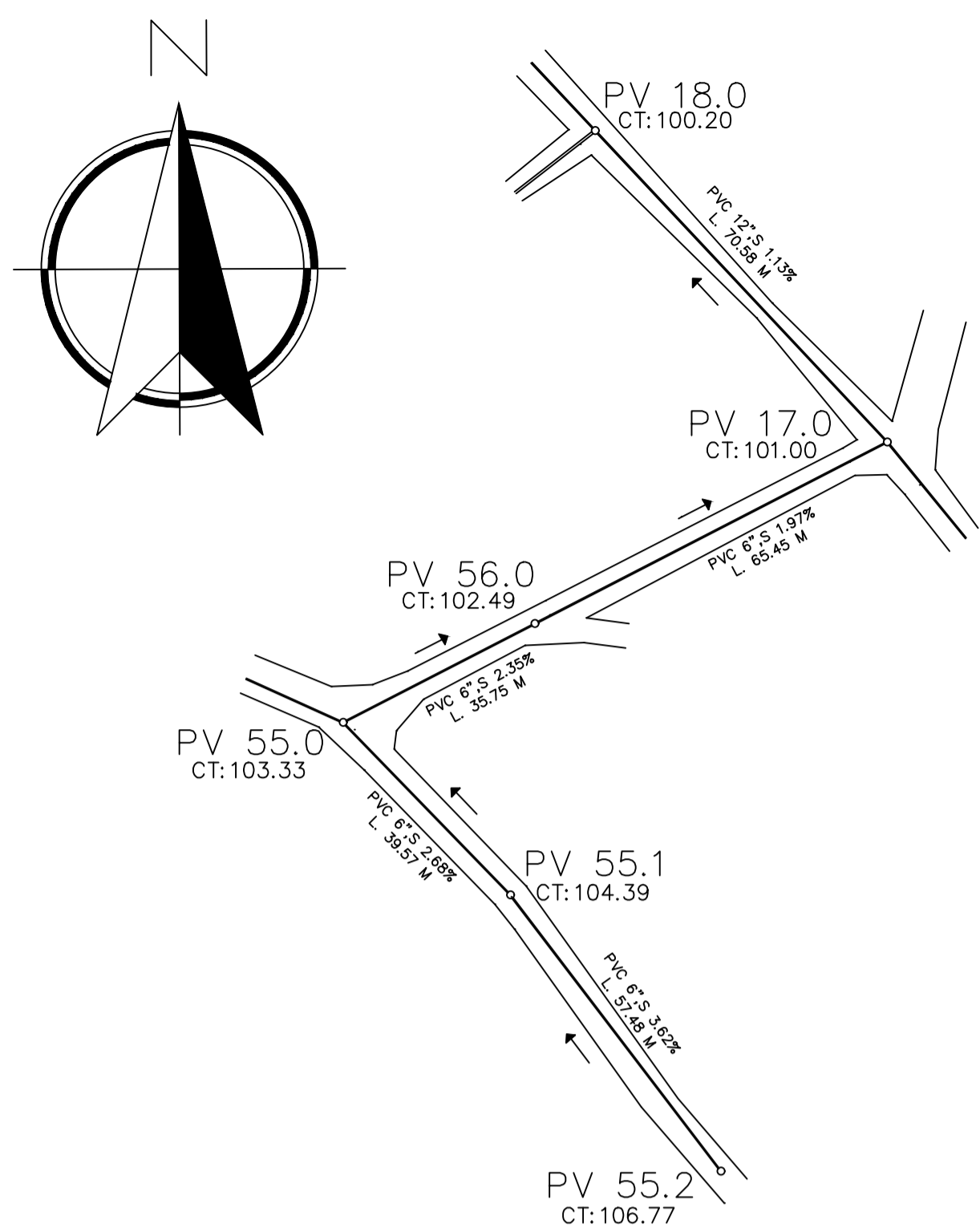
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 16.1 A PV 17.0  
PLANTA TRAMO PV 49.0 A PV 53.0  
PERFIL TRAMO PV 16.1 A PV 17.0  
PERFIL TRAMO PV 49.0 A PV 53.0

HOJA

11  
19

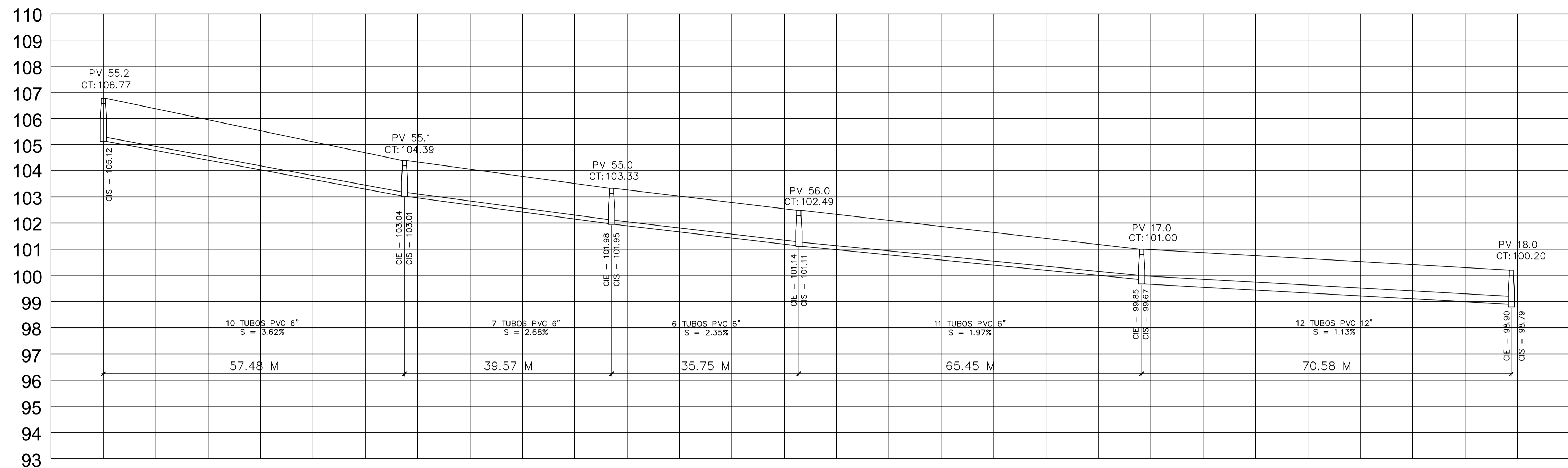
Vo.Bo.



Tramo PV 55.2 a PV 18.0

Red General

Esc. 1:1000

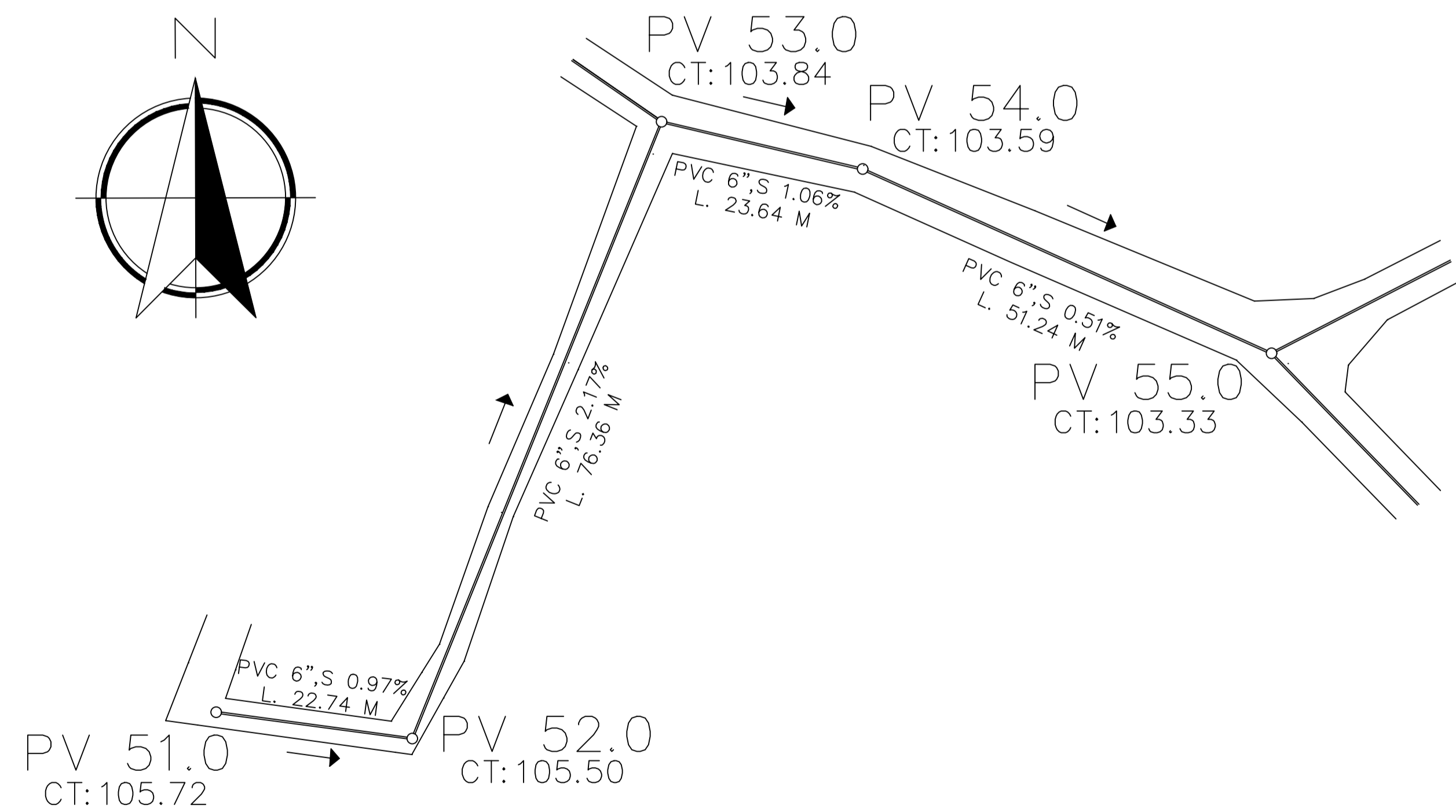


Perfil Tramo PV 55.2 a PV 18.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

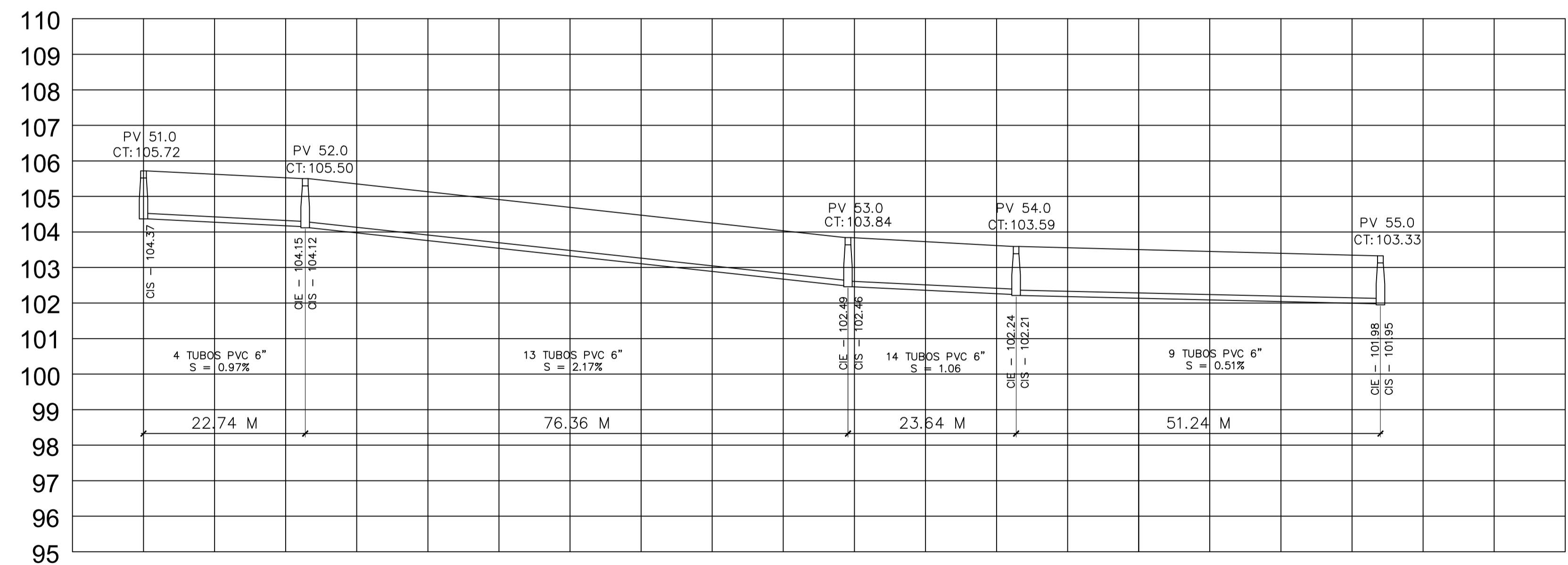
Esc. vertical 1:100



Planta Tramo PV 51.0 a PV 55.0

Red General

Esc. 1:500



Perfil Tramo PV 51.0 a PV 55.0

Red General

Esc. horizontal 1:1000

Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

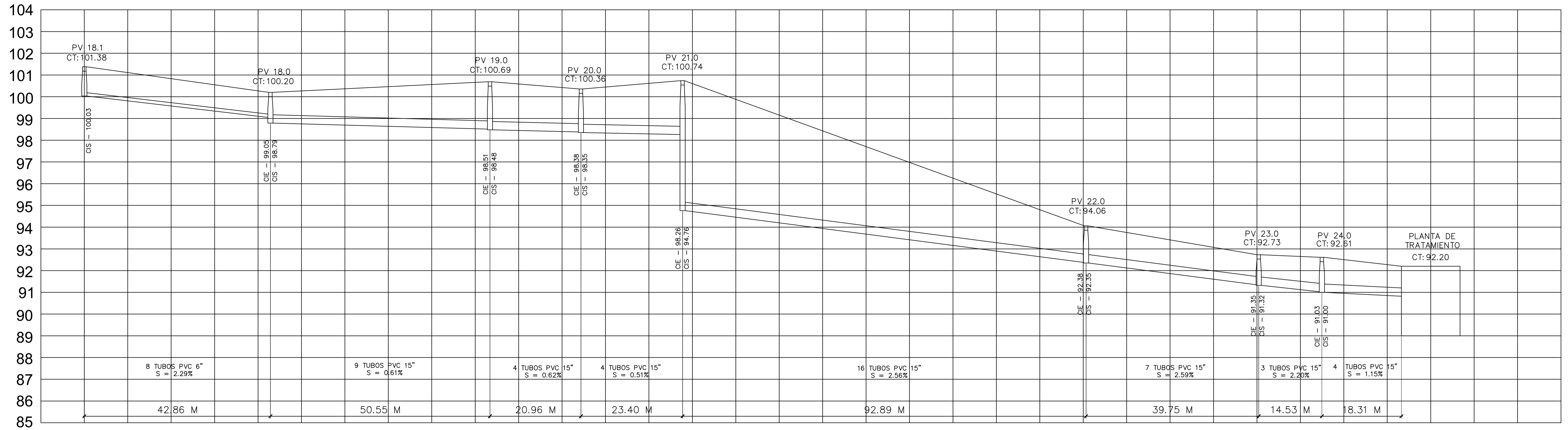
CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 55.2 A PV 18.0  
PLANTA TRAMO PV 51.0 A PV 55.0  
PERFIL TRAMO PV 55.2 A PV 18.0  
PERFIL TRAMO PV 51.0 A PV 55.0



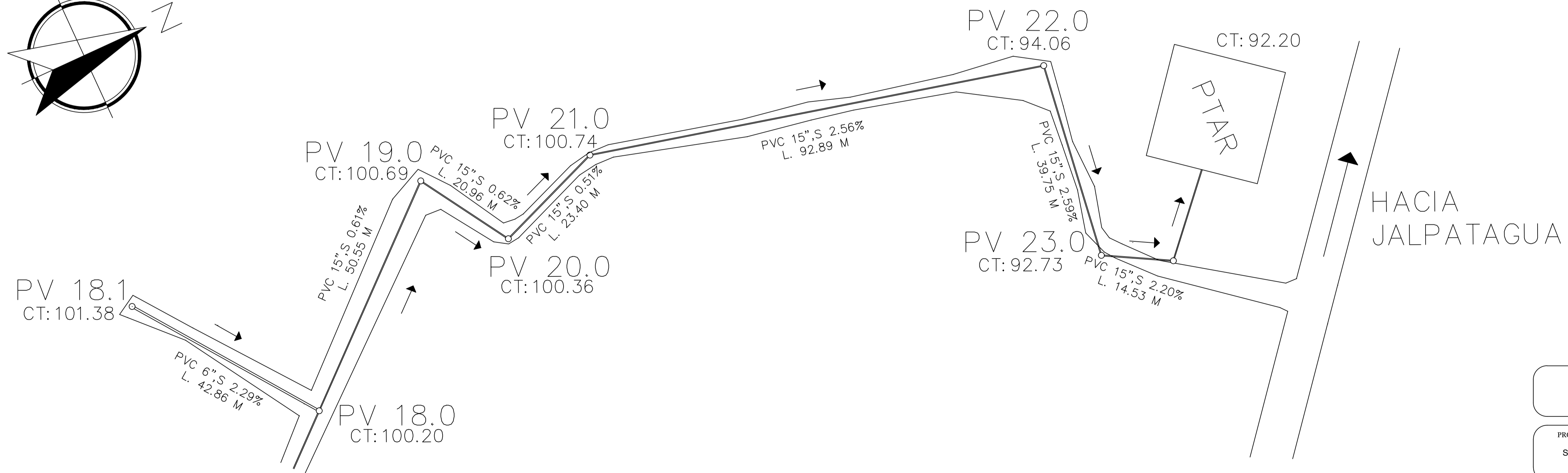
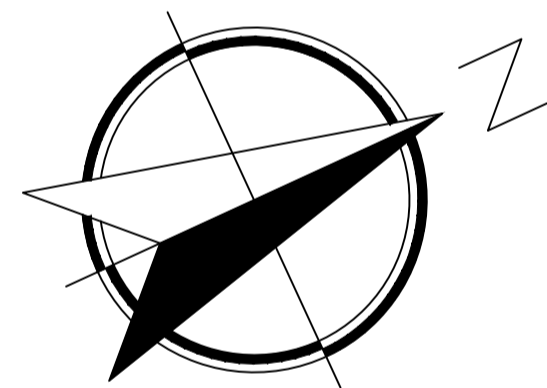
HOJA

12  
19

Vo.Bo.

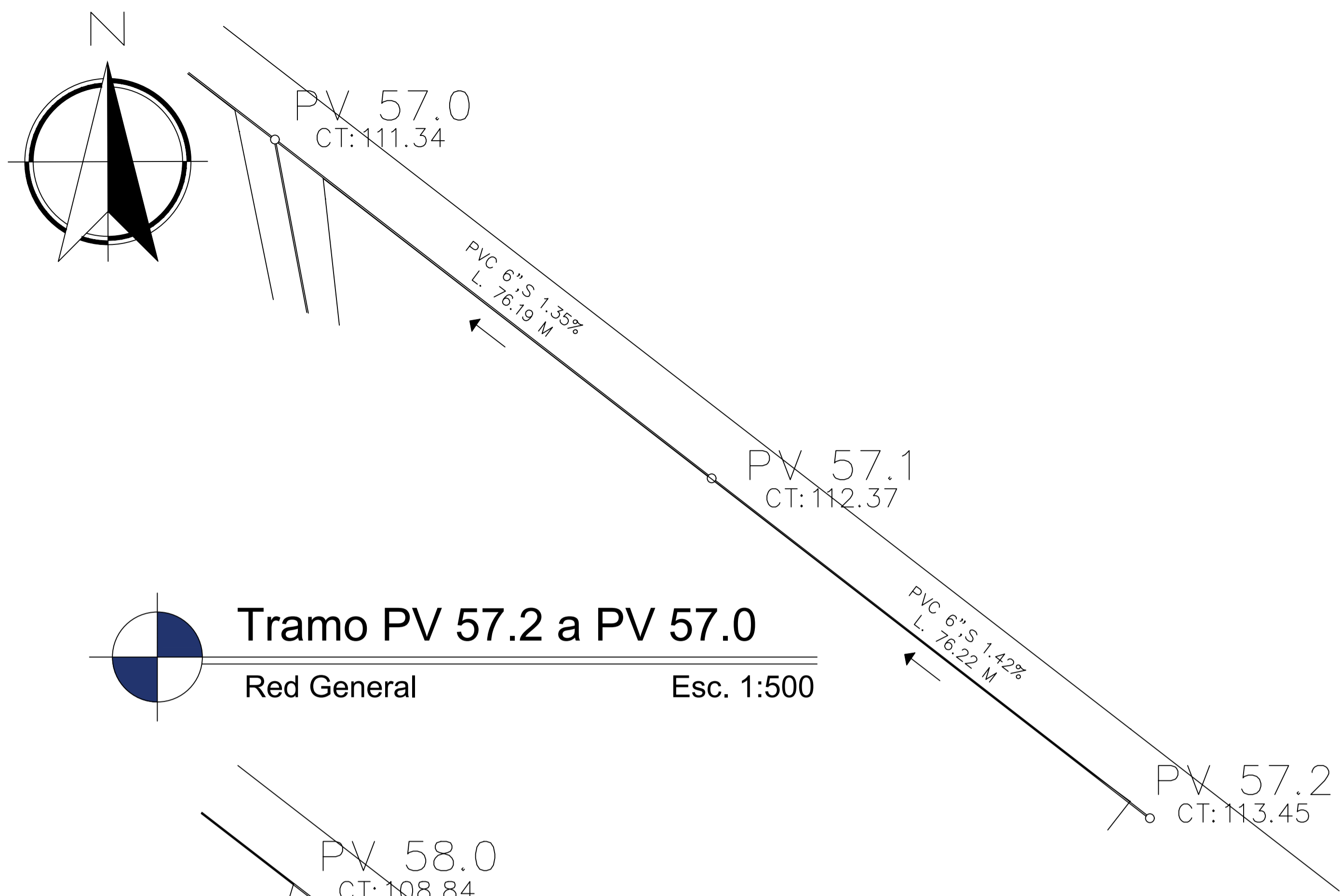


**Perfil Tramo PV 18.1 a PTAR**  
 Red General  
 Esc. horizontal 1:1000  
 Esc. vertical 1:100

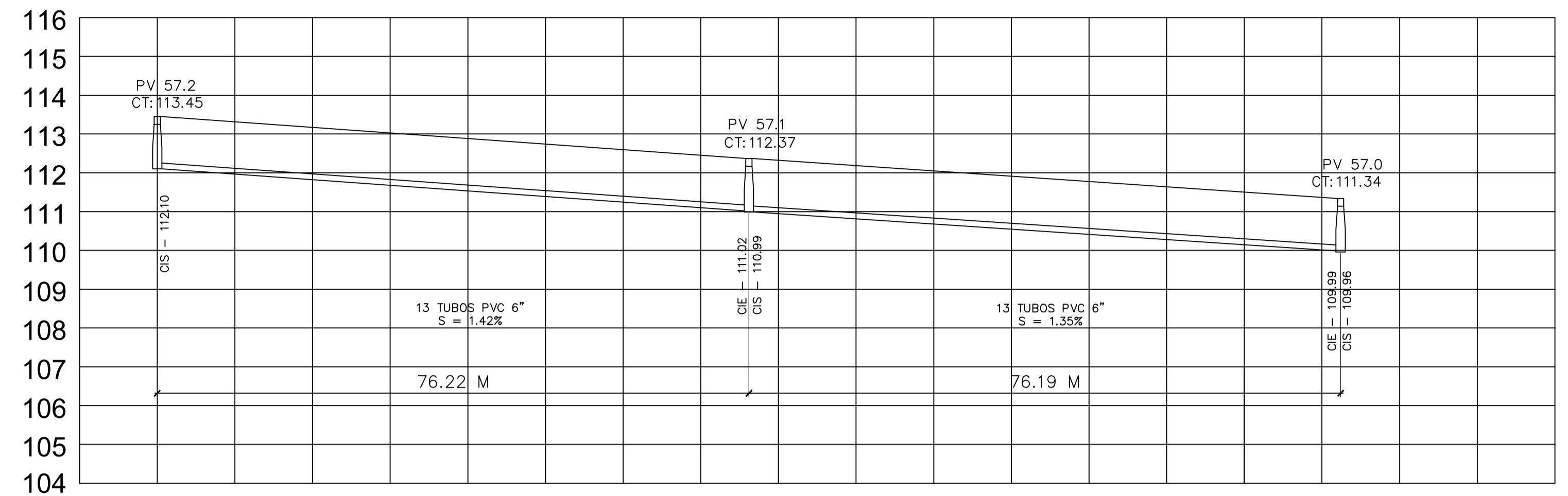


**Planta Tramo PV 18.1 a PTAR**  
 Red General  
 Esc. 1:500

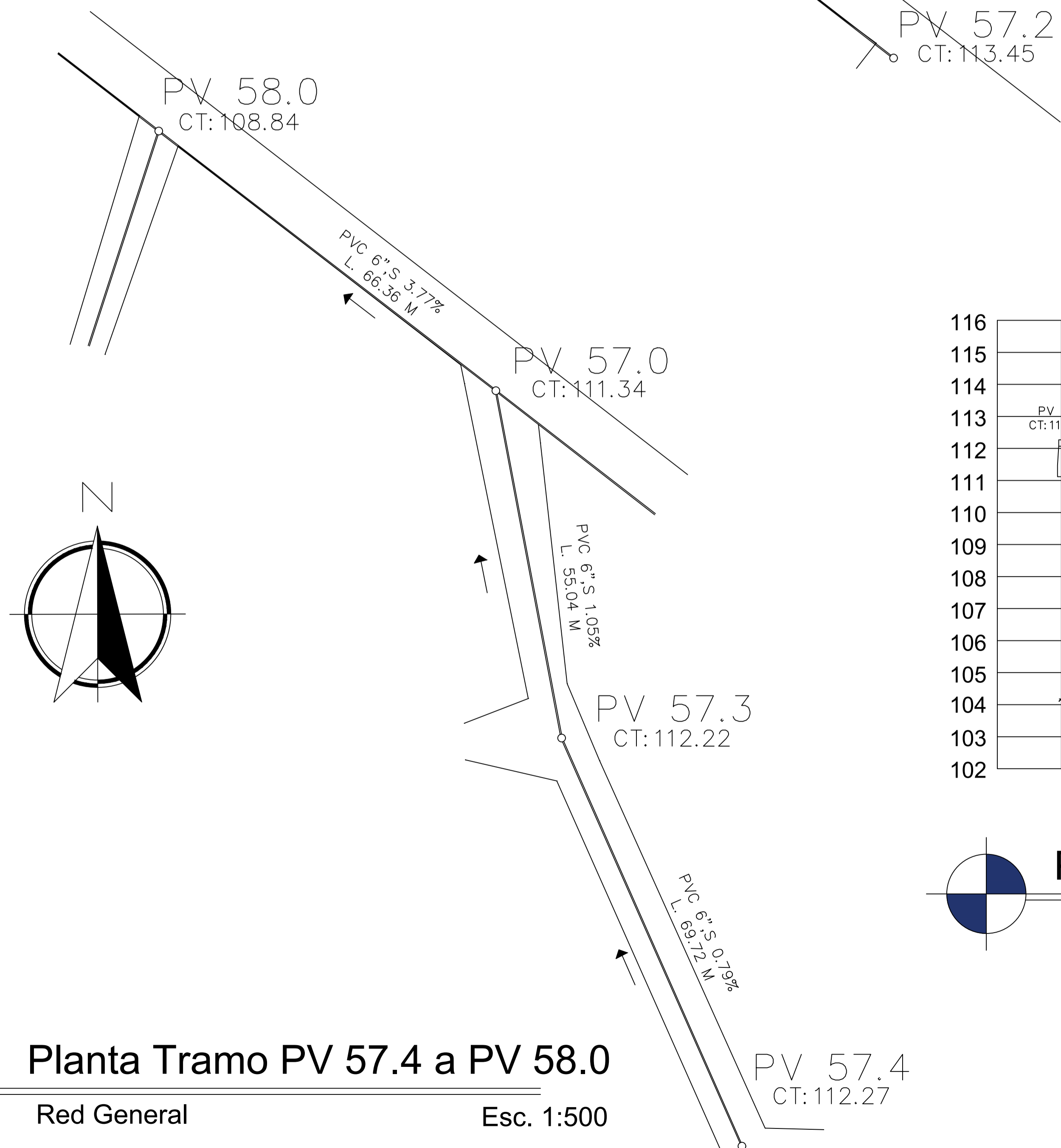
<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: PLANTA TRAMO PV 18.1 A PTAR PERFIL TRAMO PV 18.1 A PTAR	HOJA 13
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ		19
ESCALA: INDICADA	Vo.Bo.	



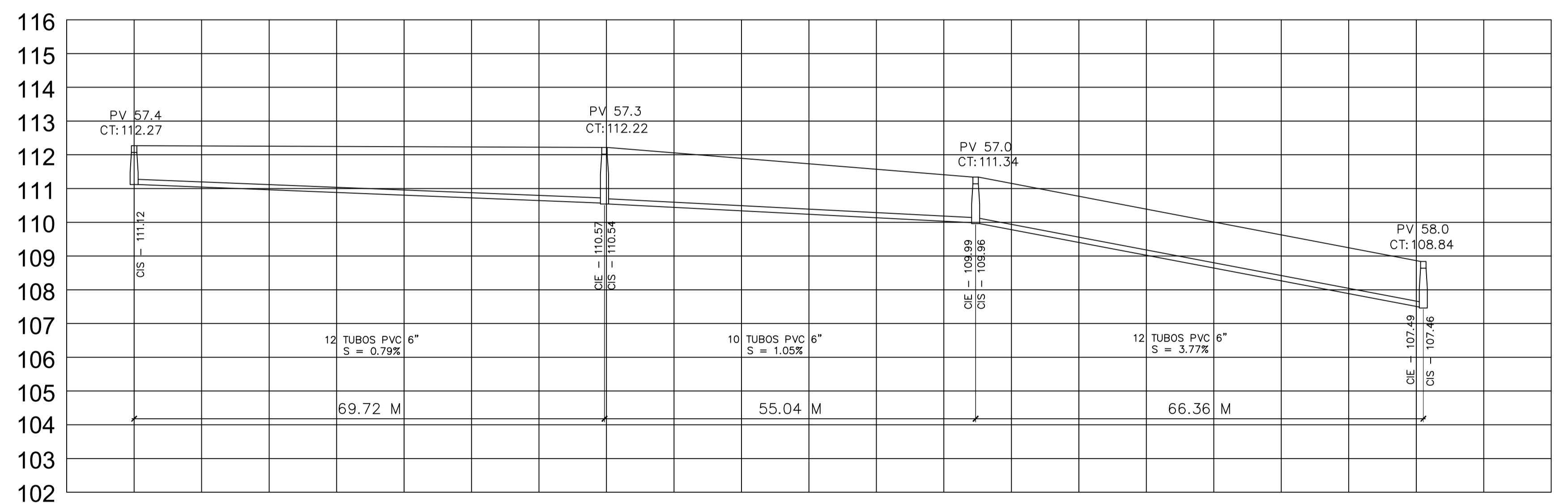
**Tramo PV 57.2 a PV 57.0**  
Red General Esc. 1:500



**Perfil Tramo PV 57.2 a PV 57.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

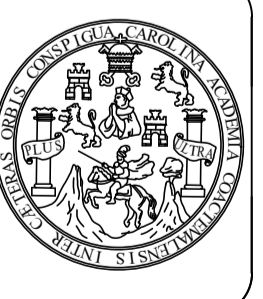


**Planta Tramo PV 57.4 a PV 58.0**  
Red General Esc. 1:500



**Perfil Tramo PV 57.4 a PV 58.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA



PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

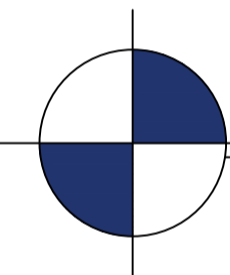
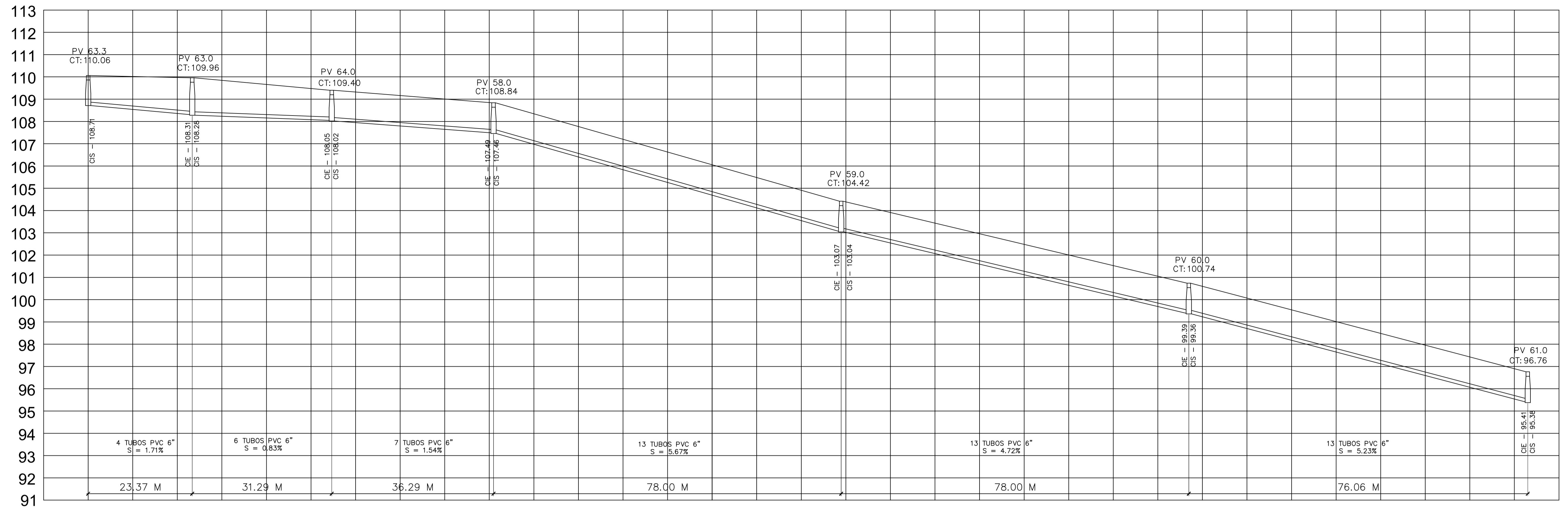
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 57.2 A PV 57.0  
PLANTA TRAMO PV 57.4 A PV 58.0  
PERFIL TRAMO PV 57.2 A PV 57.0  
PERFIL TRAMO PV 57.4 A PV 58.0

HOJA

14  
19

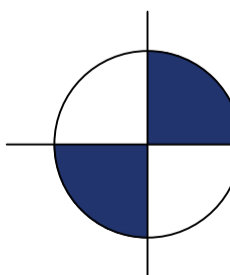
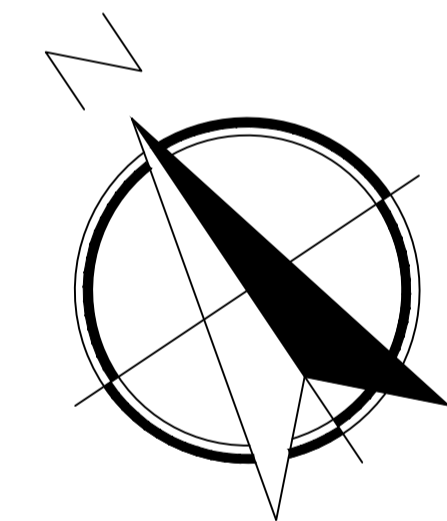
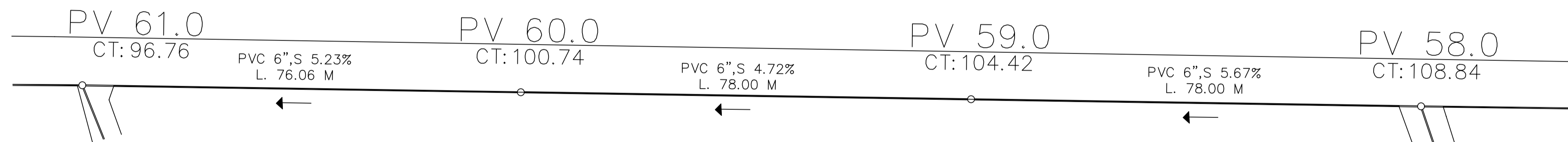
Vo.Bo.



### Perfil Tramo PV 63.3 a PV 61.0

Red General

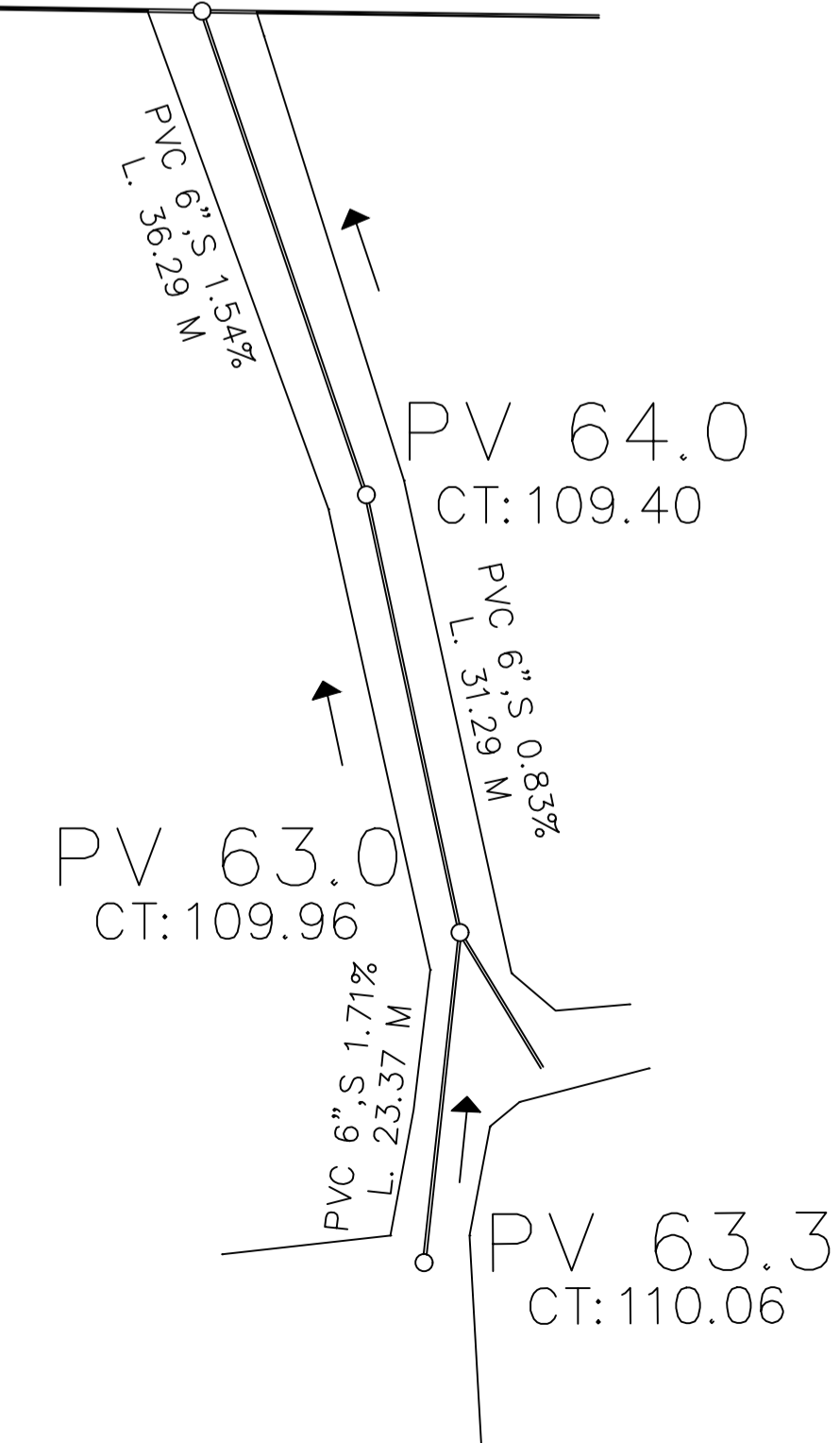
Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



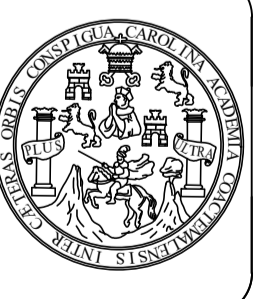
### Planta Tramo PV 63.3 a PV 61.0

Red General

Esc. 1:500



MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA



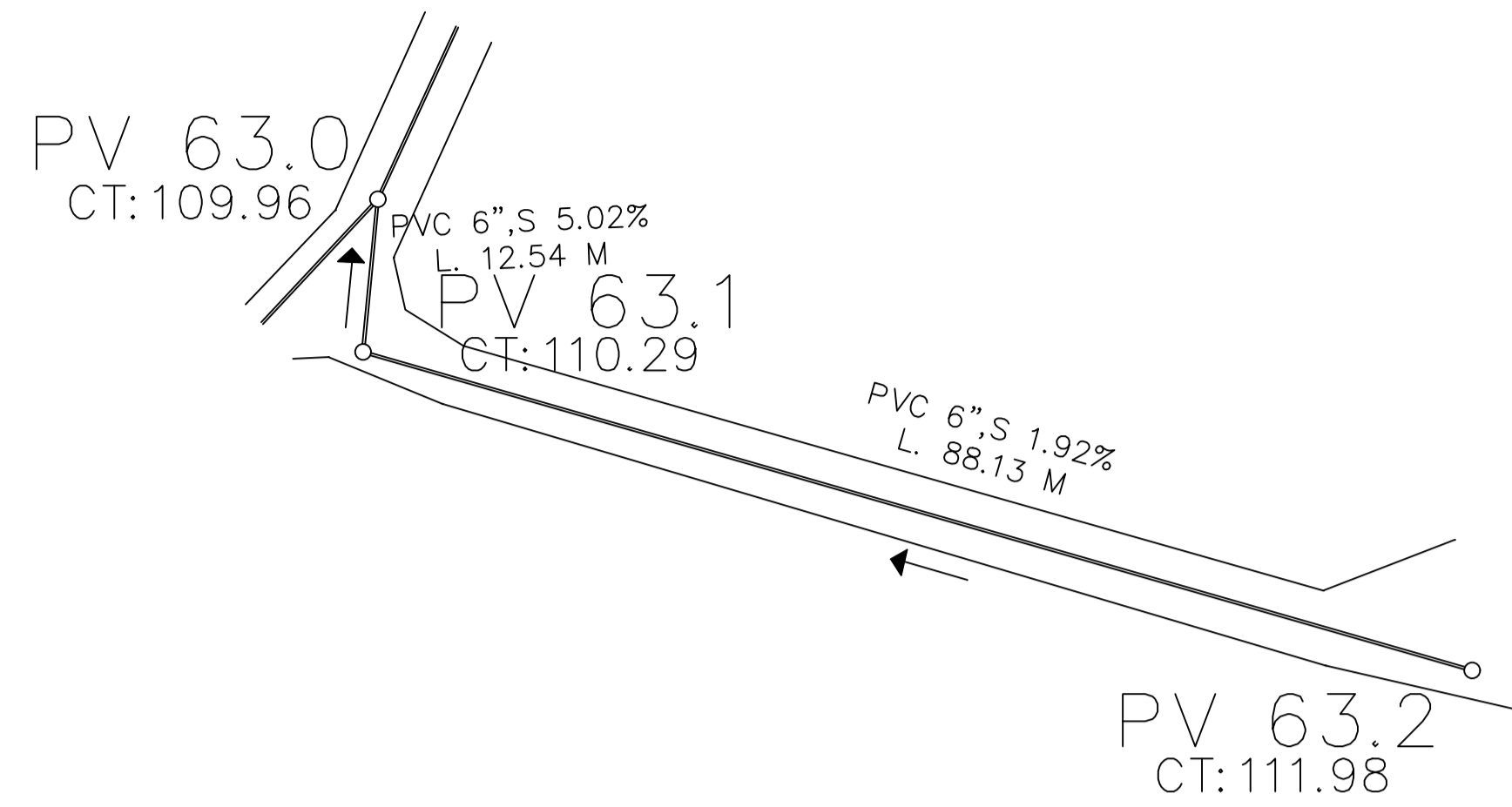
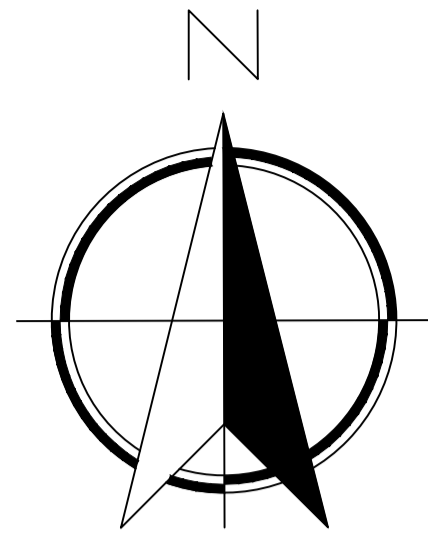
PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

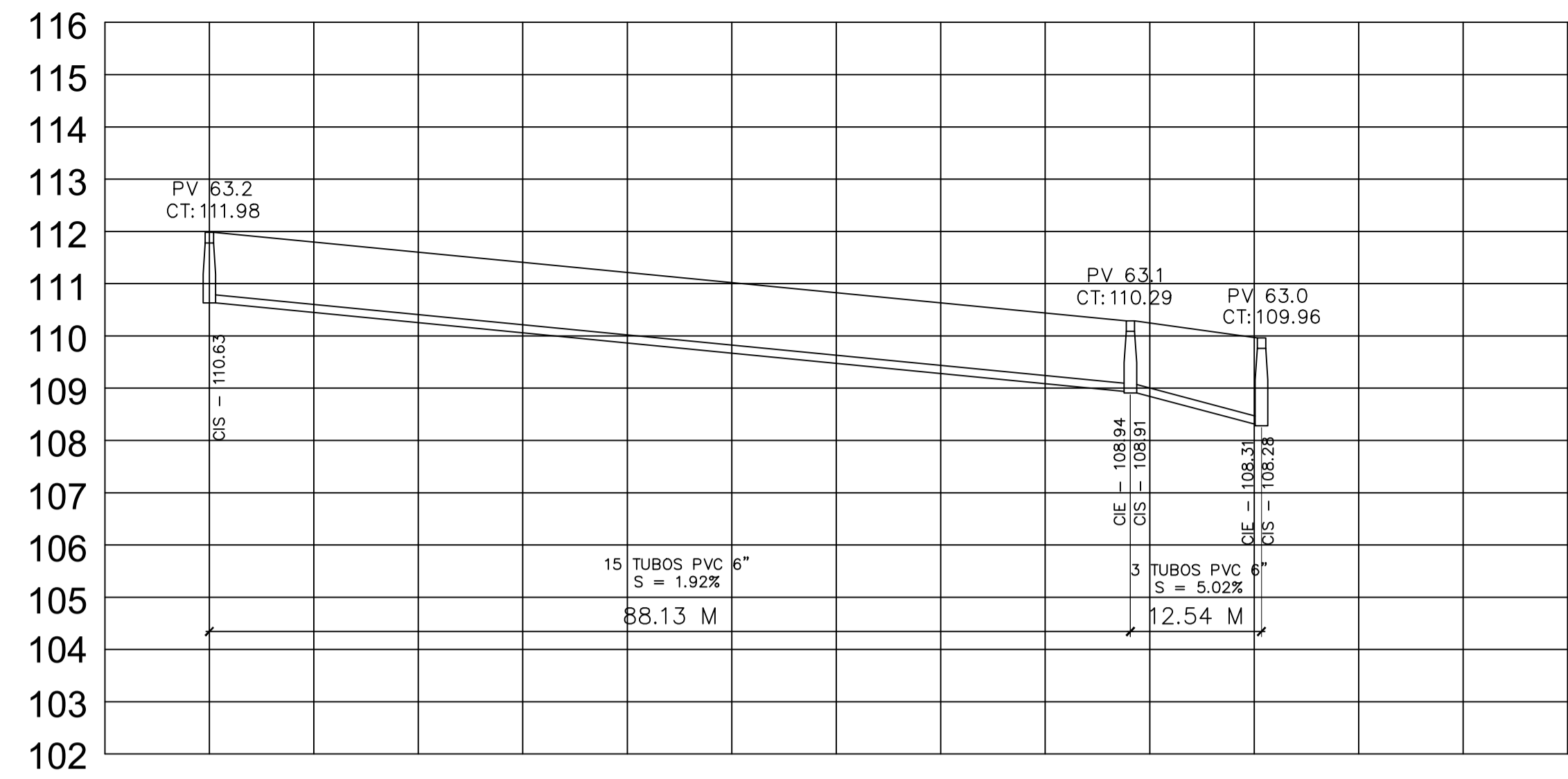
CONTENIDO:  
PLANTA TRAMO PV 63.3 A PV 61.0  
PERFIL TRAMO PV 63.3 A PV 61.0

HOJA  
15  
19

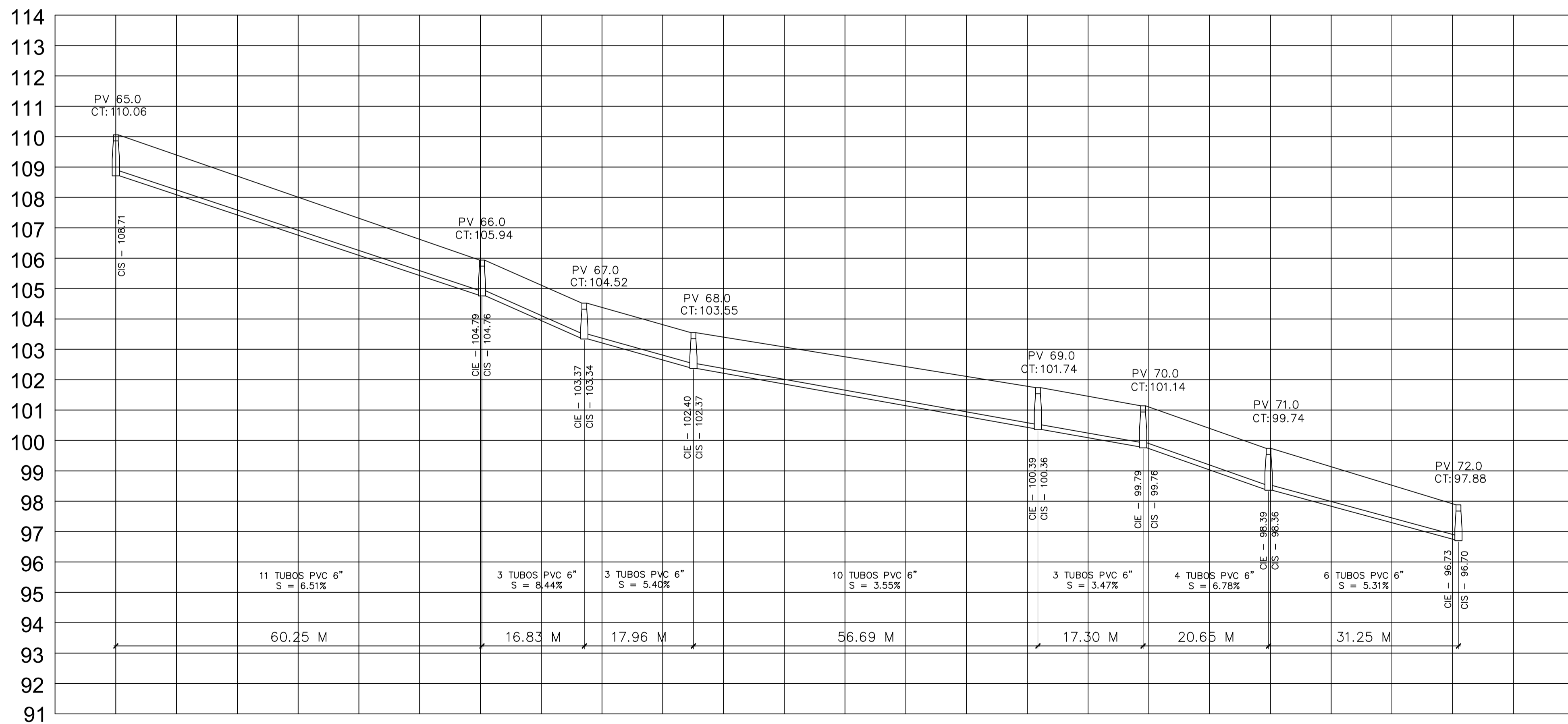
Vo.Bo.



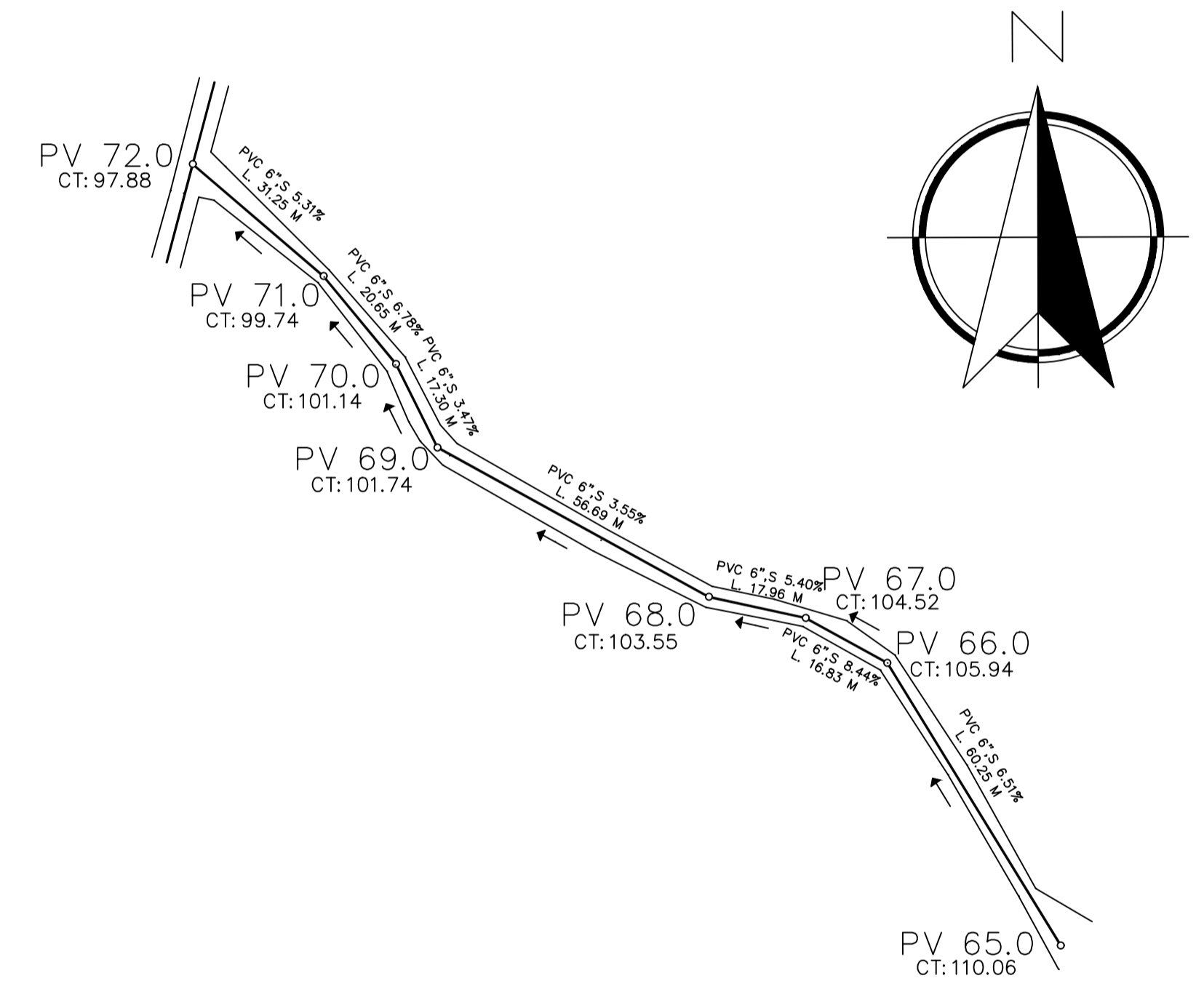
**Tramo PV 63.2 a PV 63.0**  
Red General Esc. 1:500



**Perfil Tramo PV 63.2 a PV 63.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100



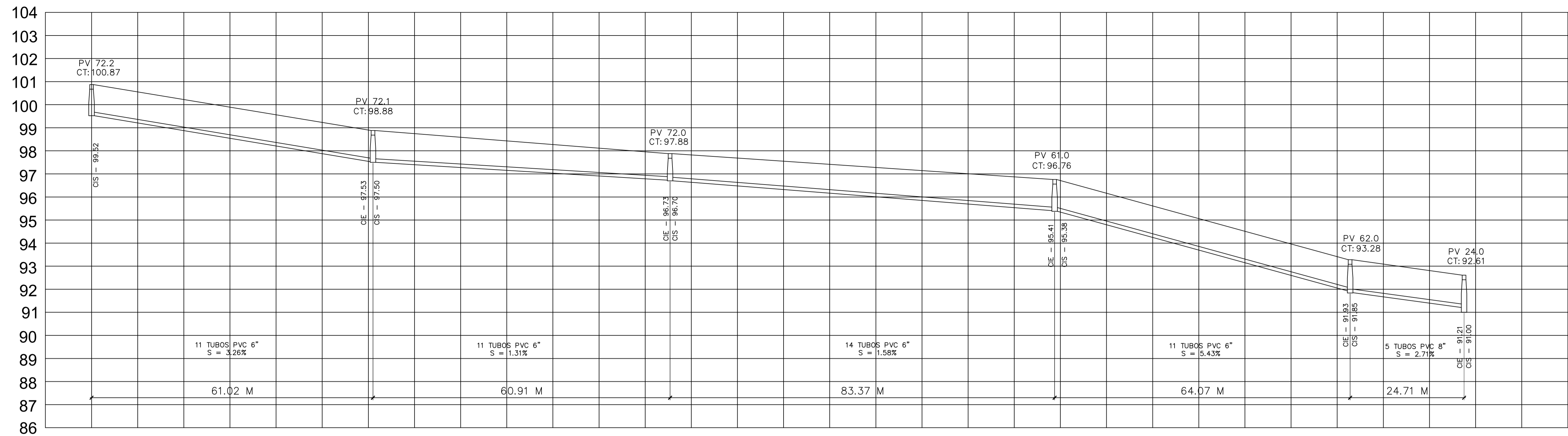
**Perfil Tramo PV 65.0 a PV 72.0**  
Red General Esc. horizontal 1:1000  
Esc. vertical 1:100

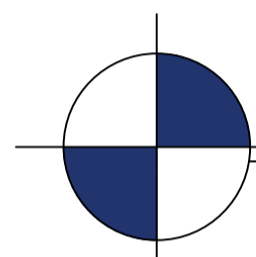


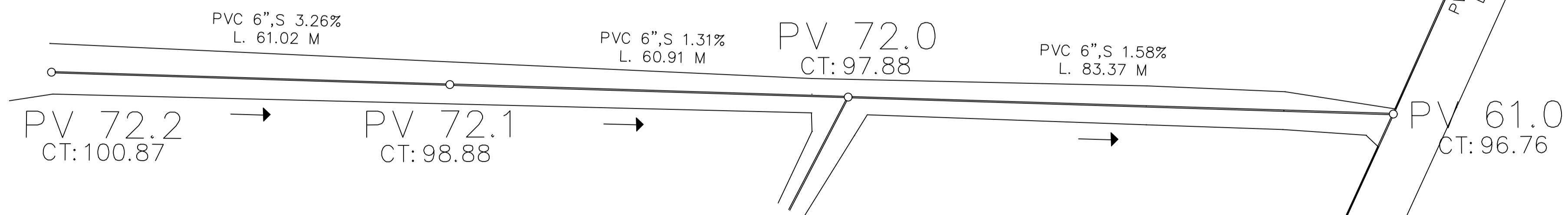
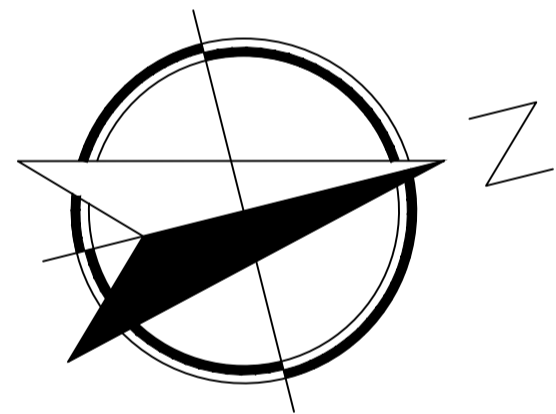
**Tramo PV 65.0 a PV 72.0**  
Red General Esc. 1:1000

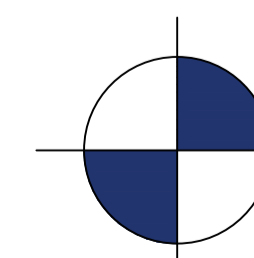
<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: PLANTA TRAMO PV 63.2 A PV 63.0 PLANTA TRAMO PV 65.0 A PV 72.0 PERFIL TRAMO PV 63.2 A PV 63.0 PERFIL TRAMO PV 65.0 A PV 72.0	HOJA 16 19
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ		
ESCALA: INDICADA		



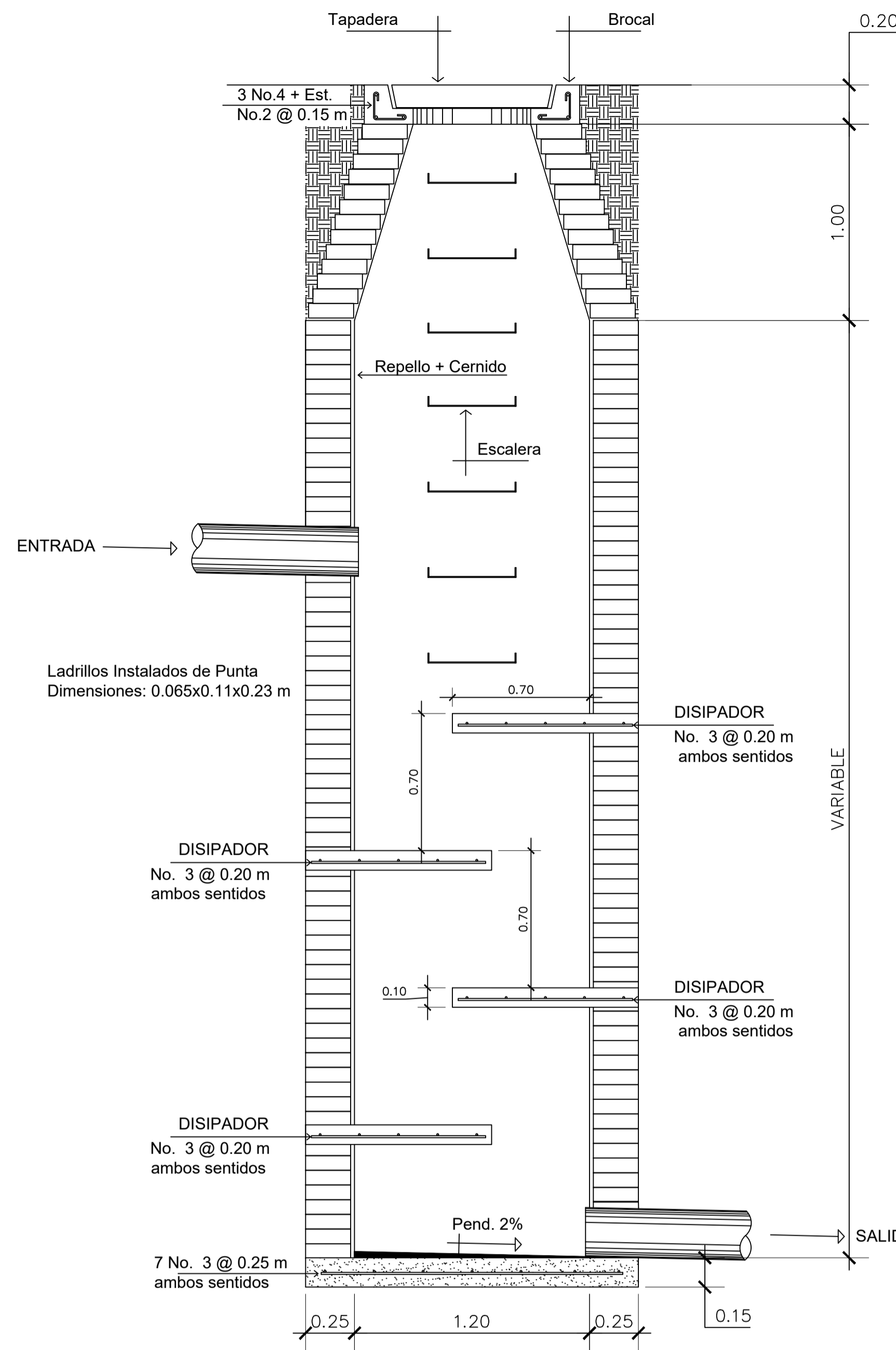


 **Perfil Tramo PV 72.2 a PV 24.0**  
 Red General Esc. horizontal 1:1000  
 Esc. vertical 1:100



 **Tramo PV 72.2 a PV 24.0**  
 Red General Esc. 1:500

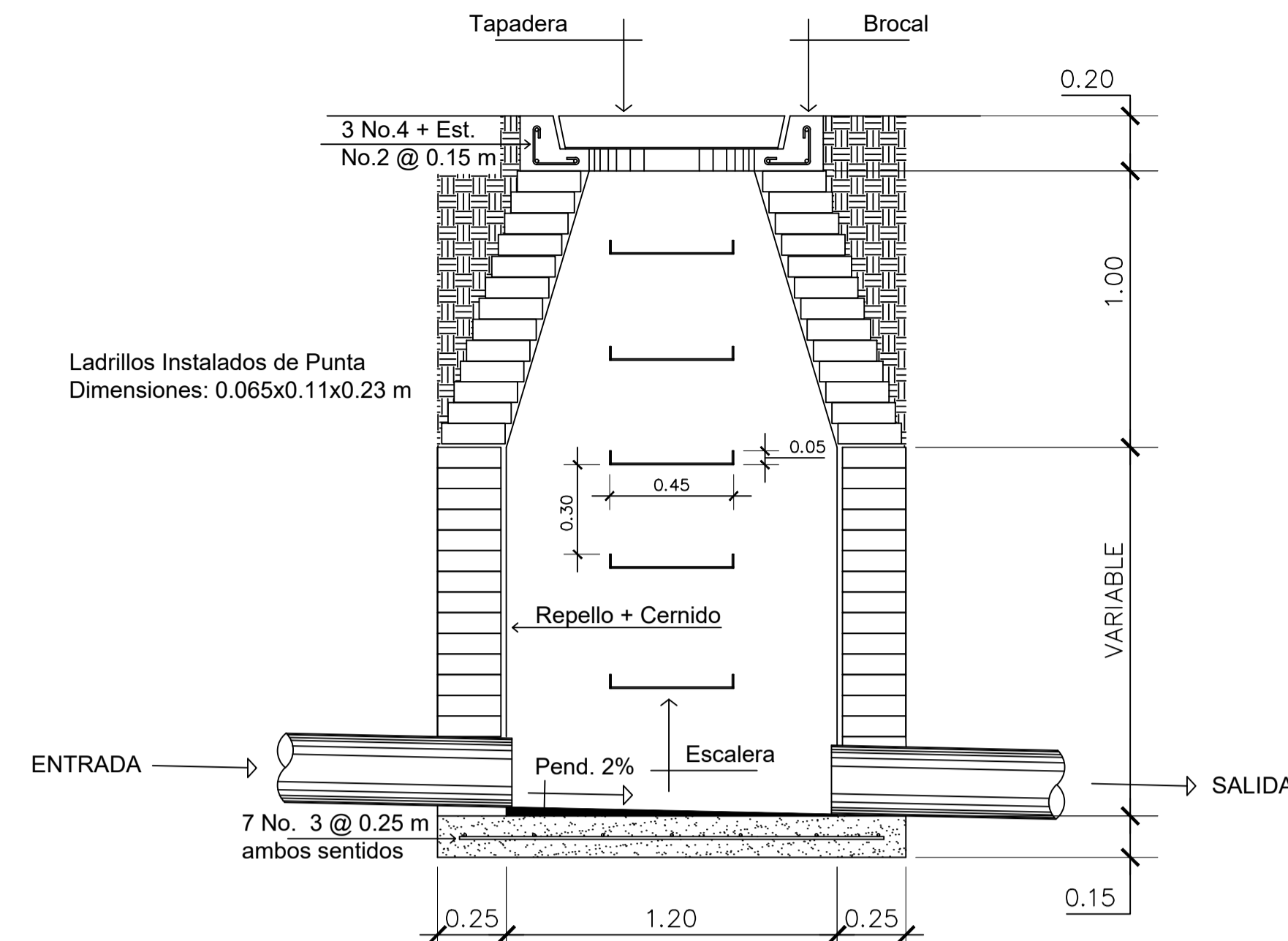
<b>MUNICIPALIDAD</b> JALPATAGUA, JUTIAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA		
ESTUDIANTE: CARLOS FINO	CONTENIDO: PLANTA TRAMO PV 72.2 A PV 24.0 PERFIL TRAMO PV 72.2 A PV 24.0	HOJA 17
ASESOR-SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ		19
ESCALA: INDICADA	Vo.Bo.	



**Detalle PV 21.0**

Pozo de Visita

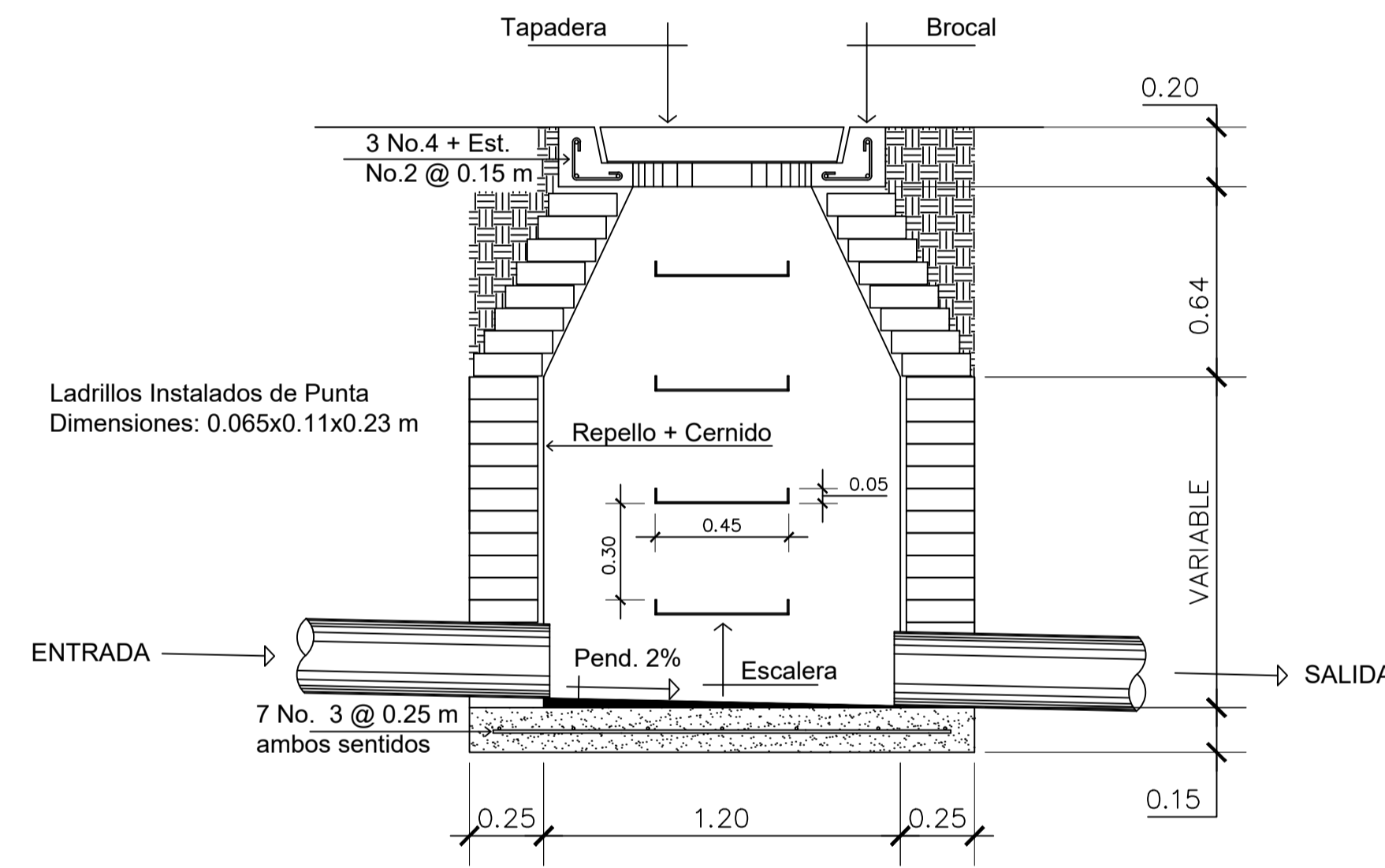
Esc. 1:20



**Sección A-A'**

Pozo de Visita

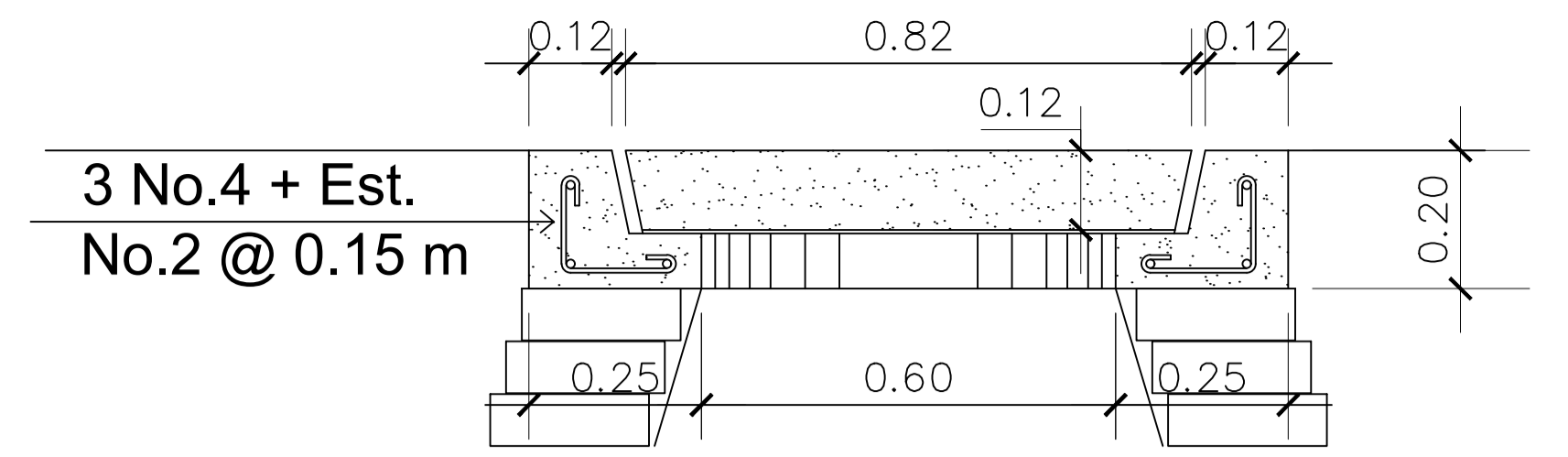
Esc. 1:20



**Sección B-B'**

Pozo de Visita

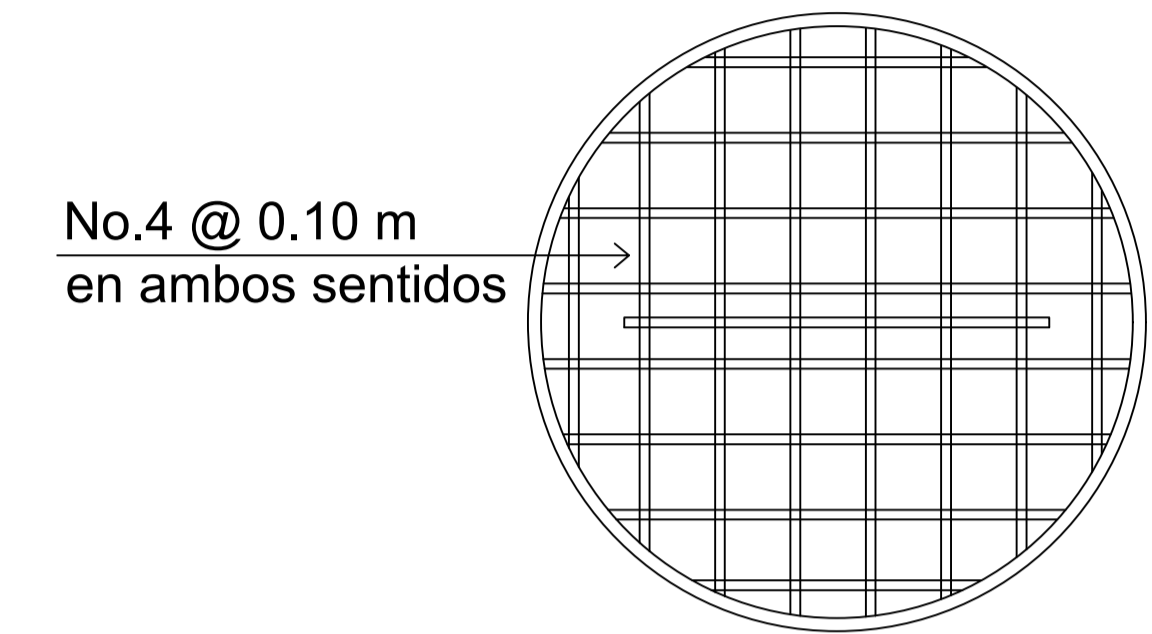
Esc. 1:20



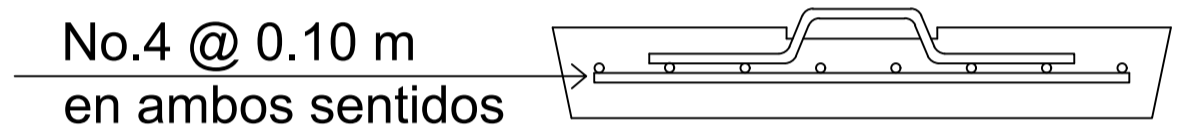
**Detalle Armado de Brocal**

Pozo de Visita

Esc. 1:10



No.4 @ 0.10 m  
en ambos sentidos



No.4 @ 0.10 m  
en ambos sentidos

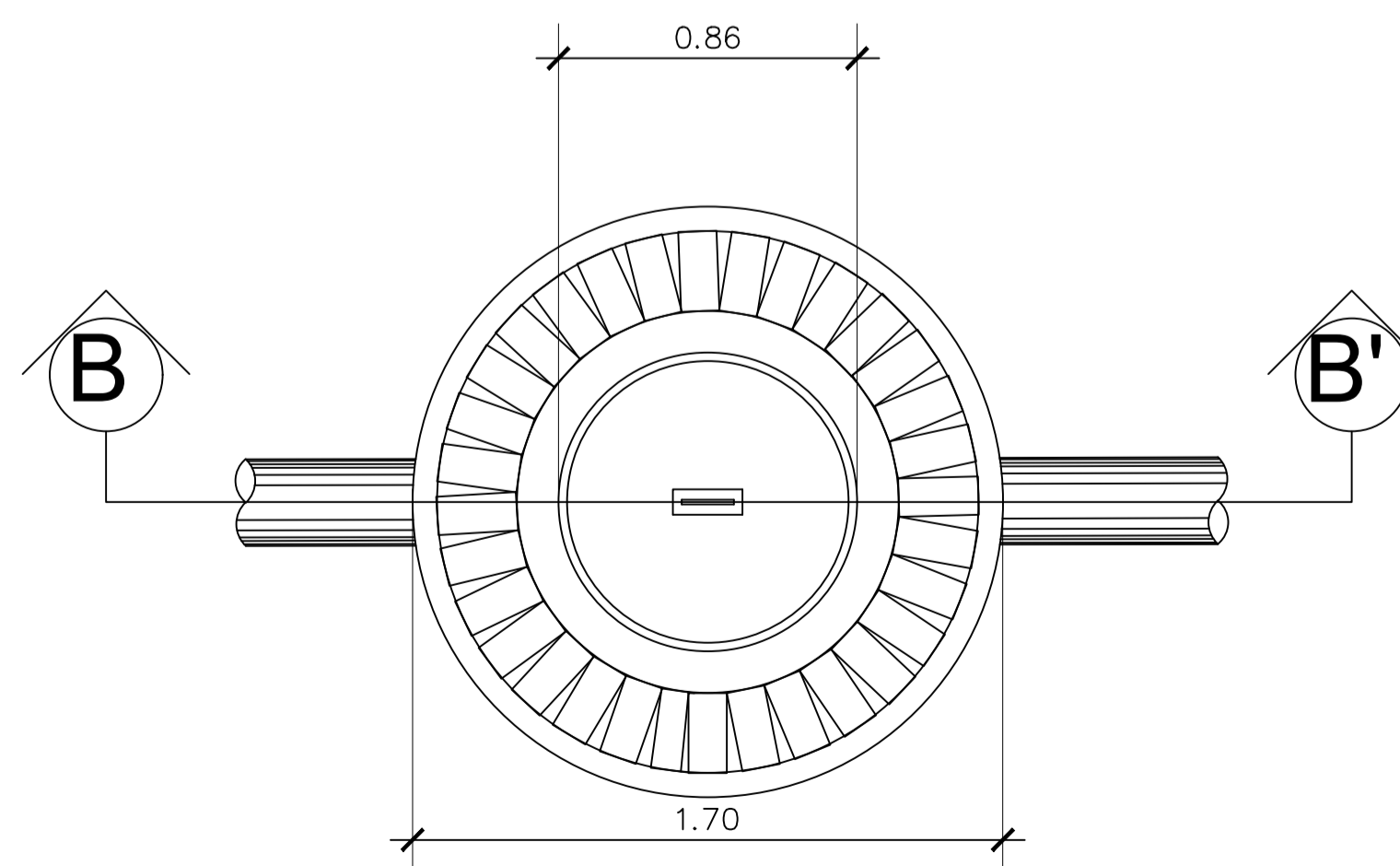
**Detalle Armado de Tapadera**

Pozo de Visita

Esc. 1:10

**ESPECIFICACIONES**

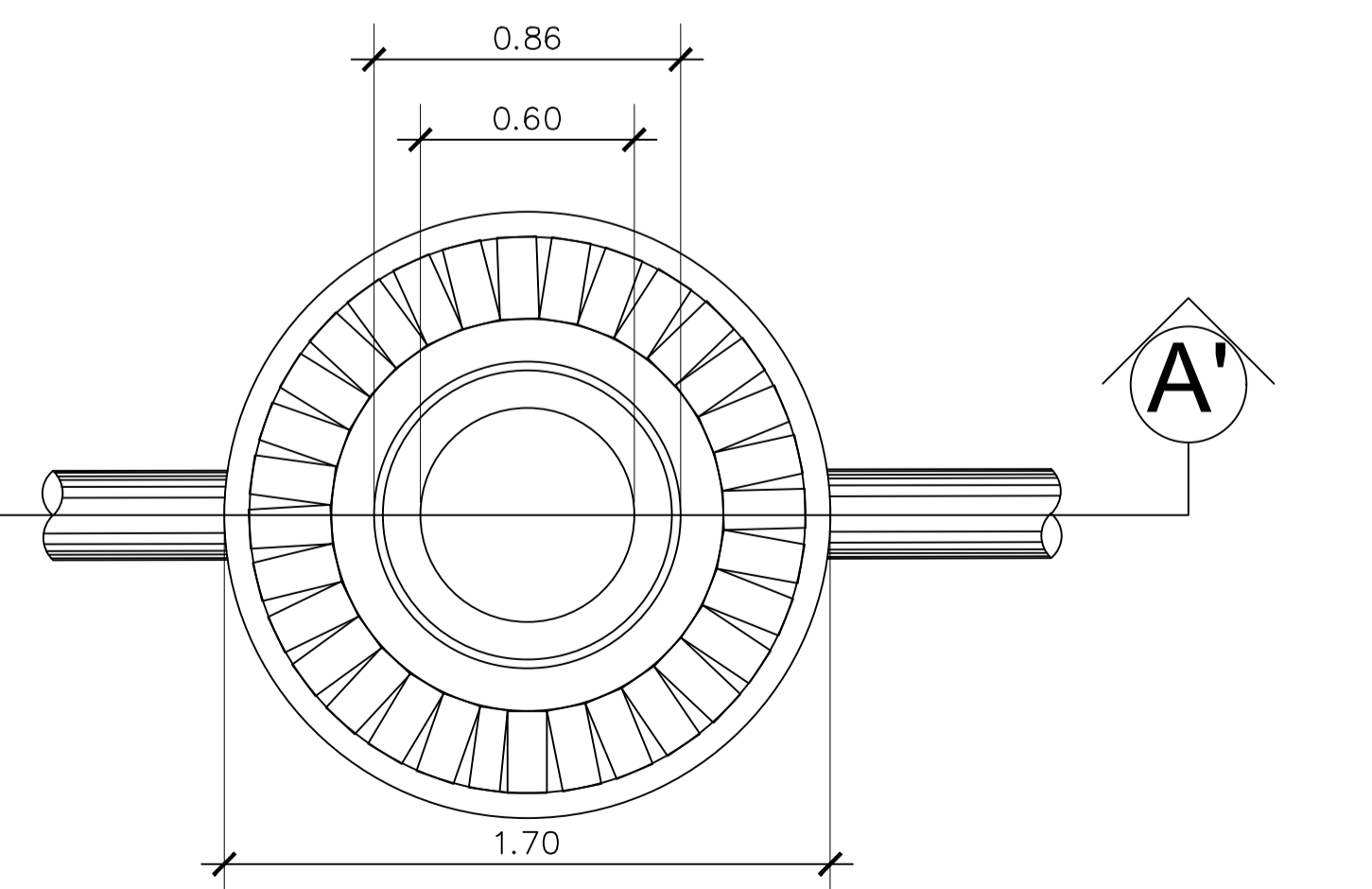
- Utilizar concreto f.c. 210 kg/cm<sup>2</sup> o 3,000 PSI.
- Utilizar acero de refuerzo f.y. 2,810 kg/cm<sup>2</sup> o Grado 40.
- El ladrillo tayuyo para los pozos de visita debe estar instalado de punta.
- El cernido y repello para los pozos de visita debe ser de mortero de cemento, cal y arena. de rio.
- El mortero para pegar los ladrillos en los pozos de visita debe ser de cemento, cal y arena de rio.
- Cada una de las tapaderas utilizadas en los pozos de visita deben estar debidamente señaladas con la nomenclatura de los planos de la red general.
- La altura del cono en los pozos de visita es de 0.64 m, para los pozos de visita que tiene una profundidad menor a 2.00 m.
- La altura del cono en los pozos de visita es de 1.00 m, para los pozos de visita que tiene una profundidad mayor a 2.00 m.



**Planta**

Pozo de Visita

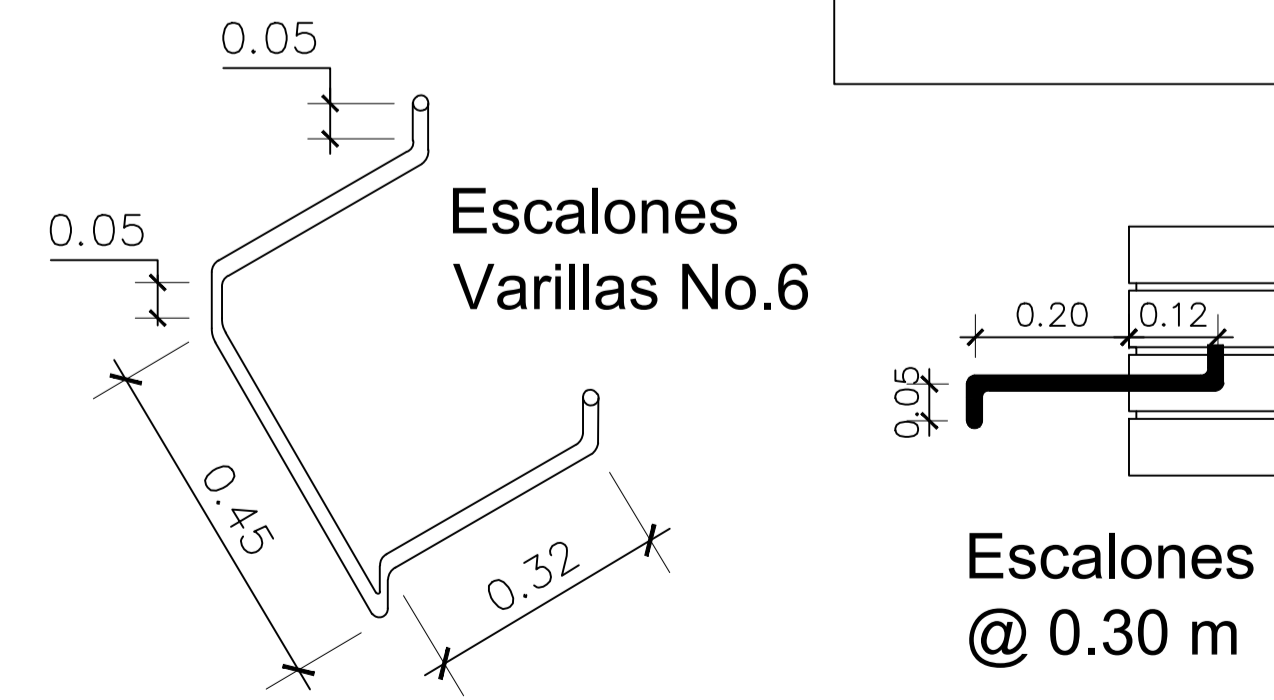
Esc. 1:20



**Planta**

Pozo de Visita

Esc. 1:20



**Escalones  
Varillas No.6**

Escalones  
@ 0.30 m

**Detalle de Escalones**

Pozo de Visita

Esc. 1:10

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

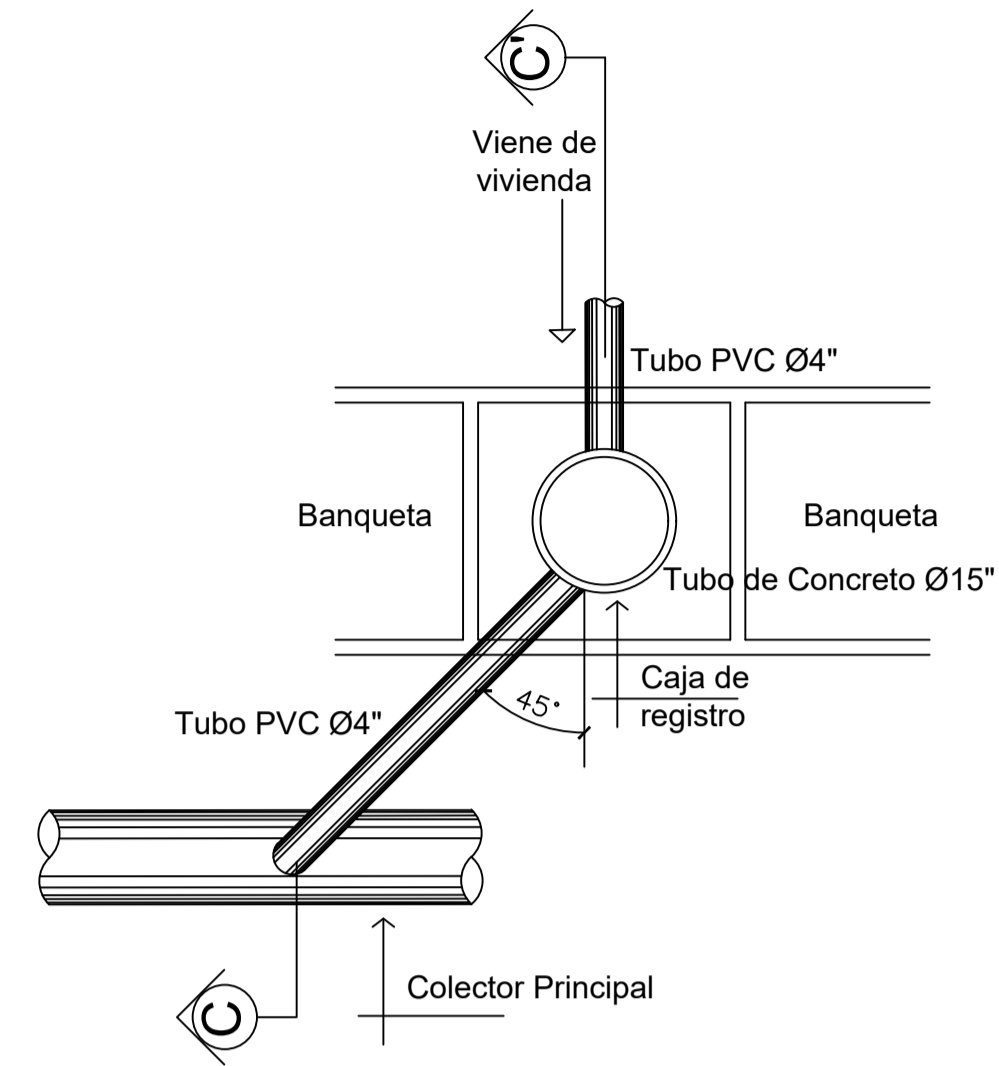
ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO  
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ  
ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA DE POZOS DE VISITA  
SECCIONES DE POZOS DE VISITA  
DETALLE ARMADO DE BROCAL  
DETALLE ARMADO DE TAPADERA  
DETALLE DE ESCALONES

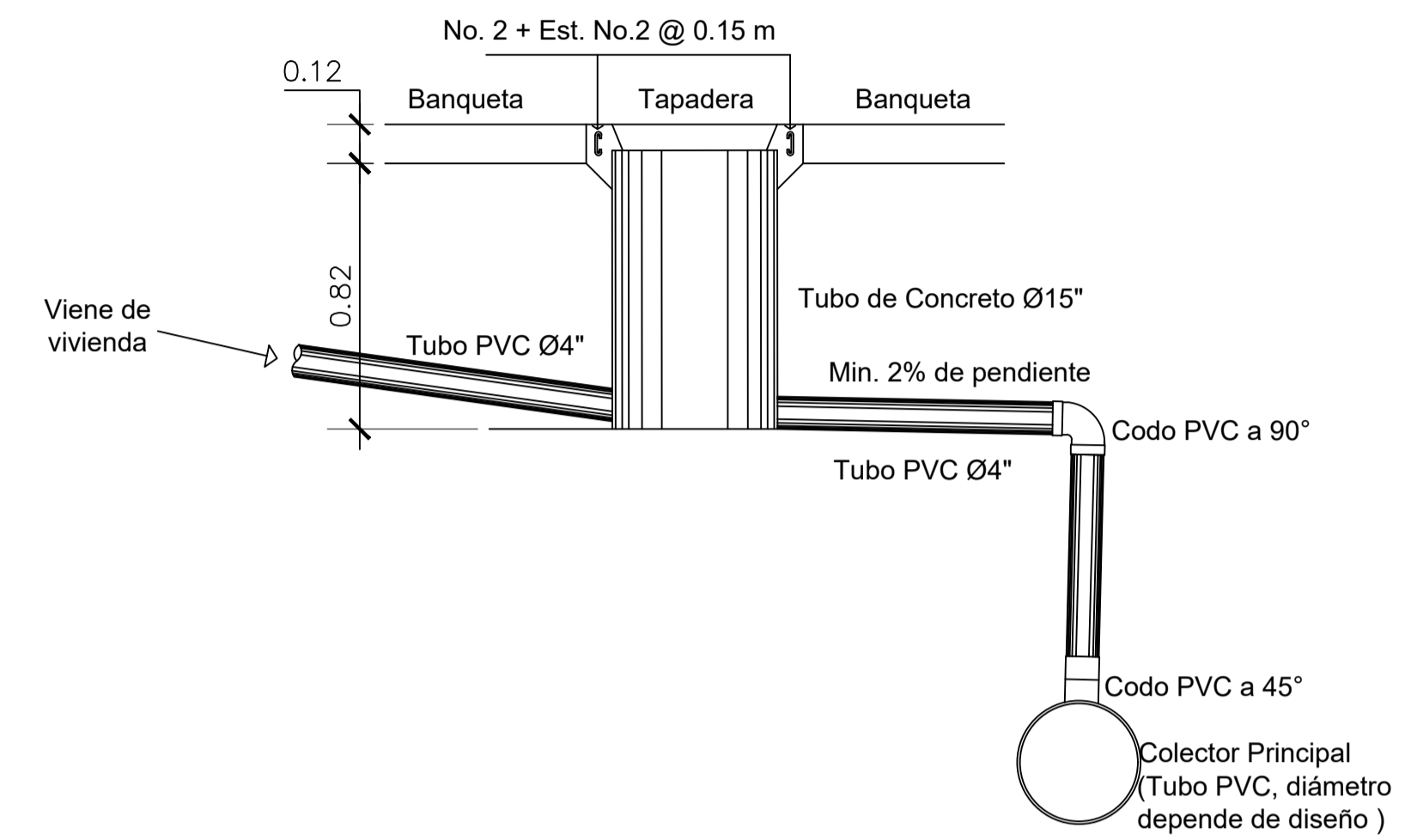
Vo.Bo.



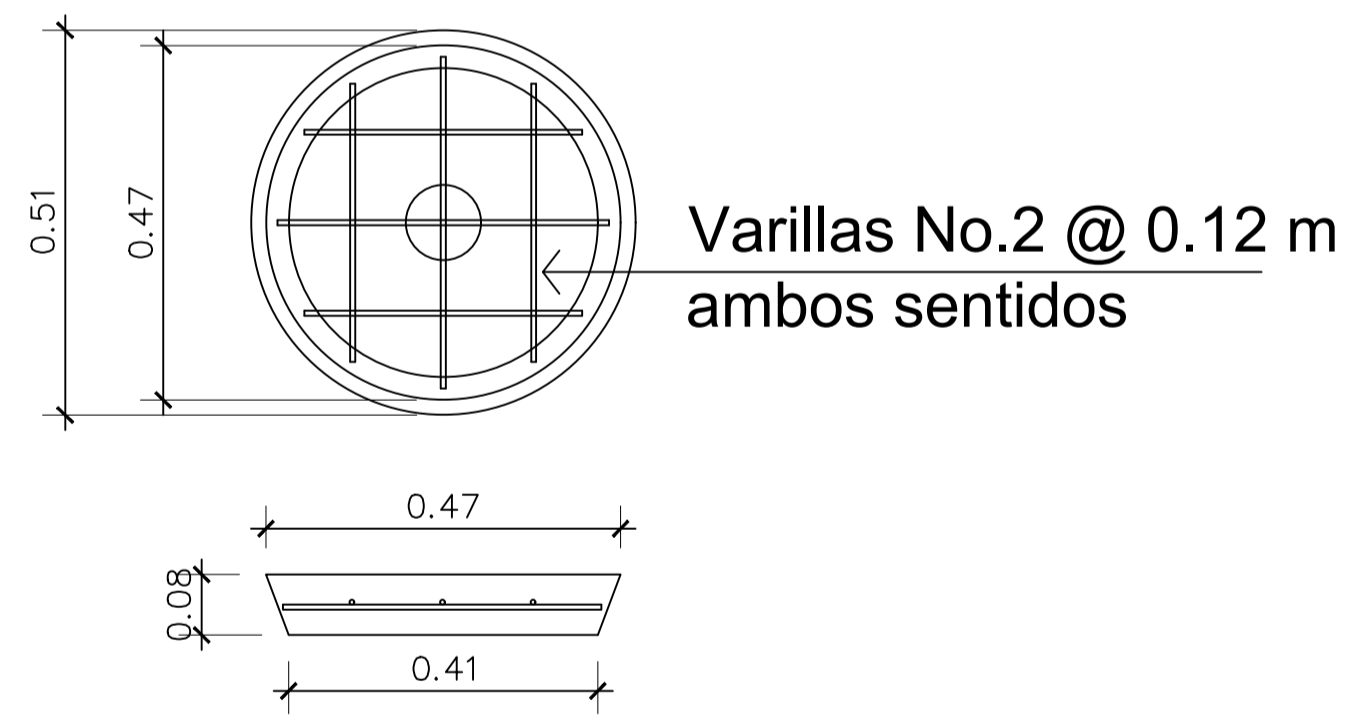
HOJA  
18  
19



**Planta**  
Conexión domiciliar Esc. 1:20



**Sección C-C'**  
Conexión domiciliar Esc. 1:20



**Detalle Armado de Tapadera**  
Conexión domiciliar Esc. 1:10

### ESPECIFICACIONES

- Para tubería domiciliar se utiliza PVC de 4".
- Para caja de registro de conexión domiciliar se utiliza tubería de concreto de 15".
- Utilizar concreto f.c. 210 kg/cm<sup>2</sup> o 3,000 PSI.
- Utilizar acero de refuerzo f.y. 2,810 kg/cm<sup>2</sup> o Grado 40.

MUNICIPALIDAD  
JALPATAGUA, JUTIAPA

PROYECTO:  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
COCO, JALPATAGUA, JUTIAPA

ESTUDIANTE:  
CARLOS FINO

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

ESCALA:  
INDICADA

CONTENIDO:  
PLANTA DE CONEXIÓN DOMICILIAR  
SECCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR  
DETALLE ARMADO DE TAPADERA

Vo.Bo.



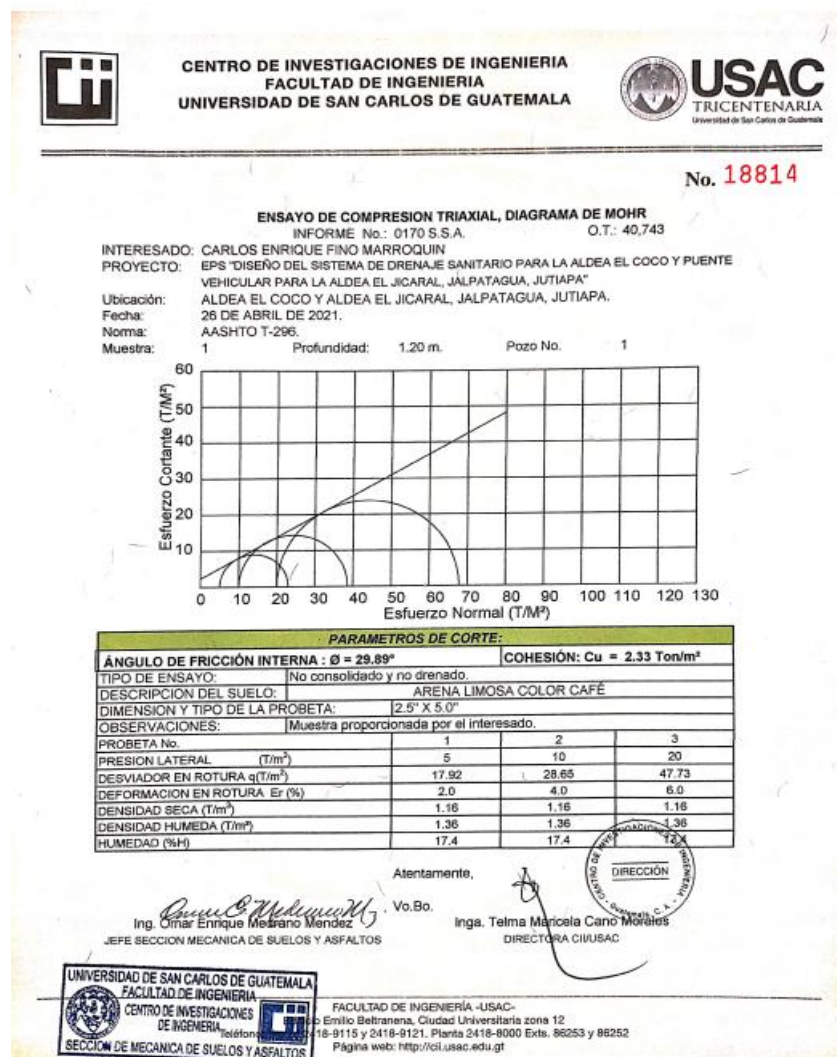
HOJA

19

19


# ANEXOS

## Anexo 1. Informe de resultados de ensayo de compresión triaxial




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexo 2. Informe de resultados de ensayo de granulometría



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



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

---

INFORME No. 0171 S.S.A.      O.T. No. 40,743      **No. 18815**

Interesado: CARLOS ENRIQUE FINO MARROQUIN

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices sin lavado previo.

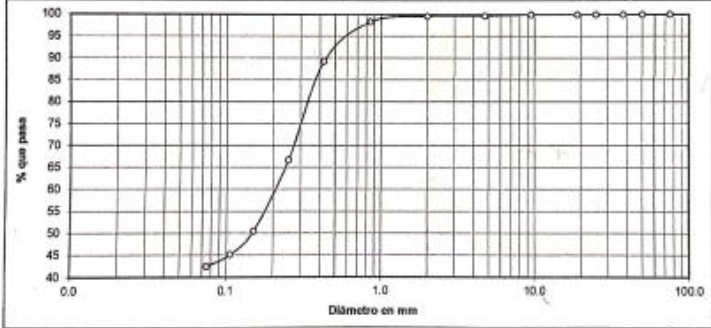
Norma: ASTM D6913-04, AASHTO T-27,

Proyecto: EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUNTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA"

Ubicación: ALDEA EL COCO Y ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA.

Fecha: 26 DE ABRIL DE 2021.

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	99.67
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	98.35
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	89.34
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	88.70
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	50.45
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	45.10
4	4.75 mm	99.73	200	75 µm	42.41



Descripción del suelo:		Arena limosa color café			
Clasificación:	S.C.U.:	SM	% de Grava: 0.27	D10=----- mm.	
	P.R.A.:	A-4	% de Arena: 57.32	D30=0.11 mm.	
			% de finos: 42.41	D60=0.78 mm.	


Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

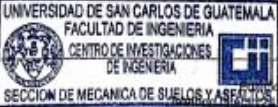
*Omar Enrique Medrano Mendez*

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS



*Inga. Teima Maricela Cano Morales*

Inga. Teima Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIVUSAC



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

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12  
8-9118 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://ci.ussac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. Informe de resultados de ensayo de límites de Atterberg



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



---

**No. 18816**

INFORME No. 0172 S.S.A.

O.T.: 40,743

Interesado: CARLOS ENRIQUE FINO MARROQUIN

Proyecto: EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL COCO Y PUEBLO VEHICULAR PARA LA ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: ALDEA EL COCO Y ALDEA EL JICARAL, JALPATAGUA, JUTIAPA.

FECHA: lunes, 26 de abril de 2021

RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	SM	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ

(\*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD

(\*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano  
DIRECTORA CII/USAC



---

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-  
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-8115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 4. Valores de velocidad y caudal a sección llena para el cálculo de sistemas de alcantarillado sanitario

TUBERIAS P.V.C. Norma ASTM 3034  
VALORES DE VELOCIDAD Y CAUDAL PARA EL CALCULO  
DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

**tub PVC vinyl, S.A.**  
Tel.: 481955 480404 480206 481875

Pendientes %	Ø 4"		Ø 6"		Ø 8"		Ø 10"		Ø 12"		Ø 15"	
	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.
0.05												
0.06												
0.07												
0.08												
0.09												
0.10												
0.11												
0.12												
0.13												
0.14												
0.15												
0.16												
0.17												
0.18												
0.19												
0.20												
0.30												
0.40												
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40												
1.50												
1.60												
1.70												
1.80												
1.90												
2.00												
2.10												
2.20												
2.30												
2.40												
2.50												

Continuación del anexo 4.

Pendiente %	Diámetro 4"		Diámetro 6"		Diámetro 8"		Diámetro 10"		Diámetro 12"		Diámetro 15"	
	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.	Vel	Q.
2.60	1.39	11.1	1.81	31.9	2.21	71.4	2.56	129.6	2.88	206.3	3.30	353.6
2.70	1.41	11.3	1.84	32.5	2.25	72.8	2.61	132.1	2.94	210.3	3.36	360.3
2.80	1.44	11.5	1.87	33.1	2.29	74.1	2.66	134.5	2.99	214.1	3.42	366.9
2.90	1.46	11.7	1.91	33.7	2.33	75.5	2.71	136.9	3.04	217.9	3.48	373.4
3.00	1.49	11.9	1.94	34.3	2.37	76.7	2.75	139.3	3.09	221.6	3.54	379.8
3.10	1.51	12.1	1.97	34.9	2.41	78.0	2.80	141.6	3.15	225.3	3.60	386.1
3.20	1.54	12.3	2.00	35.4	2.45	79.3	2.84	143.8	3.20	228.9	3.66	392.2
3.30	1.56	12.5	2.03	36.0	2.49	80.5	2.89	146.0	3.24	232.4	3.71	398.3
3.40	1.59	12.7	2.07	36.5	2.53	81.7	2.93	148.2	3.29	235.4	3.77	404.3
3.50	1.61	12.9	2.10	37.0	2.58	82.9	2.98	150.4	3.34	239.9	3.82	410.2
3.60	1.63	13.0	2.13	37.6	2.60	84.1	3.02	152.5	3.39	242.8	3.88	416.1
3.70	1.65	13.2	2.15	38.1	2.64	85.2	3.06	154.5	3.44	246.1	3.93	421.8
3.80	1.67	13.4	2.18	38.6	2.67	86.4	3.10	156.7	3.48	249.4	3.98	427.4
3.90	1.70	13.6	2.21	39.1	2.71	87.5	3.14	158.8	3.53	252.7	4.04	433.0
4.00	1.72	13.8	2.24	39.5	2.74	88.6	3.18	160.8	3.57	255.9	4.09	438.6
4.20	1.78	14.1	2.30	40.6	2.81	90.8	3.26	164.8	3.66	262.2		
4.40	1.80	14.4	2.35	41.5	2.87	92.8	3.34	169.6	3.75	268.4		
4.60	1.84	14.8	2.40	42.5	2.94	95.0	3.41	172.4	3.83	274.4		
4.80	1.88	15.1	2.46	43.8	3.00	97.1	3.48	176.1	3.91	280.3		
5.00	1.92	15.4	2.50	44.3	3.06	99.1	3.56	179.8	3.99	286.1		
5.50	2.02	16.1	2.63	46.4	3.21	103.9	3.73	186.5	4.18	300.0		
6.00	2.11	16.8	2.74	48.5	3.36	108.5	3.90	196.9				
7.00	2.28	18.2	2.96	52.6	3.63	117.2	4.05	206.0				
8.00	2.43	19.4	3.17	56.2	3.88	125.3						
8.50	2.51	20.0	3.27	57.9	4.00	129.2						
9.00	2.58	20.6	3.36	59.6								
9.50	2.65	21.2	3.46	61.2								
10.00	2.72	21.7	3.55	62.8								
10.50	2.79	22.3	3.63	64.4								
11.00	2.85	22.8	3.72	65.9								
11.50	2.92	23.3	3.80	67.4								
12.00	2.98	23.8	3.88	68.8								

**tub PVC vinyl, S.A.**  
 480904 480206 481875  
 Tel.: 481955

**BASE DE CALCULO**

- Fórmula de Manning, donde n = 0.010
- Diámetro interno tuberías, tomado de Tabla No. 4, Pág. 28, Catálogo Tubovinil, S.A., Tuberías para Alcantarillado Sanitario, Norma ASTM 3034.
- "Vel", en m/seg.
- "Q", en lts./seg.
- "S", en o/o

Elaboró: Bernardo Fuentes - Dic. / 13

59

Fuente: Fuentes, B. (2013). *Valores de velocidades y caudal para el cálculo de sistemas de alcantarillado sanitario.*



## Anexo 5. Tablas de relaciones hidraulicas

29

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	s/A	w/V	q/Q	d/D	s/A	w/V	q/Q	d/D	s/A	w/V	q/Q
0.801	0.000054	0.019224	0.000001	0.076	0.034746	0.336751	0.011701	0.151	0.094977	0.518904	0.049731
0.802	0.000152	0.030507	0.000005	0.077	0.035423	0.339587	0.012029	0.152	0.095884	0.521011	0.049956
0.803	0.000279	0.039963	0.000011	0.078	0.036104	0.342408	0.012362	0.153	0.096799	0.523112	0.050181
0.804	0.000429	0.048396	0.000021	0.079	0.036789	0.345215	0.012700	0.154	0.097717	0.525206	0.050407
0.805	0.000599	0.056141	0.000034	0.08	0.037478	0.348007	0.013043	0.155	0.098637	0.527293	0.050632
0.806	0.000788	0.063377	0.000050	0.081	0.038171	0.350786	0.013390	0.156	0.099560	0.529374	0.050857
0.807	0.000992	0.070215	0.000070	0.082	0.038868	0.353551	0.013742	0.157	0.100485	0.531449	0.051082
0.808	0.001212	0.076728	0.000093	0.083	0.039568	0.356302	0.014098	0.158	0.101413	0.533517	0.051307
0.809	0.001446	0.082970	0.000120	0.084	0.040273	0.359029	0.014459	0.159	0.102343	0.535578	0.051532
0.81	0.001693	0.088980	0.000151	0.085	0.040981	0.361764	0.014825	0.16	0.103275	0.537633	0.051757
0.811	0.001952	0.094787	0.000185	0.086	0.041693	0.364475	0.015196	0.161	0.104210	0.539682	0.051982
0.812	0.002224	0.100417	0.000223	0.087	0.042409	0.367173	0.015571	0.162	0.105147	0.541725	0.052207
0.813	0.002506	0.105887	0.000265	0.088	0.043128	0.369859	0.015951	0.163	0.106087	0.543761	0.052432
0.814	0.002800	0.111215	0.000311	0.089	0.043851	0.372532	0.016336	0.164	0.107028	0.545792	0.052657
0.815	0.003105	0.116412	0.000361	0.09	0.044578	0.375193	0.016726	0.165	0.107972	0.547816	0.052882
0.816	0.003419	0.121493	0.000415	0.091	0.045309	0.377842	0.017120	0.166	0.108919	0.549844	0.053107
0.817	0.003744	0.126464	0.000473	0.092	0.046043	0.380479	0.017518	0.167	0.109867	0.551865	0.053332
0.818	0.004078	0.131335	0.000536	0.093	0.046781	0.383103	0.017922	0.168	0.110818	0.553881	0.053557
0.819	0.004421	0.136112	0.000602	0.094	0.047522	0.385717	0.018330	0.169	0.111772	0.555885	0.053782
0.82	0.004773	0.140803	0.000672	0.095	0.048267	0.388318	0.018743	0.17	0.112727	0.557885	0.054007
0.821	0.005134	0.145412	0.000746	0.096	0.049016	0.390908	0.019161	0.171	0.113685	0.559885	0.054232
0.822	0.005503	0.149945	0.000825	0.097	0.049768	0.393487	0.019583	0.172	0.114645	0.561881	0.054457
0.823	0.005881	0.154406	0.000908	0.098	0.050523	0.396055	0.020010	0.173	0.115607	0.563875	0.054682
0.824	0.006266	0.158800	0.000995	0.099	0.051282	0.398611	0.020441	0.174	0.116571	0.565862	0.054907
0.825	0.006660	0.163129	0.001086	0.1	0.052044	0.401157	0.020878	0.175	0.117537	0.567846	0.055132
0.826	0.007061	0.167398	0.001182	0.101	0.052810	0.403692	0.021319	0.176	0.118506	0.569826	0.055357
0.827	0.007470	0.171609	0.001282	0.102	0.053579	0.406216	0.021765	0.177	0.119477	0.571802	0.055582
0.828	0.007887	0.175765	0.001386	0.103	0.054351	0.408730	0.022215	0.178	0.120450	0.573774	0.055807
0.829	0.008311	0.179868	0.001495	0.104	0.055127	0.411234	0.022670	0.179	0.121425	0.575742	0.056032
0.83	0.008749	0.183921	0.001608	0.105	0.055906	0.413727	0.023130	0.18	0.122402	0.577706	0.056257
0.831	0.009179	0.187926	0.001725	0.106	0.056688	0.416210	0.023594	0.181	0.123382	0.579666	0.056482
0.832	0.009624	0.191885	0.001847	0.107	0.057473	0.418683	0.024063	0.182	0.124363	0.581622	0.056707
0.833	0.010076	0.195800	0.001973	0.108	0.058262	0.421146	0.024537	0.183	0.125347	0.583574	0.056932
0.834	0.010534	0.199672	0.002103	0.109	0.059054	0.423599	0.025015	0.184	0.126332	0.585522	0.057157
0.835	0.010999	0.203503	0.002238	0.11	0.059849	0.426042	0.025498	0.185	0.127320	0.587466	0.057382
0.836	0.011470	0.207295	0.002378	0.111	0.060648	0.428476	0.025986	0.186	0.128310	0.589406	0.057607
0.837	0.011947	0.211049	0.002521	0.112	0.061449	0.430901	0.026479	0.187	0.129302	0.591342	0.057832
0.838	0.012431	0.214766	0.002670	0.113	0.062254	0.433316	0.026976	0.188	0.130296	0.593274	0.058057
0.839	0.012921	0.218448	0.002823	0.114	0.063062	0.435721	0.027477	0.189	0.131292	0.595202	0.058282
0.84	0.013417	0.222095	0.002980	0.115	0.063873	0.438117	0.027984	0.19	0.132290	0.597126	0.058507
0.841	0.013919	0.225709	0.003142	0.116	0.064686	0.440505	0.028495	0.191	0.133290	0.599046	0.058732
0.842	0.014427	0.229291	0.003308	0.117	0.065503	0.442883	0.029010	0.192	0.134292	0.600962	0.058957
0.843	0.014941	0.232842	0.003479	0.118	0.066323	0.445252	0.029531	0.193	0.135296	0.602874	0.059182
0.844	0.015460	0.236362	0.003654	0.119	0.067146	0.447612	0.030056	0.194	0.136302	0.604782	0.059407
0.845	0.015985	0.239853	0.003834	0.12	0.067972	0.449964	0.030585	0.195	0.137310	0.606686	0.059632
0.846	0.016516	0.243315	0.004019	0.121	0.068801	0.452307	0.031119	0.196	0.138320	0.608586	0.059857
0.847	0.017052	0.246749	0.004208	0.122	0.069633	0.454641	0.031658	0.197	0.139332	0.610482	0.060082
0.848	0.017594	0.250157	0.004401	0.123	0.070468	0.456967	0.032202	0.198	0.140345	0.612374	0.060307
0.849	0.018141	0.253537	0.004599	0.124	0.071306	0.459284	0.032750	0.199	0.141361	0.614262	0.060532
0.85	0.018693	0.256893	0.004802	0.125	0.072147	0.461593	0.033302	0.2	0.142378	0.616146	0.060757
0.851	0.019251	0.260223	0.005009	0.126	0.072990	0.463893	0.033860	0.201	0.143398	0.618026	0.060982
0.852	0.019813	0.263528	0.005221	0.127	0.073837	0.466185	0.034422	0.202	0.144419	0.619902	0.061207
0.853	0.020381	0.266810	0.005438	0.128	0.074686	0.468470	0.034988	0.203	0.145443	0.621774	0.061432
0.854	0.020954	0.270068	0.005659	0.129	0.075538	0.470746	0.035559	0.204	0.146468	0.623642	0.061657
0.855	0.021532	0.273304	0.005885	0.13	0.076393	0.473014	0.036135	0.205	0.147495	0.625506	0.061882
0.856	0.022116	0.276517	0.006115	0.131	0.077251	0.475274	0.036715	0.206	0.148524	0.627366	0.062107
0.857	0.022703	0.279709	0.006350	0.132	0.078112	0.477526	0.037300	0.207	0.149554	0.629222	0.062332
0.858	0.023296	0.282879	0.006590	0.133	0.078975	0.479770	0.037889	0.208	0.150587	0.631074	0.062557
0.859	0.023894	0.286029	0.006834	0.134	0.079841	0.482017	0.038484	0.209	0.151622	0.632922	0.062782
0.86	0.024496	0.289158	0.007083	0.135	0.080710	0.484256	0.039083	0.21	0.152658	0.634766	0.063007
0.861	0.025103	0.292267	0.007337	0.136	0.081582	0.486487	0.039686	0.211	0.153696	0.636606	0.063232
0.862	0.025715	0.295356	0.007595	0.137	0.082456	0.488711	0.040294	0.212	0.154736	0.638442	0.063457
0.863	0.026332	0.298427	0.007858	0.138	0.083333	0.490927	0.040906	0.213	0.155778	0.640274	0.063682
0.864	0.026953	0.301478	0.008126	0.139	0.084212	0.493136	0.041523	0.214	0.156821	0.642102	0.063907
0.865	0.027578	0.304512	0.008398	0.14	0.085095	0.495336	0.042145	0.215	0.157867	0.643926	0.064132
0.866	0.028208	0.307527	0.008675	0.141	0.085980	0.497527	0.042771	0.216	0.158914	0.645746	0.064357
0.867	0.028843	0.310524	0.008956	0.142	0.086867	0.499709	0.043401	0.217	0.159963	0.647562	0.064582
0.868	0.029481	0.313504	0.009243	0.143	0.087757	0.501891	0.044036	0.218	0.161013	0.649374	0.064807
0.869	0.030125	0.316466	0.009533	0.144	0.088650	0.504074	0.044676	0.219	0.162065	0.651182	0.065032
0.87	0.030772	0.319412	0.009829	0.145	0.089545	0.506257	0.045320	0.22	0.163119	0.652986	0.065257
0.871	0.031424	0.322342	0.010129	0.146	0.090443	0.508441	0.045969	0.221	0.164175	0.654786	0.065482
0.872	0.032080	0.325255	0.010434	0.147	0.091344	0.510626	0.046622	0.222	0.165233	0.656582	0.065707
0.873	0.032741	0.328152	0.010744	0.148	0.092247	0.512812	0.047280	0.223	0.166292	0.658374	0.065932
0.874	0.033405	0.331034	0.011058	0.149	0.093152	0.514999	0.047943	0.224	0.167353	0.660162	0.066157
0.875	0.034074	0.333900	0.011377	0.15	0.094060	0.517186	0.048609	0.225	0.168415	0.661946	0.066382

Continuación del anexo 5.

30

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	s/A	v/V	q/Q	g/G	d/D	s/A	v/V	q/Q	g/G	d/D	s/A	v/V	q/Q	g/G																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0.226	0.169479	0.660967	0.112020	0.301	0.253483	0.777553	0.197097	0.376	0.343752	0.874664	0.300667	0.227	0.170545	0.662670	0.113015	0.302	0.254652	0.778967	0.198365	0.377	0.344986	0.875843	0.302133	0.228	0.171613	0.664370	0.114014	0.303	0.255822	0.780377	0.199637	0.378	0.346220	0.877019	0.302642	0.229	0.172682	0.666064	0.115017	0.304	0.256992	0.781784	0.200913	0.379	0.347455	0.878192	0.303152	0.23	0.173753	0.667755	0.116024	0.305	0.258164	0.783188	0.202191	0.38	0.348691	0.879362	0.303662	0.231	0.174825	0.669441	0.117035	0.306	0.259337	0.784588	0.203473	0.381	0.349927	0.880530	0.304171	0.232	0.175899	0.671122	0.118050	0.307	0.260511	0.785985	0.204758	0.382	0.351164	0.881694	0.304680	0.233	0.176975	0.672800	0.119069	0.308	0.261686	0.787379	0.206046	0.383	0.352402	0.882856	0.305189	0.234	0.178052	0.674473	0.120091	0.309	0.262862	0.788769	0.207338	0.384	0.353640	0.884015	0.305698	0.235	0.179131	0.676142	0.121118	0.31	0.264040	0.790156	0.208633	0.385	0.354879	0.885171	0.306207	0.236	0.180212	0.677806	0.122149	0.311	0.265218	0.791539	0.209930	0.386	0.356118	0.886324	0.306716	0.237	0.181294	0.679466	0.123183	0.312	0.266397	0.792920	0.211232	0.387	0.357358	0.887474	0.307225	0.238	0.182377	0.681122	0.124221	0.313	0.267578	0.794297	0.212536	0.388	0.358599	0.888622	0.307734	0.239	0.183463	0.682774	0.125263	0.314	0.268759	0.795670	0.213843	0.389	0.359840	0.889766	0.308243	0.24	0.184549	0.684422	0.126310	0.315	0.269941	0.797040	0.215154	0.39	0.361082	0.890908	0.308752	0.241	0.185638	0.686065	0.127360	0.316	0.271125	0.798407	0.216468	0.391	0.362324	0.892047	0.309261	0.242	0.186728	0.687704	0.128413	0.317	0.272309	0.799771	0.217785	0.392	0.363567	0.893181	0.309770	0.243	0.187819	0.689339	0.129471	0.318	0.273494	0.801131	0.219105	0.393	0.364810	0.894316	0.310279	0.244	0.188912	0.690970	0.130533	0.319	0.274681	0.802488	0.220428	0.394	0.366055	0.895447	0.310788	0.245	0.190006	0.692597	0.131598	0.32	0.275868	0.803842	0.221755	0.395	0.367299	0.896574	0.311297	0.246	0.191102	0.694220	0.132667	0.321	0.277057	0.805193	0.223084	0.396	0.368544	0.897699	0.311806	0.247	0.192200	0.695839	0.133740	0.322	0.278246	0.806540	0.224416	0.397	0.369790	0.898821	0.312315	0.248	0.193299	0.697453	0.134817	0.323	0.279436	0.807884	0.225752	0.398	0.371036	0.899940	0.312824	0.249	0.194399	0.699064	0.135897	0.324	0.280628	0.809225	0.227091	0.399	0.372283	0.901057	0.313333	0.25	0.195501	0.700670	0.136982	0.325	0.281820	0.810563	0.228433	0.4	0.373530	0.902170	0.313842	0.251	0.196605	0.702271	0.138070	0.326	0.283013	0.811897	0.229777	0.401	0.374778	0.903281	0.314351	0.252	0.197709	0.703871	0.139162	0.327	0.284203	0.813228	0.231125	0.402	0.376026	0.904389	0.314860	0.253	0.198816	0.705466	0.140258	0.328	0.285402	0.814556	0.232476	0.403	0.377275	0.905495	0.315369	0.254	0.199923	0.707056	0.141357	0.329	0.286598	0.815881	0.233830	0.404	0.378524	0.906597	0.315878	0.255	0.201033	0.708642	0.142460	0.33	0.287795	0.817203	0.235187	0.405	0.379774	0.907697	0.316387	0.256	0.202143	0.710225	0.143567	0.331	0.288993	0.818521	0.236547	0.406	0.381024	0.908794	0.316896	0.257	0.203255	0.711804	0.144678	0.332	0.290192	0.819836	0.237910	0.407	0.382275	0.909888	0.317405	0.258	0.204369	0.713378	0.145792	0.333	0.291391	0.821148	0.239275	0.408	0.383526	0.910979	0.317914	0.259	0.205484	0.714949	0.146910	0.334	0.292592	0.822457	0.240644	0.409	0.384778	0.912066	0.318423	0.26	0.206600	0.716516	0.148032	0.335	0.293793	0.823763	0.242016	0.41	0.386030	0.913154	0.318932	0.261	0.207718	0.718079	0.149158	0.336	0.294996	0.825065	0.243391	0.411	0.387283	0.914237	0.319441	0.262	0.208837	0.719638	0.150287	0.337	0.296199	0.826365	0.244768	0.412	0.388536	0.915317	0.319950	0.263	0.209957	0.721193	0.151420	0.338	0.297403	0.827661	0.246149	0.413	0.389790	0.916395	0.320459	0.264	0.211079	0.722745	0.152556	0.339	0.298608	0.828954	0.247532	0.414	0.391044	0.917470	0.320968	0.265	0.212202	0.724292	0.153696	0.34	0.299814	0.830244	0.248919	0.415	0.392298	0.918542	0.321477	0.266	0.213327	0.725836	0.154840	0.341	0.301021	0.831531	0.250308	0.416	0.393553	0.919611	0.321986	0.267	0.214452	0.727376	0.155988	0.342	0.302228	0.832815	0.251700	0.417	0.394808	0.920678	0.322495	0.268	0.215580	0.728912	0.157139	0.343	0.303437	0.834096	0.253095	0.418	0.396064	0.921742	0.323004	0.269	0.216708	0.730444	0.158293	0.344	0.304646	0.835374	0.254493	0.419	0.397320	0.922803	0.323513	0.27	0.217838	0.731973	0.159452	0.345	0.305856	0.836648	0.255894	0.42	0.398577	0.923862	0.324022	0.271	0.218969	0.733501	0.160613	0.346	0.307067	0.837920	0.257297	0.421	0.399834	0.924918	0.324531	0.272	0.220102	0.735029	0.161779	0.347	0.308279	0.839188	0.258704	0.422	0.401092	0.925971	0.325040	0.273	0.221236	0.736556	0.162948	0.348	0.309491	0.840454	0.260113	0.423	0.402349	0.927021	0.325549	0.274	0.222371	0.738080	0.164121	0.349	0.310705	0.841716	0.261525	0.424	0.403608	0.928069	0.326058	0.275	0.223507	0.739596	0.165297	0.35	0.311919	0.842975	0.262940	0.425	0.404866	0.929114	0.326567	0.276	0.224645	0.741106	0.166477	0.351	0.313134	0.844231	0.264357	0.426	0.406125	0.930156	0.327076	0.277	0.225784	0.742598	0.167660	0.352	0.314350	0.845485	0.265778	0.427	0.407385	0.931196	0.327585	0.278	0.226924	0.744087	0.168847	0.353	0.315566	0.846733	0.267201	0.428	0.408645	0.932233	0.328094	0.279	0.228065	0.745563	0.170037	0.354	0.316784	0.847982	0.268627	0.429	0.409905	0.933267	0.328603	0.28	0.229208	0.747034	0.171231	0.355	0.318002	0.849226	0.270055	0.43	0.411165	0.934299	0.329112	0.281	0.230352	0.748492	0.172428	0.356	0.319221	0.850467	0.271487	0.431	0.412426	0.935327	0.329621	0.282	0.231497	0.750006	0.173629	0.357	0.320440	0.851705	0.272921	0.432	0.413687	0.936354	0.330130	0.283	0.232644	0.751507	0.174833	0.358	0.321661	0.852940	0.274357	0.433	0.414949	0.937377	0.330639	0.284	0.233792	0.752994	0.176041	0.359	0.322882	0.854172	0.275797	0.434	0.416211	0.938398	0.331148	0.285	0.234940	0.754458	0.177253	0.36	0.324104	0.855401	0.277239	0.435	0.417473	0.939416	0.331657	0.286	0.236091	0.755927	0.178467	0.361	0.325327	0.856627	0.278684	0.436	0.418735	0.940432	0.332166	0.287	0.237242	0.757394	0.179686	0.362	0.326550	0.857850	0.280131	0.437	0.419999	0.941445	0.332675	0.288	0.238394	0.758856	0.180907	0.363	0.327774	0.859070	0.281581	0.438	0.421262	0.942455	0.333184	0.289	0.239548	0.760316	0.182132	0.364	0.328999	0.860288	0.283034	0.439	0.422525	0.943462	0.333693	0.29	0.240703	0.761771	0.183361	0.365	0.330225	0.861503	0.284489	0.44	0.423789	0.944467	0.334202	0.291	0.241859	0.763223	0.184593	0.366	0.331451	0.862717	0.285947	0.441	0.425054	0.945469	0.334711	0.292	0.243016	0.764672	0.185828	0.367	0.332678	0.863921	0.287407	0.442	0.426318	0.946469	0.335220	0.293	0.244175	0.766117	0.187066	0.368	0.333906	0.865127	0.288871	0.443	0.427583	0.947466	0.335729	0.294	0.245334	0.767559	0.188309	0.369	0.335134	0.866329	0.290336	0.444	0.428848	0.948460	0.336238	0.295	0.246495	0.768997	0.189554	0.37	0.336363	0.867528	0.291805	0.445	0.430113	0.949452	0.336747	0.296	0.247657	0.770431	0.190803	0.371	0.337593	0.868725	0.293275	0.446	0.431379	0.950441	0.337256	0.297	0.248820	0.771863	0.192055	0.372	0.338823	0.869918	0.294749	0.447	0.432645	0.951427	0.337765	0.298	0.249984	0.773290	0.193310	0.373	0.340055	0.871109	0.296225	0.448	0.433911	0.952411	0.338274	0.299	0.251149	0.774715	0.194569	0.374	0.341286	0.872297	0.297703	0.449	0.435178	0.953392	0.338783	0.3	0.252316	0.776135	0.195831	0.375	0.342519	0.873482	0.299184	0.45	0.436444	0.954371	0.339292

Continuación del anexo 5.

SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

31

d/D	z/v	v/v	w/Q	d/D	w/A	v/v	w/Q	d/D	w/A	v/v	w/Q
0.451	0.427711	0.955346	0.418166	0.526	0.533089	1.021221	0.544402	0.601	0.627717	1.073021	0.673554
0.452	0.438979	0.956320	0.419804	0.527	0.534361	1.022003	0.546118	0.602	0.628964	1.073617	0.675267
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.074211	0.676979
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.074803	0.678691
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.075392	0.680401
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552990	0.606	0.633945	1.075978	0.682112
0.457	0.445318	0.961147	0.428016	0.532	0.540716	1.025878	0.554709	0.607	0.635190	1.076562	0.683821
0.458	0.446587	0.962104	0.429663	0.533	0.541986	1.026646	0.556428	0.608	0.636433	1.077144	0.685530
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027414	0.558148	0.609	0.637676	1.077723	0.687238
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559868	0.61	0.638918	1.078300	0.688945
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.078874	0.690652
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.079445	0.692357
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030444	0.565031	0.613	0.642642	1.080011	0.694062
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566753	0.614	0.643882	1.080581	0.695766
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568475	0.615	0.645121	1.081145	0.697469
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032696	0.570197	0.616	0.646360	1.081706	0.699172
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571920	0.617	0.647598	1.082268	0.700873
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573643	0.618	0.648836	1.082822	0.702574
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575366	0.619	0.650073	1.083376	0.704273
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577090	0.62	0.651309	1.083927	0.705973
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578814	0.621	0.652545	1.084476	0.707669
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580538	0.622	0.653780	1.085023	0.709366
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037860	0.582262	0.623	0.655014	1.085567	0.711062
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038588	0.583986	0.624	0.656248	1.086108	0.712757
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039313	0.585711	0.625	0.657481	1.086647	0.714450
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040036	0.587436	0.626	0.658714	1.087184	0.716143
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589161	0.627	0.659945	1.087718	0.717834
0.478	0.471998	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590886	0.628	0.661177	1.088249	0.719525
0.479	0.473270	0.981616	0.464569	0.554	0.568621	1.042190	0.592611	0.629	0.662407	1.088778	0.721214
0.48	0.474542	0.982517	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594336	0.63	0.663637	1.089305	0.722903
0.481	0.475814	0.983415	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596062	0.631	0.664866	1.089829	0.724590
0.482	0.477087	0.984311	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597787	0.632	0.666094	1.090350	0.726276
0.483	0.478359	0.985204	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599513	0.633	0.667322	1.090869	0.727961
0.484	0.479632	0.986095	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601239	0.634	0.668549	1.091385	0.729645
0.485	0.480904	0.986983	0.474644	0.56	0.576211	1.046430	0.602964	0.635	0.669775	1.091899	0.731327
0.486	0.482177	0.987869	0.476327	0.561	0.577475	1.047128	0.604690	0.636	0.671001	1.092411	0.733008
0.487	0.483450	0.988752	0.478012	0.562	0.578738	1.047824	0.606416	0.637	0.672226	1.092919	0.734688
0.488	0.484723	0.989632	0.479697	0.563	0.580001	1.048517	0.608141	0.638	0.673450	1.093425	0.736366
0.489	0.485995	0.990510	0.481383	0.564	0.581264	1.049208	0.609867	0.639	0.674673	1.093929	0.738045
0.49	0.487268	0.991385	0.483071	0.565	0.582527	1.049896	0.611593	0.64	0.675896	1.094430	0.739721
0.491	0.488541	0.992258	0.484759	0.566	0.583789	1.050582	0.613318	0.641	0.677118	1.094928	0.741396
0.492	0.489815	0.993129	0.486449	0.567	0.585051	1.051265	0.615044	0.642	0.678339	1.095424	0.743069
0.493	0.491088	0.993996	0.488139	0.568	0.586313	1.051946	0.616769	0.643	0.679560	1.095918	0.744742
0.494	0.492361	0.994862	0.489831	0.569	0.587574	1.052624	0.618494	0.644	0.680779	1.096409	0.746413
0.495	0.493634	0.995724	0.491523	0.57	0.588835	1.053300	0.620219	0.645	0.681998	1.096897	0.748082
0.496	0.494907	0.996585	0.493217	0.571	0.590095	1.053973	0.621944	0.646	0.683216	1.097383	0.749750
0.497	0.496180	0.997442	0.494911	0.572	0.591355	1.054644	0.623669	0.647	0.684434	1.097866	0.751417
0.498	0.497454	0.998297	0.496607	0.573	0.592615	1.055312	0.625394	0.648	0.685650	1.098345	0.753082
0.499	0.498727	0.999150	0.498303	0.574	0.593875	1.055978	0.627119	0.649	0.686866	1.098825	0.754746
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056642	0.628845	0.65	0.688081	1.099301	0.756408
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057302	0.630567	0.651	0.689295	1.099774	0.758069
0.502	0.502546	1.001693	0.503197	0.577	0.597651	1.057961	0.632291	0.652	0.690509	1.100245	0.759729
0.503	0.503820	1.002535	0.504697	0.578	0.598908	1.058617	0.634015	0.653	0.691721	1.100713	0.761387
0.504	0.505093	1.003375	0.506198	0.579	0.600166	1.059271	0.635738	0.654	0.692933	1.101178	0.763043
0.505	0.506366	1.004213	0.507699	0.58	0.601423	1.059922	0.637461	0.655	0.694144	1.101641	0.764698
0.506	0.507639	1.005048	0.509200	0.581	0.602680	1.060570	0.639184	0.656	0.695354	1.102101	0.766351
0.507	0.508912	1.005880	0.510701	0.582	0.603936	1.061216	0.640906	0.657	0.696563	1.102559	0.768002
0.508	0.510185	1.006710	0.512202	0.583	0.605192	1.061860	0.642629	0.658	0.697772	1.103014	0.769652
0.509	0.511459	1.007537	0.513703	0.584	0.606447	1.062501	0.644350	0.659	0.698979	1.103467	0.771301
0.51	0.512732	1.008362	0.515204	0.585	0.607702	1.063140	0.646072	0.66	0.700186	1.103917	0.772947
0.511	0.514005	1.009185	0.516705	0.586	0.608956	1.063776	0.647793	0.661	0.701392	1.104364	0.774592
0.512	0.515277	1.010005	0.518206	0.587	0.610210	1.064410	0.649514	0.662	0.702597	1.104809	0.776236
0.513	0.516550	1.010822	0.519707	0.588	0.611464	1.065041	0.651234	0.663	0.703801	1.105251	0.777877
0.514	0.517823	1.011637	0.521208	0.589	0.612717	1.065670	0.652954	0.664	0.705004	1.105691	0.779517
0.515	0.519096	1.012449	0.522709	0.59	0.613970	1.066296	0.654673	0.665	0.706207	1.106128	0.781155
0.516	0.520368	1.013259	0.524210	0.591	0.615222	1.066920	0.656392	0.666	0.707408	1.106563	0.782791
0.517	0.521641	1.014067	0.525711	0.592	0.616474	1.067541	0.658111	0.667	0.708609	1.106995	0.784426
0.518	0.522913	1.014872	0.527212	0.593	0.617725	1.068160	0.659829	0.668	0.709808	1.107424	0.786059
0.519	0.524186	1.015674	0.528713	0.594	0.618976	1.068776	0.661546	0.669	0.711007	1.107851	0.787690
0.52	0.525458	1.016474	0.530214	0.595	0.620226	1.069390	0.663263	0.67	0.712205	1.108275	0.789319
0.521	0.526730	1.017271	0.531715	0.596	0.621476	1.070001	0.664980	0.671	0.713402	1.108696	0.790946
0.522	0.528002	1.018066	0.533216	0.597	0.622725	1.070610	0.666696	0.672	0.714598	1.109115	0.792571
0.523	0.529274	1.018859	0.534717	0.598	0.623974	1.071217	0.668411	0.673	0.715793	1.109532	0.794195
0.524	0.530546	1.019649	0.536218	0.599	0.625222	1.071821	0.670126	0.674	0.716987	1.109945	0.795816
0.525	0.531818	1.020436	0.537719	0.6	0.626470	1.072422	0.671840	0.675	0.718180	1.110356	0.797436

Continuación del anexo 5.

32

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	a/A	w/V	a/O	d/D	a/A	w/V	a/O	d/D	a/A	w/V	a/O
0.676	0.719372	1.110765	0.799054	0.751	0.805601	1.133624	0.913289	0.826	0.813429	1.139713	1.006856
0.677	0.720564	1.111171	0.800669	0.752	0.806701	1.133872	0.914696	0.827	0.814791	1.139663	1.007910
0.678	0.721754	1.111574	0.802283	0.753	0.807800	1.134067	0.916100	0.828	0.816155	1.139609	1.008959
0.679	0.722943	1.111974	0.803895	0.754	0.808898	1.134259	0.917500	0.829	0.817515	1.139551	1.010002
0.68	0.724132	1.112372	0.805504	0.755	0.809994	1.134448	0.918896	0.83	0.818873	1.139489	1.011038
0.681	0.725319	1.112768	0.807112	0.756	0.811088	1.134634	0.920288	0.831	0.820228	1.139424	1.012069
0.682	0.726506	1.113160	0.808717	0.757	0.812181	1.134817	0.921677	0.832	0.821822	1.139355	1.013091
0.683	0.727691	1.113550	0.810321	0.758	0.813272	1.134998	0.923062	0.833	0.823413	1.139282	1.014112
0.684	0.728875	1.113938	0.811922	0.759	0.814362	1.135175	0.924443	0.834	0.825001	1.139204	1.015124
0.685	0.730059	1.114323	0.813521	0.76	0.815451	1.135349	0.925821	0.835	0.826588	1.139124	1.016130
0.686	0.731241	1.114705	0.815118	0.761	0.816537	1.135520	0.927194	0.836	0.828173	1.139039	1.017129
0.687	0.732422	1.115084	0.816713	0.762	0.817623	1.135688	0.928564	0.837	0.829757	1.138950	1.018122
0.688	0.733603	1.115461	0.818305	0.763	0.818706	1.135853	0.929930	0.838	0.831340	1.138857	1.019109
0.689	0.734782	1.115835	0.819895	0.764	0.819788	1.136015	0.931292	0.839	0.832925	1.138760	1.020092
0.69	0.735960	1.116207	0.821484	0.765	0.820869	1.136174	0.932650	0.84	0.834509	1.138669	1.021064
0.691	0.737138	1.116575	0.823070	0.766	0.821948	1.136329	0.934003	0.841	0.836092	1.138575	1.022031
0.692	0.738314	1.116942	0.824653	0.767	0.823025	1.136482	0.935353	0.842	0.837671	1.138478	1.022992
0.693	0.739489	1.117305	0.826233	0.768	0.824101	1.136632	0.936699	0.843	0.839248	1.138378	1.023947
0.694	0.740663	1.117666	0.827816	0.769	0.825175	1.136778	0.938041	0.844	0.840823	1.138274	1.024895
0.695	0.741836	1.118024	0.829399	0.77	0.826247	1.136922	0.939379	0.845	0.842396	1.138166	1.025836
0.696	0.743008	1.118380	0.830984	0.771	0.827318	1.137062	0.940712	0.846	0.843967	1.138054	1.026770
0.697	0.744178	1.118732	0.832576	0.772	0.828387	1.137199	0.942042	0.847	0.845536	1.137937	1.027698
0.698	0.745348	1.119082	0.834166	0.773	0.829455	1.137334	0.943367	0.848	0.847101	1.137817	1.028619
0.699	0.746517	1.119430	0.835757	0.774	0.830521	1.137465	0.944688	0.849	0.848664	1.137694	1.029533
0.7	0.747684	1.119774	0.837328	0.775	0.831585	1.137592	0.946005	0.85	0.850220	1.137567	1.030440
0.701	0.748851	1.120116	0.838890	0.776	0.832647	1.137717	0.947317	0.851	0.851783	1.137437	1.031341
0.702	0.750016	1.120456	0.840460	0.777	0.833708	1.137839	0.948626	0.852	0.853344	1.137304	1.032234
0.703	0.751180	1.120792	0.841917	0.778	0.834767	1.137957	0.949930	0.853	0.854905	1.137167	1.033120
0.704	0.752343	1.121126	0.843471	0.779	0.835825	1.138072	0.951229	0.854	0.856466	1.137027	1.033999
0.705	0.753505	1.121457	0.845024	0.78	0.836881	1.138184	0.952524	0.855	0.858026	1.136884	1.034871
0.706	0.754666	1.121786	0.846573	0.781	0.837935	1.138293	0.953815	0.856	0.859585	1.136738	1.035736
0.707	0.755825	1.122111	0.848120	0.782	0.838987	1.138399	0.955102	0.857	0.861143	1.136589	1.036594
0.708	0.756984	1.122434	0.849664	0.783	0.840037	1.138501	0.956384	0.858	0.862701	1.136437	1.037444
0.709	0.758141	1.122755	0.851206	0.784	0.841086	1.138601	0.957661	0.859	0.864258	1.136282	1.038287
0.71	0.759297	1.123072	0.852745	0.785	0.842133	1.138697	0.958934	0.86	0.865815	1.136124	1.039122
0.711	0.760452	1.123387	0.854282	0.786	0.843179	1.138789	0.960203	0.861	0.867372	1.135963	1.039951
0.712	0.761606	1.123699	0.855815	0.787	0.844222	1.138879	0.961466	0.862	0.868929	1.135799	1.040771
0.713	0.762758	1.124008	0.857346	0.788	0.845264	1.138965	0.962726	0.863	0.870486	1.135633	1.041584
0.714	0.763909	1.124315	0.858875	0.789	0.846304	1.139048	0.963980	0.864	0.872043	1.135464	1.042390
0.715	0.765060	1.124618	0.860400	0.79	0.847342	1.139128	0.965230	0.865	0.873599	1.135292	1.043187
0.716	0.766208	1.124919	0.861923	0.791	0.848378	1.139204	0.966476	0.866	0.875156	1.135117	1.043978
0.717	0.767356	1.125218	0.863443	0.792	0.849413	1.139277	0.967716	0.867	0.876713	1.134940	1.044760
0.718	0.768503	1.125513	0.864960	0.793	0.850445	1.139347	0.968952	0.868	0.878270	1.134761	1.045534
0.719	0.769648	1.125806	0.866474	0.794	0.851476	1.139413	0.970183	0.869	0.879827	1.134580	1.046301
0.72	0.770792	1.126096	0.867985	0.795	0.852505	1.139476	0.971409	0.87	0.881384	1.134397	1.047060
0.721	0.771935	1.126383	0.869494	0.796	0.853532	1.139536	0.972631	0.871	0.882941	1.134211	1.047810
0.722	0.773076	1.126667	0.870999	0.797	0.854557	1.139593	0.973847	0.872	0.884498	1.134022	1.048553
0.723	0.774216	1.126948	0.872502	0.798	0.855581	1.139646	0.975059	0.873	0.886055	1.133831	1.049287
0.724	0.775355	1.127227	0.874002	0.799	0.856602	1.139695	0.976265	0.874	0.887612	1.133638	1.050013
0.725	0.776493	1.127503	0.875498	0.8	0.857622	1.139742	0.977467	0.875	0.889169	1.133443	1.050731
0.726	0.777629	1.127776	0.876992	0.801	0.858639	1.139784	0.978664	0.876	0.890726	1.133247	1.051441
0.727	0.778764	1.128046	0.878482	0.802	0.859655	1.139824	0.979855	0.877	0.892283	1.133050	1.052142
0.728	0.779898	1.128314	0.879970	0.803	0.860669	1.139860	0.981042	0.878	0.893840	1.132852	1.052835
0.729	0.781031	1.128579	0.881455	0.804	0.861680	1.139893	0.982223	0.879	0.895397	1.132653	1.053520
0.73	0.782162	1.128840	0.882936	0.805	0.862690	1.139922	0.983399	0.88	0.896954	1.132454	1.054195
0.731	0.783292	1.129099	0.884414	0.806	0.863698	1.139947	0.984571	0.881	0.898511	1.132254	1.054863
0.732	0.784420	1.129355	0.885889	0.807	0.864704	1.139970	0.985737	0.882	0.899068	1.132053	1.055521
0.733	0.785548	1.129609	0.887361	0.808	0.865708	1.139988	0.986897	0.883	0.900625	1.131851	1.056171
0.734	0.786673	1.129859	0.888830	0.809	0.866710	1.140004	0.988053	0.884	0.902182	1.131648	1.056811
0.735	0.787798	1.130107	0.890296	0.81	0.867710	1.140015	0.989201	0.885	0.903739	1.131444	1.057443
0.736	0.788921	1.130351	0.891758	0.811	0.868708	1.140023	0.990348	0.886	0.905296	1.131239	1.058066
0.737	0.790043	1.130593	0.893217	0.812	0.869704	1.140028	0.991487	0.887	0.906853	1.131033	1.058680
0.738	0.791163	1.130832	0.894673	0.813	0.870698	1.140029	0.992621	0.888	0.908410	1.130826	1.059284
0.739	0.792282	1.131068	0.896125	0.814	0.871690	1.140027	0.993750	0.889	0.909967	1.130618	1.059880
0.74	0.793400	1.131301	0.897575	0.815	0.872680	1.140021	0.994873	0.89	0.911524	1.130409	1.060463
0.741	0.794516	1.131532	0.899020	0.816	0.873668	1.140011	0.995991	0.891	0.913081	1.130200	1.061031
0.742	0.795631	1.131759	0.900463	0.817	0.874653	1.139998	0.997103	0.892	0.914638	1.130000	1.061610
0.743	0.796745	1.131983	0.901902	0.818	0.875637	1.139981	0.998209	0.893	0.916195	1.129800	1.062182
0.744	0.797857	1.132205	0.903337	0.819	0.876618	1.139960	0.999310	0.894	0.917752	1.129600	1.062716
0.745	0.798967	1.132424	0.904770	0.82	0.877598	1.139936	1.000405	0.895	0.919309	1.129400	1.063254
0.746	0.800077	1.132639	0.906198	0.821	0.878575	1.139908	1.001495	0.896	0.920866	1.129200	1.063783
0.747	0.801184	1.132851	0.907623	0.822	0.879550	1.139877	1.002579	0.897	0.922423	1.129000	1.064301
0.748	0.802291	1.133062	0.909045	0.823	0.880523	1.139841	1.003657	0.898	0.923980	1.128800	1.064810
0.749	0.803395	1.133269	0.910461	0.824	0.881494	1.139802	1.004729	0.899	0.925537	1.128600	1.065309
0.75	0.804499	1.133473	0.911878	0.825	0.882463	1.139760	1.005795	0.9	0.927094	1.128400	1.065797

Hoja 4

Fuente: Ingeniería Sanitaria 2. (2018). *Relaciones hidráulicas*.

