



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y
DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS,
ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

Carlos Alberto Farfán Martínez

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y
DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS,
ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS ALBERTO FARFÁN MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil. con fecha 17 de octubre de 2017.

Carlos Alberto Farfán Martínez



Guatemala, 26 de febrero de 2018
Ref.EPS.DOC.209.02.18

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Alberto Farfán Martínez**, Registro Académico 201314299 y CUI 2707 85809 0301, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

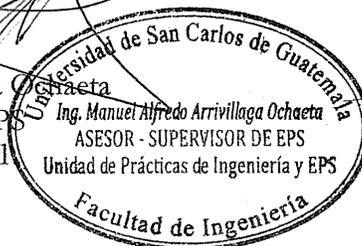
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Asesor-Supervisor de EPS

Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
09 de marzo de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Alberto Farfán Martínez, con CUI 2707858090301 Registro Académico No. 201314299, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala, 4 de abril de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Alberto Farfán Martínez con registro académico 201314299 y CUI 2707 85809 0301, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 05 de abril de 2018
Ref.EPS.DOC.118.04.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

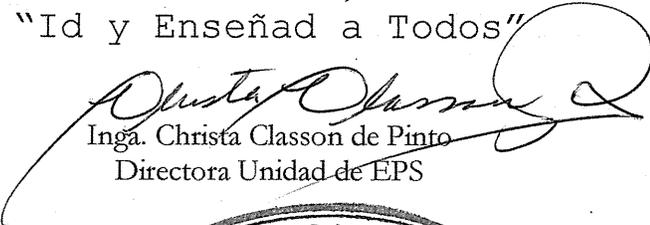
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Alberto Farfán Martínez, Registro Académico 201314299 y CUI 2707 85809 0301**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Alberto Farfán Martínez titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2018

/mrrm.

Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

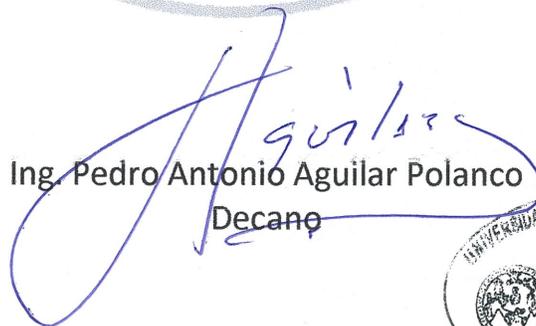


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 148.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA EL HATO Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Alberto Farfán Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2018

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi fuente de sabiduría y la luz que me iluminó el entendimiento para llegar hasta aquí.
- Mi padre** Erick Manolo Farfán Contreras. Por ser el pilar fundamental de todos mis éxitos y mi ejemplo a seguir.
- Mi madre** María Fernanda Martínez Grotewold (q.e.p.d) por cuidar mis pasos desde el cielo.
- Mi hermano** Erick Manolo Farfán Martínez, por su apoyo incondicional en todo momento.
- Mis abuelos** Por su amor y apoyo a lo largo de mi carrera.
- Mi sobrino** Matías Farfán Echeverría, por ser un ángel en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.
Mis compañeros	Por compartir conmigo sus experiencias y conocimientos; sin ustedes no hubiese sido posible.
Municipalidad de Antigua Guatemala	Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Ing. Manuel Arrivillaga	Por su apoyo y asesoría para la realización de mi trabajo de graduación.
DMP de Antigua Guatemala	Ingenieros Luis López, Fredy Castro y Guillermo Castaneda, así como al personal de la DMP, por su apoyo para la realización de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Antigua Guatemala	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Población	4
1.1.5. Suelo y topografía.....	4
1.1.6. Vías de acceso	5
1.1.7. Servicios públicos	6
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de los lugares de estudio	6
1.2.1. Justificación social	6
1.2.2. Justificación económica	7
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	9
2.1. Diseño de alcantarillado sanitario aldea El Hato	9
2.1.1. Descripción del proyecto	9
2.1.2. Levantamiento topográfico	9

	2.1.2.1.	Levantamiento planimétrico.....	9
	2.1.2.2.	Levantamiento altimétrico.....	10
2.1.3.		Partes de un alcantarillado	10
	2.1.3.1.	Colector	10
	2.1.3.2.	Pozo de visita	10
	2.1.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	11
2.1.4.		Periodo de diseño	12
2.1.5.		Población futura	12
	2.1.5.1.	Método geométrico.....	12
2.1.6.		Determinación de caudales	13
	2.1.6.1.	Población tributaria.....	13
	2.1.6.2.	Dotación de agua potable.....	14
	2.1.6.3.	Factor de retorno del sistema.....	14
	2.1.6.4.	Caudal domiciliar	15
	2.1.6.5.	Caudal industrial.....	15
	2.1.6.6.	Caudal comercial.....	15
	2.1.6.7.	Caudal por conexiones ilícitas.....	15
	2.1.6.8.	Caudal por infiltración.....	16
	2.1.6.9.	Caudal medio o sanitario.....	16
	2.1.6.10.	Factor de caudal medio	17
	2.1.6.11.	Factor de Harmond	17
	2.1.6.12.	Caudal de diseño	18
2.1.7.		Fundamentos hidráulicos	18
	2.1.7.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales	19
	2.1.7.2.	Relaciones hidráulicas	20
2.1.8.		Parámetros de diseño hidráulico	20
	2.1.8.1.	Coeficiente de rugosidad.....	21
	2.1.8.2.	Sección llena y parcialmente llena	21

	2.1.8.3.	Velocidad máxima y mínima	22
	2.1.8.4.	Diámetro del colector	22
	2.1.8.5.	Profundidad del colector	22
	2.1.8.6.	Ancho de zanja	23
	2.1.8.7.	Cota invert	24
	2.1.8.8.	Diseño hidráulico	25
2.1.9.		Desfogue	28
2.1.10.		Presupuesto.....	29
	2.1.10.1.	Integración de precio unitario.....	29
	2.1.10.2.	Resumen de renglones de trabajo.....	31
2.1.11.		Cronograma de ejecución física y financiera	31
2.1.12.		Evaluación de impacto ambiental	33
2.1.13.		Evaluación económica	33
	2.1.13.1.	Valor presente neto	33
	2.1.13.2.	Tasa interna de retorno	35
2.2.		Diseño de pavimento de concreto en la aldea San Pedro	
		Las Huertas	35
2.2.1.		Descripción del proyecto	35
2.2.2.		Estudios preliminares	35
	2.2.2.1.	Levantamiento topográfico	36
		2.2.2.1.1. Planimetría	36
		2.2.2.1.2. Altimetría	36
		2.2.2.1.3. Secciones	
		transversales	36
	2.2.2.2.	Ensayos de laboratorio	37
		2.2.2.2.1. Granulometría.....	37
		2.2.2.2.2. CBR (ensayo de	
		relación soporte	
		California)	37

	2.2.2.2.3.	Proctor.....	37	
	2.2.2.2.4.	Límites de Atterberg.....	38	
	2.2.2.2.5.	Análisis de resultados ...	38	
2.2.3.		Trabajo de gabinete y dibujo preliminar	39	
	2.2.3.1.	Planimétrico.....	39	
	2.2.3.2.	Altimétrico.....	40	
	2.2.3.3.	Curvas de nivel.....	40	
2.2.4.		Diseño geométrico	40	
	2.2.4.1.	Alineamiento horizontal	40	
		2.2.4.1.1.	Elementos de curvas horizontales.....	41
		2.2.4.1.2.	Cálculo geométrico de curvas horizontales	42
		2.2.4.1.3.	Curvas de transición	46
		2.2.4.1.4.	Peralte.....	46
		2.2.4.1.5.	Sobreechancho.....	47
	2.2.4.2.	Alineamiento vertical	48	
		2.2.4.2.1.	Elementos de curvas verticales	48
		2.2.4.2.2.	Cálculo de curvas verticales	50
2.2.5.		Movimiento de tierras	54	
	2.2.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	55	
	2.2.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra.....	56	
	2.2.5.3.	Balance y diagrama de masas	59	
2.2.6.		Drenaje.....	61	
	2.2.6.1.	Método racional.....	61	

	2.2.6.2.	Cunetas	66
	2.2.6.3.	Drenaje transversal.....	70
2.2.7.		Diseño de estructura del pavimento	70
	2.2.7.1.	Capa de subbase.....	70
	2.2.7.2.	Capa de base	71
	2.2.7.3.	Diseño por el método simplificado PCA	72
	2.2.7.4.	Juntas	79
	2.2.7.5.	Diseño de mezcla del concreto.....	83
2.2.8.		Elaboración de planos	88
2.2.9.		Presupuesto.....	88
	2.2.9.1.	Integración de precio unitario.....	88
	2.2.9.2.	Resumen de renglones de trabajo.....	90
	2.2.9.3.	Cronograma de ejecución física y financiera	90
2.2.10.		Evaluación ambiental.....	92
	2.2.10.1.	Evaluación ambiental inicial.....	92
CONCLUSIONES			95
RECOMENDACIONES			97
BIBLIOGRAFÍA.....			99
APÉNDICES			101
ANEXOS			103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la aldea El Hato	1
2.	Ubicación de aldea San Pedro las Huertas	2
3.	Elementos de una curva horizontal	42
4.	Tipos de curvas cóncavas y convexas	50
5.	Tipos de secciones transversales	56
6.	Volumen entre secciones del mismo tipo	57
7.	Volúmenes de corte y relleno entre secciones de terreno de diferente tipo	58
8.	Diagrama de masas	61
9.	Área de influencia de la cuenca	62
10.	Predimensionamiento de la cuneta	67
11.	Tasas de crecimiento de tránsito y factores de proyección.....	74
12.	Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación del suelo.....	76
13.	Distribución de juntas en pavimentos rígidos	83

TABLAS

I.	Elementos del clima de la estación Suiza Contenta.....	4
II.	Coeficientes de rugosidad por material	21
III.	Profundidades mínimas de tubería	23
IV.	Ancho de zanja según profundidad de colector	23
V.	Parámetros de diseño	26

VI.	Integración de precio unitario.....	30
VII.	Resumen de renglones de trabajo.....	31
VIII.	Cronograma de ejecución física y financiera	32
IX.	Despliegue de valores del VPN	33
X.	Resumen de características del suelo	39
XI.	Resumen de diseño geométrico	48
XII.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas.....	52
XIII.	Resumen del diseño de curvas verticales.....	54
XIV.	Relación de taludes para corte y relleno.....	55
XV.	Balance inicial según tipo de terreno	60
XVI.	Coeficientes del modelo estándar para la estación climática la Suiza Contenta	64
XVII.	Valores indicativos de coeficiente de escorrentía	65
XVIII.	Calidad de subrasante en función del CBR	71
XIX.	Categoría de carga por eje	75
XX.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	77
XXI.	Valores de k para el diseño sobre bases granulares	77
XXII.	Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto.....	78
XXIII.	Espaciamiento de juntas transversales, según tipo de agregado empleado en el concreto.....	82
XXIV.	Asentamiento según tipo de elemento.....	84
XXV.	Cantidad de agua según asentamiento	84
XXVI.	Relación agua/cemento según resistencia	84
XXVII.	Porcentaje de agregados.....	85
XXVIII.	Peso de materiales	86
XXIX.	Integración de precio unitario.....	89
XXX.	Resumen de renglones de trabajo.....	90
XXXI.	Cronograma de ejecución física y financiera	91

XXXII. Ejemplo de evaluación de impacto ambiental 93

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AF	Agregado fino
AG	Agregado grueso
C	Área de corte, metros cuadrados
R	Área de relleno, metros cuadrados
CA – 3	Carretera centroamericana
Q	Caudal
cm	Centímetro
n	Coefficiente de rugosidad
Y	Corrección en cualquier punto de la curva
Cm	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
θ	Diámetro
A%	Diferencia de pendientes de entrada y salida
E	External
Fqm	Factor de caudal medio
°	Grados
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/cm³	Kilogramo por centímetro cubico
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetro cuadrado
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Lt/h/día	Litro por habitante día
L/m³	Litro por metro cúbico

Lc	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m/s	Metros por segundo
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
‘	Minutos
Om	Ordenada media
K	Parámetro de curva
S	Pendiente del terreno
n	Periodo de diseño
Pf	Población futura
Po	Población inicial
%	Porcentaje
Pc	Principio de curva
Pt	Principio de tangente
PCV	Punto de curva vertical
Pi	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PTV	Punto de tangente vertical
Q	Quetzales
R	Radio
RN-14	Ruta Nacional 14
RN-10	Ruta Nacional 10
“	Segundos
St	Subtangente
r	Tasa de crecimiento

TPD	Tráfico promedio diario
TPDC	Tráfico promedio diario de camiones
V	Velocidad
Vc	Volumen de corte, metros cúbicos
Vr	Volumen de relleno, metros cúbicos

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Official.
ACI	American Concrete Institute.
Aguas domiciliarias	Son las aguas utilizadas en domicilios; es decir, las que ya han sido pasadas por proceso de contaminación.
Aguas servidas	Aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Candela	Receptor de las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que las conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Es el volumen de agua que corre en un tiempo determinado en el colector.
CBR	<i>Californian bearing ratio.</i>
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.

Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino, construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes.
Descarga	Lugar a donde se vierten las aguas servidas provenientes del colector, sean crudas o tratadas.
Dotación	Estimación del promedio de cantidad de agua que consume cada habitante. Se expresa en litro por habitantes por día.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Nivelación	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.
PCA	Portland Cement Association.
PVC	Policluro de vinilo.
TIR	Tasa interna de retorno.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene los dos proyectos propuestos para realizar en el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). El primero consiste en un alcantarillado sanitario en la aldea El Hato y el segundo, en un pavimento de concreto en la aldea San Pedro Las Huertas del municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez. En el desarrollo se describen y definen los procedimientos para la realización de ambos proyectos.

El primer capítulo presenta la monografía del municipio de Antigua Guatemala, donde se desarrollarán ambos proyectos. Incluye información de la ubicación, clima, población, suelo, topografía y los principales servicios con los que cuenta el municipio. También se hace una investigación diagnóstica acerca de las necesidades de las aldeas en donde se llevarán a cabo los proyectos, y se establece una justificación económica y social.

El segundo capítulo consiste en el servicio técnico profesional, el cual contiene el diseño del alcantarillado sanitario en la aldea El Hato y el pavimento de concreto en la aldea San Pedro Las Huertas. En el desarrollo se describe la metodología y la información utilizada en el diseño de ambos proyectos.

Para el proyecto del alcantarillado sanitario en la aldea El Hato se realizó un levantamiento topográfico, tomando los datos de planimetría y altimetría; se diseñó un sistema de alcantarillado sanitario, con sus colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias, distribuido de una forma adecuada para mejorar el desarrollo de la población.

El proyecto del pavimento de concreto en la aldea San Pedro Las Huertas se diseñó por medio de un levantamiento topográfico, tomando los datos de planimetría y altimetría de la carretera, y las secciones transversales cada veinte metros. Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para los estudios de suelos, los cuales fueron granulometría, CBR, Proctor y Límites de Atterberg. Se efectuó el diseño geométrico de la carretera, el alineamiento horizontal y vertical, así como el diseño hidráulico y la estructura del pavimento de concreto. También se calculó el movimiento de tierras.

Para ambos proyectos se elaboró el presupuesto e integración de costos unitarios. Las normas que se aplicaron son las del Instituto de Fomento Municipal INFOM, las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes (Libro Azul) de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

OBJETIVOS

General

Diseñar el alcantarillado sanitario de la aldea El Hato y el pavimento de concreto de la aldea San Pedro Las Huertas en el municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

Específicos

1. Priorizar las necesidades de la población de las aldeas en donde se realizarán los proyectos.
2. Diseñar el alcantarillado sanitario según la guía de normas sanitarias proporcionada por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y así contribuir a mejorar el nivel de vida en la aldea El Hato.
3. Diseñar el pavimento de concreto según las normas de la Dirección General de Caminos y el método de la *Portland Cement Association* (PCA).
4. Elaborar planos, presupuestos, cronogramas y evaluación ambiental del alcantarillado sanitario y del pavimento de concreto.

INTRODUCCIÓN

La finalidad del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es contribuir al desarrollo de las comunidades. Tras estudiar la monografía de la región se determinaron las principales necesidades y se priorizaron los proyectos de infraestructura: diseño de alcantarillado sanitario de la aldea El Hato y el pavimento de concreto de la aldea San Pedro Las Huertas, ambas del municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.

Primero se diseñó el alcantarillado sanitario para la aldea El Hato. Este proyecto es de prioridad debido a la falta de un sistema adecuado para la evacuación de las aguas negras, lo que ha causado problemas de salud en la población y contaminación de las aguas de los alrededores.

El segundo proyecto es el pavimento de concreto que conduce de la aldea San Pedro Las Huertas hacia la cabecera de Antigua Guatemala. Este proyecto es necesario debido a que es una de las principales vías de acceso por la cual transitan vehículos de carga, particulares y comerciales de personas que trabajan dentro y fuera de la aldea.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Antigua Guatemala

A continuación, se describe la monografía del municipio de Antigua Guatemala.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Antigua Guatemala se localiza en la región central de Guatemala, en el departamento de Sacatepéquez, a 45 kilómetros de la Ciudad Capital. Se encuentra a una altitud de 14°33'24" y longitud 90°44'02", a una altura de 1530 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión territorial de 78 kilómetros cuadrados, que comprende el casco urbano, la ciudad de Antigua Guatemala y 14 aldeas.

Figura 1. Ubicación de la aldea El Hato

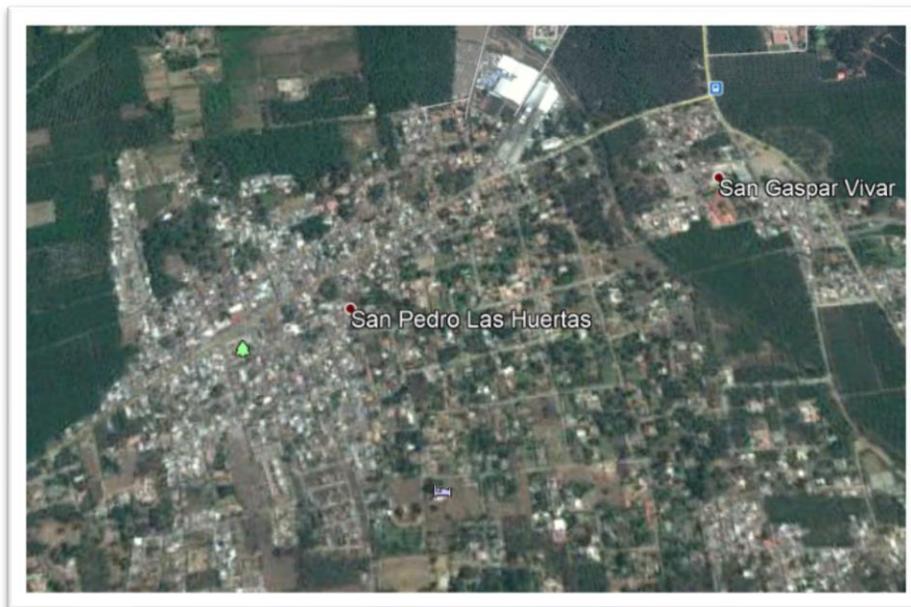


Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Google Earth.

La aldea El Hato está a seis kilómetros al noreste de la cabecera municipal de la Antigua Guatemala, a una latitud de $14^{\circ}34'54''$, longitud $90^{\circ}42'26''$, a una altura de 1650 metros sobre el nivel del mar.

La aldea San Pedro Las Huertas está ubicada a 2 kilómetros al suroeste de la cabecera municipal, a una altitud de $14^{\circ}31'46''$, longitud $90^{\circ}44'20''$, a una altura de 1533 metros sobre el nivel del mar.

Figura 2. **Ubicación de aldea San Pedro Las Huertas**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Google Earth.

1.1.2. **Límites y colindancias**

En la planicie sur de la cuenca del río Guacalate se encuentra el Valle de Panchoy, en donde está situada la ciudad de Antigua Guatemala, franqueada por cerros que la rodean estrechamente por el oeste y este.

Por el norte colinda con Jocotenango, Pastores y Sumpango; al este, con Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas; al oeste, con San Antonio Aguas Calientes y Ciudad Vieja, y al sur con Santa María de Jesús, todos municipios del departamento de Sacatepéquez.

La aldea El Hato colinda al norte y oeste con el municipio de Jocotenango; al este con la aldea San Mateo Milpas Altas y al sur con Antigua Guatemala.

La aldea San Pedro Las Huertas colinda al norte con Antigua Guatemala; al este, con la aldea San Gaspar Vivar; al oeste, con el municipio de Ciudad Vieja y al sur con la aldea San Juan del Obispo.

1.1.3. Clima

La ciudad de la Antigua Guatemala se conoce como “La ciudad de las perpetuas rosas”, debido a lo agradable de su clima templado. Son dos las estaciones predominantes: la estación lluviosa, que inicia en mayo y finaliza en septiembre, y la seca, el resto de los meses del año.

La estación meteorológica más cercana a la Antigua Guatemala es “Suiza Contenta”, a 2105 msnm y ubicada en la finca del mismo nombre en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

Dicha estación proporcionó los siguientes datos en el mes de noviembre de 2017:

Tabla I. **Elementos del clima de la estación Suiza Contenta**

Ubicación	Elevación (msnm)	Temperaturas Max - Min (°C)	Absolutas Max - Min (°C)	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (Km/h)	Evaporación (mm)	Nubosidad Max - Min (Octas)
San Lucas Sacatepéquez	2105	18,5 - 6,9	28,0 - 5,0	991.8	85	2,40	90,1	8,0 - 3,0

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala.

1.1.4. Población

Según datos del censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2002, la población total del municipio de Antigua Guatemala era de 46 275 habitantes. Para la aldea El Hato era de 1 814 habitantes y para la aldea San Pedro las Huertas, de 2 353 habitantes.

El municipio de Antigua Guatemala presenta una densidad poblacional de 593 personas por kilómetro cuadrado en el año 2002.

1.1.5. Suelo y topografía

El estudio morfométrico de la cuenca del río Guacalate parte de un punto situado cerca de Alotenango, a la cota de 1 340 msnm, en donde el río toma el nombre de Achiguate. Es el punto desde el cual, aguas arriba, se estableció la información física para determinar las áreas de escorrentía, la cual es de aproximadamente 384,38 km².

Los puntos más elevados de la cuenca corresponden al volcán Acatenango, con 3 976 msnm, y al de Agua, con 3 760 msnm. Los otros puntos más altos, situados en la región central, corresponden a los cerros Alto, con 2 560 msnm y El Portal, con 2 282 msnm, el más cercano a la ciudad. Al suroriente, en la montaña de Carmona, están el Cucurucho, con 2 645 msnm, y Sabana Grande, con 2 240 msnm. Al poniente está la montaña El Soco, con una cota de 2 668 msnm.

El tipo de suelo predominante en las aldeas de estudio es arena limosa, según los estudios de laboratorio realizados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.1.6. Vías de acceso

El principal medio de transporte en el municipio es el extraurbano, el cual traslada a las personas y productos desde la terminal de buses ubicada en la Finca la Pólvora como punto de ingreso y egreso a la cabecera departamental.

La Antigua Guatemala cuenta con tres principales vías de acceso. La primera es por medio de la CA-3 que conecta hacia la Ciudad de Guatemala; la segunda, la RN-14, conecta hacia el departamento de Chimaltenango; y la tercera, RN-10, conecta con el departamento de Escuintla, pasando por el municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez.

1.1.7. Servicios públicos

El municipio de Antigua Guatemala cuenta con los servicios de telefonía fija y móvil, televisión por cable y vía satelital, internet y radiodifusoras. Además, agua potable y alcantarillado sanitario, suministrados por la municipalidad; recolección de desechos sólidos, alumbrado eléctrico, Policía Municipal, Policía de Turismo, Policía de tránsito y Policía Nacional Civil.

Entre otros servicios se cuenta con el Hospital Nacional Pedro de Bethancourt, el hospital del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), diferentes sedes de universidades y un mercado municipal.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de los lugares de estudio

A continuación, se presenta la justificación social y económica de los lugares de estudio.

1.2.1. Justificación social

El índice de desarrollo humano en el municipio se encuentra en 0,779. Se ubica en un nivel alto, lo que indica que la mayoría de la población tiene acceso a la educación, salud y empleo. Adicionalmente se debe implementar programas y proyectos que mantengan e incrementen el desarrollo del municipio.

Por tanto, la implementación del alcantarillado sanitario en la aldea El Hato y de la carretera en la aldea San Pedro Las Huertas contribuirán al desarrollo del municipio.

1.2.2. Justificación económica

En el municipio de Antigua Guatemala la mayor parte de la población se desempeña en algún trabajo referente al turismo. Existe alta producción de café, el cual es exportado al extranjero. Hay productos fabricados en el municipio, como la cerámica, hierro forjado y los dulces típicos. La mayoría son vendidos en el mercado municipal y el de artesanías dentro del municipio.

Por tales razones es importante la carretera hacia la aldea San Pedro las Huertas, ya que agilizará el transporte de productos hacia la cabecera departamental. El alcantarillado sanitario en la aldea El Hato es de vital importancia, ya que sin este los pobladores incurren en más gastos debido a las enfermedades causadas por el mal manejo de las aguas residuales, lo cual reduce su capacidad económica.

Actualmente, la municipalidad de Antigua Guatemala cuenta con un presupuesto aproximado de Q 146 000 000, del cual destina el 10% a inversión de proyectos de infraestructura física. Este le permite realizarlos sin tener que recurrir, en la mayor parte de los casos, a los fondos del Consejo de Desarrollo Departamental, donaciones o préstamos.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de alcantarillado sanitario aldea El Hato

A continuación, se describe el proyecto que se diseñará en la aldea El Hato.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una red de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato. El sistema está constituido por aproximadamente 6 000 metros lineales de tubería PVC, las cuales estarán conectadas a diferentes pozos de visita fabricados de mampostería y concreto armado. Las aguas residuales serán evacuadas hacia una planta de tratamiento.

2.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico esta compuesto por el levantamiento planimétrico y altimétrico.

2.1.2.1. Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y, en general, ubicar todos los puntos de importancia para el diseño del proyecto. Para el mismo se utilizó una estación total marca Trimble M3.

2.1.2.2. Levantamiento altimétrico

Es la medición de la altura de una superficie de tierra con el fin de representarla gráficamente, para que junto con la planimetría, se defina la superficie de estudio, representada en tres dimensiones.

Para este proyecto se utilizó una estación total mar Trimble M3, prismas, cinta métrica, estacas, clavos y pintura.

2.1.3. Partes de un alcantarillado

El alcantarillado sanitario esta compuesto por colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias.

2.1.3.1. Colector

Es el conducto principal, ubicado en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta el cuerpo receptor. Para dicho proyecto se utilizarán secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC. El trayecto es subterráneo.

2.1.3.2. Pozo de visita

Los pozos de visita son obras accesorias de un alcantarillado sanitario. Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de colectores, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento. Se pueden construir de cualquier material, siempre que sean durables e impermeables dentro del periodo de diseño.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de acero fundida con concreto, con una abertura de aproximadamente 0,85 m. La profundidad del pozo es variable y las paredes serán construidas de ladrillo tayuyo. El piso de los pozos será de concreto armado y se le da a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal o los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Según las normas generales para el diseño de un alcantarillado sanitario propuestas por el Instituto de Fomento Municipal, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En todas las intercepciones de colectores
- Al inicio del colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección
- En los extremos superiores de ramales iniciales
- En tramos rectos a distancias no mayores de 100 metros
- En las curvas de colectores visitables a no más de 30 metros

2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

Estas tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las viviendas o comercios y llevarlas al colector central. Consisten en dos componentes principales: la primera es una candela no menor de 12" de diámetro, colocada verticalmente con una profundidad de 1 m mínimo. La segunda es la acometida que sirve para la unión al colector principal. Se deberá utilizar tubería de 4" de diámetro colocada 45° por debajo de la horizontal.

Las conexiones se conectarán en la mitad superior del colector principal, con el fin de impedir que las aguas negras retornen por la conexión cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

2.1.4. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con eficiencia. Se puede proyectar para que funcione en un periodo de 20 a 40 años, a partir de la fecha que es creado y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del INFOM.

El periodo de diseño para el proyecto en estudio será de 22 años. Se adoptó este periodo tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuenta el municipio, más dos años adicionales para obtener el financiamiento e iniciar la construcción del mismo.

2.1.5. Población futura

El estudio de la población se efectúa con el objetivo de estimar la población futura, para lo cual es necesario determinar el periodo de diseño y analizar los censos existentes.

2.1.5.1. Método geométrico

El crecimiento de una población es afectado por factores como nacimientos, anexionas, muertes y migración. Para obtener la proyección del crecimiento se optó por el método geométrico. A continuación, se muestra la ecuación del mismo:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

n = Periodo de diseño

r = Tasa de crecimiento (2,14% según censo INE)

A continuación, se presenta el cálculo de la población futura para la aldea El Hato:

Po = 2033 personas para el año 2017

n = 22 años

r = 2,14 %

$$P_f = 2033 * \left(1 + \frac{2,14}{100}\right)^{22} = 3240 \text{ habitantes para el año 2039}$$

2.1.6. Determinación de caudales

A continuación, se presentan los diferentes tipos de caudales que se deben calcular para el diseño del alcantarillado sanitario.

2.1.6.1. Población tributaria

En sistemas de alcantarillados sanitarios, es la población que tributaría caudales al sistema.

Se calcula con los métodos de estimación de población futura, empleados en la ingeniería sanitaria. La población tributaria por casa se calculó por medio de la multiplicación de la cantidad de casas por servir actualmente por la densidad poblacional por casa de la aldea.

2.1.6.2. Dotación de agua potable

La dotación está íntimamente relacionada con la demanda de una población específica para satisfacer las necesidades primarias. La dotación es la cantidad asignada en un día a cada usuario; se expresa en litros por habitante por día (L/h/día).

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidades de drenaje, calidad de agua, mediación, administración del sistema y presión del mismo.

La dotación de la aldea El Hato es de 120 litros/h/día, según los datos del Departamento de Agua y Alcantarillado Sanitario de la Municipalidad de Antigua Guatemala.

2.1.6.3. Factor de retorno del sistema

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población. En ningún caso retorna el cien por ciento al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra al suelo o se evapora. El factor de retorno será del 80%.

2.1.6.4. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para actividades como limpieza de alimentos, aseo personal, etc. Este caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. de habitantes} * \text{Factor de retorno}}{86\ 400} = \frac{L}{s}$$

$$Q_{dom} = \frac{120 \text{ litros/hab/día} * 3240 \text{ habitantes} * 0.8}{86\ 400} = 3,6 \frac{L}{s}$$

2.1.6.5. Caudal industrial

Es el agua que proviene de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadores de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, etc. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede calcular, dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 l/h/d. Dado a que el sector carece de ellos, no se contempla caudal industrial alguno.

2.1.6.6. Caudal comercial

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, entre otros. Debido a que en el lugar no hay ningún comercio de este tipo, no fue considerado.

2.1.6.7. Caudal por conexiones ilícitas

Este es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario.

Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de la localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar entre 0,5 % a 2,5%.

Debido a la poca información con la que cuenta la región se optó por utilizar el 10% del caudal domiciliar, como lo especifica la norma del INFOM.

$$Q_{ilícito} = 10\% * Q_{dom} = L/s$$

$$Q_{ilícito} = 10\% * 3,6 l/s = 0,36 L/s$$

2.1.6.8. Caudal por infiltración

Debido a que el material a utilizar para el drenaje sanitario es PVC, se toma en cuenta que este no permite que se infiltre agua de ningún tipo y, por lo tanto, no se considerará este caudal en el diseño.

2.1.6.9. Caudal medio o sanitario

Este caudal es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración. Se descarta aquel caudal que no contribuya al sistema.

$$Q_{medio} = 3,6 l/s + 0,36 l/s = 3,96 l/s$$

2.1.6.10. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema. Este factor debe estar en el rango de 0,002 a 0,005 según INFOM, de lo contrario, debe aproximarse al más cercano.

$$fqm = \frac{Q_{medio}}{No.habitantes futuro}$$

$$fqm = \frac{3,96 \text{ l/s}}{3240 \text{ habitantes}} = 0,0012 \approx 0.002$$

2.1.6.11. Factor de Harmond

Es el que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente. Este factor actúa principalmente en las horas pico; es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{No.habitantes}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{No.habitantes}{1000}}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{3240 \text{ Habitantes}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{3240 \text{ habitantes}}{1000}}} = 3,41$$

2.1.6.12. Caudal de diseño

La estimación del caudal de diseño debe realizarse para cada tramo del sistema. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$q_{\text{diseño}} = f_{qm} * FH * \text{No. habitantes}$$

Donde:

F_{qm} = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmond para cada tramo

No. habitantes = No. habitantes futuros por tramo

2.1.7. Fundamentos hidráulicos

El principio básico para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario es transportar las aguas negras por la tubería como si fuese un canal abierto. Funciona por gravedad y el flujo está determinado por la rugosidad del material y la pendiente del canal.

Para sistemas de alcantarillado sanitario se emplean canales circulares cerrados. Con la finalidad de no ocasionar molestias se construyen subterráneos. La superficie del agua es afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de las aguas negras que dichos caudales transportan.

2.1.7.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales. En estas se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto.

Se encontró fórmulas según las cuales existía un coeficiente C, el cual era tomado como una constante. Sin embargo, se comprobó que es una variable que depende de la rugosidad del material usado, de la velocidad y del radio medio hidráulico, por lo que no se presentaba con exactitud la ley de la fricción de los fluidos.

La ecuación de Manning se define de la siguiente manera:

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad en m/s

D = Diámetro de tubería en pulgadas

S = Pendiente del terreno

n = Coeficiente de rugosidad. Depende del tipo de material de la tubería, en este caso n = 0,01 por ser PVC.

2.1.7.2. Relaciones hidráulicas

Al calcular las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la parcialmente llena. A partir de estas relaciones se diseña cada uno de los tramos.

Relación q/Q : determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible, q diseño $< Q$ sección llena.

Relación v/V : relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la del flujo a sección llena. Para encontrar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.

Relación d/D : relación entre el tirante del flujo dentro de la tubería y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . La relación d/D debe estar comprendida dentro de los siguientes valores 0,10 y 0,75.

2.1.8. Parámetros de diseño hidráulico

Estos son necesarios para el correcto diseño de la red de alcantarillado sanitario.

2.1.8.1. Coeficiente de rugosidad

Es un parámetro que determina el grado de resistencia que ofrecen las paredes y fondo del canal al flujo del fluido. Mientras más rugosas sean las paredes y fondo del canal, más dificultad tendrá el agua para desplazarse.

Este parámetro ha sido muy estudiado por muchos investigadores en el laboratorio, por lo que se ha elaborado una tabla para los diferentes valores del coeficiente de rugosidad, dependiendo del material que aloja el canal.

Tabla II. **Coeficientes de rugosidad por material**

Material	Coeficiente de rugosidad
Tubería de hierro galvanizado	0,013 – 0,015
Tubería de PVC	0,006 – 0,011
Mampostería	0,017 – 0,030
Superficie de mortero de cemento	0,011 – 0,013
Tubo de asbesto cemento	0,009 – 0,011
Tubo de concreto diámetro menor de 24"	0,011 – 0,016
Tubo de concreto diámetro mayor de 24"	0,013 – 0,018
Tuberías de plástico corrugadas ADS	0,012

Fuente: MOTT, *Robert. Mecánica de fluidos*. p. 358.

Por ser tubería de PVC la que se utilizará para este proyecto, el coeficiente de rugosidad por utilizar será de 0,01.

2.1.8.2. Sección llena y parcialmente llena

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, como se ha mencionado con anterioridad, es que funciona como canales abiertos y en ninguno de los casos a sección llena. En consecuencia, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena.

2.1.8.3. Velocidad máxima y mínima

El Instituto de Fomento Municipal brinda las normas generales para el diseño de alcantarillados. En estas se establecen los rangos de velocidades permisibles. La velocidad mínima o de arrastre es aquella que evita que los sólidos del flujo se sedimenten en el sistema y es de 0,4 m/s para el tipo de tubería que se eligió para el proyecto. La velocidad máxima del flujo dentro de la tubería evita que el material se erosione, con un valor de 3 m/s.

2.1.8.4. Diámetro del colector

El diámetro de la tubería es una de las variables por calcular. Puede variar según la demanda de cada uno de los tramos de forma ascendente. Las normas del INFOM indican que el diámetro mínimo para sistemas sanitarios será de 6" para tubería de PVC.

El diámetro que se utilizará en este proyecto será de 6 pulgadas.

2.1.8.5. Profundidad del colector

La profundidad del colector estará en función de la pendiente del terreno, el caudal transportado, la velocidad del flujo y el tirante hidráulico.

La profundidad mínima está en función del tipo de tránsito al cual se podría someter dicho colector, además de los aspectos mencionados. A continuación, se muestra algunas profundidades mínimas para la colocación del colector a partir de la superficie del terreno hasta la parte superior de la tubería.

Tabla III. **Profundidades mínimas de tubería**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"
Tránsito normal	1,20m	1,25m	1,35m	1,40m	1,50m	1,60m	1,65m	1,85m	2,00m
Tránsito pesado	1,40m	1,45m	1,55m	1,50m	1,70m	1,80m	1,85m	2,05m	2,20m

Fuente: INFOM. *Normas de alcantarillado sanitario*. p. 43.

Por ser tránsito normal en el área de la aldea El Hato y debido a que la mayor parte de la tubería estará sometida a cargas solamente peatonal, la profundidad mínima establecida será de 0,8 m.

2.1.8.6. Ancho de zanja

El ancho de zanja para el colector está condicionado por el diámetro y profundidad requerida por la tubería que se utilizará. Estas zanjas se cavan a cierta distancia entre los pozos de visita en la dirección que se determinó en la topografía de la red general. En la siguiente tabla se muestra los posibles anchos de zanjas, en función del diámetro y de las alturas por excavar.

Tabla IV. **Ancho de zanja según profundidad de colector**

Diámetro	Ancho de zanja (m) para profundidades (m)		
	Hasta 2,00	2,00 a 4,00	4,00 a 6,00
4"	0,50	0,60	0,70
6"	0,55	0,65	0,75
8"	0,60	0,70	0,80
10"	0,70	0,80	0,80
12"	0,80	0,80	0,80
15"	0,90	0,90	0,90
18"	1,00	1,00	1,10
24"	1,10	1,10	1,35

Fuente: INFOM. *Normas de alcantarillado sanitario*. p. 44.

2.1.8.7. Cota invert

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel interior de la tubería. Se debe verificar que sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Se calcula con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.

Para determinar la diferencia requerida entre la cota invert de entrada y la de salida, en un mismo pozo, deben considerarse los siguientes criterios:

- Cuando el diámetro del tubo de entrada es igual al diámetro del de salida, la diferencia será igual a 0,03 metros.
- Cuando el diámetro del tubo de entrada es diferente al diámetro del de salida, la diferencia será 0,03 metros o en la diferencia de diámetros, el valor que sea mayor.
- El diámetro de la tubería que sale del pozo de visita nunca debe ser menor al diámetro de la tubería o tuberías que entran al pozo de visita.

Las cotas invert para cada uno de los tramos se pueden calcular a partir de las siguientes ecuaciones:

$$C_{tf} = C_{ti} - (DH * S\%)$$

$$S\% = \frac{(C_{ti} - C_{tf}) * 100}{DH}$$

$$C_{IS} = C_{II} - (H_{min} + E_{tub})$$

$$C_{IE} = C_{IS} - (DH * S\%)$$

$$H_{\text{pozo}} = C_{ti} - CIS$$

Donde:

C_{tf} = Cota de terreno final

C_{ti} = Cota de terreno inicial

DH = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno

CIS = Cota invert de la tubería de salida

CII = Cota invert inicial

CIE = Cota invert de la tubería de entrada

E tubo = Espesor de tubería

H min = Altura mínima que depende del tráfico que circule por las calles.

2.1.8.8. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo con las normas que establece el INFOM.

En este proyecto se beneficiará el mayor porcentaje de las viviendas actuales de la aldea El Hato. Con el fin de hacer más sencillo el cálculo se optó por utilizar un programa para una hoja electrónica, en el cual se presentan los parámetros de diseño utilizados.

A continuación, se presenta un ejemplo con el procedimiento de cálculo para el diseño de un tramo del alcantarillado sanitario. El tramo está comprendido entre el pozo de visita Pv-3 y Pv-4.

Tabla V. **Parámetros de diseño**

Parámetro	Cantidad	Unidad
Periodo de diseño	22	Años
Tasa de crecimiento	2,14	%
Factor de retorno	0,8	-
Dotación de agua potable	120	L/hab/día
Población actual	2033	Habitantes
Población futura	3240	Habitantes
Casas que servir	355	-
Densidad poblacional	6	Habitante/vivienda
Comercios/industrias	0	-
Tipo de tubería	PVC, norma ASTM F749	
Longitud de alcantarillado	5852,07	M

Fuente: elaboración propia.

Cota de terreno inicial = 915,32 m

Cota de terreno final = 911,19 m

Distancia Horizontal = 28,28 m

$$S\%t = \frac{CTi - CTf}{D} * 100 = \frac{915.32 - 911.19}{29.48} * 100 = 14,01$$

No. viviendas local = 1

No. viviendas acumulado = 6

$$No. habitantes actual = 6 \frac{hab}{vivvienda} * 6 viviendas = 36 habitantes$$

$$No. habitantes futuro = 36 * \left(1 + \frac{2,14}{100}\right)^{22} = 58 habitantes$$

$$FH_{actual} = \frac{18 + \sqrt{\frac{36 \text{ habitantes}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{36 \text{ habitantes}}{1000}}} = 4,34$$

$$FH_{futuro} = \frac{18 + \sqrt{\frac{58 \text{ habitantes}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{58 \text{ habitantes}}{1000}}} = 4,30$$

$$Q_{sanitario} = Q_{comercial} + Q_{domiciliar} + Q_{conexiones}$$

$$Q_{sanitario \text{ actual}} = 0 \text{ l/s} + 0,040 \text{ l/s} + 0,012 \text{ l/s} = 0,052 \text{ l/s}$$

$$Q_{sanitario \text{ futuro}} = 0 \text{ l/s} + 0,064 \text{ l/s} + 0,019 \text{ l/s} = 0,084 \text{ l/s}$$

$$q_{diseño} = f_{qm} * FH * \text{No. habitantes}$$

$$q_{diseño \text{ actual}} = 0,002 * 4,34 * 36 = 0,31 \text{ l/s}$$

$$q_{diseño \text{ futuro}} = 0,002 * 4,30 * 58 = 0,49 \text{ l/s}$$

Pendiente de tubería = 1%

n = 0,01

Diámetro de tubería = 6"

$$V_{sec \text{ llena}} = \frac{0,03429 * 6^{2/3}}{0,01} * (0,01)^{\frac{1}{2}} = 4,43 \text{ m/s}$$

$$Q_{sec \text{ llena}} = 4,43 * \frac{\pi(6 * 0,0254)^2}{4} = 80,81 \text{ l/s}$$

De las tablas de relaciones hidráulicas se obtienen los siguientes valores de velocidad de diseño y relación de tirantes actual y futuro:

$$V_{\text{diseño actual}} = 0,52 \text{ m/s cumple}$$

$$V_{\text{diseño futura}} = 0,60 \text{ m/s cumple}$$

$$D/d_{\text{ actual}} = 0,07 \text{ cumple}$$

$$D/d_{\text{ futuro}} = 0,09 \text{ cumple}$$

Cálculo de cotas invert:

$$Ci_{\text{ salida}} = Ci_{\text{ anterior}} - 0,03 \text{ m} = 910,51 - 0,03 = 910,481 \text{ m}$$

$$Ci_{\text{ entrada}} = Ci_{\text{ salida}} - S\%t * DH = 910,481 - 0,01 * 28,28 = 909,92 \text{ m}$$

Altura de pozo de visita 3:

$$Altura_{\text{ de pozo}} = Cota_{\text{ de terreno}} - Ci_{\text{ salida}} = 915,32 - 910,481 = 4,84 \text{ m}$$

El resumen del cálculo hidráulico se puede ver en el apéndice.

2.1.9. Desfogue

Según el Acuerdo Gubernativo 236-2066, “Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos”, con el fin de proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, los sistemas de alcantarillado sanitario deberán contar con un sistema de tratamiento previo a ser vertidos al cuerpo de agua receptor.

La municipalidad de Antigua Guatemala tiene un terreno destinado para la planta de tratamiento en la aldea El Hato, por lo que para el presente proyecto se condujo las aguas residuales hacia este terreno, donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales.

2.1.10. Presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada con base en renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios. Estos incluyen material y herramienta, equipo y maquinaria, mano de obra directa e indirecta y un factor de indirectos del 35% que incluye gastos administrativos, fianzas, supervisión y utilidad.

2.1.10.1. Integración de precio unitario

A continuación, se presenta una tabla con el ejemplo del desglose de la integración del precio unitario de cada uno de los renglones trabajados para el alcantarillado sanitario.

Tabla VI. Integración de precio unitario

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA					
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN					
INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO				
UBICACIÓN:	EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ				
	FECHA:	ene-18			
REGLÓN No. 3.1		CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 1.20m a 2.00m		100.00	UNIDAD	Q 1,674.16	Q 167,415.66
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
No.	DESCRIPCIÓN DEL INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	LADRILLO DE BARRO COCIDO 0.065 X 0.11 X 0.23 M	110,000.00	UNIDAD	Q 1.32	Q 145,200.00
2	CEMENTO	1,800.00	SACO	Q 74.83	Q 134,694.00
3	ARENA	250.00	M3	Q 102.00	Q 25,500.00
4	PIEDRIN DE 1/2"	150.00	M3	Q 240.00	Q 36,000.00
5	ACERO LEGITIMO NO.2	100.00	VARILLA	Q 9.50	Q 950.00
6	ACERO LEGITIMO NO.4	600.00	VARILLA	Q 29.48	Q 17,688.00
7	ACERO LEGITIMO NO.6	300.00	VARILLA	Q 80.34	Q 24,102.00
8					Q -
9					Q -
10					Q -
			HERMIENTAS	4.00%	Q 1,671.60
SUBTOTAL DE MATERIAL Y HERRAMIENTA					Q 43,461.60
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	CONCRETERA	25.00	DIA	Q 450.00	Q 11,250.00
2					Q -
3					Q -
SUBTOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA					Q 11,250.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	FUNDICIÓN	50.00	M3	Q 190.00	Q 9,500.00
2	LEVANTADO DE LADRILLO	800.00	M2	Q 50.00	Q 40,000.00
3					Q -
MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 49,500.00
MANO DE OBRA NO CALIFICADA				40.00%	Q 19,800.00
TOTAL COSTO DIRECTO: (materiales + equipo + combustible + mano de obra + otros):					Q 124,011.60
TOTAL COSTO INDIRECTO: (administrativos + fianzas + supervisión + utilidad):				35.00%	Q 43,404.06
TOTAL DEL REGLÓN					Q 167,415.66

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.1.10.2. Resumen de renglones de trabajo

A continuación, se presenta el resumen de renglones de trabajo, el cual incluye cantidades de trabajo, unidades de medida, precio unitario y el costo total de la ejecución del proyecto.

Tabla VII. Resumen de renglones de trabajo

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA						
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN						
RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO						
				FECHA		ene-18
PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO					
UBICACIÓN:	EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ					
No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL REGLON	
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	5862.07	M	Q 11.50	Q 67,392.00	
2	EXCAVACION					
2.1	EXCAVACION DE ZANJA	9927.91	M3	Q 75.60	Q 750,550.00	
3	POZOS DE VISITA					
3.1	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 1.20m a 2.00m	100.00	UNIDAD	Q 1,674.16	Q 167,415.66	
3.2	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 2.00m a 3.00m	33.00	UNIDAD	Q 2,443.85	Q 80,647.11	
3.3	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 3.00m a 5.00m	18.00	UNIDAD	Q 3,205.88	Q 57,705.78	
3.4	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 5.00m a 7.00m	5.00	UNIDAD	Q 5,060.17	Q 25,300.86	
4	DOMICILIARES Y TUBERIA					
4.1	TUBERIA PVC DE 6"	5862.07	M	Q 255.56	Q 1,498,104.11	
4.2	CONEXIONES DOMICILIARES	355.00	UNIDAD	Q 1,306.00	Q 463,629.80	
5	RELLENO Y COMPACTACIÓN					
5.1	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA	9394.00	M3	Q 92.61	Q 869,931.90	
				TOTAL	Q 3,980,677.22	

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.1.11. Cronograma de ejecución física y financiera

En la siguiente tabla se encuentra el tiempo estimado de ejecución del proyecto y el costo estimado por cada mes.

2.1.12. Evaluación de impacto ambiental

El instrumento ambiental que correspondería para este tipo de proyecto, según el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades del Acuerdo Ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es un instrumento de categoría C, de bajo impacto ambiental potencial. Sin embargo, por ser un proyecto de saneamiento, es necesario agregarle al instrumento un plan de gestión PGA.

2.1.13. Evaluación económica

Su finalidad es verificar los beneficios de la inversión y luego valorizarlos adecuadamente, para elaborar indicadores de su rentabilidad social a través del análisis de beneficio costo.

2.1.13.1. Valor presente neto

Este es el método más conocido hasta el momento para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero, que es maximizar la inversión.

Tabla IX. **Despliegue de valores del VPN**

VPN < 0	Alerta o previene que el proyecto no es rentable
VPN = 0	Indica que exactamente se genera el porcentaje de utilidad deseada.
VPN > 0	Indica que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

El valor presente neto se puede calcular por medio de las siguientes ecuaciones:

$$P = F * \left(\frac{1}{(1 - i)^n - 1} \right)$$

$$P = A * \left(\frac{(1 - i)^n - 1}{(1 - i)^n - 1} \right)$$

Donde:

P = Valor de pago único en valor inicial a la operación, o valor presente.

F = Valor de pago único al final del periodo de la operación, o valor de pago futuro.

A = Valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago futuro.

i = Tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n = Periodo de tiempo que pretende la duración de la operación.

Proyecto de diseño de un alcantarillado sanitario aldea El Hato, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

$$VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$VPN = 0 - Q 3 980 677,22$$

$$VPN = Q 3 980 677,22$$

2.1.13.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse y obtenerse en la evaluación financiera de un proyecto. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$TIR = VPN \text{ ingresos} - VPN \text{ egresos} = 0$$

El objetivo es satisfacer la ecuación a través de la variación de la tasa de interés. La tasa de interés que cumpla con la igualdad es la tasa interna de retorno del proyecto que se analiza. Como se puede observar, esta fórmula requiere un valor de ingreso y, para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevén ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR mediante esta ecuación.

2.2. Diseño de pavimento de concreto en la aldea San Pedro Las Huertas

2.2.1. Descripción del proyecto

Consiste en el diseño de un pavimento de concreto para la aldea San Pedro Las Huertas. El tramo inicia en la aldea San Pedro Las Huertas y finaliza en la aldea San Pedro El Panorama, aproximadamente, 1,72 km.

2.2.2. Estudios preliminares

Los estudios preliminares permiten reconocer el terreno para recolectar toda la información, datos y antecedentes necesarios para definir los diseños y procedimientos del proyecto.

2.2.2.1. Levantamiento topográfico

Está constituido por la altimetría y la planimetría, fundamentales para el diseño de cualquier proyecto. Su aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen la conformación real del lugar de ejecución de un proyecto.

2.2.2.1.1. Planimetría

La planimetría permite obtener la representación gráfica en planta del terreno. Por este medio se localizó la línea central de la carretera, secciones transversales y la ubicación de servicios existentes en la vía principal de la aldea. Para este proyecto se utilizó una estación total.

2.2.2.1.2. Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarla gráficamente para que junto con la planimetría, se defina la superficie de estudio, representada en tres dimensiones. Para este proyecto se utilizó una estación total, estadal telescópico de aluminio, cinta métrica, estacas, clavos y pintura.

2.2.2.1.3. Secciones transversales

Las secciones transversales nos sirven para determinar las elevaciones transversales de la línea central de la carretera. Se recomienda como mínimo una distancia de 20 metros entre cada una dependiendo del terreno, sobre la línea definida en el levantamiento.

2.2.2.2. Ensayos de laboratorio

En todo trabajo de pavimentación es necesario conocer las características físicas y mecánicas del suelo, razón por la cual se realizan los ensayos de laboratorio. El diseño del pavimento se basa en los resultados de estos ensayos, los cuales se efectúan con muestras de suelo extraídas del lugar en donde se construirá el pavimento.

2.2.2.2.1. Granulometría

Es la propiedad de los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, por medio de tamices y luego representarlos de forma gráfica. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho según lo descrito en AASHTO T-27.

2.2.2.2.2. CBR (ensayo de relación soporte California)

Este ensayo nos brinda un índice de resistencia al esfuerzo cortante del suelo, en condiciones determinadas de compactación y humedad. El mismo es expresado en porcentaje de carga requerida para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada. El procedimiento analítico está regido por la norma AASHTO T-193.

2.2.2.2.3. Proctor

Este ensayo es también conocido como el de densidad máxima y humedad óptima.

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado. Según la norma AASHTO T-180, sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación.

2.2.2.2.4. Límites de Atterberg

Este ensayo tiene como fin la verificación del índice plástico. Este es el más importante y utilizado, y consiste sencillamente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. El primero indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el líquido, el índice de plasticidad se considera plástico.

2.2.2.2.5. Análisis de resultados

De los ensayos realizados, se obtuvo que el suelo estudiado tiene las características mostradas en la tabla IX.

Como se puede apreciar, el suelo se describe como una arena limosa de color café oscuro y cumple con los requisitos de sub-rasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50%. Se alcanzará el 98,9% de compactación con la humedad óptima según el ensayo de proctor modificado y el CBR es mayor que el 5%.

Estos y otros datos obtenidos se muestran en la tabla IX y cada uno de los ensayos de laboratorio se encuentran en los anexos.

Tabla X. **Resumen de características del suelo**

Características del suelo	
Límites de Atterberg	
Descripción del suelo	Arena limosa color café oscuro
Límite líquido	0,00 %
Límite plástico	0,00 %
Análisis granulométrico	
Clasificación	S.C.U.: SW-SM
	P.R.A.: A-1-b
% de grava	6,24
% de arena	85,62
% de finos	8,15
Proctor modificado	
Densidad seca máxima	1718,15 kg/m ³ = 107,25 lb/pie ³
Humedad óptima	17,00 %
Razón soporte California (C.B.R.)	
CBR al 98,9 % de compactación	25,43 %

Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

2.2.3. Trabajo de gabinete y dibujo preliminar

Este es el que se realiza en el escritorio, de forma manual o en computadora, con los datos recopilados del levantamiento topográfico.

2.2.3.1. Planimétrico

Es la representación gráfica de la carretera en planta. Se dibuja en un plano cartesiano en el cual se plasman las coordenadas totales de la topografía.

El levantamiento se realizó por medio de una poligonal abierta, tomando puntos aproximadamente cada 20 metros.

2.2.3.2. Altimétrico

Con la ayuda del programa AutoCAD Civil 3D se pueden ingresar los datos contando estos con niveles, lo que servirá para poder dibujar las curvas de nivel y los perfiles de diseño que constituyen la altimetría de la carretera.

2.2.3.3. Curvas de nivel

Son la representación gráfica de los niveles de la superficie. Pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias medidas obtenidas en el levantamiento planimétrico, los niveles del levantamiento altimétrico y secciones transversales.

Por medio de las curvas de nivel de la superficie se determinan las pendientes del terreno.

2.2.4. Diseño geométrico

El diseño geométrico de la carretera comprende el dimensionamiento de los elementos de una carretera, como curvas verticales y horizontales, ancho de carriles y secciones transversales. El fin es darle a la carretera un flujo continuo de vehículos y libre de accidentes.

2.2.4.1. Alineamiento horizontal

Debe permitir la operación ininterrumpida de los vehículos que transitan la carretera, respetando la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno.

El relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, al mismo tiempo, controla la distancia de visibilidad.

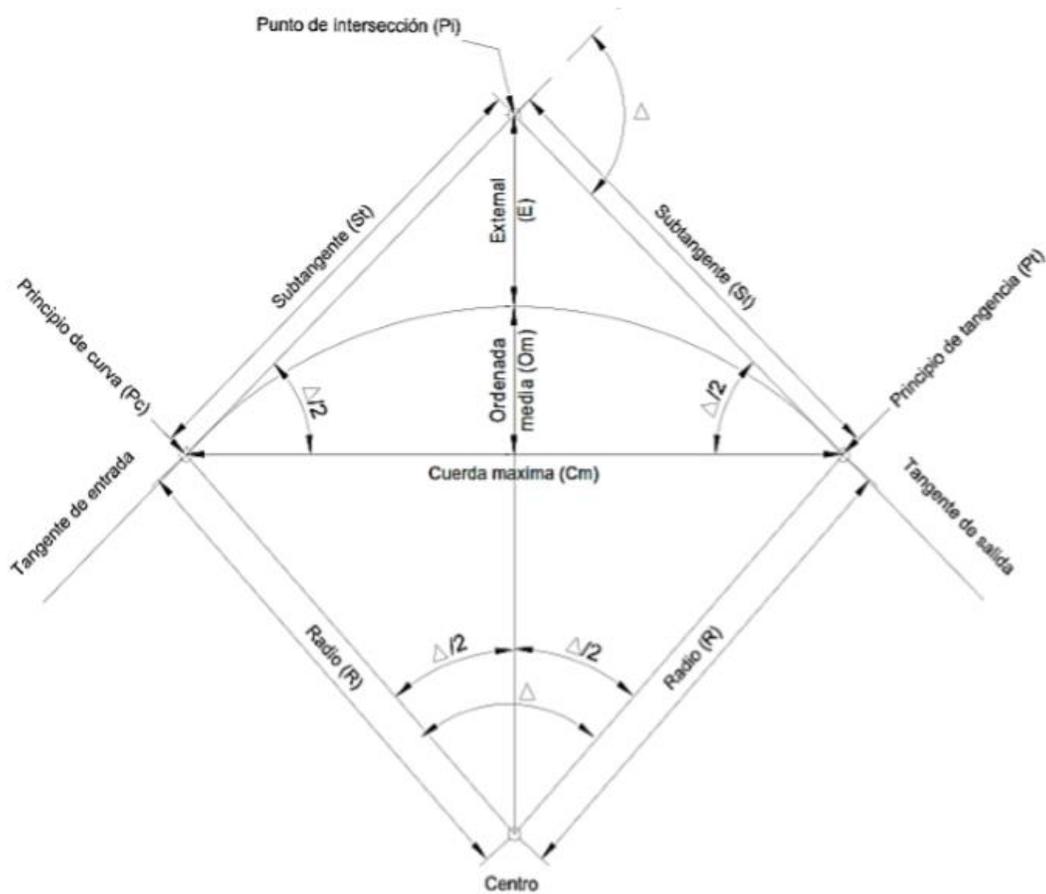
2.2.4.1.1. Elementos de curvas horizontales

Las curvas horizontales están compuestas por diferentes elementos, los cuales se mencionan a continuación:

- St = Subtangente
- Lc = Longitud de curva
- R = Radio
- Pc = Principio de curva
- Pt = Principio de tangente
- Δ = Deflexión
- Cm = Cuerda máxima
- Om = Ordenada media
- E = External
- Pi = Punto de intersección

En la siguiente figura se muestran los elementos que componen las curvas horizontales.

Figura 3. Elementos de una curva horizontal



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa AutoCAD.

2.2.4.1.2. Cálculo geométrico de curvas horizontales

A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo geométrico de curvas horizontales.

- Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

$$Cm = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT).

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{G}$$

- Tangente (Tg)

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el rumbo.

- Deflexión (Δ)

La deflexión es la diferencia entre dos azimuts; la forma de calcularla es restando al azimut 2 el azimut 1. Esta sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará; mientras más grande es, el grado de curvatura será mayor.

$$\Delta = \text{Azimut } 2 - \text{Azimut } 1$$

- External (E)

Es la distancia que existe entre el punto de intersección al punto medio de la curva.

$$E = \frac{R}{\cos(\Delta/2)} - R$$

- Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R - R * \cos(\Delta/2)$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (Pc) y el punto de intersección (Pi), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección y el principio de tangente (Pt) es la misma.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (Pc), o principio de tangente (Pt), hacia el centro. El radio mínimo es de 30 metros para este proyecto, ya que se trata de una carretera tipo F según su tráfico promedio diario.

- Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud, o se puede decir que el grado de curvatura es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

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

Ejemplo de cálculo de los elementos de una curva horizontal, con los siguientes datos:

Curva: 1

Pc = 0 + 070,6

PT = 0 + 240,86

$\Delta = 27^{\circ}52'12''$

R = 350 m

$$Cm = 2 * 350 * \text{sen}\left(\frac{27^{\circ}52'12''}{2}\right) = 168,58 \text{ m}$$

$$G = \frac{1145,9156}{350} = 3,27^{\circ}$$

$$Lc = \frac{20 * 27^{\circ}52'12''}{3.27^{\circ}} = 170,26 \text{ m}$$

$$E = \frac{400}{\cos(27^{\circ}52'12''/2)} - 400 = 10,61 \text{ m}$$

$$Om = 400 - 400 * \cos(27^{\circ}52'12''/2) = 10,30 \text{ m}$$

$$St = 400 * \tan\left(\frac{27^{\circ}52'12''}{2}\right) = 86,85 \text{ m}$$

2.2.4.1.3. Curvas de transición

La curva de transición o longitud de transición es la longitud de la curva que varía de radio según se avanza. Surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad dinámica y geométrica.

Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

En las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos se encuentra la medida de longitud de espiral que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, considerando la velocidad de diseño. Para un $G=38$ y una velocidad de 30 km/h, la tabla indica que la longitud de espiral (LS) es de 44 metros.

2.2.4.1.4. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia afuera de su trayecto. Esta inclinación generalmente irá alrededor del eje de la carretera ya que, de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión y, por consiguiente, una mejor transición.

El peralte debe aplicarse para los distintos grados de curvatura según las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos, considerando la velocidad de diseño. Para un $G=38$ y una velocidad de diseño de 30 km/h el peralte (e%) es igual a 9,8.

2.2.4.1.5. Sobreancho

Se utiliza en las curvas horizontales para tener la misma seguridad que se tiene al conducir un vehículo en línea recta. Esto es necesario por la inflexibilidad y dimensiones del automotor que en la parte trasera sigue una trayectoria distinta que la parte delantera, lo que hace que se dificulte al conductor mantener el vehículo en el eje del carril de circulación designado.

Se aumenta el ancho de la calzada en la entrada de la curva hasta llegar a un máximo en el medio de la misma, para luego disminuir y llegar a su estado normal en la salida de la curva.

El sobreancho se determina por medio de las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos, considerando el grado de curvatura, el tipo de carretera y la velocidad de diseño. Para un $G=38$ y una velocidad de diseño de 30 km/h el sobreancho es de 2,4 metros.

Tabla XI. **Resumen de diseño geométrico**

NO. CURVA	PC	PT	Δ	RADIO (M)	CM (M)	G°	LC (M)	E (M)	OM (M)	ST (M)	e%	LS (M)	SOBRE ANCHO (M)
1	0+070.6	0+240.86	27.87	350	168.58	3	170.26	10.61	10.30	86.85	BN	17	0.6
2	0+375.56	0+382.72	5.46	75	7.15	15	7.15	0.09	0.09	3.58	5.2	23	1.2
3	0+398.43	0+462.14	48.67	75	61.81	15	63.71	7.31	6.66	33.92	5.2	23	1.2
4	0+479.09	0+513.98	26.66	75	34.58	15	34.90	2.08	2.02	17.77	5.2	23	1.2
5	0+571.62	0+632.28	46.34	75	59.02	15	60.66	6.58	6.05	32.10	5.2	23	1.2
6	0+704.91	0+713.14	6.29	75	8.23	15	8.24	0.11	0.11	4.12	5.2	23	1.2
7	1+003.34	1+020.88	13.39	75	17.49	15	17.53	0.52	0.51	8.81	5.2	23	1.2
8	1+112.28	1+128.73	31.43	30	16.25	38	16.45	1.16	1.12	8.44	5.2	23	1.2
9	1+138.17	1+173.31	67.12	30	33.17	38	35.15	6.00	5.00	19.90	5.2	23	1.2
10	1+350.18	1+365.79	29.80	30	15.43	38	15.61	1.04	1.01	7.98	9.8	44	2.4
11	1+368.70	1+393.44	47.26	30	24.05	38	24.75	2.75	2.52	13.13	9.8	44	2.4
12	1+397.44	1+420.80	44.77	30	22.85	38	23.44	2.45	2.26	12.36	9.8	44	2.4
13	1+510.41	1+522.60	23.29	30	12.11	38	12.19	0.63	0.62	6.18	9.8	44	2.4
14	1+569.83	1+588.94	36.49	30	18.79	38	19.11	1.59	1.51	9.89	9.8	44	2.4
15	1+592.04	1+545.05	101.23	30	46.37	38	53.01	17.28	10.96	36.54	9.8	44	2.4

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.2.4.2. Alineamiento vertical

En las carreteras se diseñan curvas horizontales y verticales como se observó con anterioridad. Estas últimas se dan cuando existe cambio de pendientes en el perfil de la línea central.

La finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más utilizada en Guatemala, por la Dirección General de Caminos, es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y la gran adaptación a las condiciones de terreno.

2.2.4.2.1. Elementos de curvas verticales

A continuación, se presenta los elementos que componen a las curvas verticales.

- Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica.

- Pendiente mínima

Se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula, debido a que en ese caso actúa el drenaje transversal. En los cortes se recomienda el 0,5 % mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

- Pendiente positiva y negativa

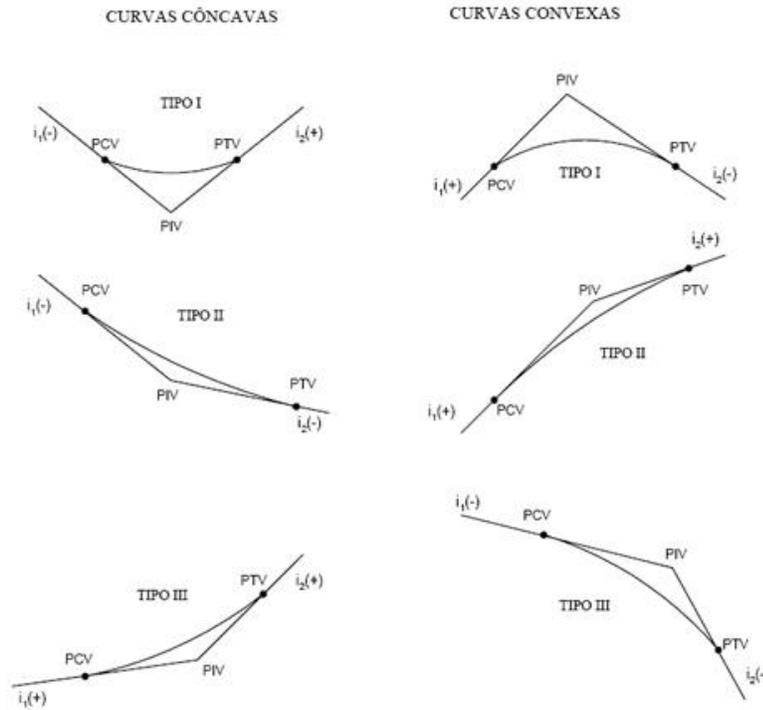
Se entiende por pendiente positiva aquella en la cual a medida que se avanza se incrementa la altura. Se entiende por pendiente negativa aquella en la cual, a medida que se avanza, decrece la altura respecto al punto anterior.

- Curva cóncava y convexa

Existen curvas en descenso con entrada de pendiente negativa y salidas positivas denominadas cóncavas.

También existen curvas en ascenso con entrada con pendiente positiva y salida con pendiente negativa denominadas convexas.

Figura 4. Tipos de curvas cóncavas y convexas



Fuente: elaboración propia, utilizando programa AutoCAD.

2.2.4.2.2. Cálculo de curvas verticales

Para la determinación de la longitud de las curvas se utilizaron los siguientes criterios:

- Criterio de seguridad

Es la visibilidad de parada, la longitud de curva que permite que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K * A$$

Donde:

LCV = longitud de curva vertical

K = constante que depende de las velocidades de diseño

A% = diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida

- Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa y cóncavas, sirve para evitarle al usuario la impresión de un cambio drástico de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

- Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

- Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte, se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

En la siguiente tabla se encuentran los valores de la constante K para distintas velocidades de diseño.

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

Velocidad de diseño Km/h	Valores de K según tipo de curvatura	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: PAIZ, Byron, *Guía de cálculo para carreteras*. p. 62.

- Longitud de curva vertical mínima

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$L_{min} = K * A$$

Donde:

Lmin = longitud mínima de la curva vertical (m)

A = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales (%)

K = parámetro de la curva

- Subrasante

Las curvas pueden verticales pueden ser cóncavas o convexas, según su forma. La corrección máxima en la curva vertical es la ordenada máxima y puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$Om = \frac{A * LCV}{800}$$

Donde:

Om = ordenada máxima

A = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales (%)

LCV = longitud de curva vertical

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{A * l^2}{200 * LCV}$$

$$K = \frac{A}{200 * LCV}$$

$$Y = K * l^2$$

Donde:

Y = corrección en cualquier punto de la curva

L = distancia a partir del extremo al punto en que se desea conocer la corrección vertical.

Tabla XIII. **Resumen del diseño de curvas verticales**

No. DE CURVA	EST PIV	ELEVACION	ORDENADA MAXIMA	ELEVACION CORREGIDA	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	DIFERENCIA Δ	TIPO DE CURVA	K VISIBILIDAD	LCV DE DISEÑO	LCV POR CRITERIO DE SEGURIDAD	LCV/ Δ	CRITERIO DE APARIENCIA (LCV/ Δ) \geq 30	CRITERIO DE COMODIDAD (LCV/ Δ) \geq (V ² /395)	CRITERIO DE DRENAJE (LCV/ Δ) \leq 43
											$\Delta * K$				
1	0+239.17	93.65	0.82	92.83	-2.64	4.29	6.93	Concava	4	95	27.72	13.71	No	Si	Si
2	0+430.67	101.87	-2.88	104.74	4.29	-7.34	11.63	Convexa	2	197.78	23.26	17.01		Si	Si
3	0+585.83	90.47	1.08	89.39	-7.34	0.5	7.84	Concava	4	110	31.36	14.03	Si	Si	Si
4	0+128.17	93.18	0.02	93.16	0.5	0.84	0.34	Concava	4	50	1.36	147.06	Si	Si	No
5	1+481.17	96.15	-0.02	96.17	0.84	0.5	0.34	Convexa	2	50	0.68	147.06		Si	No

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.2.5. Movimiento de tierras

Esta actividad consiste en el cálculo de la cantidad de terreno que se requiere cortar y rellenar, con el fin de conformar el trazo de la carretera.

El movimiento de tierras es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por esto debe ser lo más económica posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.2.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto de carreteras.

Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural. Sobre este se marca el área de relleno y debajo el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica, por lo general se recomienda cada 20 metros.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, ya sea corte o relleno, se muestran a continuación:

Tabla XIV. Relación de taludes para corte y relleno

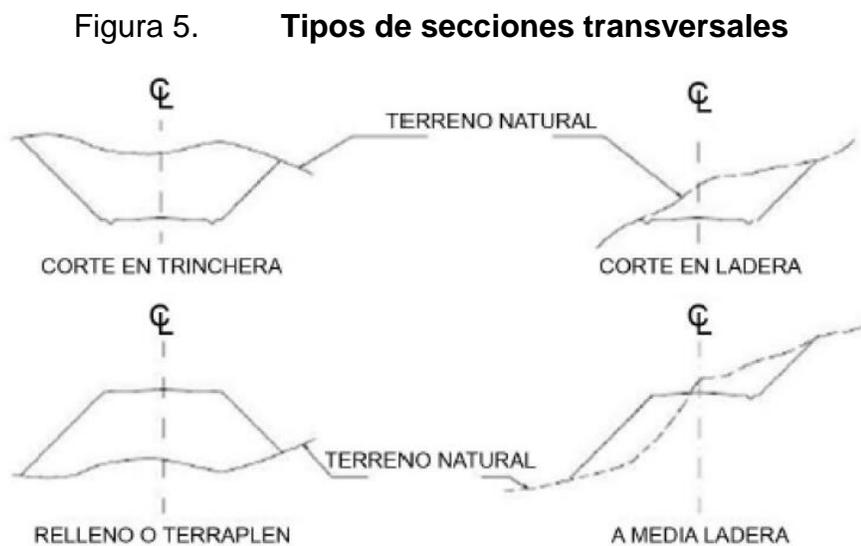
CORTE		RELLENO	
Altura (m)	H - V	Altura (m)	H -V
0 – 3	1 – 1	0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2	> 3	3 – 2
> 7	1 - 3		

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

Para el cálculo de las áreas se puede utilizar el método gráfico o el cálculo de áreas por medio de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

2.2.5.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra

Cada una de las áreas calculadas anteriormente constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse. Existen diferentes tipos de secciones transversales, las cuales se muestran a continuación:



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-24.

Suponiendo que el terreno se comporta de manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de las áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas y se obtienen los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de áreas medias en donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, con corte o relleno, está dada por la siguiente ecuación:

$$Vol = \frac{A1 * A2}{2} * D$$

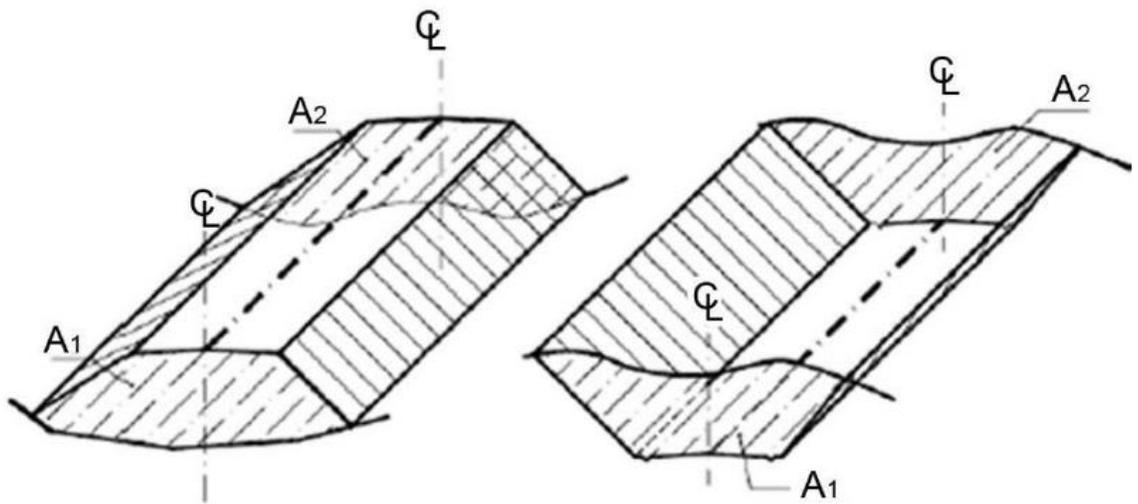
Donde:

Vol = volumen entre ambas secciones (m3)

A1 y A2 = áreas de secciones consecutivas en metros cuadrados

D = distancia entre secciones (20 m)

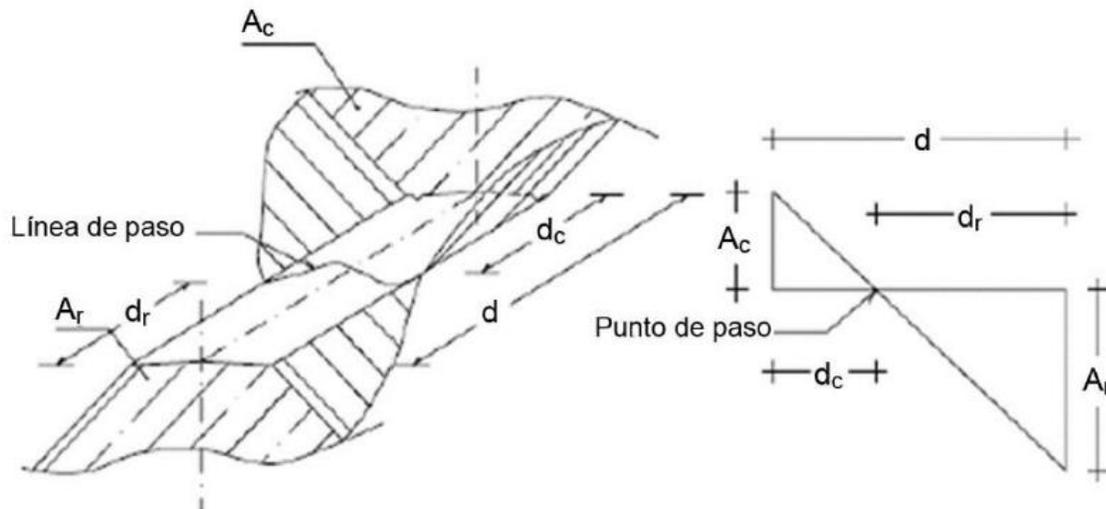
Figura 6. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-25.

Quando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una distancia de paso, que es el punto donde el área de la sección entre secciones cambia de corte a relleno y viceversa. Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

Figura 7. **Volúmenes de corte y relleno entre secciones de terreno de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-25

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte “C” y el área de la distancia de paso que es cero; y el volumen de relleno entre el área de relleno “R” y el área de la distancia de paso, se calculan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Vc = \frac{C}{2} * dc \qquad Vr = \frac{R}{2} * dr$$

$$dc = \frac{C}{C + R} * D \qquad dr = \frac{R}{C + R} * L$$

Donde:

Vc = volumen de corte (m3)

Vr = volumen de relleno (m3)

- C = área de corte (m²)
- R = área de relleno (m²)
- dc = distancia de corte (m)
- dr = distancia de relleno (m)
- D = distancia entre secciones (20 m)

Para observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, ver planos en el apéndice.

2.2.5.3. Balance y diagrama de masas

Después de haber calculado los volúmenes de corte y relleno, se continúa con el cálculo de los valores de balance. Estos servirán para formar el diagrama de masas o curva de Bruckner que, combinada con el diseño de la línea de balance, nos permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

Al valor inicial o al de la sección transversal anterior se le suma el volumen de corte afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica de contracción. A esto se le resta el volumen de relleno de la sección considerada.

Las siguientes ecuaciones nos permiten determinar el balance cuando se tiene una contracción o hinchamiento, pasando el relleno a corte.

$$Bi = Ba + C - \frac{R}{1 - \%C} \text{ Contracción}$$

$$Bi = Ba + C - \frac{R}{1 + \%H} \text{ Hinchamiento}$$

Donde:

Bi = balance en cualquier estación

Ba = balance anterior

C = corte

R = relleno

%C = variable según estudio de suelos

%H = variable según estudio de suelos

El valor del balance inicial está en función del tipo de terreno y en la siguiente tabla se muestran los posibles valores:

Tabla XV. **Balance inicial según tipo de terreno**

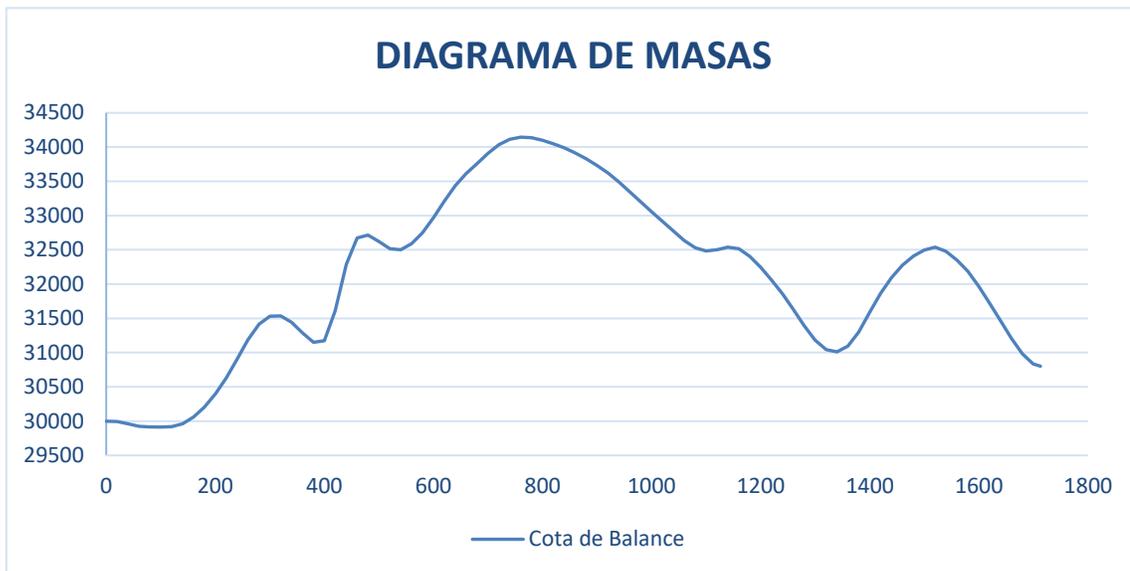
Tipo de terreno	Descripción	Balance inicial (m ³)
Montañoso	$C > R$	10 000 – 20 000
Ondulado	$C \approx R$	30 000 – 50 000
Llanos	$R > C$	100 000 – 120 000

Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

Para el presente diseño se utilizó un balance inicial de 30 000 metros cúbicos, ya que se cuenta con un terreno ondulado y el valor del relleno es aproximadamente igual al del corte.

A continuación, en la figura 8 se presenta el diagrama de Bruckner, también conocido como el diagrama de masas:

Figura 8. **Diagrama de masas**



Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

2.2.6. Drenaje

Consiste en el diseño de obras de arte que sirven para aliviar el agua proveniente de la lluvia, con el fin de que no interfieran con la carretera y lleguen a ser un impedimento para transportarse.

Para el diseño del drenaje transversal y cunetas se utiliza el método racional.

2.2.6.1. Método racional

El método racional es el más utilizado y permite determinar el caudal en metros cúbicos por segundo. Se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Figura 9. **Área de influencia de la cuenca**



Fuente: Google Earth. Consulta: enero 2018.

Se basa en la relación directa entre caída de lluvia y flujos, que pueden expresarse por la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo de un área dada

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora para una duración igual al tiempo de concentración

C = coeficiente de escorrentía que representa la relación entre caudal y lluvia

A = área de drenaje en hectáreas

Los parámetros de intensidad de lluvia son proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), según la región de estudio. La intensidad está dada por:

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

Donde:

I_{tr} = intensidad de lluvia (mm/h)

t = duración de la lluvia en minutos

A y B = parámetros de ajuste

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las fórmulas utilizadas en nuestro medio es la de Kirpich, que utiliza el desnivel y longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3 * L^{1.15}}{154 * H^{0.38}}$$

Donde:

L = longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria (m)

H = desnivel de dicho cauce

Tabla XVI. **Coefficientes del modelo estándar para la estación climática la Suiza Contenta**

Período de retorno	Distribución Normal				Distribución de Gumbel			
	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado
2	718	6,15	0,77	1,11E-02	696	7,36	0,78	1,23E-02
5	881	2,96	0,74	3,28E-02	854	3,24	0,74	2,86E-02
10	982	2,18	0,74	4,87E-02	987	2,14	0,74	4,97E-02
15	1033	1,87	0,73	5,67E-02	1065	1,71	0,73	6,11E-02
20	1067	1,69	0,73	6,15E-02	1120	1,47	0,73	6,89E-02
25	1092	1,58	0,73	6,52E-02	1165	1,31	0,73	7,43E-02
30	1114	1,50	0,73	6,77E-02	1200	1,19	0,73	7,88E-02
50	1166	1,30	0,73	7,47E-02	1300	0,91	0,73	9,02E-02
75	1206	1,17	0,73	7,96E-02	1379	0,73	0,73	9,85E-02
100	1233	1,08	0,73	8,29E-02	1436	0,61	0,73	1,04E-01

Fuente: SALES RODRÍGUEZ. Manuel. *Comparación del modelo estándar y modelo Wenzel para curvas de intensidad-duración-frecuencia en la cuenca del río Motagua*. p. 74.

El coeficiente de escorrentía C se estima con base en las características hidrogeológicas de las cuencas. En la tabla XVII se puede encontrar los valores indicativos del coeficiente de escorrentía para los diferentes tipos de topografía, vegetación y textura de suelo. Para el presente diseño se tomó un coeficiente de escorrentía de 0,30 ya que el terreno es bosque, la topografía es llana y la textura el suelo es arena limosa.

El periodo de retorno a utilizar es de 30 años y por medio de este se determinarán los parámetros de ajuste, según la tabla XVII.

Tabla XVII. **Valores indicativos de coeficiente de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: National Engineering Handbook. p. 89.

Datos para el cálculo del caudal de diseño para el drenaje del pavimento de concreto.

Área = 3,91 Ha

Longitud de cauce = 0,48 km

Pendiente = 0,50 %

Coeficiente de escorrentía = 0,30

Factor de rugosidad = 0,013

Elevación = 2,06 m

Se procede a calcular el tiempo de concentración. Se determinará para el punto más crítico del tramo carretero.

$$t_c = \frac{3 * 480^{1.15}}{154 * 2,06^{0.38}} = 17,94 \text{ min}$$

Con el tiempo de concentración se procede a calcular la intensidad de lluvia para el área de Antigua Guatemala. La estación del INSIVUMEH es la más cercana, por lo que se toman esos valores para un periodo de retorno de 30 años, según la tabla XVII. Este valor representa la probabilidad de que esta intensidad de lluvia se vuelva a dar en un determinado año.

$$I_{tr} = \frac{1114}{(1,50 + 17,94)^{0,73}} = 127,68 \text{ mm/hora}$$

A continuación, se procede a calcular el caudal a drenar, con la ecuación del método racional:

$$Q = \frac{0,30 * 127,68 * 3,91}{360} = 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.6.2. Cunetas

Las cunetas son canales abiertos que se calculan por el método de Manning. Se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera. En pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

Por medio de la siguiente ecuación se pueden establecer las dimensiones de la cuneta.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (áreas de la sección dentro del perímetro mojado)

S = pendiente del canal

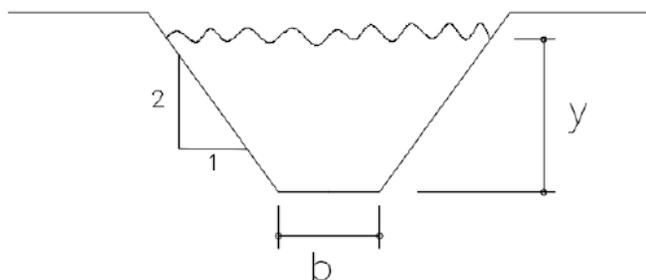
Para el diseño de la cuneta, se tomó el tramo con la pendiente más crítica.

Datos:

S = 7,34 %

Q = 0,65 m³/s

Figura 10. **Predimensionamiento de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, AutoCAD.

Determinación del área hidráulica y perímetro mojado

$$A = 2 * \frac{1}{2} * \left(\frac{1}{2} Y * Y\right) + bY = \frac{1}{2} Y^2 + b$$
$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} * Y\right)^2 + Y^2} + b = 2,236Y + b$$

Donde:

A = área hidráulica

Y = tirante

P = perímetro mojado

Igualando el radio hidráulico a Y/2 tenemos:

$$Rh = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$\frac{\frac{1}{2} Y^2 + bY}{2,236Y + b} = \frac{Y}{2}$$

$$2 \left(\frac{1}{2} Y^2 + bY\right) = Y(2,236 + b)$$

$$b = 1,236Y$$

Simplificando la ecuación del área

$$A = \frac{1}{2} Y^2 + bY = \frac{1}{2} Y^2 + (1,236Y)Y$$

$$A = 1,736Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, encontraremos el valor del tirante máximo de la cuneta para drenar el caudal máximo que fluirá por la cuneta.

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

Donde:

n = rugosidad de material (0,016 para concreto revestido)

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

A = área de la sección transversal del flujo en metros cuadrados.

$$Q = 1,736Y^2 * \frac{1}{n} * \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,50 = 1,736Y^2 * \frac{1}{0,016} * \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} * 0,0734^{\frac{1}{2}}$$

$$0,0295 = 1,736Y^2 * \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0,0295 = 1,0936Y^{\frac{8}{3}}$$

$$Y = 0,2578 \text{ m}$$

$$b = 0,2578 * 1,236 = 0,30 \text{ m}$$

2.2.6.3. Drenaje transversal

Debido a que el pavimento está diseñado sobre una vía existente, las cunetas tienen la capacidad de brindar el drenaje necesario y adecuado hacia otras estructuras existentes para el desfogue de las aguas pluviales de escorrentía en vías que se unen a la que es diseñada, por lo que no es necesaria la colocación de los mismos.

2.2.7. Diseño de estructura del pavimento

Para este proyecto se diseñó un pavimento de concreto y la estructura consta de subbase, base y carpeta de rodadura.

2.2.7.1. Capa de subbase

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar. Está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 ni mayor de 70 centímetros.

Debe estar libre de vegetales, basura o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento. Su límite líquido debe ser inferior al 35%, su índice plástico no debe ser mayor de 6 y el CBR no debe ser menor al 15%. Ya que la función principal de la sub-base es ser una capa de drenaje, el material por emplearse debe ser granular, la cantidad de material fino (limos y arcilla) que pase el tamiz número 200 no debe ser mayor del 8%.

A continuación, se presenta una tabla que indica la calidad de la subrasante en función del porcentaje de CBR.

Tabla XVIII. **Calidad de subrasante en función del CBR**

C.B.R (%)	Calidad de subrasante
0 – 3	Muy mala
3 – 5	Mala
5 – 20	Buena
20 - 30	Excelente

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p.315.

Ya que el CBR de laboratorio es de 25,43 %, se puede determinar según la tabla anterior que la calidad de la subrasante es excelente. Se procederá a colocar una capa sub-base con el mínimo de espesor de 10 centímetros por estabilidad, drenaje y optimización de costos.

2.2.7.2. Capa de base

Esta permite reducir los espesores de la carpeta de rodadura y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento hacia las cunetas.

Deberá de transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de la carpeta de rodadura y debido a que está en contacto directo con la misma, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito.

Esta capa deberá poseer idealmente un valor soporte CBR de 70% en compactación al 95%. Debido a la excelente calidad de la sub-base se utilizará un espesor mínimo de 10 centímetros para la base.

2.2.7.3. Diseño por el método simplificado PCA

El diseño del pavimento de concreto se realizó por medio del método de la Portland Cement Association (PCA), en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de carga – eje para diferentes categorías de calles y carreteras.

Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga para sus cuatro distintas categorías.

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

A continuación, se desglosan las etapas o pasos del método simplificado:

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente.
- Buscar el módulo de reacción K según CBR de laboratorio.
- Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada.

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre este. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje del TPD o como un valor aparte. El dato de TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones.

Si el periodo de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDC por un factor determinado. Para el cálculo del espesor del pavimento primero se determinó el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD).

$$TPD = 45 \text{ vehículos/día}$$

Este dato se recolectó por medio de un conteo del tráfico durante un periodo de 12 horas. Como resultado se obtuvo un total de 45 vehículos diarios para un periodo de diseño de 20 años.

Luego se procede a determinar el TPD de diseño tomando en cuenta una tasa de crecimiento anual de tránsito de 4,5% y un factor de proyección de 1,6, como lo indica la figura 10.

$$TPD_{\text{diseño}} = 45 * 1,6 = 72 \text{ vehículos/día}$$

Figura 11. Tasas de crecimiento de tránsito y factores de proyección

Tabla 6.3 Tasas anuales de crecimiento de tránsito (r) y sus correspondientes factores de proyección*		
Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de Proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

* Los factores representan valores para la mitad del período de diseño y son ampliamente usados en la práctica corriente.

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 325.

El TPD de diseño dio como resultado 72 vehículos. Con esto se procede a calcular el TPDC de diseño, con el conocimiento de que este es aproximadamente un 3% del TPD. El valor del TPDC es de 3.

Con el valor del TPDC se procede a encontrar la categoría en la cual se encuentra el pavimento y que, según la tabla XX, es la 1.

Tabla XIX. Categoría de carga por eje

Categorías de carga por eje	Descripción	Tránsito			Máximas cargas por eje (KN)	
		TPD	TPDC		Ejes simples	Ejes tandem
			%	Diario		
1	- Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 - 800	1 - 3	hasta 25	98	160
2	- Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). - Calles, arterias y carreteras primarias (bajo).	700 - 5000	5 - 18	40 - 1000	115	195
3	- Calles arterias, y carreteras primarias (medio). - Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio).	3000 - 12000 (2 carriles) 3000 -50000+ (4 carriles o más)	8 - 30	500 -5000+	133	230
4	- Calles arterias, carreteras primarias y vías expresas (alto). - Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto).	3000 - 20000 (2 carriles) 3000 -150000 (4 carriles o más)	8 - 30	1500 -8000+	151	267

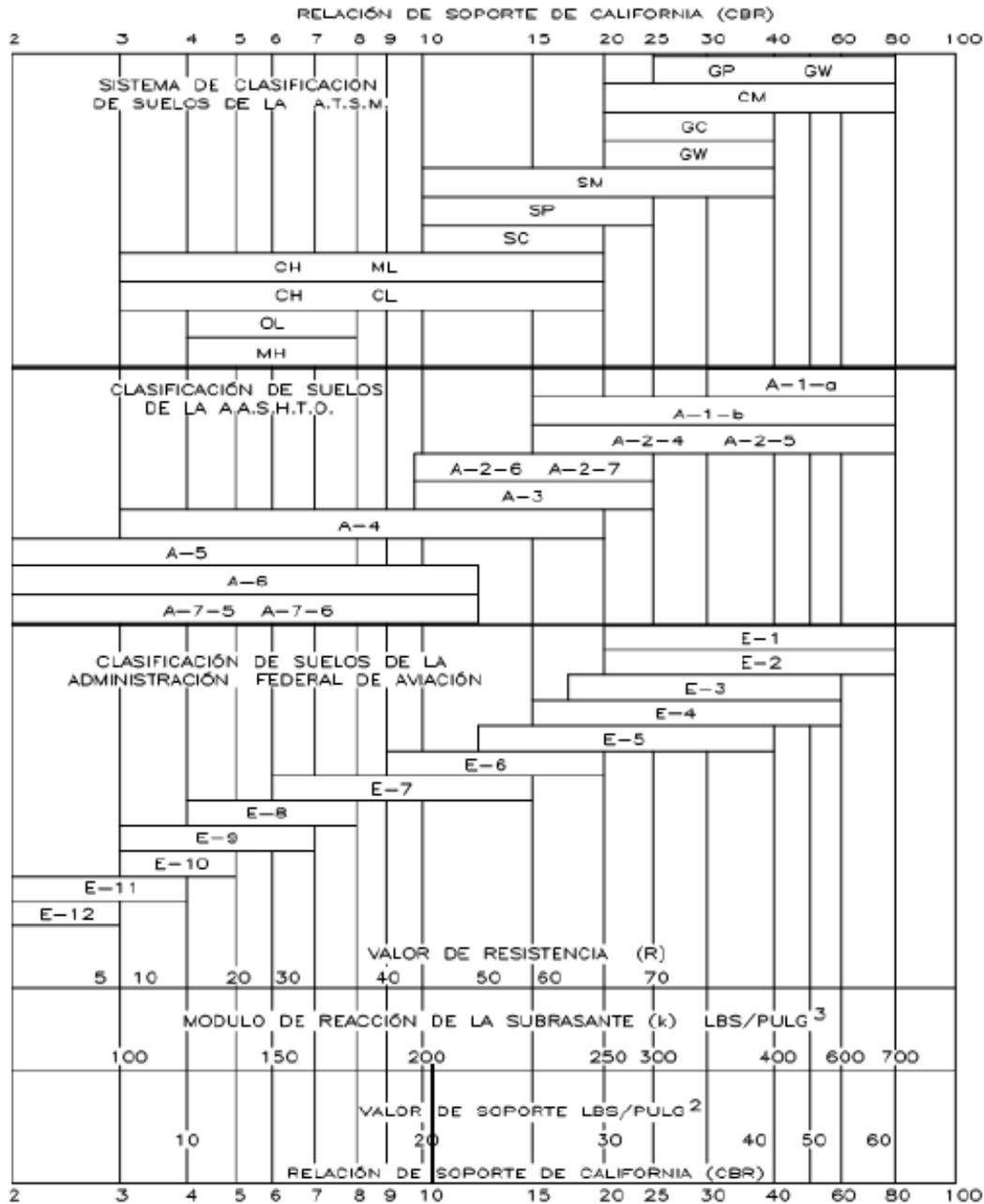
* Los términos bajo, medio y alto se refieren a los pesos relativos de las cargas por eje, para el tipo de calle o carretera considerada; esto es, "bajo" para una autopista interestatal puede representar cargas mucho más pesadas en una carretera secundaria.

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 345.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece el pavimento se encuentra el módulo de reacción K.

Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio al 95,00% de compactación que es de 21,00%, según estudio de suelos. De acuerdo a la figura 12, el valor del módulo de reacción K es de 255 lb/pulg³.

Figura 12. Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación del suelo



Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 323.

Identificado el módulo de reacción k , se determina el nuevo valor del módulo de reacción debido a la inclusión de la base granular, con base en las siguientes tablas:

Tabla XX. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores k MPa/m
Suelos de grano fino, en los que predominan partículas del tamaño del limo y la arcilla.	Bajo	20 - 34
Arenas y mezclas de grava y arena con cantidades moderadas de limo y arcilla.	Medio	35 – 49
Arenas y mezclas de grava y arena relativamente libres de finos plásticos.	Alto	50 - 60
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	70 - 110

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 346.

Tabla XXI. **Valores de k para el diseño sobre bases granulares**

Valor de k de la subrasante lb/pulg ³	Valores de k sobre la base lb/pulg ³			
	Espesor de 100 mm	Espesor de 150 mm	Espesor de 200 mm	Espesor de 250 mm
73	85	96	117	140
147	165	180	210	245
220	235	245	280	330
295	320	330	370	430

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 324.

El nuevo valor del módulo de reacción es de 320 libras/pulg³, equivalente a 87 MPa/m, ya que se utilizará una capa de base granular con un espesor de 10 centímetros.

Para determinar el espesor de la losa se necesita saber el módulo de ruptura del concreto, tomando un 15% de la resistencia a compresión (4000 PSI). El valor final de módulo de ruptura del concreto es 600 PSI (4.1 MPa).

Tabla XXII. **Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto**

	Sin berma o sardinel de concreto				Con berma o sardinel de concreto				
	Espesor de losa (mm)	Soporte subrasante -subbase (MPa/m)			Espesor de losa (mm)	Soporte subrasante -subbase (MPa/m)			
		Bajo (20-34)	Medio (35-49)	Alto (50-60)		Bajo (20-34)	Medio (35-49)	Alto (50-60)	
MR = 4.4 MPa	120		0.1	0.3	MR = 4.4 MPa	100		0.1	0.4
	130	0.2	1	4		110	0.3	2	6
	140	2	11	33		120	4	21	60
	150	18	77	210		130	38	160	410
	160	110	407			140	240		
	170	500							
MR = 4.1 MPa	130		0.2	0.7	MR = 4.1 MPa	110		0.3	1
	140	0.4	2	8		120	0.8	5	15
	150	4	19	54		130	9	41	110
	160	27	110	290		140	65	260	650
	170	140	530			150	360		
	180	600							
MR = 3.8 MPa	140	0.1	0.4	1	MR = 3.8 MPa	110			0.2
	150	0.7	4	12		120	0.1	0.8	3
	160	5	26	72		130	2	9	26
	170	32	130	350		140	14	63	170
	180	150	570			150	90	340	
						160	430		

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 347.

Por medio de la tabla XXIII se procede a determinar el espesor de la losa del pavimento de concreto.

Ya que la carretera poseerá hombros, se busca en el conjunto de la columna de la derecha. En esta, según los valores de módulo de ruptura, TPDC y módulo de reacción encontrados anteriormente, indica que el espesor de la losa debe ser de 120 milímetros para un TPDC de 15. Es el valor más cercano al TPDC de diseño determinado anteriormente, por lo cual se toma 0,12 metros como el espesor del pavimento. Debido a que la medida comercial de costaneras para la construcción es de 6" \approx 15 cm, se construirá un pavimento con espesor de losa de 0,15 metros.

2.2.7.4. Juntas

Las juntas de los pavimentos son diseñadas para soportar diferentes esfuerzos a los que la carpeta de rodadura está expuesta debido a la circulación de los vehículos, movimientos de contracción o expansión y cambios en la temperatura y humedad.

Las juntas son necesarias por las siguientes razones:

- Requisitos de construcción

Lo más frecuente es construir pavimentos rígidos por carriles. Se genera juntas longitudinales, con una separación determinada mediante un diseño realizado con criterios técnicos.

Además de la junta longitudinal descrita, se presentan juntas de construcción transversales cuando se suspenden las labores de colocación de concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral o por alguna interrupción en el suministro de materiales.

- Retracción del concreto

El concreto, al endurecer, ocupa menos volumen que cuando está fresco, debido fundamentalmente a las reacciones de hidratación que ocurren durante el fraguado y, en forma secundaria, al enfriamiento producido por el desprendimiento de calor originado en dicha reacción.

- Dilatación térmica

El aumento de la temperatura en el concreto ocasiona un incremento en su volumen y por ser las losas del pavimento elementos de poco espesor en relación con su área superficial, este aumento de volumen es más notorio en su dimensión longitudinal.

- Aparición de fisuras

Las fisuras por alabeo se originan cuando el concreto se ha endurecido y se somete a los cambios diarios de las condiciones climáticas; entonces se inducen esfuerzos debido a los gradientes de humedad y temperatura.

Las juntas son de diferentes clases según su función y se describen a continuación:

- Juntas longitudinales

Su objetivo básico es controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los cinco metros.

La transmisión de cargas se hace en estos casos por trabazón de agregados. Es usual colocar barras de anclaje que mantengan unidas las caras de las juntas y garanticen su eficiencia.

- Juntas transversales

Su diseño se realiza con el fin de controlar la fisuración del concreto por contracción y alabeo; por lo tanto, el espaciamiento entre ellas debe ser menor de seis metros.

Se ha demostrado que cuando la separación se aproxima a 4,5 metros, permiten controlar prácticamente todas las fisuras y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio es mejor.

- Juntas de contracción

Estas controlan las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto y por el alabeo del pavimento.

La separación entre juntas varía de acuerdo a la forma del agregado y la composición mineralógica de los mismos. Si el agregado es redondeado se puede utilizar menor distancia entre juntas y lo contrario para agregados triturados.

En la siguiente tabla se muestran los espaciamientos recomendados de acuerdo al tipo de agregado.

Tabla XXIII. **Espaciamiento de juntas transversales, según tipo de agregado empleado en el concreto**

Tipo de agregado grueso	Separación máxima entre juntas (m)
Granito triturado	7,5
Caliza triturada	6,0
Grava calcárea	6,0
Grava silíceo	4,5
Grava menor de $\frac{3}{4}$ "	4,5
Escorias	4,5

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 362

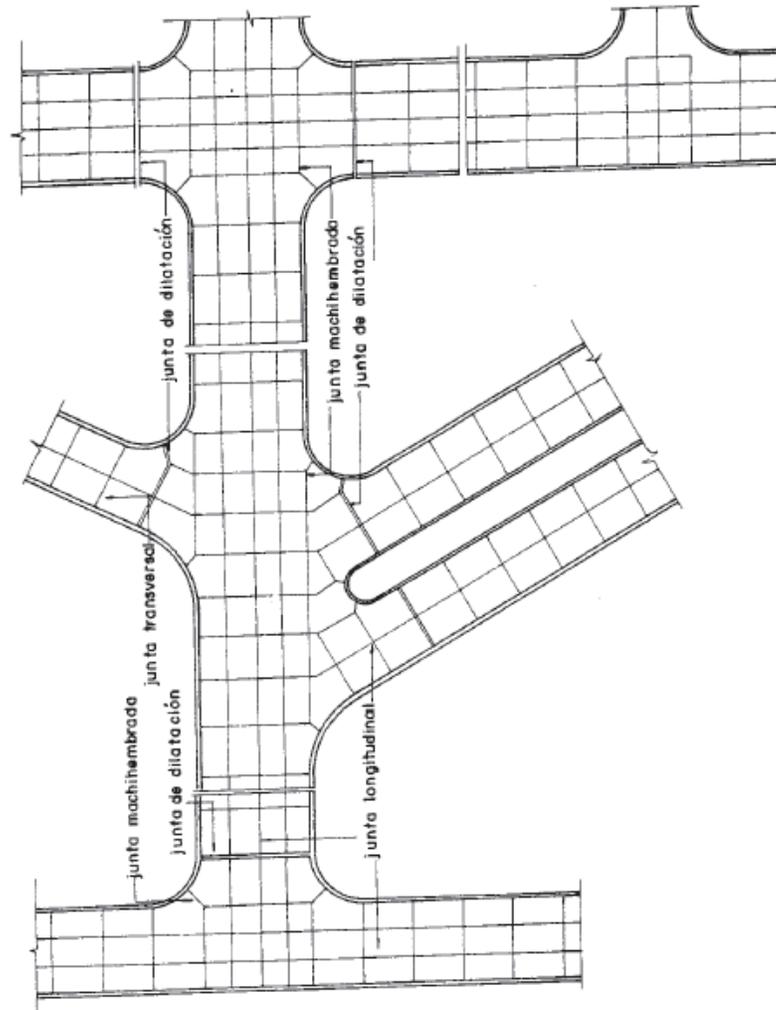
- Juntas de dilatación

Se recomiendan solamente contra construcciones fijas y en intersecciones asimétricas, siempre que el pavimento no se construya con materiales muy expansivos, la temperatura durante la construcción no sea muy baja y la longitud de las losas no sea muy grande.

En la transferencia de cargas se usan varillas lisas lubricadas en una de sus mitades, mitad en cuyo extremo se provee de una cápsula para facilitar el movimiento del pasador. Las dimensiones más comunes de estas varillas son: diámetro de $\frac{1}{8}$ del espesor de la losa, 45 cm de longitud y separación entre varillas de 30 cm.

Finalmente, se presente un ejemplo de la distribución de las juntas en la siguiente figura:

Figura 13. **Distribución de juntas en pavimentos rígidos**



Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para concretos*. p. 364

2.2.7.5. **Diseño de mezcla del concreto**

Para este pavimento se utilizará concreto con una resistencia de 4000 psi (281 kg/cm²). El diseño de mezcla se realizará con base en las diferentes tablas que se muestran a continuación. Una vez se tiene el tipo de elemento se procede a determinar el asentamiento por medio de la siguiente tabla:

Tabla XXIV. Asentamiento según tipo de elemento

Elemento	Asentamiento (CM)
Cimientos, vigas, columnas, muros reforzados	10
Losas, pavimentos	8
Concreto masivo	5

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

El asentamiento para el pavimento según la tabla anterior es de 8 centímetros. Tomando en cuenta que se utilizará un agregado grueso de ½", se procede a determinar la cantidad de agua que se va a utilizar y la relación agua cemento por medio de las siguientes tablas:

Tabla XXV. Cantidad de agua según asentamiento

Asentamiento (CM)	Cantidad de agua en (L/M3)				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 – 5	205	200	185	180	175
8 -10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

Tabla XXVI. Relación agua/cemento según resistencia

Resistencia (kg/cm2)	Relación A/C
352	0,47
316	0,5
281	0,54
246	0,57
210	0,6
176	0,64

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

La cantidad de agua, según la tabla XXIII, es de 215 litros por cada metro cúbico de concreto, y la relación A/C es 0,54. Con estos datos se procede a determinar los porcentajes de agregado fino y agregado grueso, por medio de la siguiente tabla:

Tabla XXVII. Porcentaje de agregados

Diámetro de agregado grueso (pulgadas)	% arena	% agregado grueso
3/8"	48	52
1/2"	46	54
3/4"	44	56
1"	42	58
1 1/2"	40	60

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

Como se describe en la tabla anterior, según el diámetro que se utilizará el porcentaje de agregado fino (arena) es de 46% y el de agregado grueso es de 54%. Con estos datos se procede a determinar los kilogramos por metro cúbico de cada uno de los materiales que componen al concreto, por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{\text{Cantidad de agua (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación A/C}} = \frac{215 \text{ kg/m}^3}{0,54} = 398,15 \text{ kg}$$

$$\text{Agregados (kg)} = \text{Concreto} - \text{Cemento} - \text{Agua} = 1786,85 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino (kg)} = \text{Agregados} * \%AF = 1786,85 \text{ kg} * 0,46 = 821,95 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso (kg)} = \text{Agregados} * \%AG = 1796,85 \text{ kg} * 0,54 = 964,9 \text{ kg}$$

En la siguiente tabla se muestran los pesos unitarios de cada uno de los materiales, calculados por medio de las ecuaciones anteriores.

Tabla XXVIII. **Peso de materiales**

Material	Peso (kg)
Cemento	398,15
Agregados	1786,85
Agregado fino	821,95
Agregado grueso	964,9

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

El siguiente paso es determinar las proporciones unitarias para el diseño de mezcla del pavimento utilizando los datos calculados en la tabla anterior y por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Cemento = \frac{Cemento}{Cemento} = \frac{398,15 \text{ kg}}{398,15 \text{ kg}} = 1$$

$$Agregado \text{ fino} = \frac{Agregado \text{ fino}}{Cemento} = \frac{821,95 \text{ kg}}{398,15 \text{ kg}} = 2,06$$

$$Agregado \text{ grueso} = \frac{Agregado \text{ grueso}}{Cemento} = \frac{964,90 \text{ kg}}{398,15 \text{ kg}} = 2,42$$

$$Agua = \frac{Agua}{Cemento} = \frac{215 \text{ kg}}{398,15 \text{ kg}} = 0,54$$

A continuación, se presentan las proporciones unitarias según el diseño de mezcla del pavimento de concreto:

Cemento : Agregado fino : Agregado Grueso : Agua

1 : 2,06 : 2,42 : 0,54

Por medio de la proporción unitaria se procede a determinar las proporciones volumétricas. Se debe tomar en cuenta que el agregado fino posee un peso específico de 1350 kg/m³; el agregado grueso de 1400 kg/m³; el concreto, de 2400 kg/m³ y el cemento, de 3150 kg/m³.

Tomando como referencia un metro cúbico de concreto, por medio de las siguientes ecuaciones se pueden determinar las proporciones volumétricas.

$$Cemento = \frac{Cemento * 1m^3}{Peso\ específico\ cemento} = \frac{398,15\ kg}{1517\ kg/m^3} = 0,26\ m^3$$

$$AF = \frac{Agregado\ fino}{Peso\ específico\ AF} = \frac{821,95\ kg}{1350\ kg/m^3} = 0,61\ m^3$$

$$AG = \frac{Agregado\ grueso}{Peso\ específico\ AG} = \frac{964,9\ kg}{1400\ kg/m^3} = 0,69\ m^3$$

$$Agua = \frac{Agua}{Peso\ específico\ agua} * \frac{264,17\ gal}{1\ m^3} = \frac{215\ kg * 264,17\ gal}{1000\ kg/m^3} = 56,8\ gal$$

A continuación, se presentan las proporciones volumétricas según el diseño de mezcla del pavimento de concreto:

$$\frac{C}{C} : \frac{AF}{C} : \frac{AG}{C} : \frac{Agua}{C}$$

1 : 2,35 : 2,65 : 0,83

2.2.8. Elaboración de planos

Los planos constituyen, junto al presupuesto, los parámetros importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto. En los planos se resume la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Se realizaron utilizando el software AutoCAD Civil 3D 2017.

2.2.9. Presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada con base en renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios. El precio unitario está compuesto por material y herramienta, equipo y maquinaria, mano de obra directa e indirecta y un factor de indirectos del 35% que incluye gastos administrativos, fianzas, supervisión y utilidad.

2.2.9.1. Integración de precio unitario

A continuación, se presenta una tabla con el ejemplo del desglose de la integración del precio unitario de cada uno de los renglones trabajados para el pavimento de concreto.

Tabla XXIX. Integración de precio unitario

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA					
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN					
INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	PAVIMENTO DE CONCRETO				
UBICACIÓN:	SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ				
	FECHA:	ene-18			
REGLÓN No. 4.1		CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
CUNETA REVESTIDA		3,426.18	M	Q 76.41	Q 261,797.56
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
No.	DESCRIPCIÓN DEL INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	CEMENTO	786.00	SACO	Q 74.83	Q 58,816.38
2	ARENA	51.00	M3	Q 102.00	Q 5,202.00
3	PIEDRIN	58.00	M3	Q 240.00	Q 13,920.00
4	AGUA	49.00	TONEL	Q 25.00	Q 1,225.00
5					Q -
			HERMIENTAS	4.00%	Q 3,166.54
SUBTOTAL DE MATERIAL Y HERRAMIENTA					Q 82,329.92
MAQUINARIA Y EQUIPO					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	CONCRETERA	40.00	DIA	Q 450.00	Q 18,000.00
2					Q -
3					Q -
4					Q -
5					Q -
SUBTOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA					Q 18,000.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO DEL REGLÓN
1	FUNDICIÓN	81.37	M3	Q 190.00	Q 15,460.30
2	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	3,426.18	M	Q 15.00	Q 51,392.70
3					Q -
4					Q -
5					Q -
MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 66,853.00
MANO DE OBRA NO CALIFICADA				40.00%	Q 26,741.20
TOTAL COSTO DIRECTO: (materiales + equipo + combustible + mano de obra + otros):					Q 193,924.12
TOTAL COSTO INDIRECTO: (administrativos + fianzas + supervisión + utilidad):				35.00%	Q 67,873.44
TOTAL DEL REGLÓN					Q 261,797.56

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.2.9.2. Resumen de renglones de trabajo

A continuación, se presenta el resumen de renglones de trabajo, el cual incluye cantidades de trabajo, unidades de medida, precio unitario y el costo total de la ejecución del proyecto.

Tabla XXX. Resumen de renglones de trabajo

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA					
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN					
RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO					
			FECHA		ene-18
PROYECTO:	PAVIMENTO DE CONCRETO				
UBICACIÓN:	SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ				
No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL REGLON
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	1.71	Km	Q 19,670.75	Q 33,696.00
2	EXCAVACION				
2.1	EXCAVACION NO CLASIFICADA	5802.49	M3	Q 164.15	Q 952,488.18
2.2	EXCAVACION NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	805.04	M3	Q 87.19	Q 70,187.58
3	PAVIMENTO				
3.1	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE	9422.00	M2	Q 13.71	Q 129,130.39
3.2	BASE GRANULAR ESPESOR 0.10m	942.20	M3	Q 273.94	Q 258,108.15
3.3	PAVIMENTO DE CONCRETO ESPESOR 0.15m	1413.30	M3	Q 1,563.10	Q 2,209,127.69
3.4	BORDILLO	3246.18	M	Q 85.32	Q 276,964.08
4	DRENAJE				
4.1	EXCAVACIÓN PARA DRENAJE	411.14	M3	Q 75.60	Q 31,082.18
4.2	CUNETAS REVESTIDAS	3426.18	M	Q 76.41	Q 261,797.56
TOTAL					Q 4,222,581.81

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.2.9.3. Cronograma de ejecución física y financiera

En la siguiente tabla se encuentra el tiempo estimado de ejecución del proyecto y el costo estimado por cada mes.

Tabla XXXI. Cronograma de ejecución física y financiera

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACION														
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO														
MUNICIPIO: ANTIGUA GUATEMALA														
DEPARTAMENTO: SACATEPEQUEZ														
CRONOGRAMA DE INVERSIÓN														
No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	SEMANA	MES 1	SEMANA	MES 2	SEMANA	MES 3	SEMANA	MES 4	SEMANA	MES 5	TOTAL PERIOD
1	TRABAJOS PRELIMINARES													
1.1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	Km	1.71		33,636.00									Q. 33,636.00
2	EXCAVACION													
2.1	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M3	5802.49		272,139.48	544,278.97								Q. 816,418.45
2.2	EXCAVACION NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	M3	805.04											Q. 70,187.58
3	PAVIMENTO													
3.1	CONFORMACION DE SUBRASANTE	M2	9422.00											Q. 120,150.39
3.2	BASE GRANULAR ESPESOR 0.10	M3	942.20											Q. 258,108.15
3.3	PAVIMENTO DE CONCRETO ESPESOR 0.15	M3	1413.30											Q. 2,209,127.68
3.4	BORRILLO	M	3246.18											Q. 1,264,543.33
4	DRENAJE													
4.1	EXCAVACION PARA DRENAJE	M3	511.14											Q. 31,082.18
4.2	CUNETAS PERIFERICA	M	3426.18											Q. 261,797.54
AVANCE FINANCIERO				Q	305,852.48	Q	593,020.06	Q	506,305.37	Q	1,641,437.54	Q	1,209,282.87	Q. 4,222,581.81
AVANCE PORCENTUAL				73%		13.26%		11.99%		38.29%		28.64%		100.00%
AVANCE PORCENTUAL ACUMULADO				73%		20.98%		32.49%		71.38%		100.00%		



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

2.2.10. Evaluación ambiental

La construcción de carreteras, al igual que cualquier actividad realizada por el hombre en la naturaleza, genera un impacto en las características ambientales, ya sea físico, biológico o de carácter social. Por tanto, es necesaria la realización de un estudio o evaluación de impacto ambiental, según lo requiera el caso.

2.2.10.1. Evaluación ambiental inicial

El acuerdo ministerial 199-2017 listado taxativo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) categoriza al mejoramiento de caminos rurales, caminos vecinales, calles y avenidas con asfalto, concreto, adoquinado o balasto, como categoría C de Bajo Impacto Ambiental Potencial.

El instrumento ambiental del proyecto es de categoría C y será necesario llenar el formulario para esta categoría.

A continuación, se presenta un ejemplo de la evaluación de impacto ambiental:

Tabla XXXII. Ejemplo de evaluación de impacto ambiental

Información del proyecto:	
Nombre de la comunidad	Aldea San Pedro Las Huertas.
Departamento	Sacatepéquez.
Título del proyecto	Pavimentación de carretera.
Consideraciones especiales	Solamente las tomadas en campo y en escritorio para el diseño del proyecto.
Consideraciones de áreas protegidas	
¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida?	No
Nombre del área protegida	No aplica.
Categoría de manejo de área protegida	No aplica.
Base legal de la declaratoria del área protegida	No aplica.
Ente administrador del área protegida	No aplica.
Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida	No se encuentra dentro de zonas protegidas.
Por la ubicación del proyecto dentro de áreas protegidas del SIGAP	Este proyecto no requiere de un estudio de impacto ambiental.
Consideraciones sobre ecosistemas naturales	
¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural?	No.
¿Cuál es el estado actual del ecosistema?	No aplica.
Otras consideraciones	
Zona de alto valor escénico	No.
Área turística	No.
Sitio ceremonial	No.
Sitio arqueológico	No.
Área de protección agrícola	No.
Área de asentamiento humano	No.
Área de producción forestal	No.
Área de producción pecuaria	No.

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. El diseño del alcantarillado se realizó con base en las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), cumpliendo con todos los requisitos para brindar un buen servicio a lo largo de su vida útil. Además, este beneficiará a la población al brindarles un mejor nivel de vida.
2. El diseño del pavimento de concreto se realizó con base en las normas de la Dirección General de Caminos y el método de la Portland Cement Association. Cumple con las especificaciones según los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, para proveer una infraestructura de calidad a lo largo de su vida útil. Este pavimento agilizará el ingreso y salida a la aldea para los pobladores.
3. Los instrumentos ambientales que corresponden a estos proyectos, según el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades del Acuerdo Ministerial No.199-2016, la carretera es un proyecto de bajo impacto ambiental potencial y el alcantarillado sanitario es de moderado o bajo impacto ambiental potencial, debido a que es un proyecto de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

1. La construcción de ambos proyectos debe ser supervisada por profesionales capacitados para garantizar que los trabajos se efectúen de acuerdo a los planos y especificaciones autorizadas.
2. Impartir, por medio de la municipalidad de Antigua Guatemala, una inducción a los habitantes de cada aldea en donde se realizarán los proyectos, para brindar mantenimiento y garantizar el buen funcionamiento de los proyectos durante su vida útil.
3. Construir un sistema de tratamiento de aguas residuales para el alcantarillado sanitario de la aldea El Hato, con el fin de cumplir con el reglamento de las descargas de reuso de aguas residuales.
4. Los materiales utilizados en ambos proyectos deben ser sometidos a pruebas de laboratorio para garantizar la seguridad y condiciones óptimas de resistencia.

BIBLIOGRAFÍA

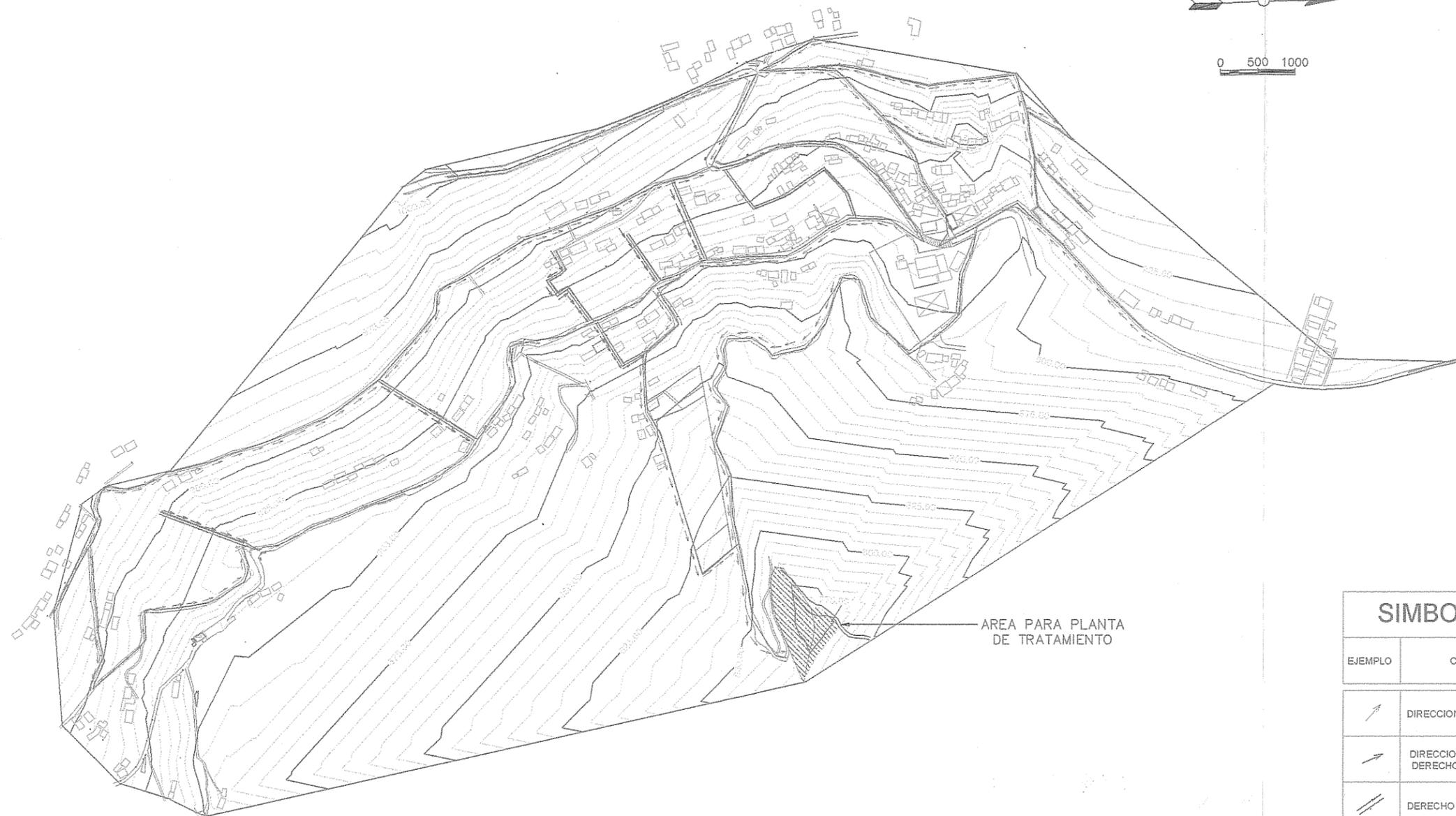
1. AASHTO. *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Washington DC, 2007. 1551 p.
2. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2009. 15 p.
3. MALDONADO CIFUENTES, Edgar Daniel. *Diseño de carretera que conduce de aldea Sajcavillá hacia cabecera municipal de San Raymundo, y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 249 p.
4. MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Tomo 1. Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones, 2002. 378 p.
5. RALDA QUIJADA, Raúl Guillermo. *Diseño de ampliación y mejoramiento de carretera que conduce de la aldea Tuichilupe a la aldea Piedra de Fuego y edificio de concejos comunitarios de desarrollo ubicado en el municipio de Comitancillo, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 364 p.

6. SANTOS MORALES, Antonio José Alejandro. *Diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal el Alto y un alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra, Antigua Guatemala, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 168 p.

APÉNDICES

- Apéndice 1. **Diseño del alcantarillado sanitario de la aldea El Hato y el diseño del pavimento de concreto de la aldea San Pedro las Huertas, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.**

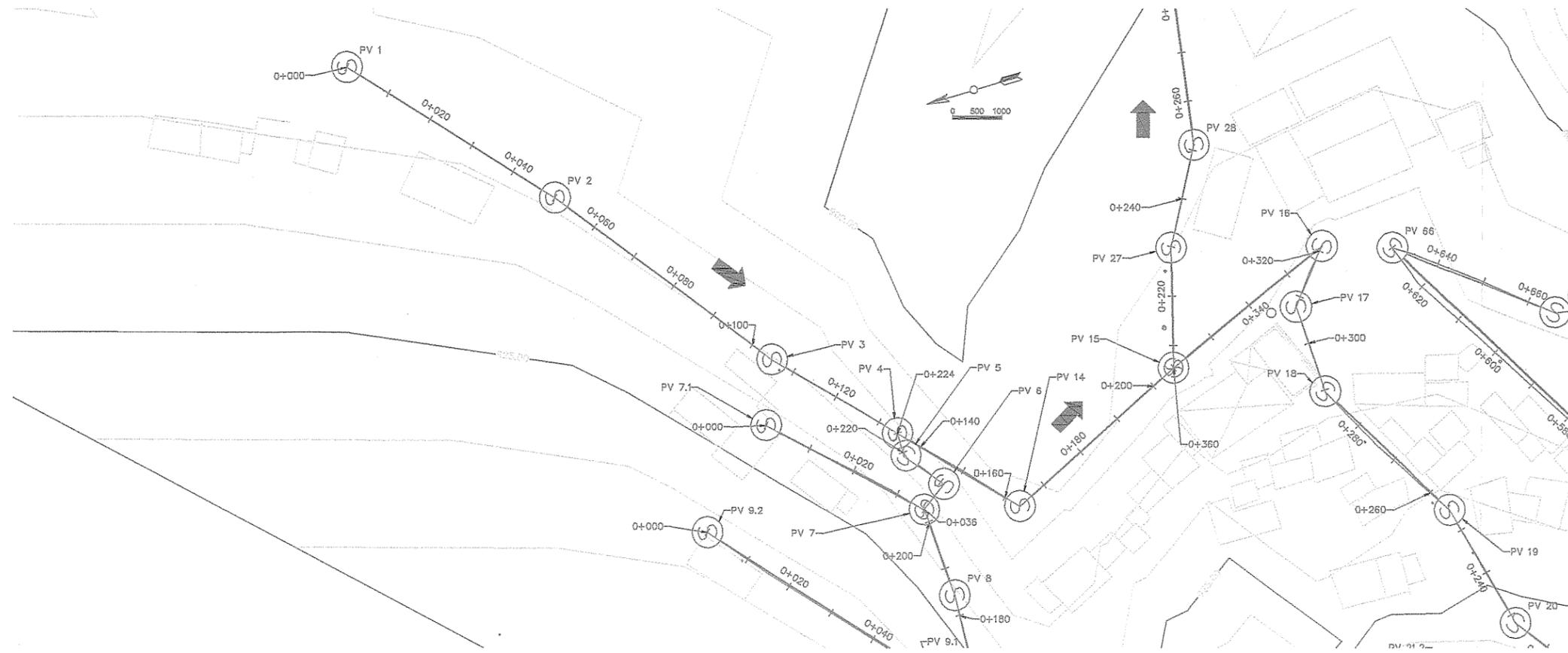
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



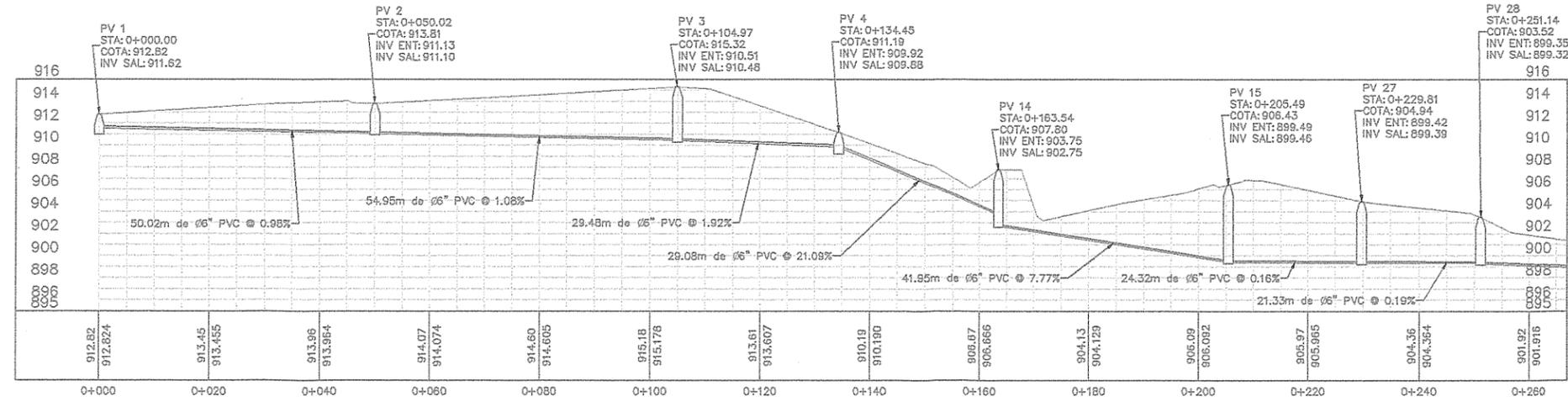
SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
	DIRECCION DE FLUJO
	DIRECCION DE FLUJO EN DERECHO DE PASO
	DERECHO DE PASO
	VIVIENDAS

PLANTA GENERAL ALCANTARILLADO SANITARIO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
	PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDIA SAN PEDRO LAJUNTA, CANTON LAS UNAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ
ESCALA: 1/1000	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa ASesor de EPS
FECHA: ENERO 2018	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
DIBUJO: CARLOS FARFAN	Facultad de Ingeniería
DISEÑO: CARLOS FARFAN	24
CALCULO: CARLOS FARFAN	



PLANTA PV 1 A PV 28



PERFIL PV 1 A PV 28

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE ALCAHUTAS SANITARIAS EN LA ALDEA LAS HUERTAS, CANTÓN SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA, SACATEPEQUE

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

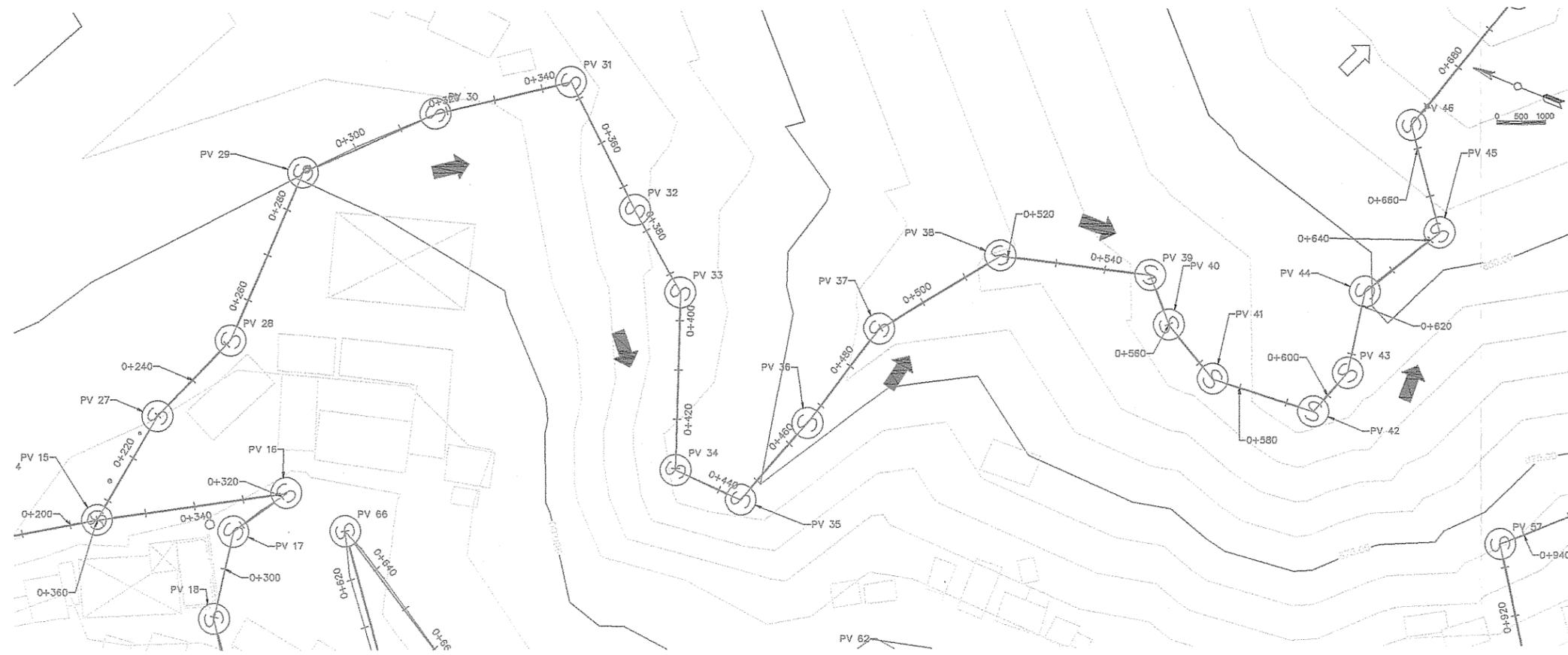
DISEÑO: CARLOS FARRAN

CALCULO: CARLOS FARRAN

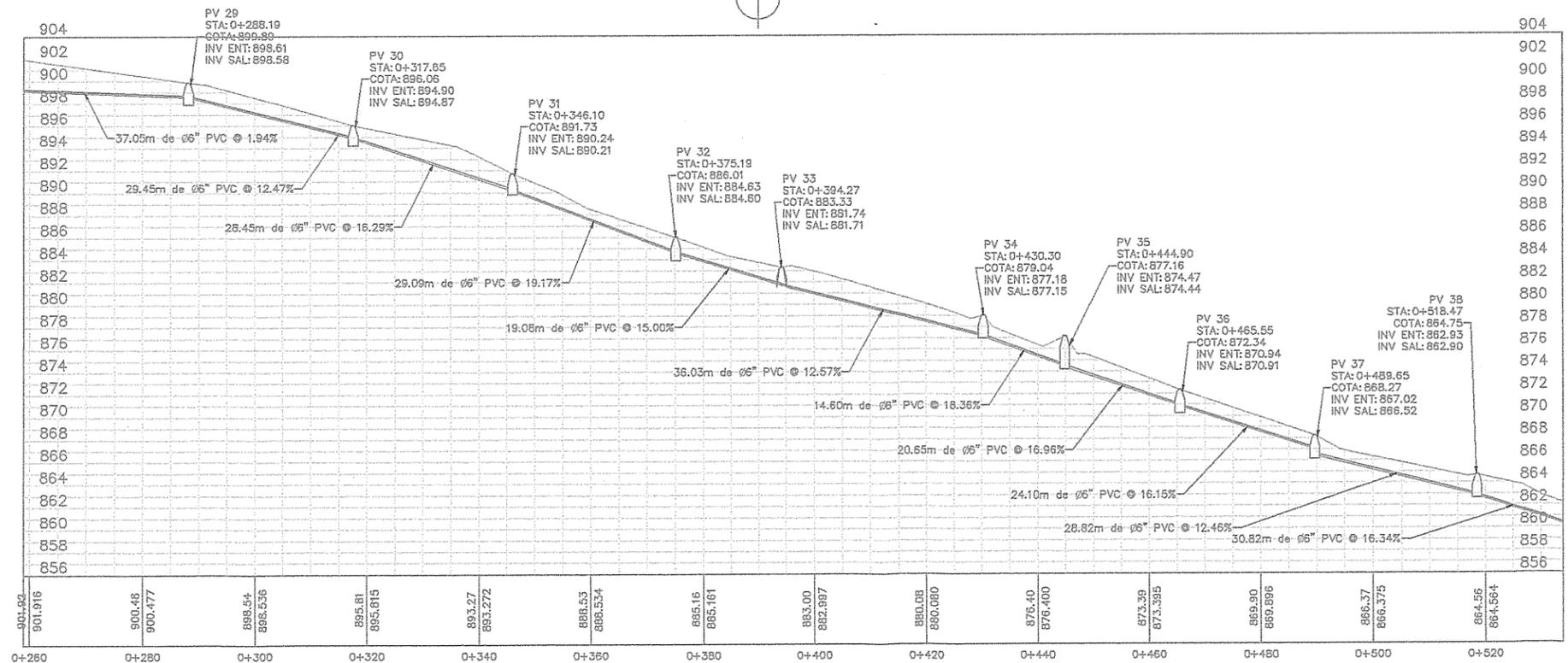
CONTENIDO: PLAN DE ALCAHUTAS

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

24



PLANTA PV 29 A PV 38



PERFIL PV 29 A PV 38

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE ALCAANTARILLAS PARA EL CANTÓN DE ALDEA SAN PEDRO LAS CABAÑAS DE LA ZONA DE LA SIERRA DE LA CUCUTZA, DEPARTAMENTO DE QUETZEN

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

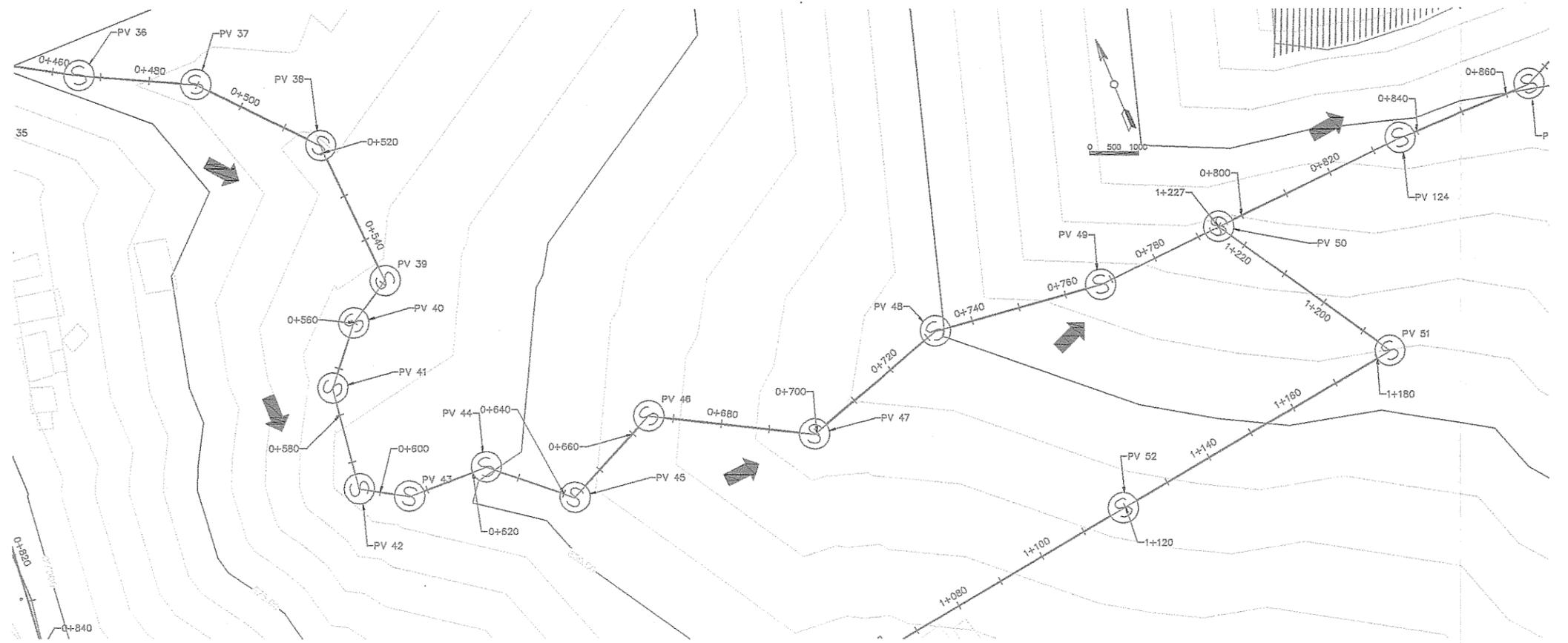
DIBUJO: CARLOS FARRAN

DISEÑO: CARLOS FARRAN

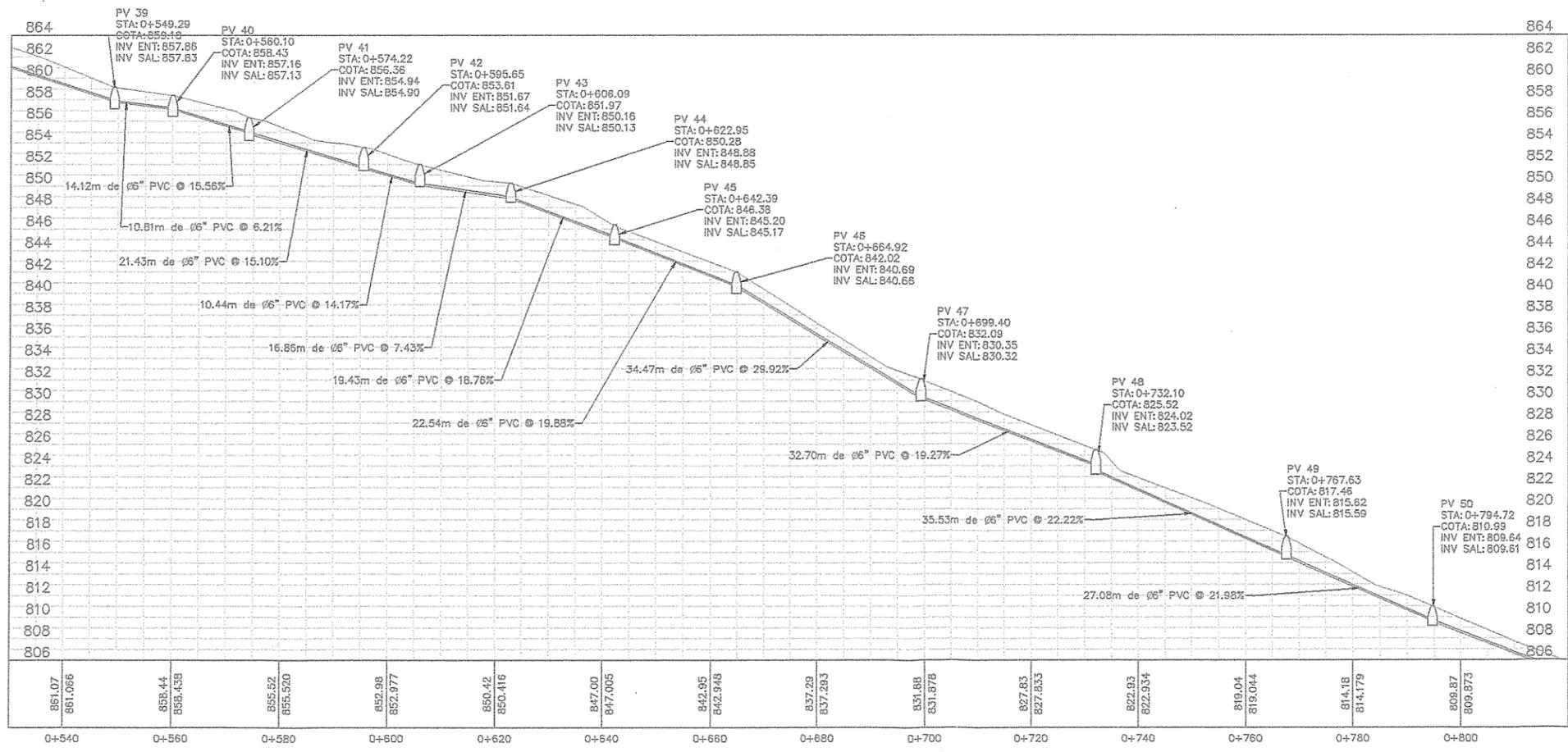
CALCULO: CARLOS FARRAN

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Guadalupe
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería y EPS

24



PLANTA PV 39 A PV 50



PERFIL PV 39 A PV 50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SANITARIO DEL CANTÓN SAN PEDRO DE VERDUGAS, ANTIQUA GUATEMALA, GUATEMALA

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

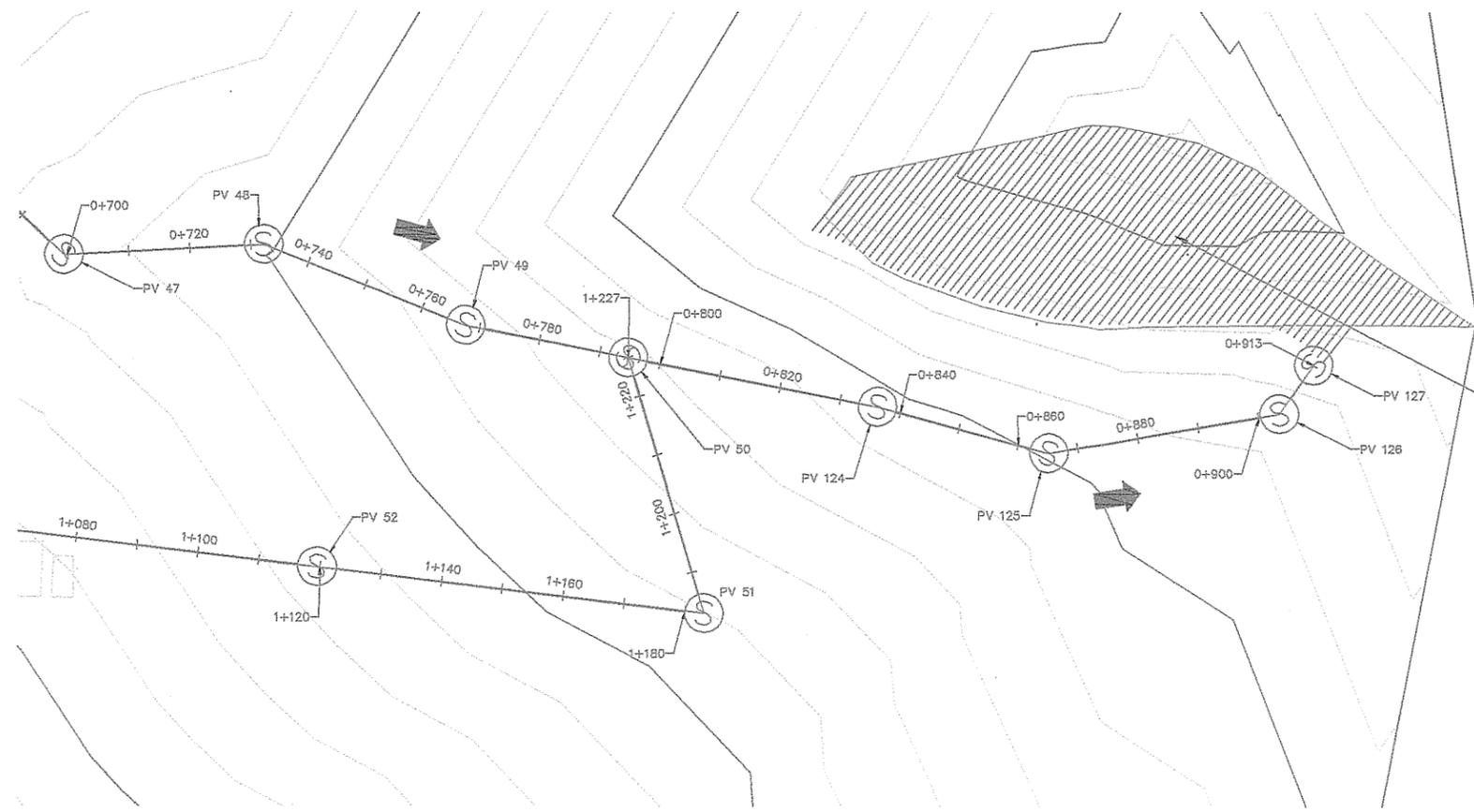
DISEÑO: CARLOS FARFÁN

CALCULO: CARLOS FARFÁN

ING. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASesor SUPERVISOR DE EPS

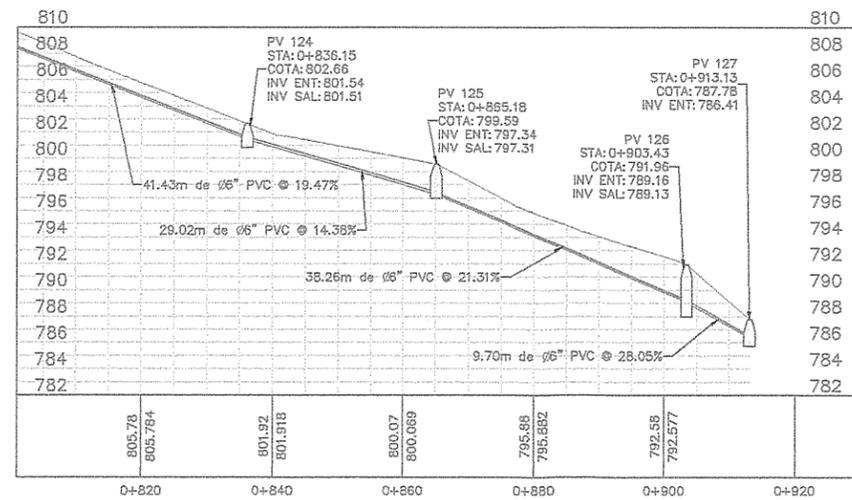
Unidad de Técnicas de Ingeniería y EPS

4 / 24



AREA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA PV 124 A PV 127



PERFIL PV 124 A PV 127

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CAYANES, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

DISEÑO: CARLOS FARRAN

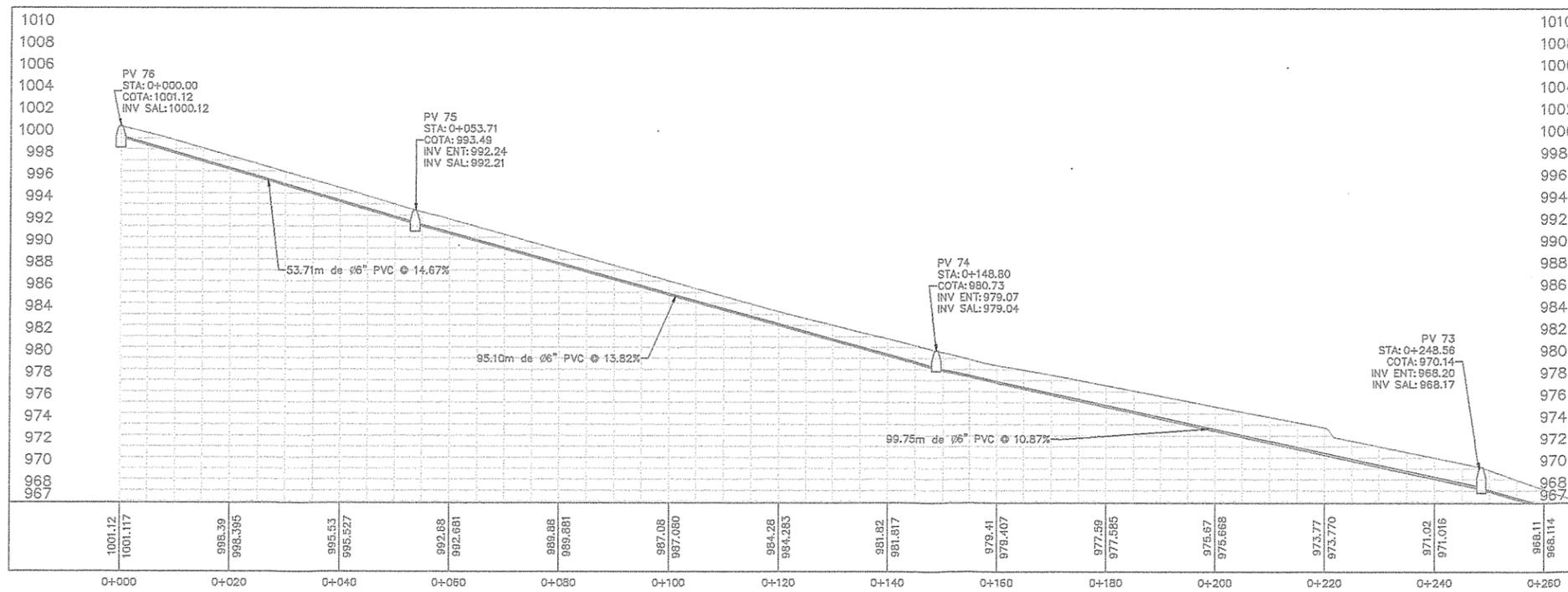
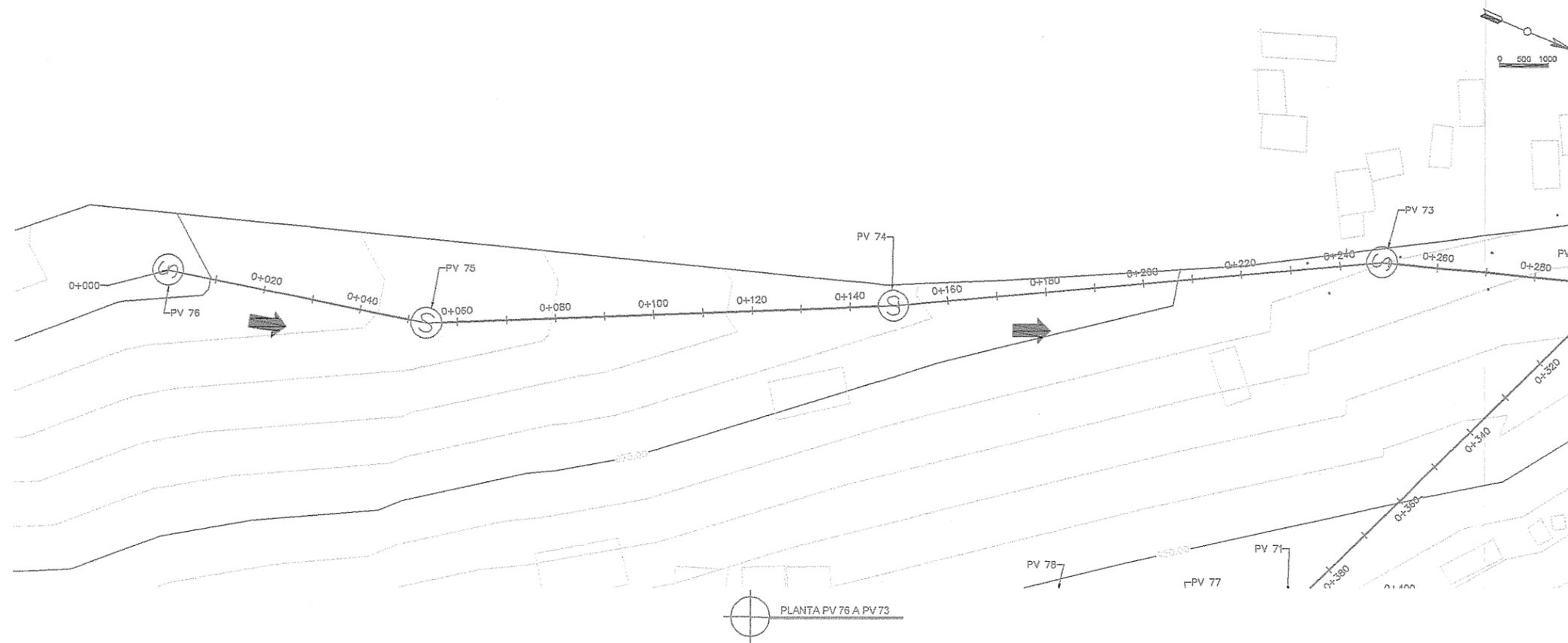
ASesor: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa

ASESOR SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería y EPS

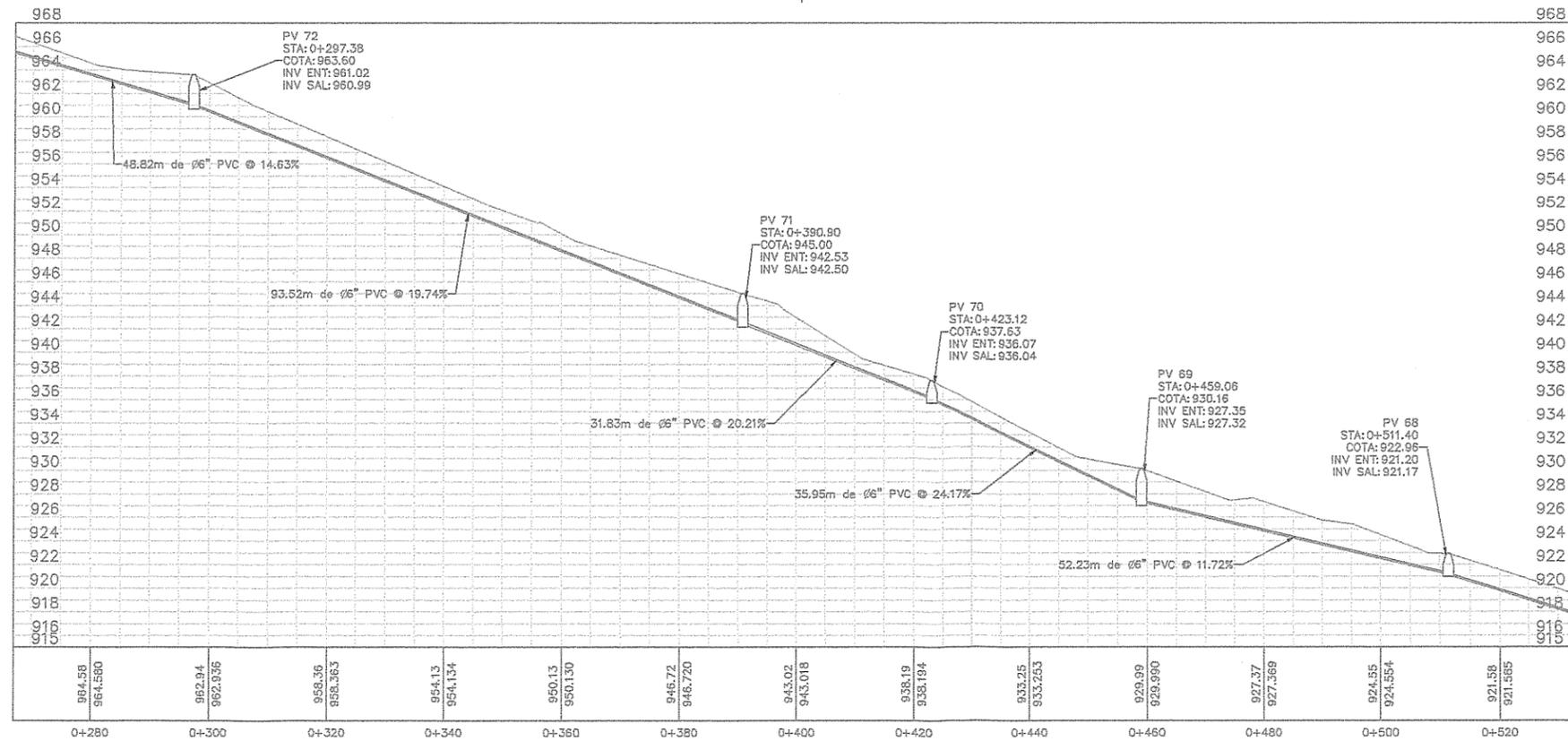
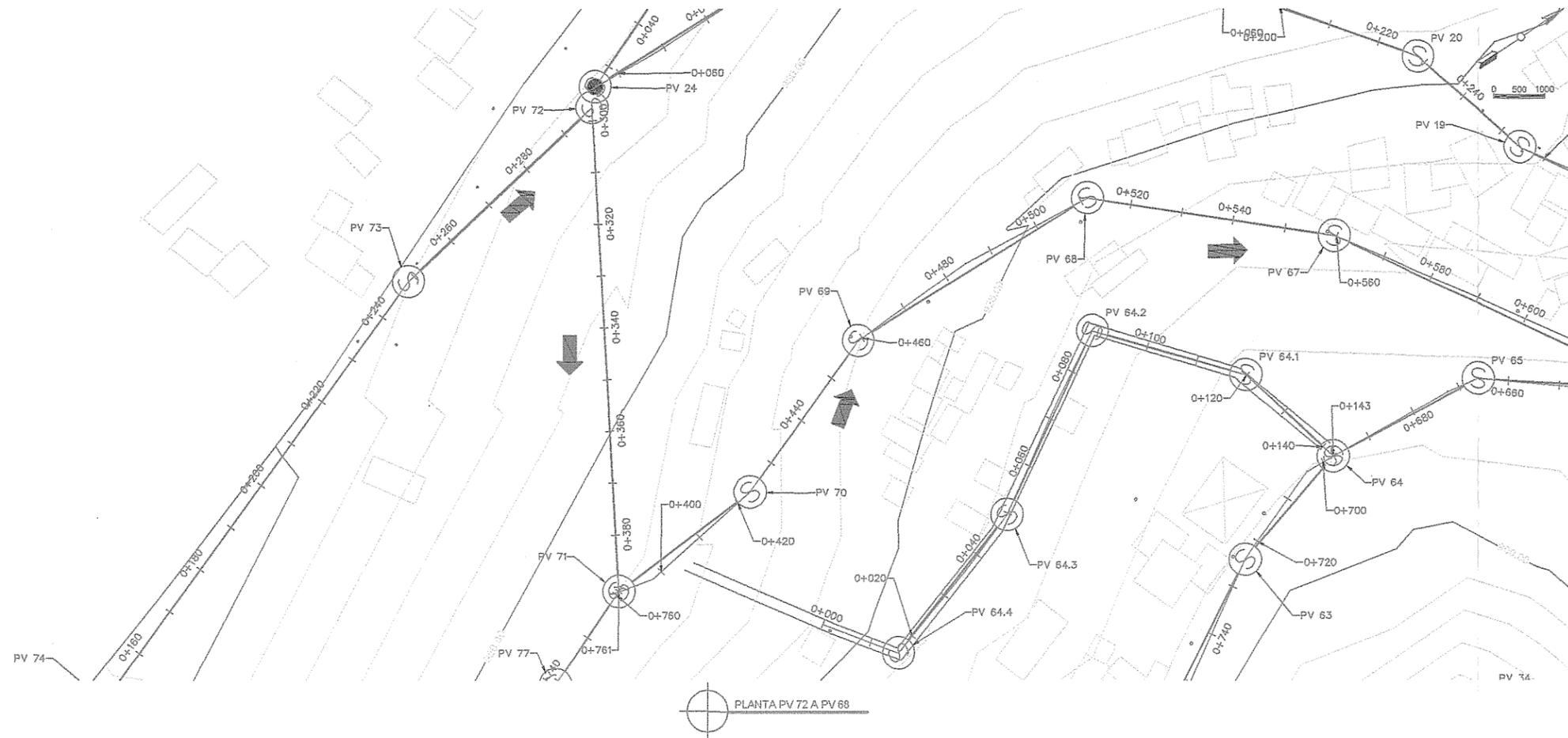
CALCULO: CARLOS FARRAN

24



PERFIL PV 76 A PV 73

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO EN LA ALDEA LAS HUERTAS, CANTÓN SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, SACATEPEQUEZ	
ESCALA: 1/500	CONTENIDO: PLANTA DE PERFILES Y ALICATADO
FECHA: ENERO 2018	DISEÑO: CARLOS FARFÁN
DISEÑO: CARLOS FARFÁN	CÁLCULO: CARLOS FARFÁN
Ing. Alfredo Arriyilaga Ochoaeta INGENIERO SUPERVISOR DE EPS Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería	



PERFIL PV 72 A PV 68

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE EJERCICIO DE LA INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCAANTADO SANITARIO EN LAS HUERTAS ANTIGUA GUATEMALA, SAN PEDRO CAYALUTEN, DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO CAYALUTEN, GUATEMALA

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

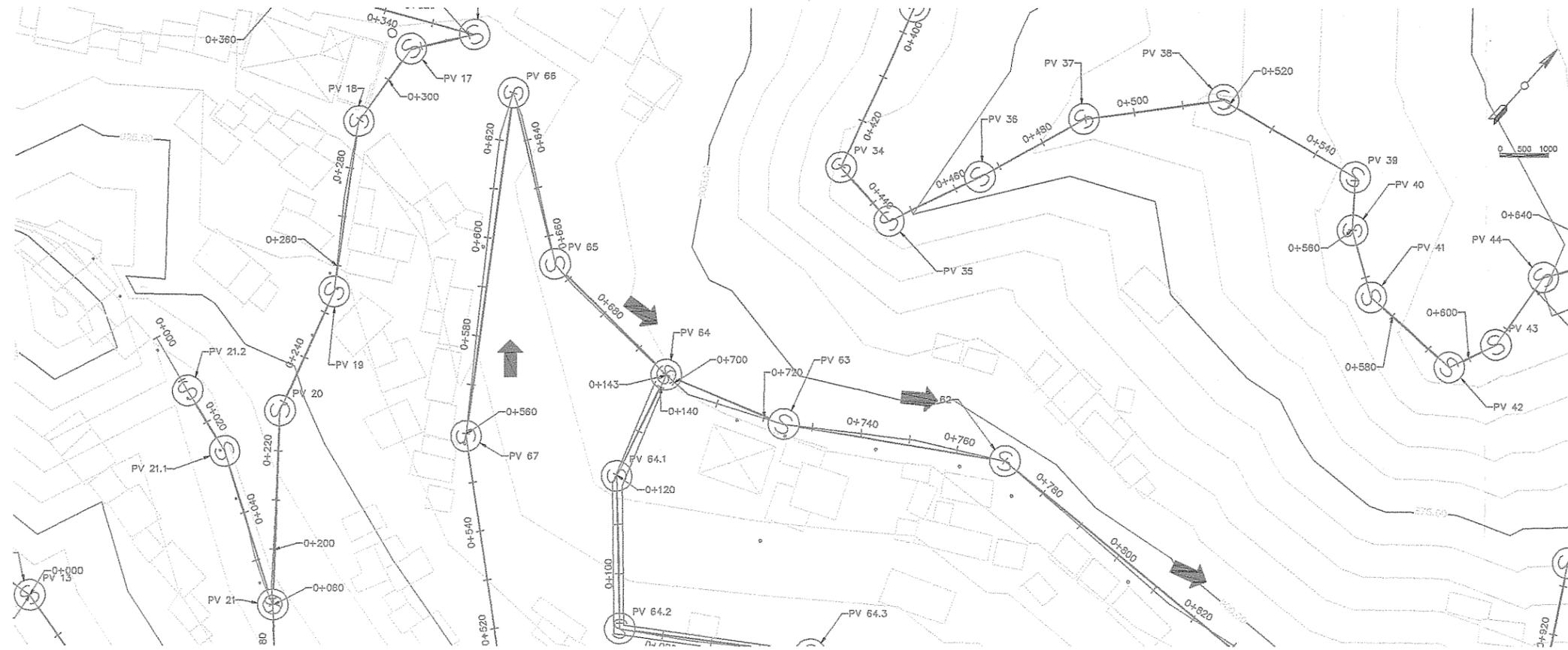
DIBUJO: CARLOS FARFAN

DISEÑO: CARLOS FARFAN

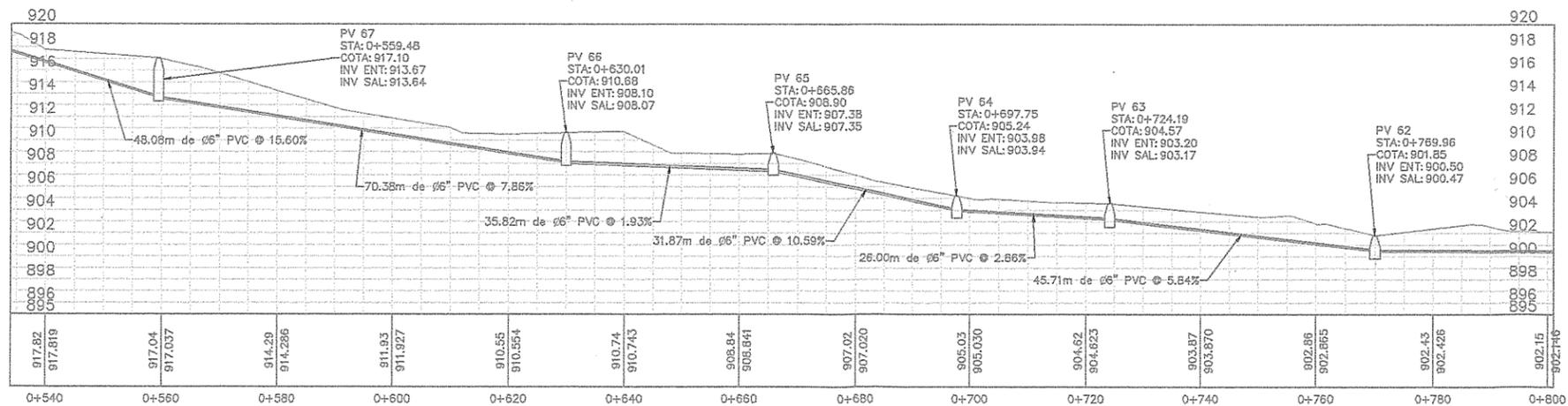
CALCULO: CARLOS FARFAN

Ing. Mario Alfredo Arriola Ochoa
 SUPERVISOR DE EPS

7
24

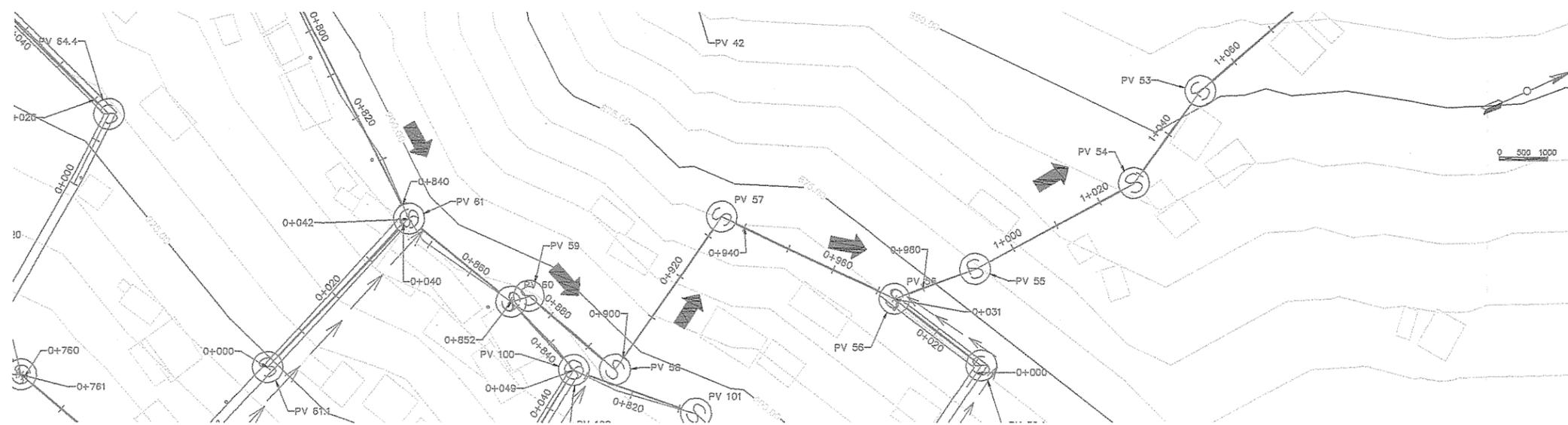


PLANTA PV 67 A PV 62

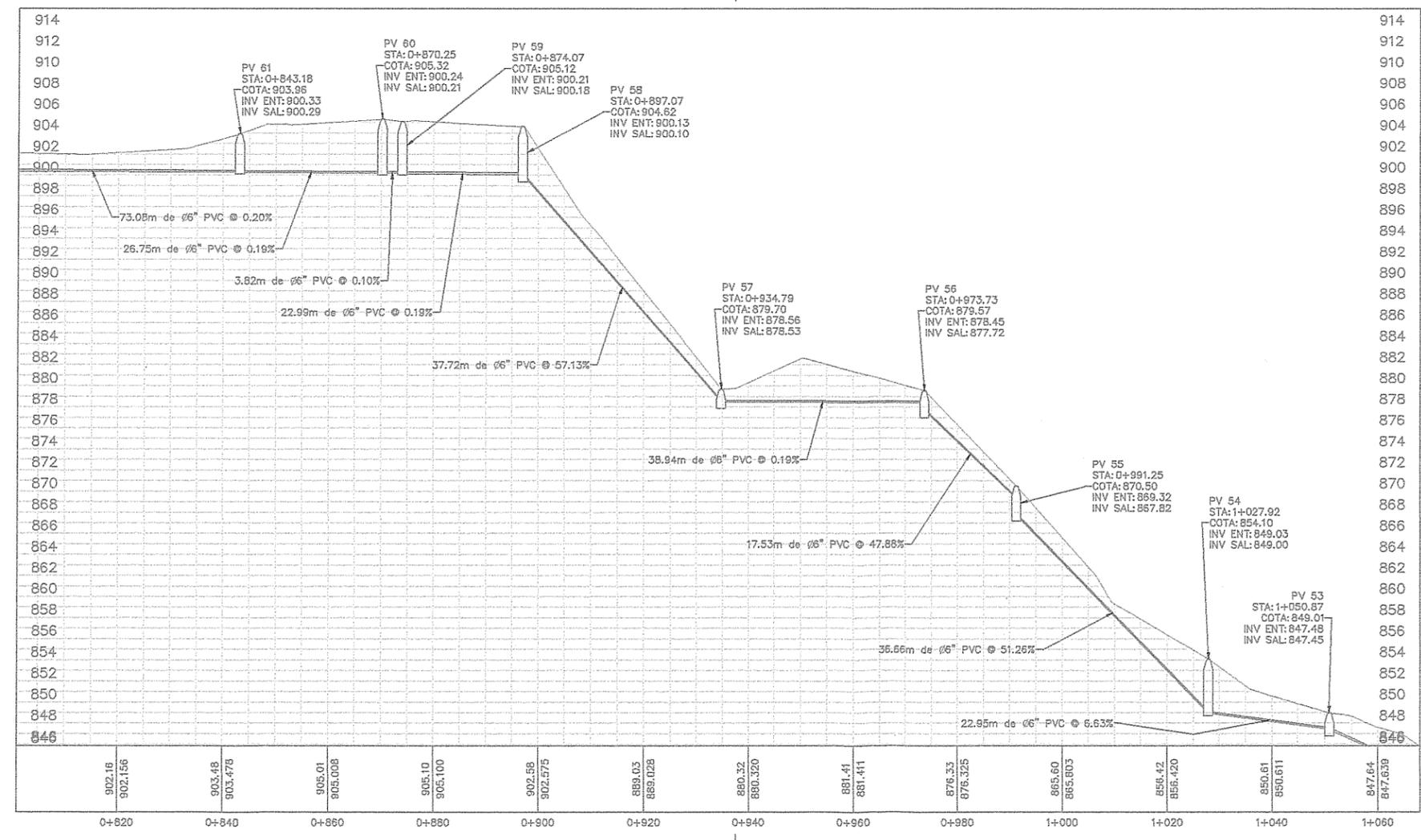


PERFIL PV 67 A PV 62

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL DE INGENIEROS		PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA SANITARIO PARA LA ZONA SAN PEDRO LAS CUELLAS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA	
ESCALA: 1/500	FECHA: ENERO 2018	COMITÉ:	ASISTENTE TECNICO DE EPS Y EPS
DIBUJO: CARLOS FARRAN	DISEÑO: CARLOS FARRAN	CALCULO: CARLOS FARRAN	HECHA 8 24

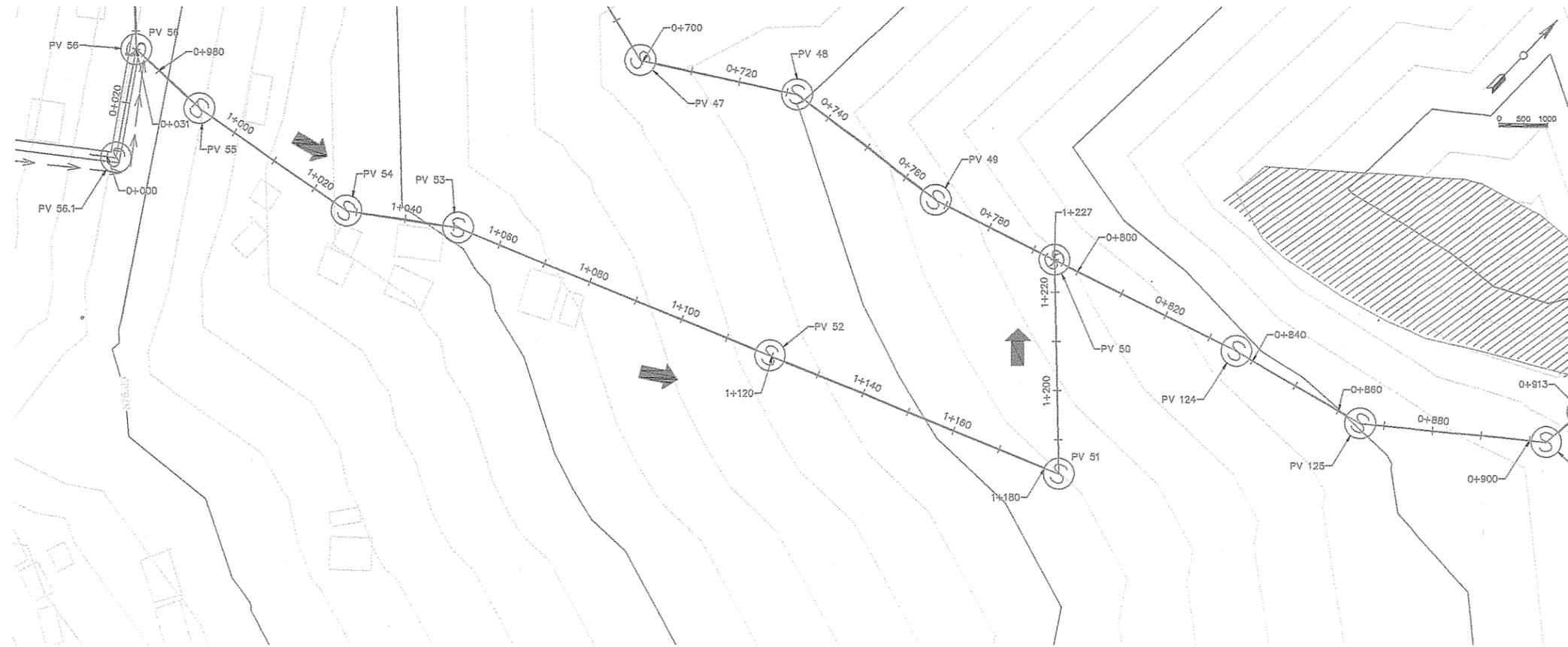


PLANTA PV 61 A PV 53

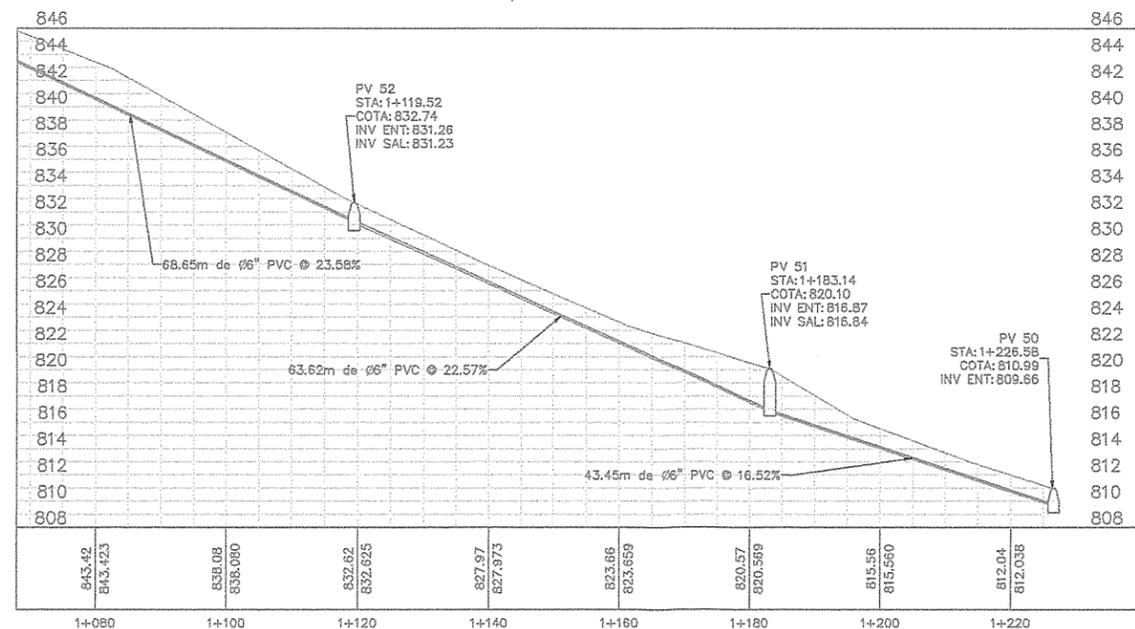


PERFIL PV 61 A PV 53

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO DE PROFESION EN INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS	
PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE AGUAS SANITARIAS DE LA ALDEA SAN PEDRO PUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA	DISEÑADO POR: Ing. Manuel Alfredo Arvizuelo Ochoa ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
ESCALA: 1/500	FECHA: ENERO 2018
DIBUJO: CARLOS FARFAN	CALCULO: CARLOS FARFAN
HOJA 9	24

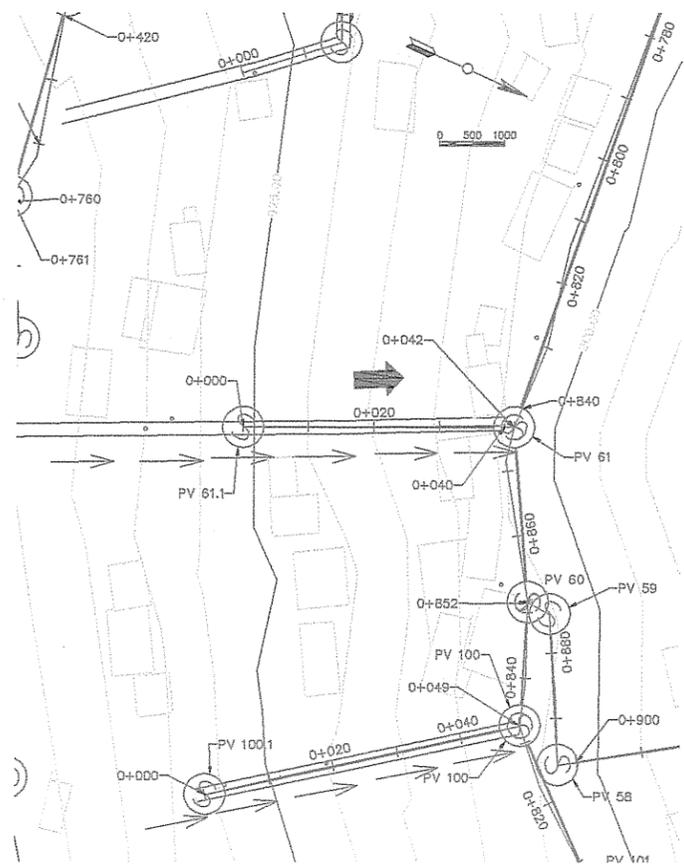


PLANTA PV 52 A PV 50

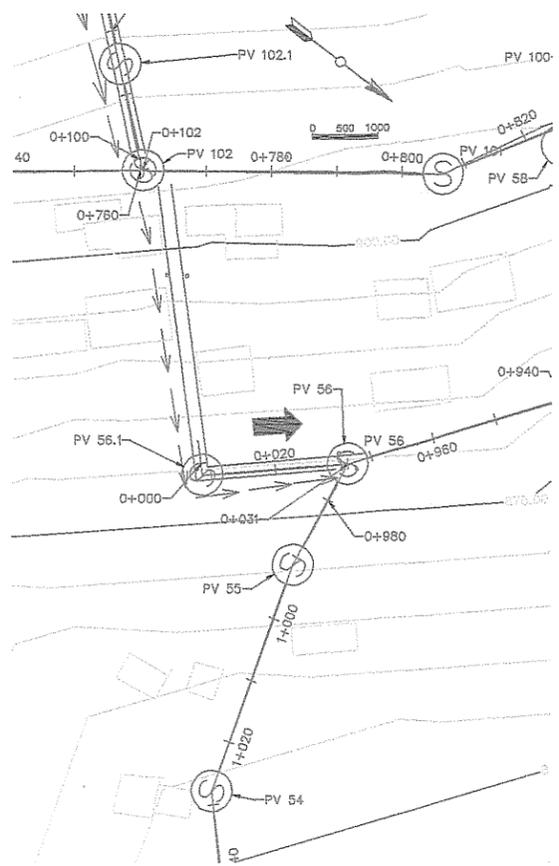


PERFIL PV 52 A PV 50

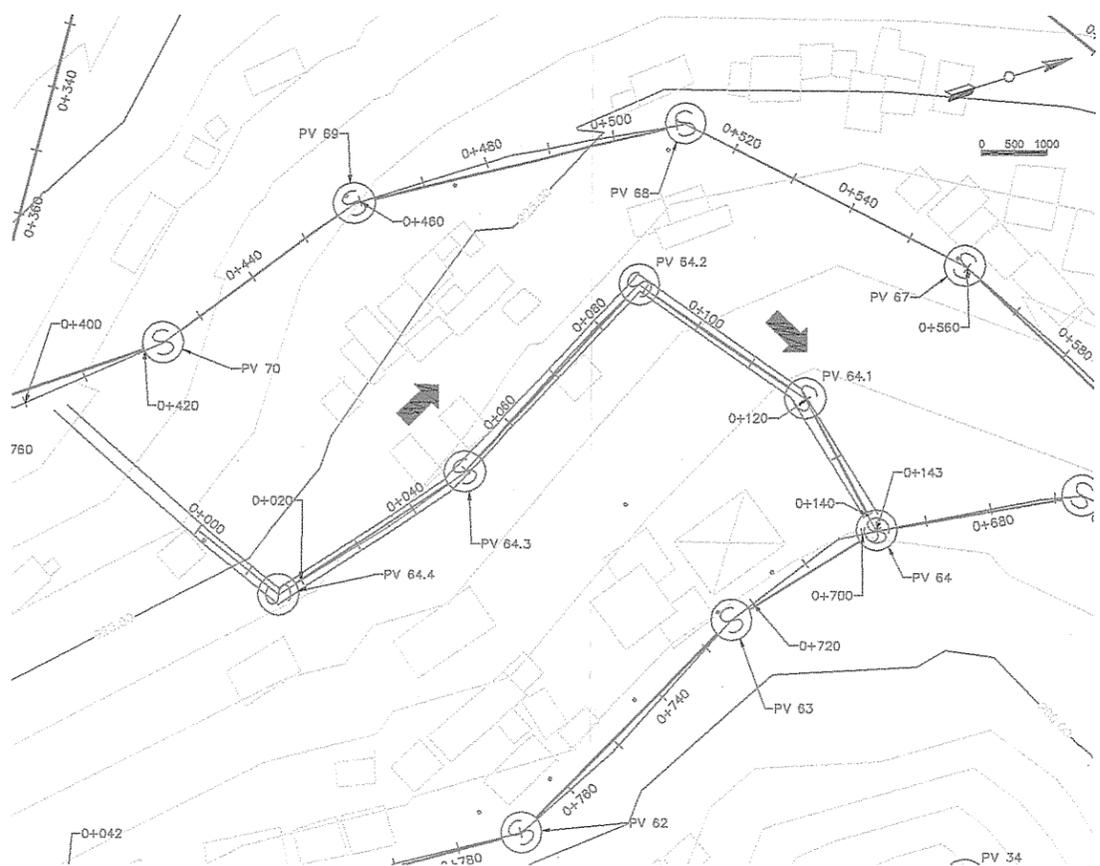
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS</p>	
PROYECTO:	DISEÑO DE UN SISTEMA SANITARIO EN LAS VILLAS ANTIGUA GUATEMALA
ESCALA:	1/500
FECHA:	ENERO 2018
DIBUJO:	CARLOS FARFAN
DISEÑO:	CARLOS FARFAN
CALCULO:	CARLOS FARFAN
<p>Ing. Manuel Alfredo Arzuaga Ochoa SUPERVISOR DE EPS</p> <p>Ing. Carlos Farfan SUPERVISOR DE EPS</p>	
HOJA	10
	24



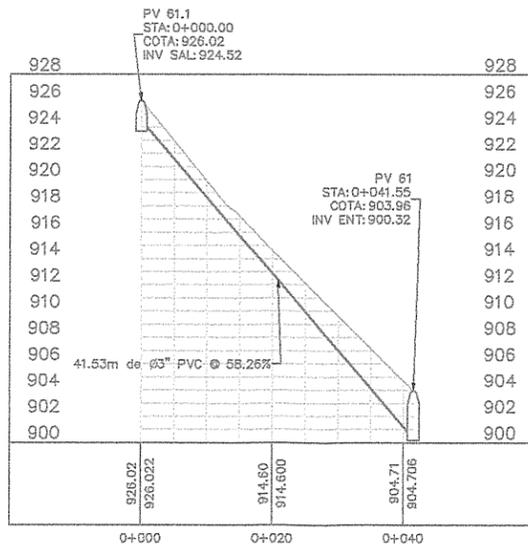
PLANTA PV 61.1 A PV 61



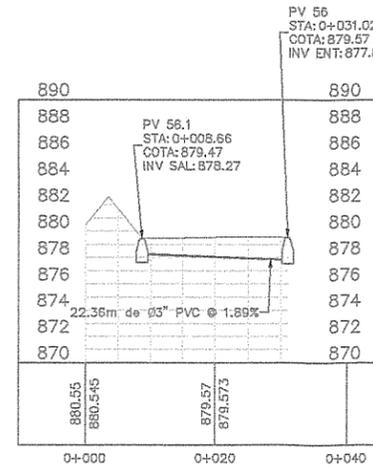
PLANTA PV 56.1 A PV 56



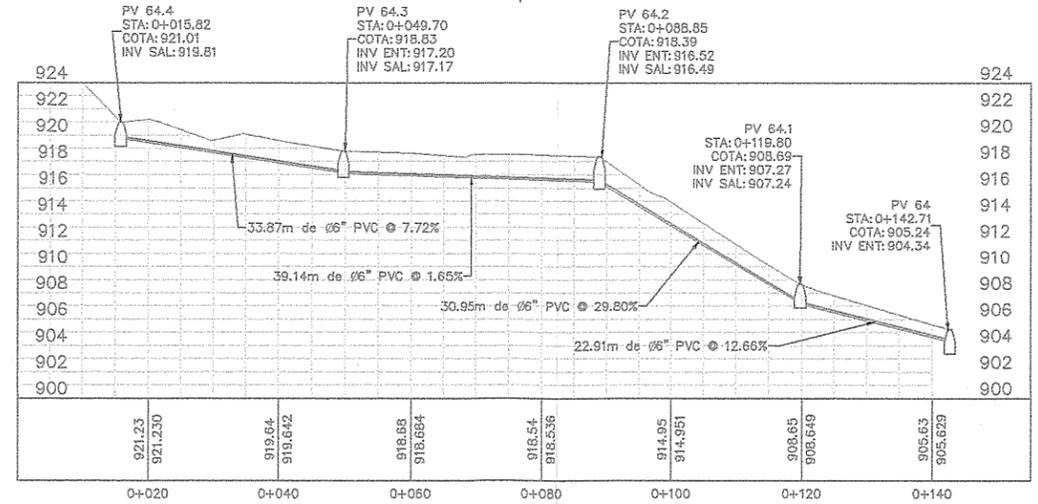
PLANTA PV 64.1 A PV 64



PERFIL PV 61.1 A PV 61



PERFIL PV 56.1 A PV 56



PERFIL PV 64.1 A PV 64

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE EJERCICIOS DE GRADUACION

PROYECTO: DISEÑO DE SANITARIOS EN LA ZONA DE SAN PEDRO DE CERTAS ANIGUA QUATEQUEN

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

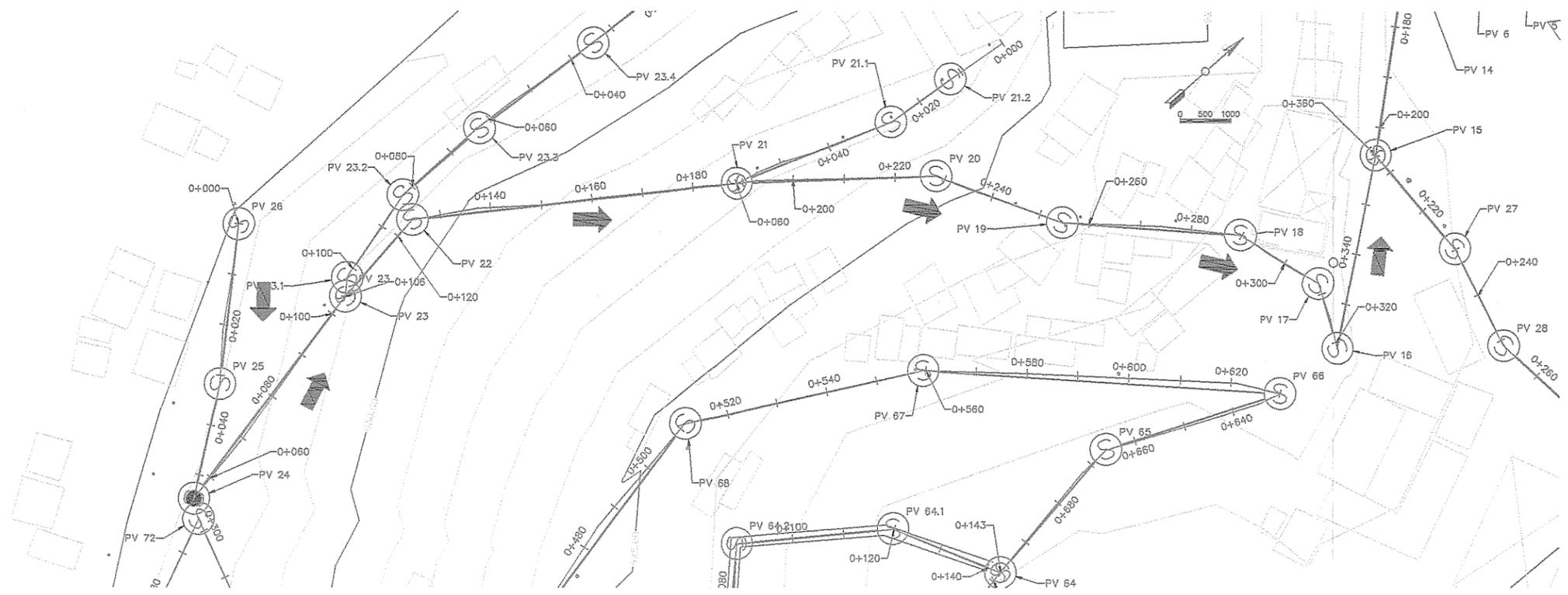
DISEÑO: CARLOS FARFAN

DIBUJO: CARLOS FARFAN

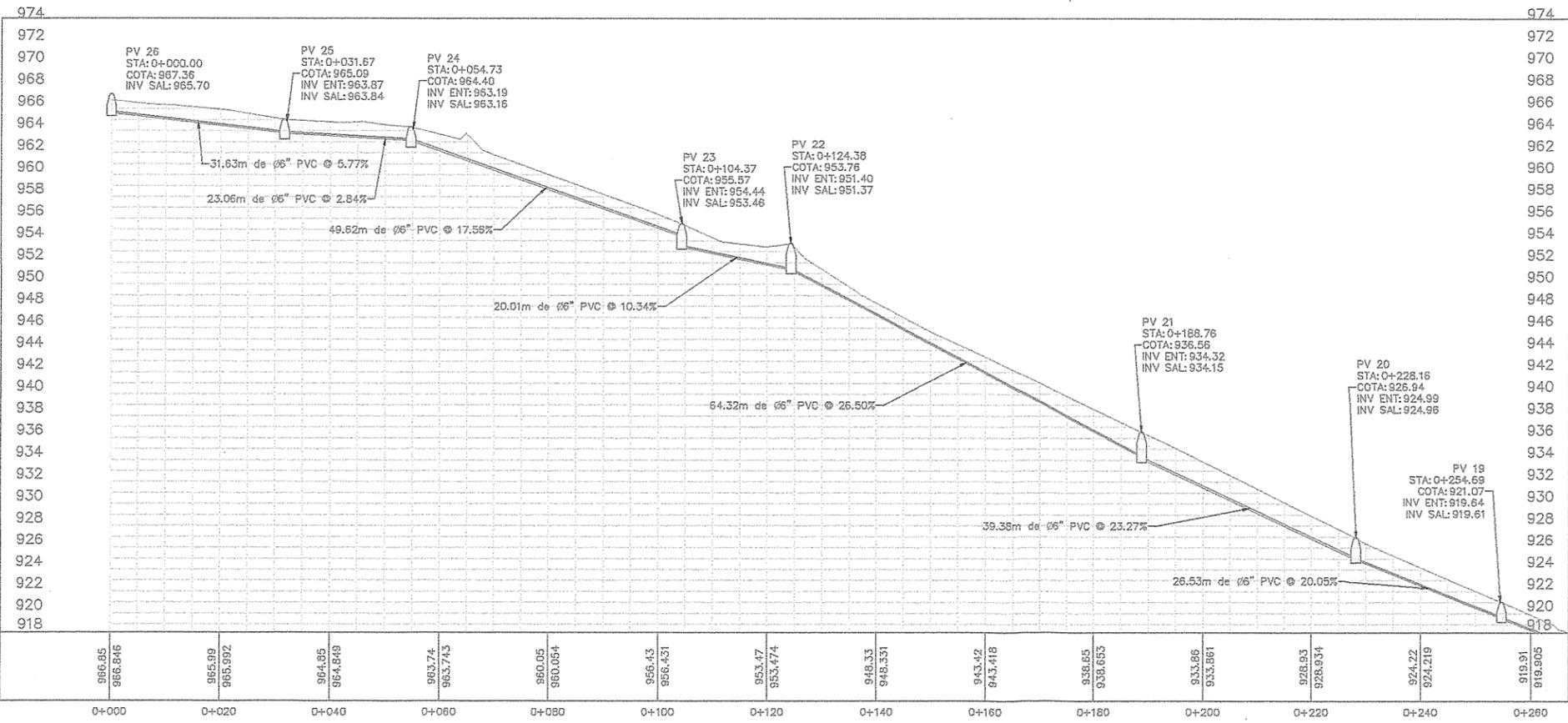
CALCULO: CARLOS FARFAN

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
Supervisor de E.P.S.
Asesor de Ingeniería E.P.S.
Unidad de Proyectos de Ingeniería E.P.S.
Facultad de Ingeniería

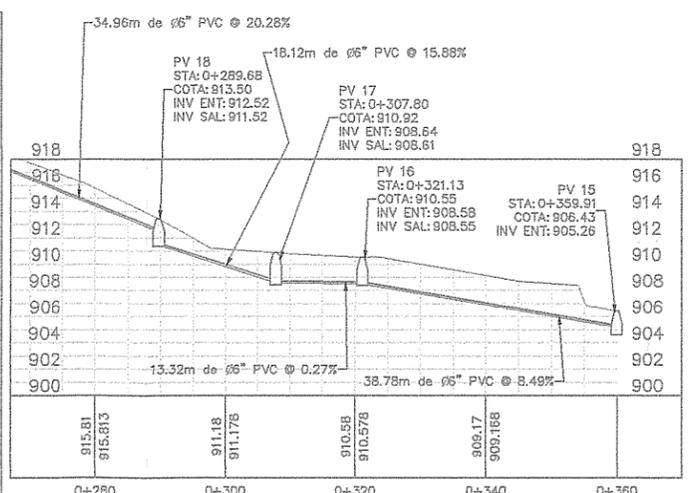
Hoja 11 de 24



PLANTA PV 26 A PV 15



PERFIL PV 26 A PV 19



PERFIL PV 18 A PV 15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA DE SAN PEDRO DE HUERTOS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

FECHA: ENERO 2018

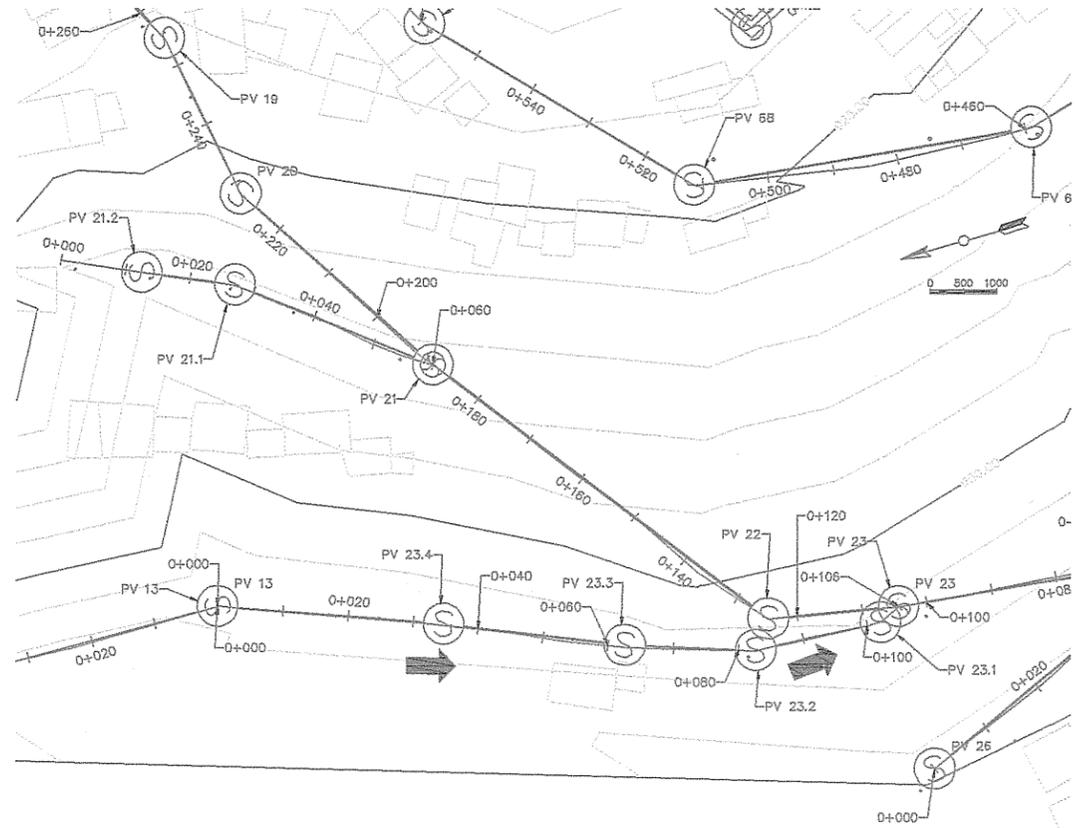
DIBUJO: CARLOS FARRAN

DISENO: CARLOS FARRAN

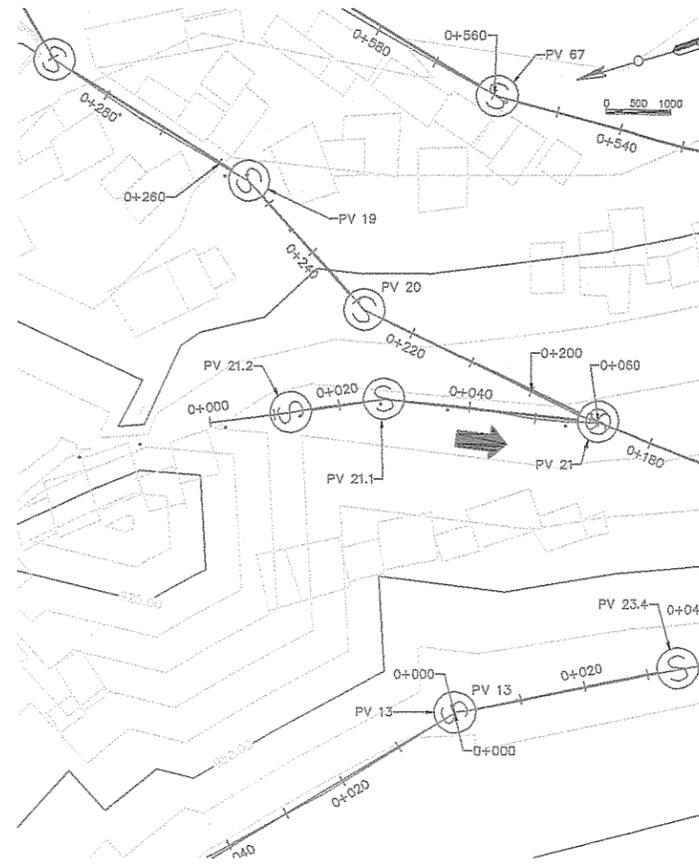
CALCULO: CARLOS FARRAN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería

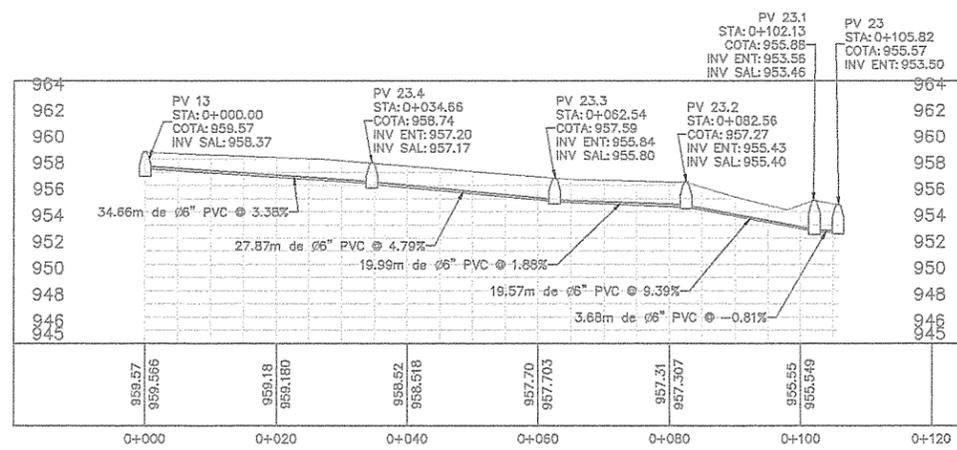
HOJA 12 DE 24



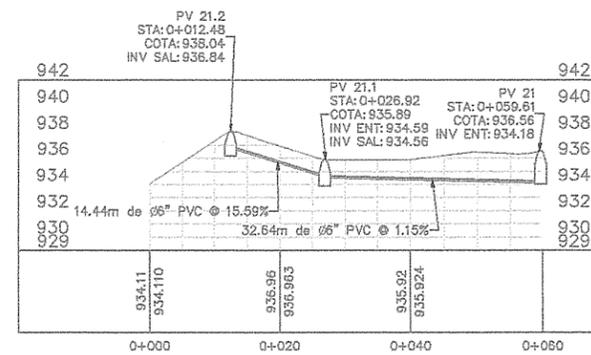
PLANTA PV 13 A PV 23



PLANTA PV 21.2 A PV 21



PERFIL PV 13 A PV 23



PERFIL PV 21.2 A PV 21

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO EN LA ALDIA SAN PEDRO DE LAS CASAS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

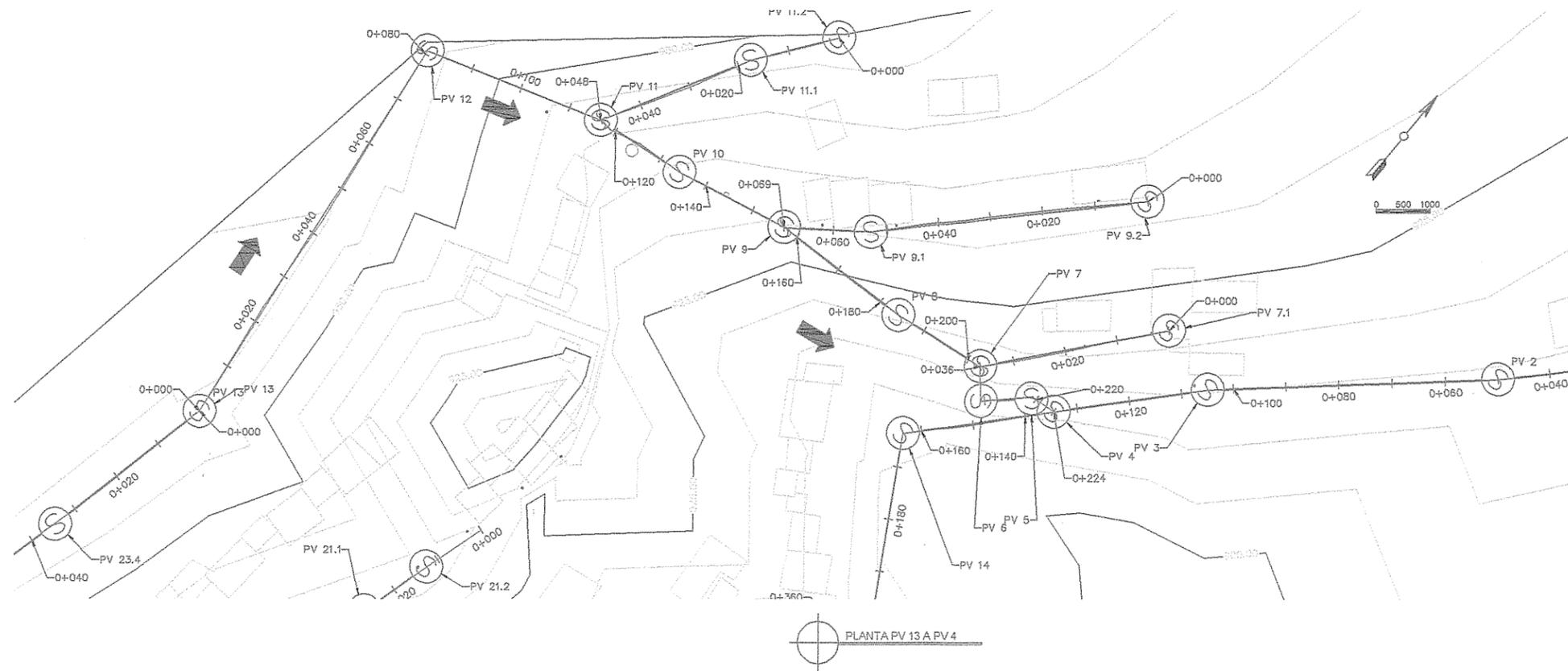
DIBUJÓ: CARLOS FARFAN

DISEÑO: CARLOS FARFAN

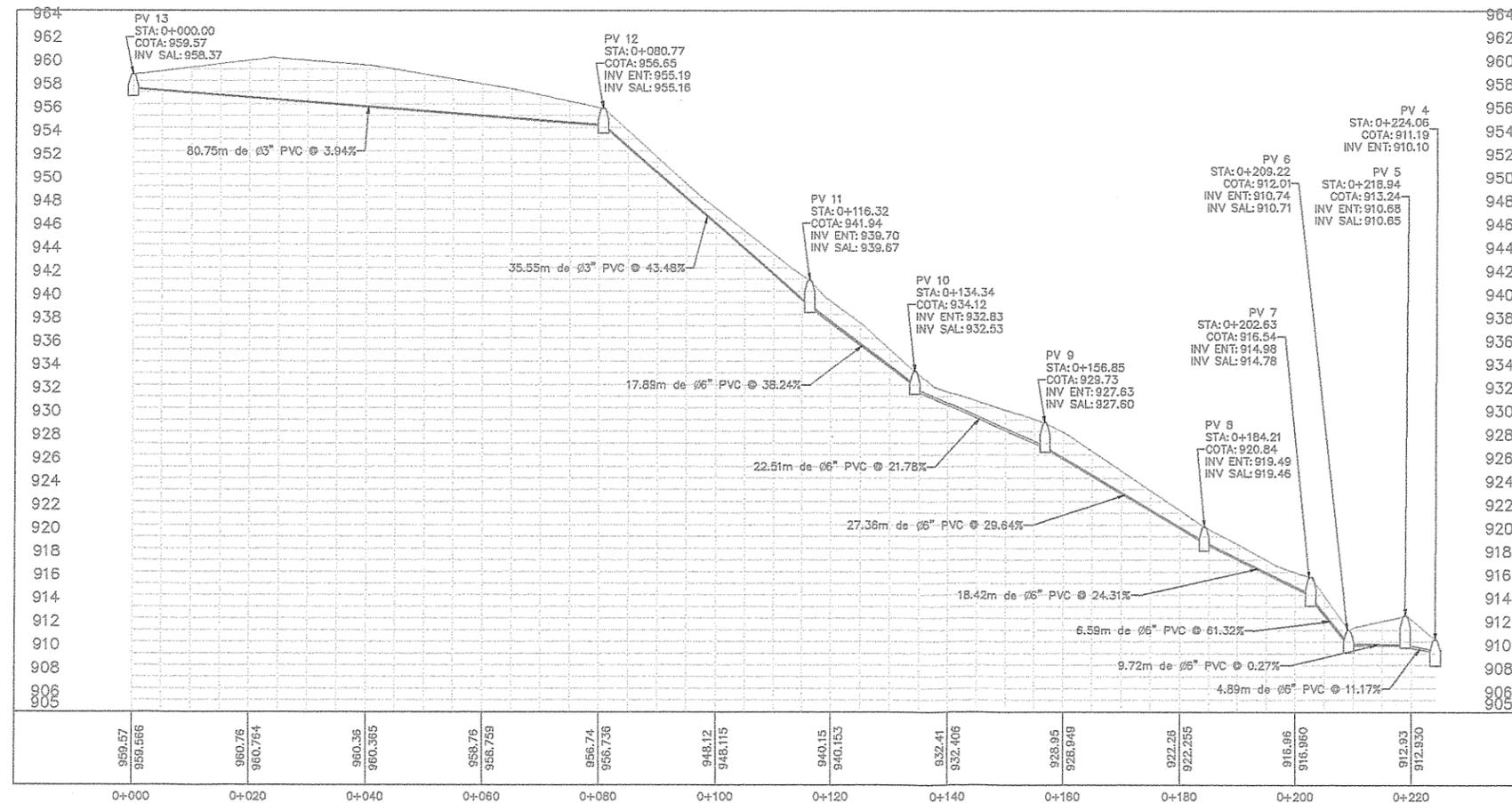
CÁLCULO: CARLOS FARFAN

ASESOR: *Manuel Alfredo Arriwillaga Ochoa*
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería y Arquitectura
 Facultad de Ingeniería

Hoja 13 de 24

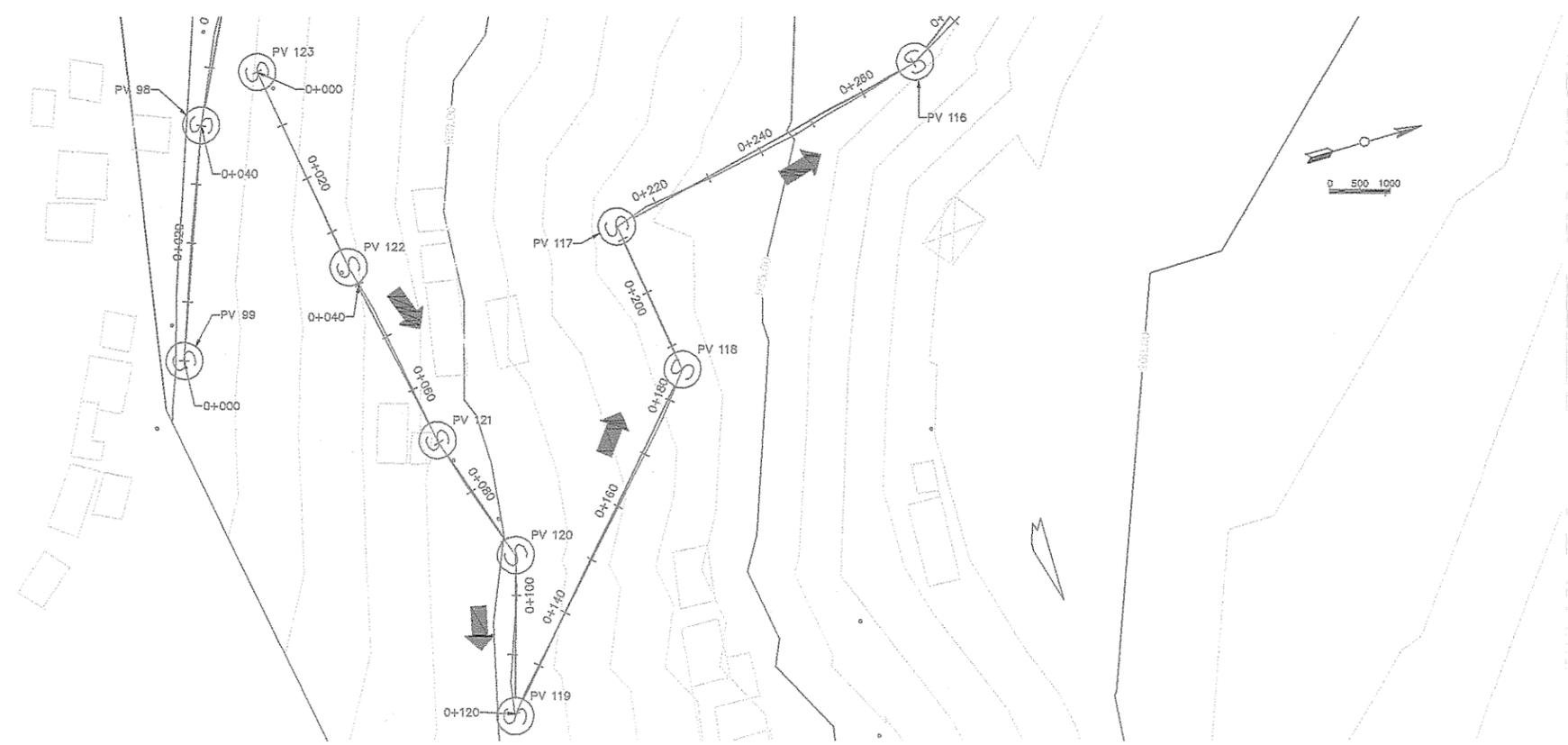


PLANTA PV 13 A PV 4

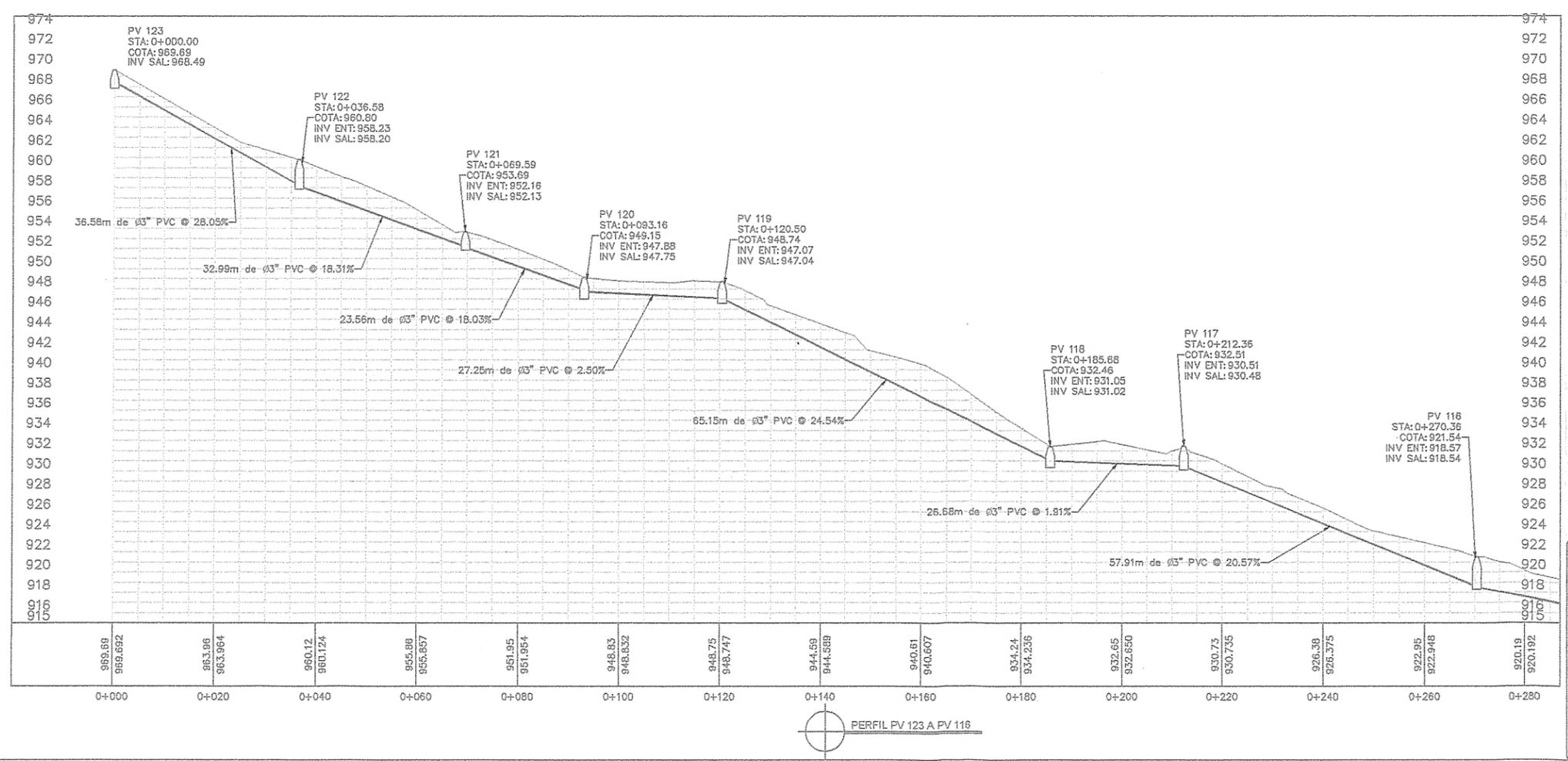


PERFIL PV 13 A PV 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 AREA DE INGENIERIA PROFESIONAL SUPERVISADO
 PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE HUERTAS DE SAN PEDRO DE TEPEQUEQUE
 ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARFAN
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN
 SUPERVISOR DE EPS: Ing. Mario Alfredo Arzútillo Ochoa
 PLANTA: PLANTA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 Unidad de Ingeniería y EPS
 Hoja 14 de 24



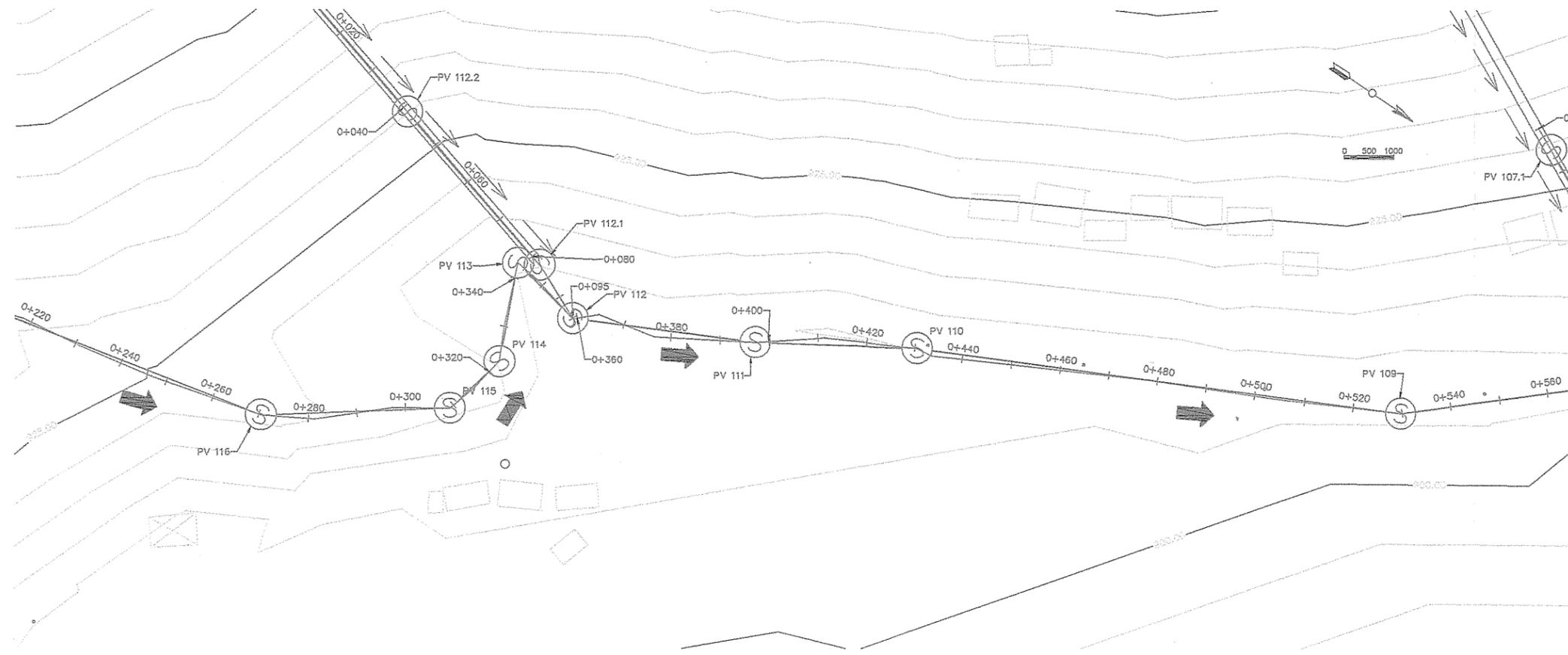
PLANTA PV 123 A PV 116



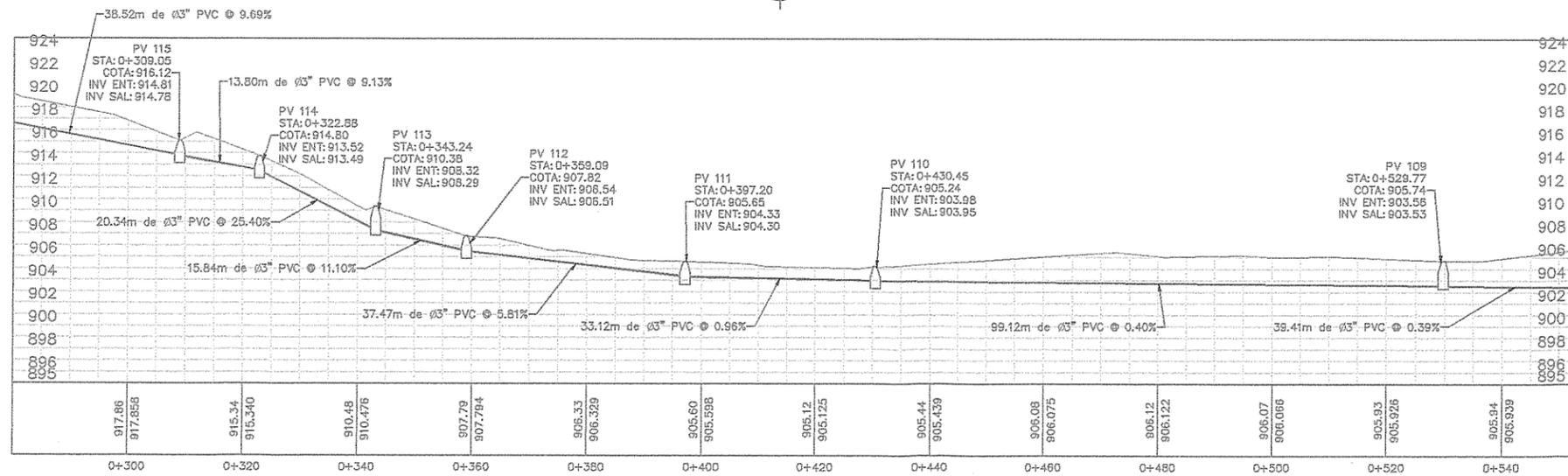
PERFIL PV 123 A PV 116

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 AREA DE SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Ing. Manuel Alfredo Arryillo Cacho
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN

HOJA 16 DE 24



PLANTA PV 115 A PV 109



PERFIL PV 115 A PV 109

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL

PROYECTO: DISEÑO DE ALCAANTADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ

ESCALA: 1/500

FECHA: ENERO 2018

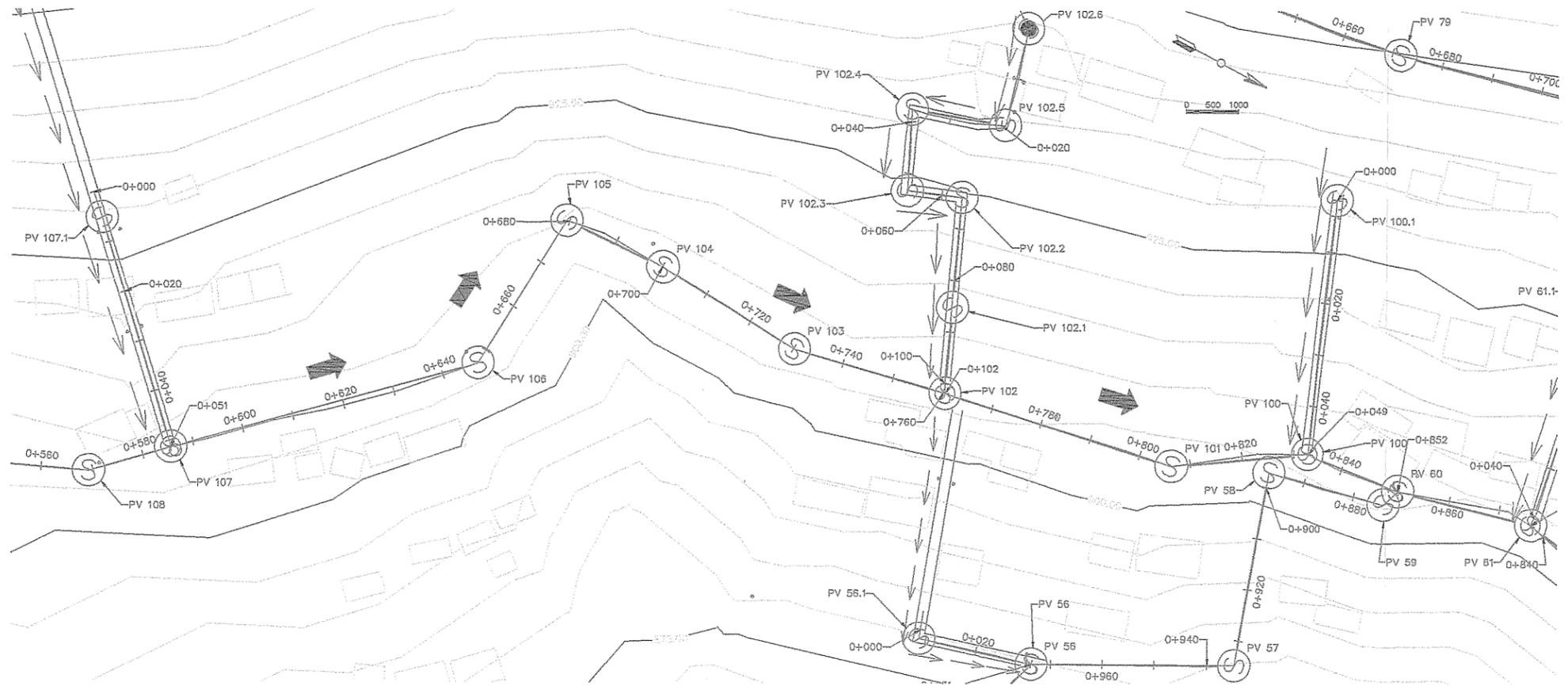
DIBUJO: CARLOS FARFAN

DISEÑO: CARLOS FARFAN

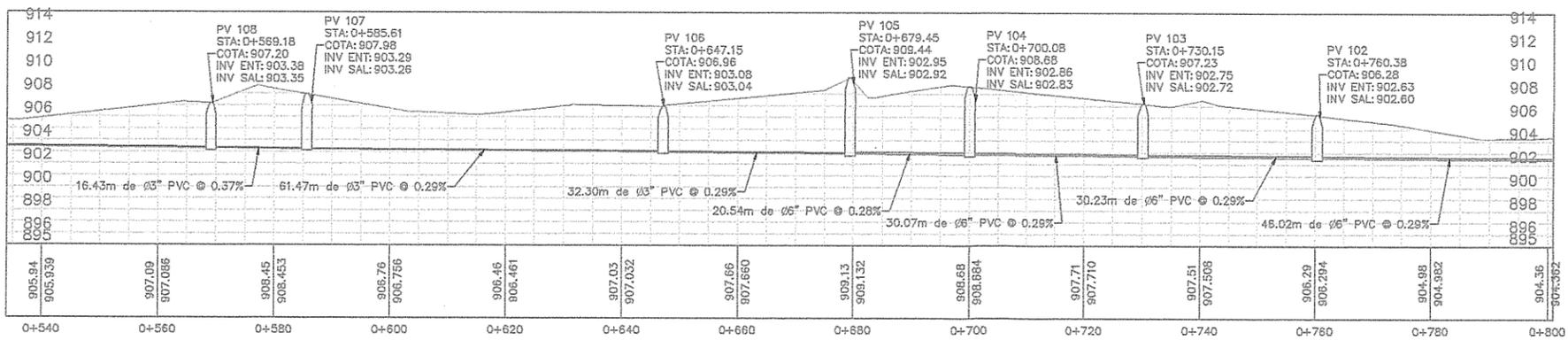
CALCULO: CARLOS FARFAN

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 SUPERVISOR DE EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería

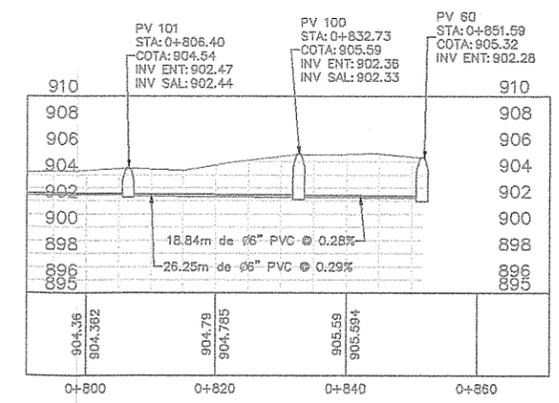
24



PLANTA PV 108 A PV 60



PERFIL PV 108 A PV 102



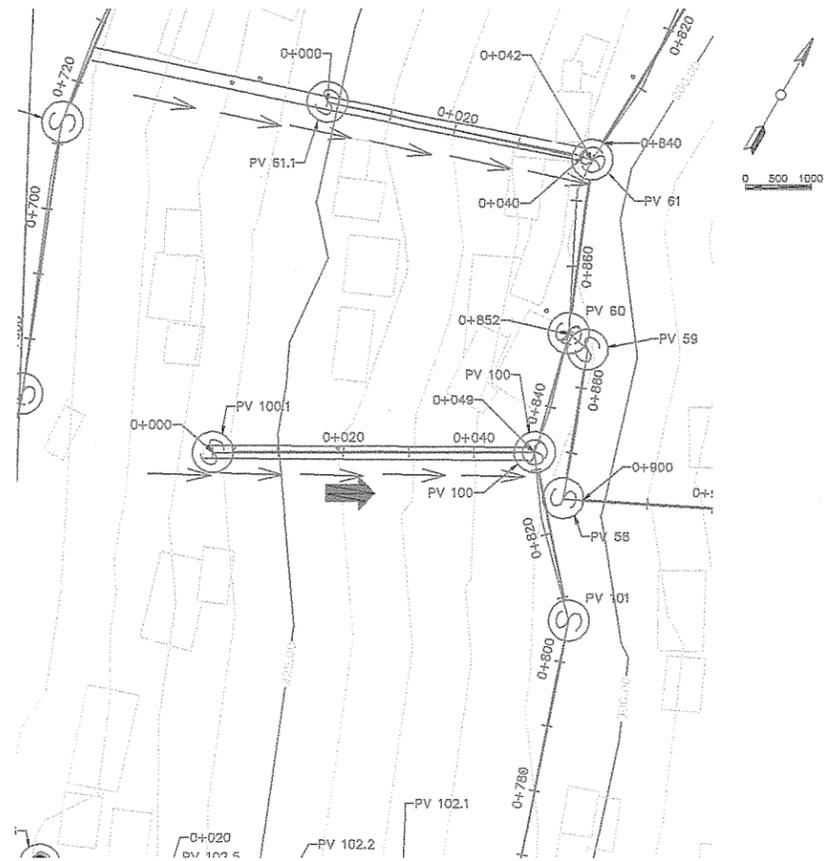
PERFIL PV 101 A PV 60

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE ENGENIERIA PROFESIONAL SUPERIOR

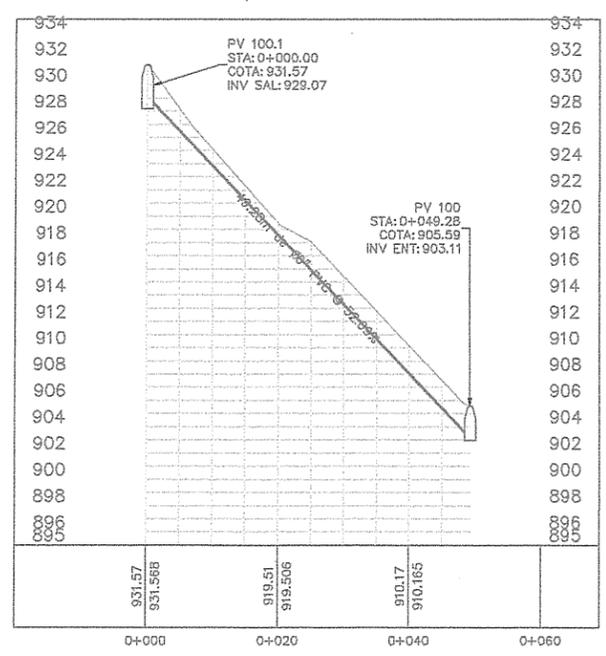
PROYECTO: ALCAHARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DISEÑO: ALCAHARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARFAN
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN

Ing. Manuel Alfredo Arzuaga Ochoa
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad Ejecutiva de Alcantarillado y EPS
 Ingeniería

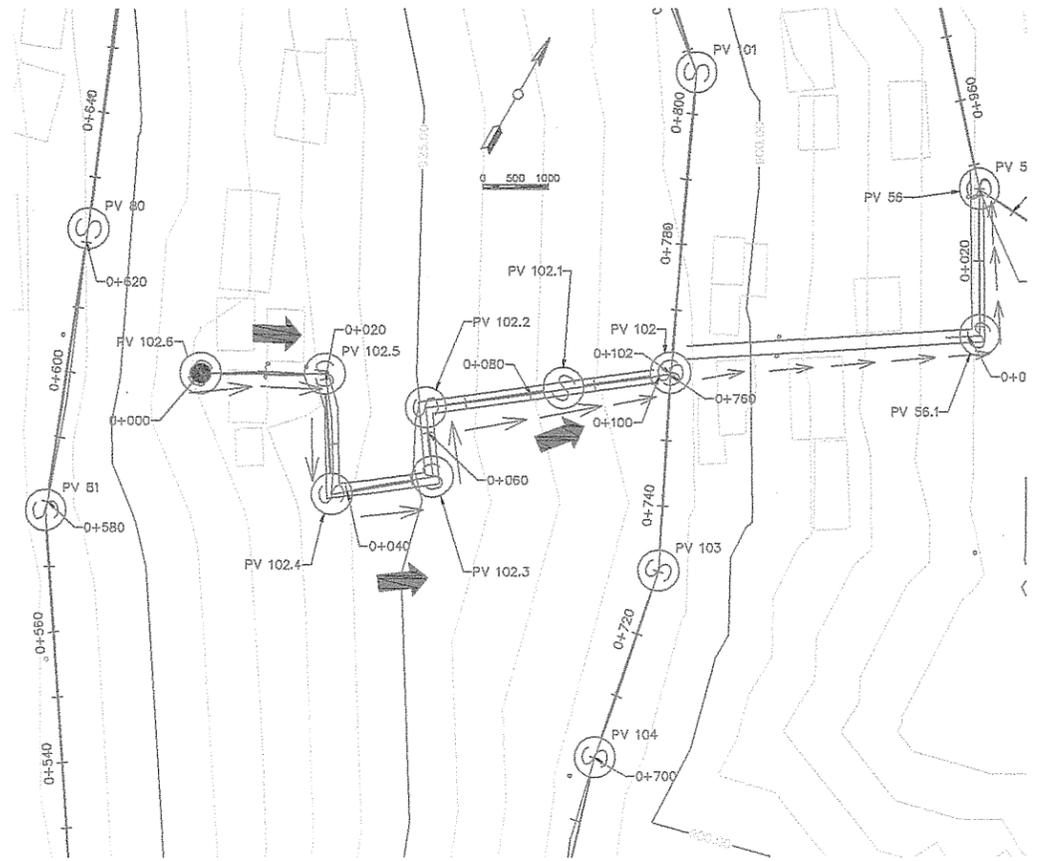
Hoja 18 de 24



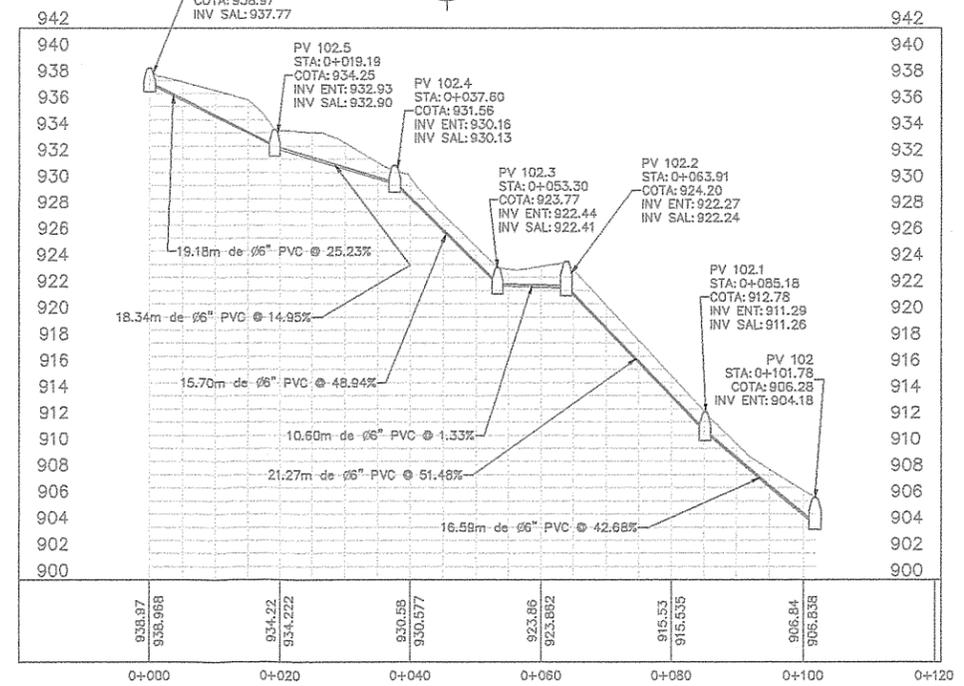
PLANTA PV 100.1 A PV 100



PERFIL PV 100.1 A PV 100



PLANTA PV 102.6 A PV 106



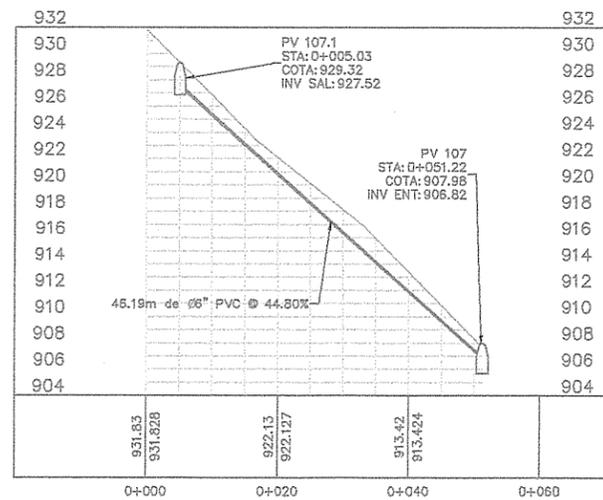
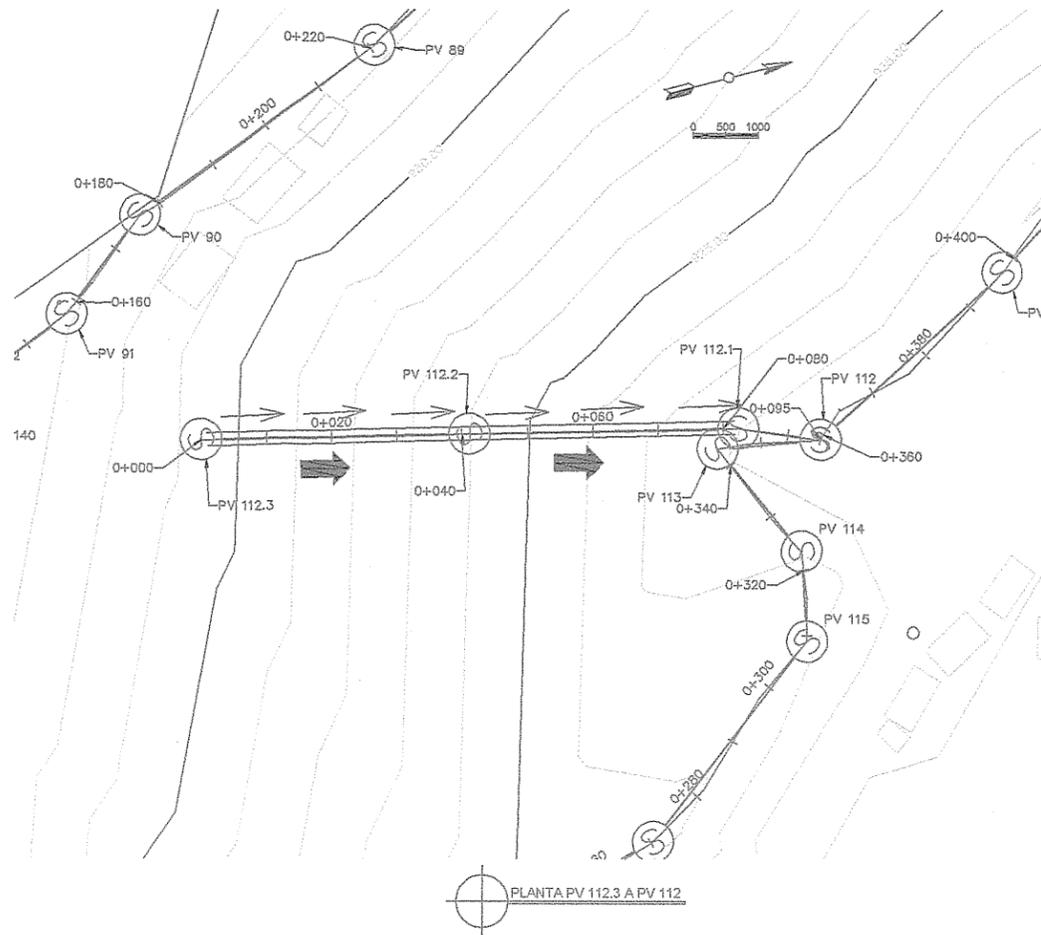
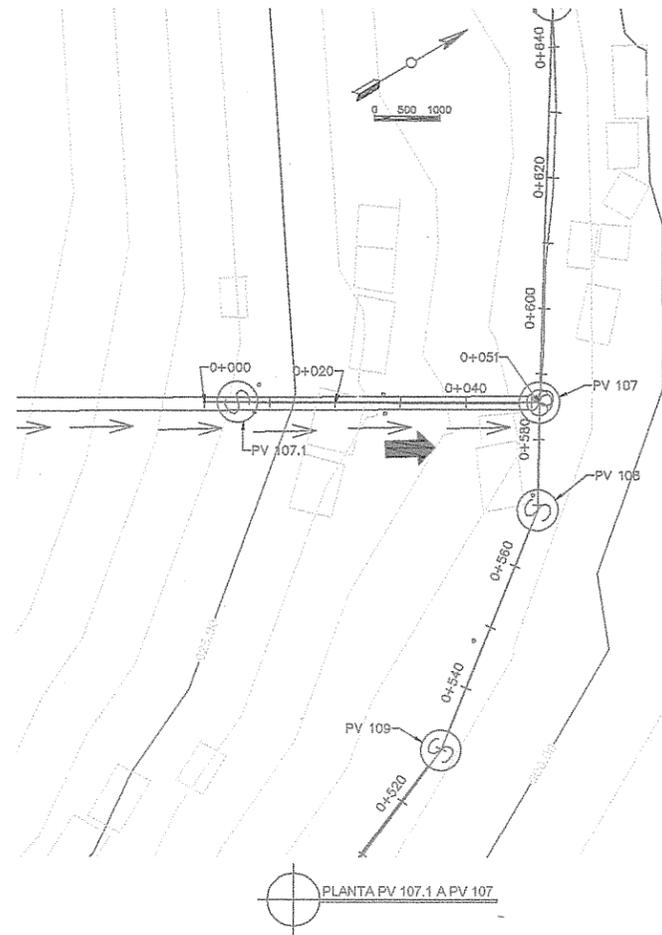
PERFIL PV 102.6 A PV 106

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

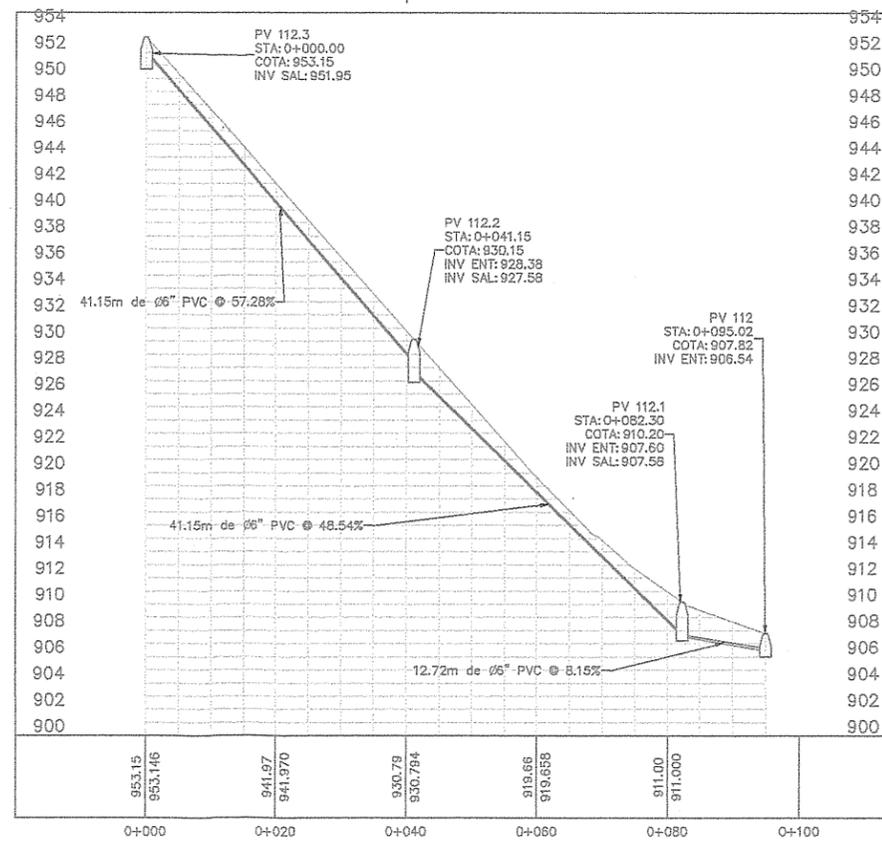
ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN

PROYECTO: ALCAÑARILLO SANITARIO DE LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, CANTON SACATEPEQUEZ
 DIBUJO: CARLOS FARFAN
 CANTON SACATEPEQUEZ

19
24



PERFIL PV 107.1 A PV 107

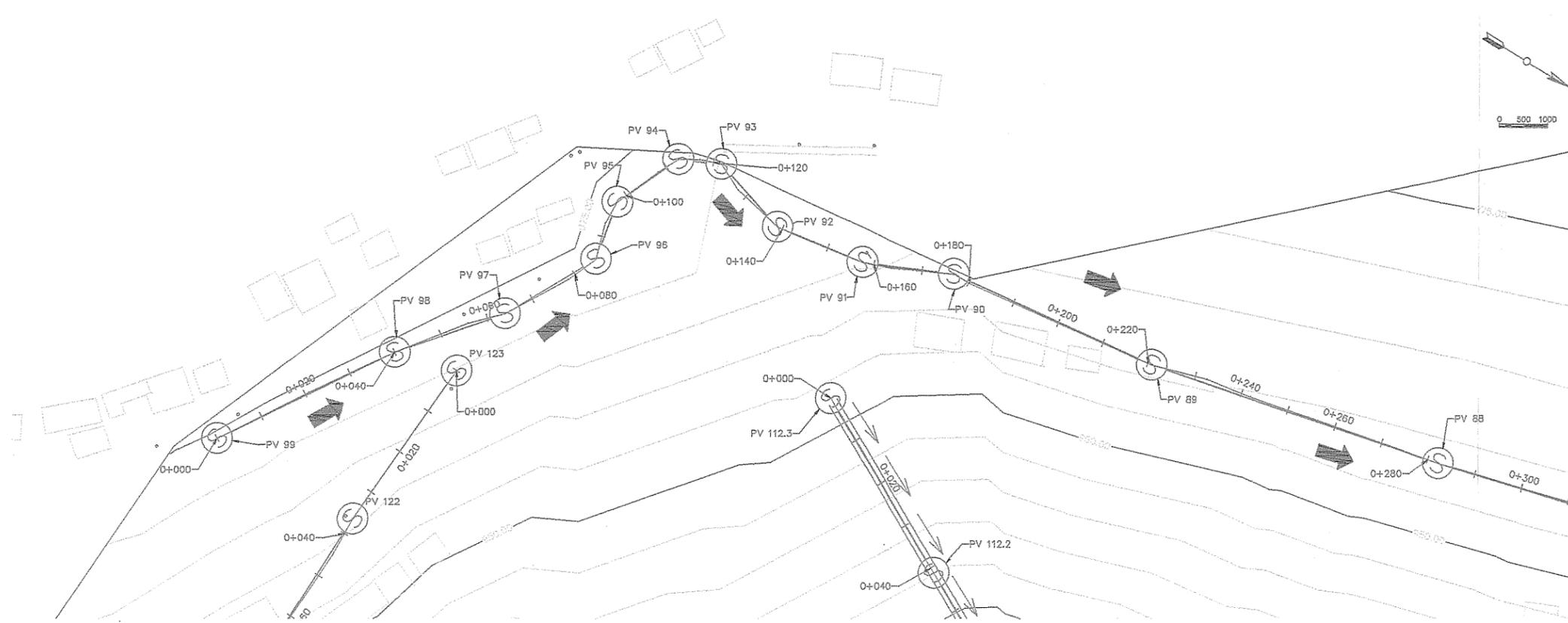


PERFIL PV 112.3 A PV 112

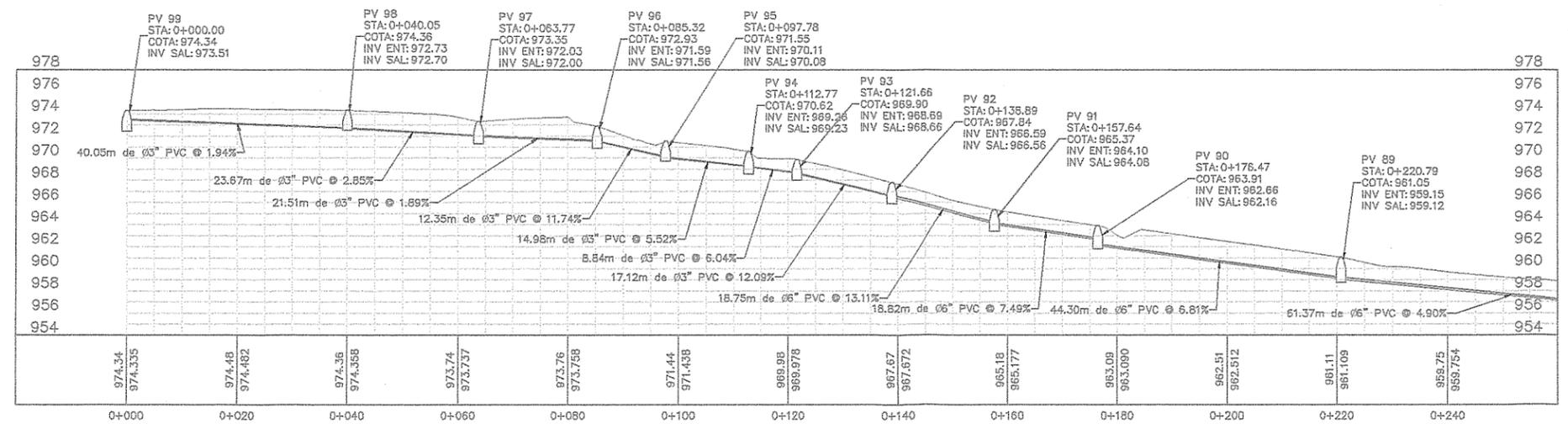
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE INGENIERIA PROFESIONAL SUPLENTE
 PROYECTO: [Illegible]
 DISEÑO: [Illegible]
 ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARFAN
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN

Asesor Supervisor de EPS
 Ing. Manuel Alfredo Avelino Ochoa
 Ing. Alfredo Avelino Ochoa
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

HOJA 20 DE 24



PLANTA PV 99 A PV 88

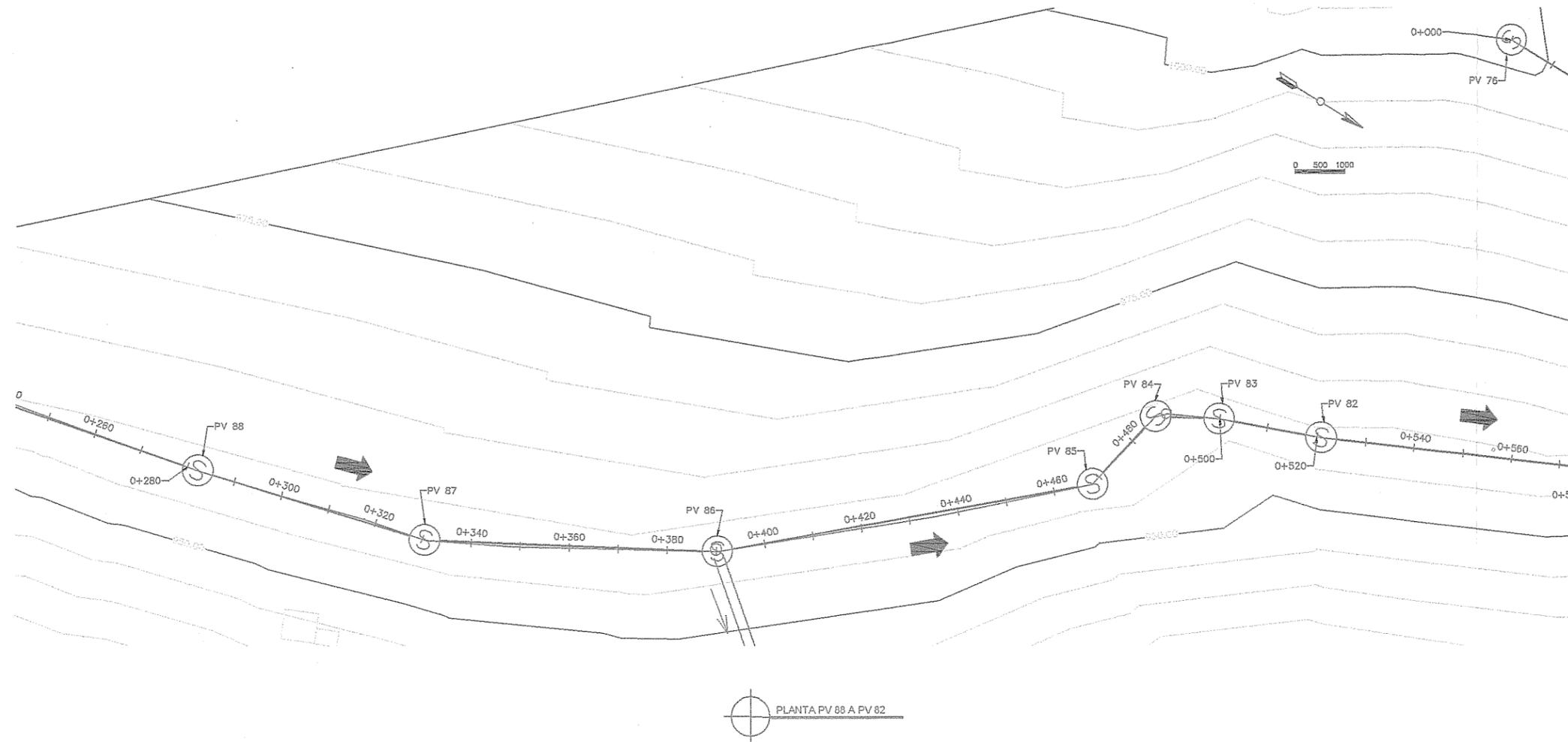


PERFIL PV 99 A PV 88

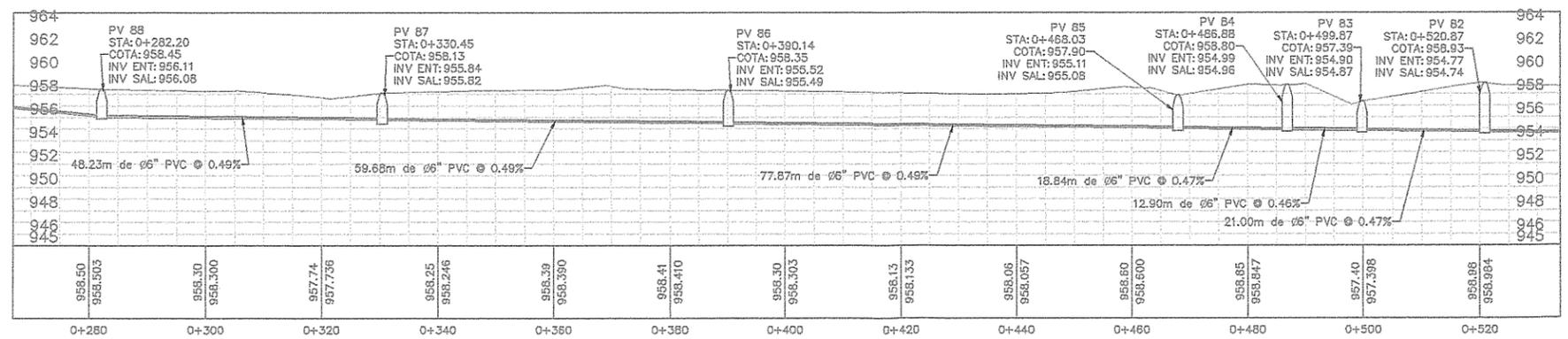
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Área de Ingeniería Profesional Supervisada
 Proyecto: Alcantarillado de San Carlos de Guatemalá
 Diseñado por: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 Asesor - Supervisor de EPS: Carlos Farfán
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Alcantarillado de San Carlos de Guatemalá

ESCALA:	1/500
FECHA:	ENERO 2016
DISEÑO:	CARLOS FARFÁN
CÁLCULO:	CARLOS FARFÁN

HOJA 21 / 24



PLANTA PV 88 A PV 82



PERFIL PV 88 A PV 82

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

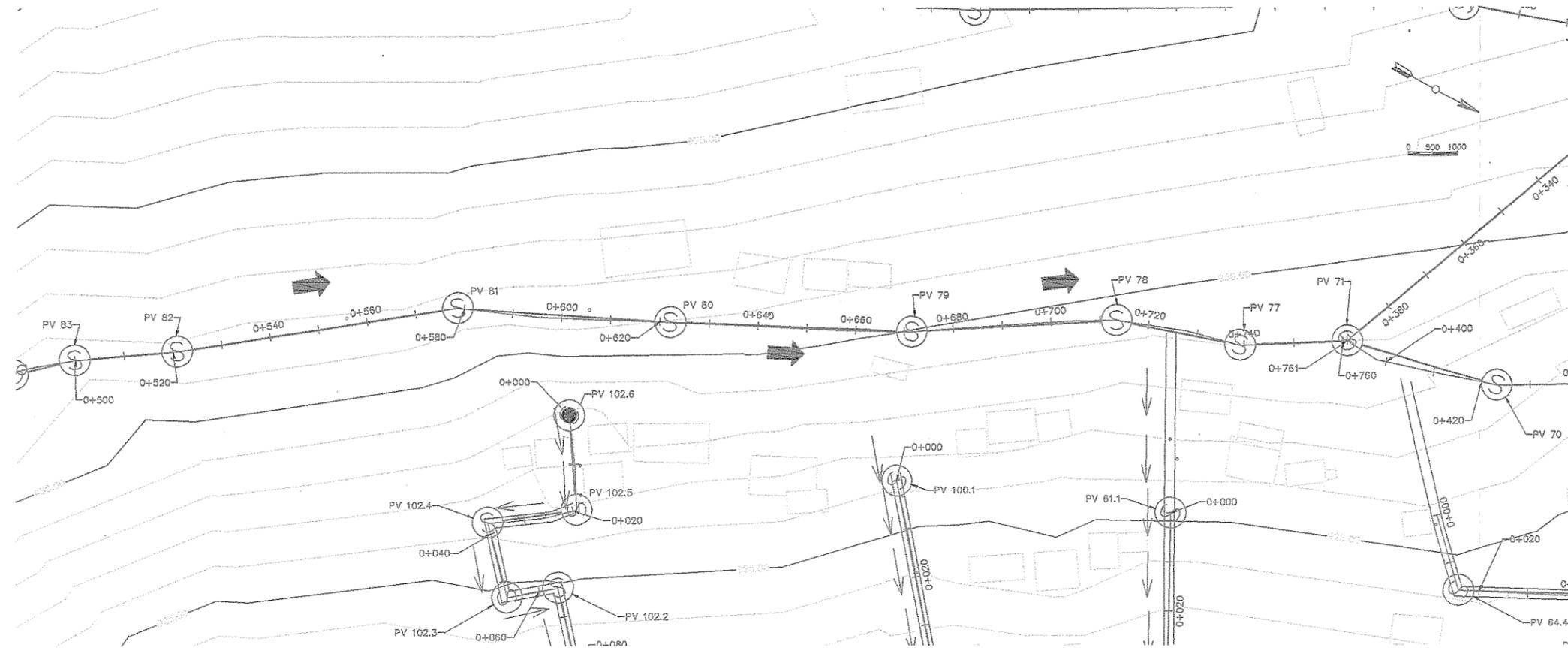
PROYECTO: DISEÑO DE LA LÍNEA SANITARIA EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE HUERTAS, TIQUIGUA GUATEMALA, SAC. CALAJEZ

ENCARGADO: Ing. Manuel Alfredo Arrullaga Ochaeta
 ASISTENTE: Ing. Carlos Starfan

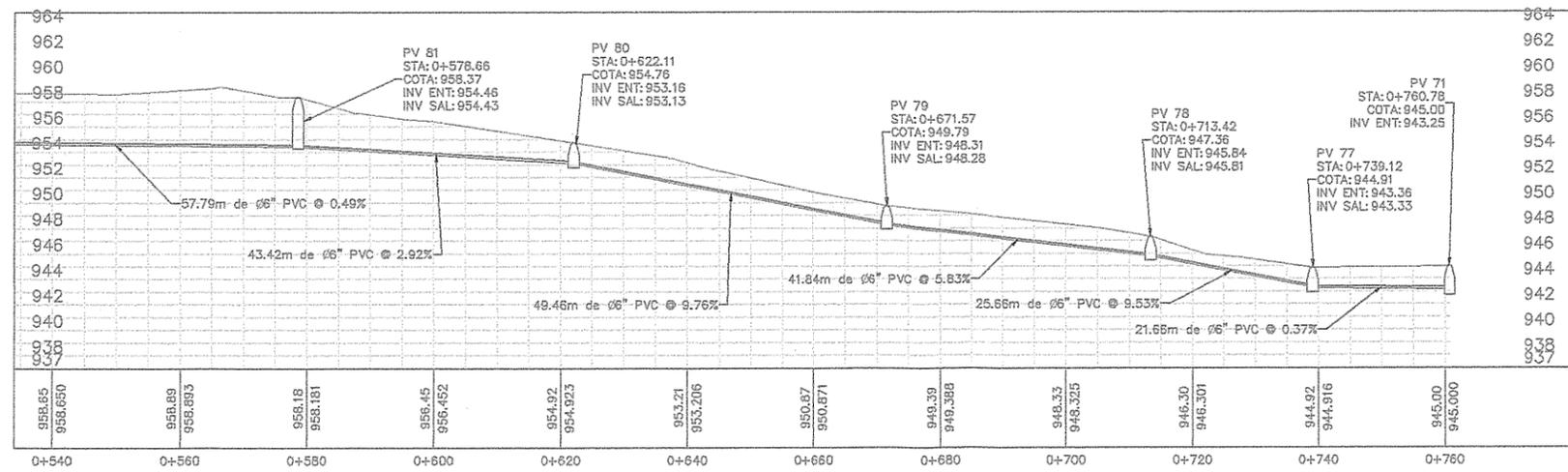
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DISEÑO: CARLOS STARFAN
 CÁLCULO: CARLOS STARFAN

HOJA 22 DE 24



PLANTA PV 81 A PV 71



PERFIL PV 81 A PV 71

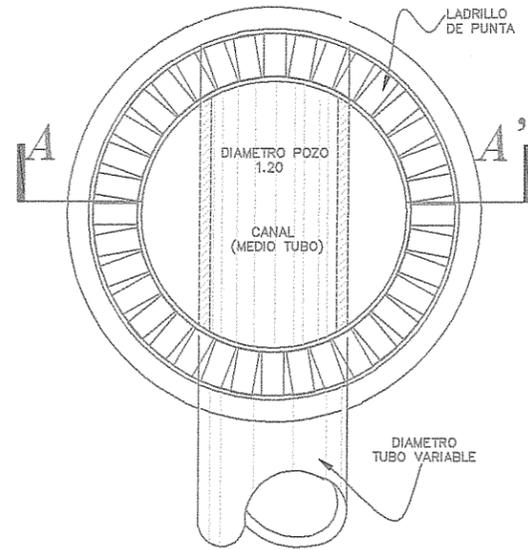
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN PEDRO DE LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

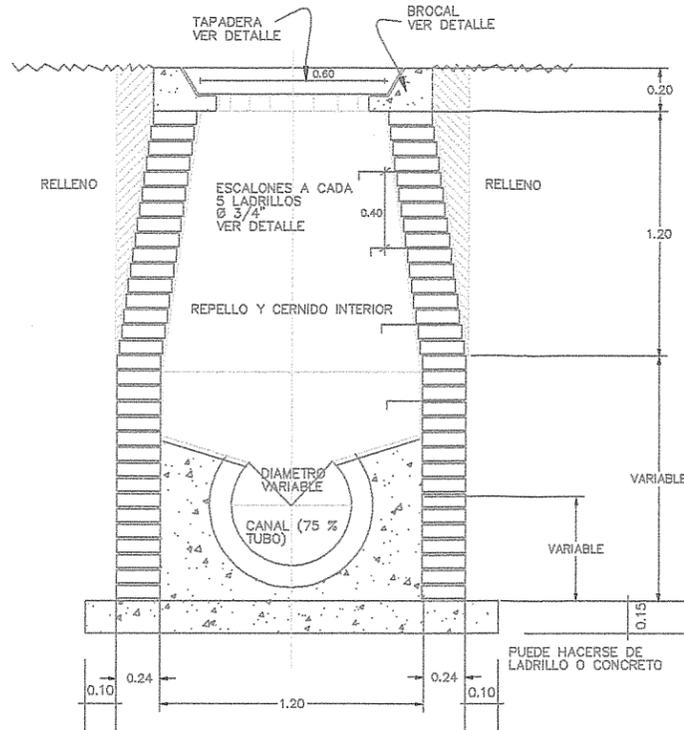
Ing. Manuel Alfredo Arriola Ochoaeta
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESCALA: 1/500
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARIAN
 DISEÑO: CARLOS FARIAN
 CALCULO: CARLOS FARIAN

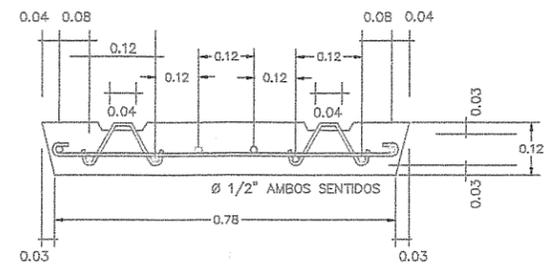
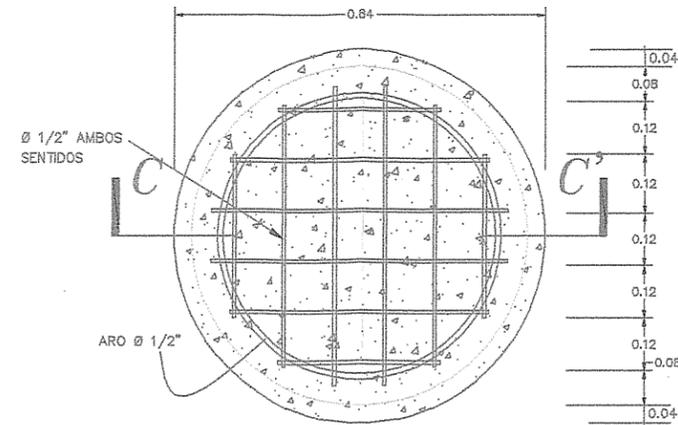
23
24



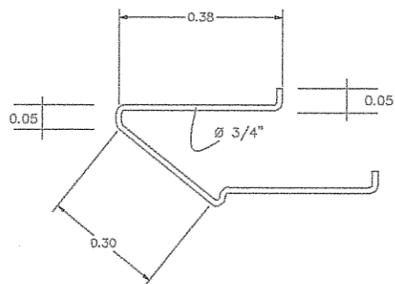
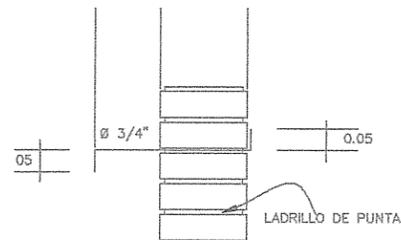
PLANTA POZO DE VISITA



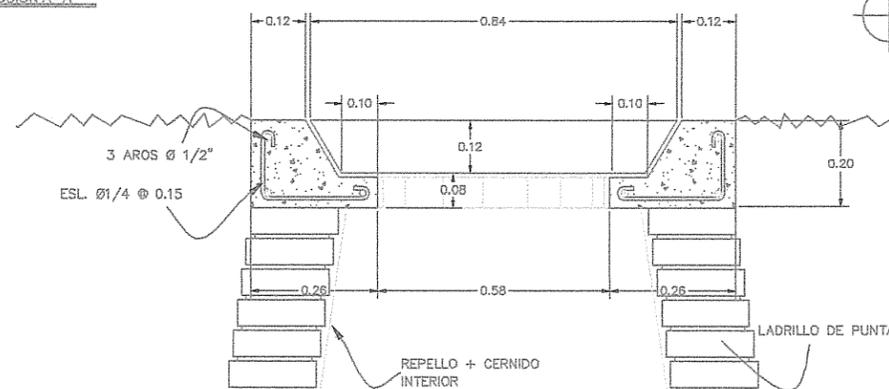
SECCIÓN A-A'



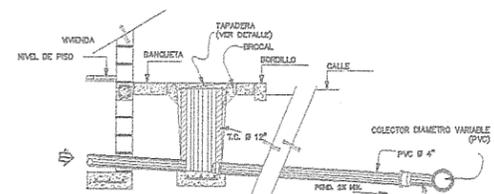
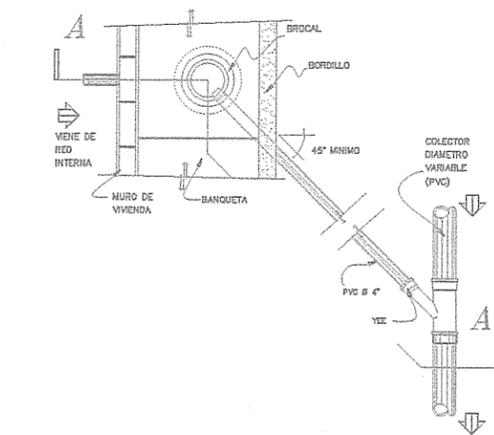
DETALLE TAPADERA DE POZO SECCIÓN C-C'



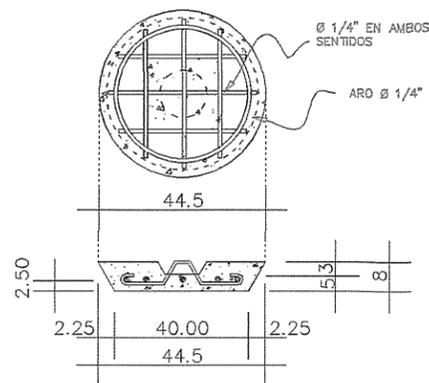
DETALLE DE ESCALÓN



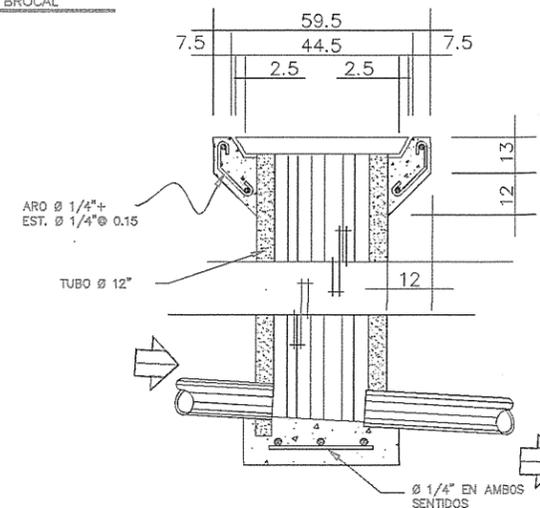
DETALLE DE BROCAL



PLANTA CONEXIÓN DOMICILAR SECCIÓN A-A'



TAPADERA CAJA DE REGISTRO



DETALLE DE CAJA DE REGISTRO

ESPECIFICACIONES

1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERA TENER UN $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCION 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2510 \text{ Kg/cm}^2$.
6. COLOCAR POZOS DE VISITA MAXIMO CADA 100 m.
7. LA PROFUNDIDAD MINIMA ENTRE LA RASANTE Y NIVEL DE LA TUBERIA DE ALCANTARILLADO ES DE 1m. (EN ZONAS RURALES SE PUEDE ADAPTAR 0.60m.)
8. LOS POZOS DE VISITA SE SITUAN EN CADA CAMBIO DE DIRECCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL, EN CAMBIOS DE SECCIÓN Y TRAMOS INICIALES.

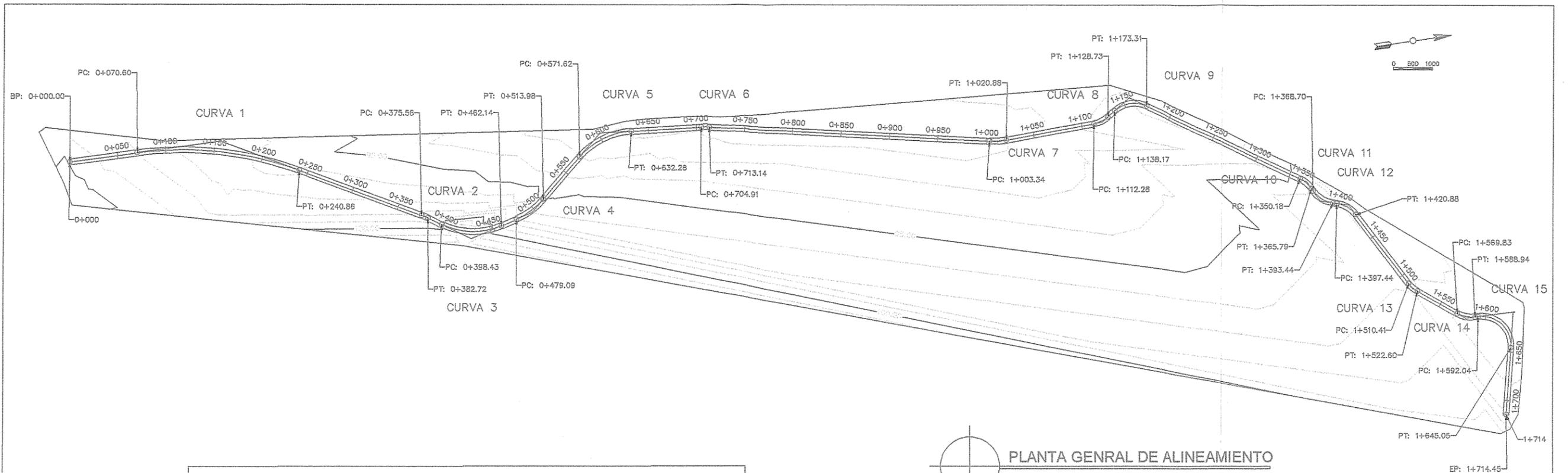
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE PROFESIONAL GUATEMALA	
PROYECTO: ESCALA: FECHA: DIBUJO: DISEÑO: CALCULO:	DISEÑO: Ing. Manuel Alfredo Alvarado Ochoa ASesor - SUPERVISOR DE EPS DETALLE DE ALcantarillado Ing. Alfredo Amador Asesor - supervisor EPS
CARLOS FARFAN CARLOS FARFAN CARLOS FARFAN	24 24

Tramo	De	A	Cota de Terreno		DH (m)	S% de terreno	viviendas		No. Habitantes		Q.dom		Q.com		Q ili		Q sanitario		F.H.		q. diseño l/s		Ø (pulg)	S% tubería	V.diseño		Relaciones d/D		dh	Cota Invert		Prof Pozo
			Inicio	Final			Loca	Acumula	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura			Actual	Futura	Inicio s	Final E				
RAMAL PRINCIPAL																																
INICIAL	1	2	912.82	913.81	50.02	-1.98	5	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	4	1.00	0.41	0.47	0.13	0.17	48.82	911.62	911.13	1.20
	2	3	913.81	915.32	54.95	-2.75	0	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	1.10	0.40	0.46	0.08	0.10	53.75	911.10	910.51	2.71
	3	4	915.32	911.19	29.48	14.01	1	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	2.00	0.52	0.60	0.07	0.09	28.28	910.48	909.91	4.84
RAMAL 1																																
INICIAL	13	12	959.57	956.65	80.75	3.62	2	2	12	20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	4.41	4.38	0.11	0.18	6	4.00	0.48	0.56	0.04	0.05	79.55	958.37	955.19	1.20
	12	11	956.65	941.94	35.55	41.38	3	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	45.00	1.47	1.69	0.03	0.04	34.35	955.16	939.70	1.49
RAMAL 1.1																																
INICIAL	11.2	11.1	947.82	946.72	17.47	6.30	6	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	7.00	0.81	0.94	0.05	0.07	16.27	946.62	945.48	1.20
	11.1	11	946.72	941.94	30.57	15.64	1	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	17.00	1.16	1.33	0.05	0.06	29.37	945.45	940.46	1.27
RAMAL 1																																
CONTINUA	11	10	941.94	934.12	17.89	43.72	0	12	72	115	0.08	0.13	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.17	4.28	4.23	0.62	0.97	6	41.00	1.83	2.12	0.05	0.06	16.69	939.67	932.83	2.27
	10	9	934.12	929.73	22.51	19.51	3	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	23.00	1.63	1.85	0.06	0.08	21.31	932.53	927.63	1.59
RAMAL 1.2																																
INICIAL	9.2	9.1	931.71	930.26	52.88	2.75	2	2	12	20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	4.41	4.38	0.11	0.18	6	3.00	0.43	0.51	0.04	0.05	51.68	930.51	928.96	1.20
	9.1	9	930.26	929.73	16.56	3.21	3	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	1.10	0.40	0.46	0.08	0.10	15.36	928.93	928.76	1.33
RAMAL 1																																
CONTINUA	9	8	929.73	920.84	27.36	32.50	0	20	120	192	0.13	0.21	0.00	0.00	0.04	0.06	0.17	0.28	4.22	4.15	1.01	1.60	6	31.00	1.95	2.24	0.07	0.08	26.16	927.60	919.49	2.13
	8	7	920.84	916.54	18.42	23.35	1	21	126	201	0.14	0.22	0.00	0.00	0.04	0.07	0.18	0.29	4.21	4.15	1.06	1.67	6	26.00	1.86	2.13	0.07	0.09	17.22	919.46	914.98	1.38
RAMAL 1.3																																
INICIAL	7.1	7	921.38	916.54	36.42	13.29	5	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	11.00	0.90	1.04	0.04	0.06	35.22	919.29	915.41	2.09
RAMAL 1																																
CONTINUA	7	6	916.54	912.01	6.59	68.75	0	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	75.00	2.86	3.28	0.06	0.08	5.39	914.78	910.74	1.76
	6	5	912.01	913.26	10.00	-12.50	0	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.29	8.80	910.71	910.68	1.30
	5	4	913.26	911.19	4.84	42.77	0	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	15.00	1.63	1.87	0.09	0.11	3.64	910.65	910.10	2.61
RAMAL PRINCIPAL																																
CONTINUA	4	14	911.19	907.80	29.08	11.66	0	32	192	306	0.21	0.34	0.00	0.00	0.06	0.10	0.28	0.44	4.15	4.07	1.60	2.49	6	22.00	1.98	2.27	0.09	0.11	27.88	909.88	903.75	1.31
	14	15	907.80	906.43	41.95	3.27	0	32	192	306	0.21	0.34	0.00	0.00	0.06	0.10	0.28	0.44	4.15	4.07	1.60	2.49	6	8.00	1.39	1.59	0.11	0.14	40.75	902.75	899.49	5.05
RAMAL 2																																
INICIAL	26	25	966.90	965.09	31.63	5.73	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	6.00	0.62	0.72	0.04	0.05	30.43	965.70	963.87	1.20
	25	24	965.09	964.40	23.06	3.00	4	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	3.00	0.63	0.73	0.07	0.09	21.86	963.84	963.19	1.25
	24	23	964.40	955.57	49.62	17.80	0	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	18.00	1.18	1.36	0.05	0.06	48.42	963.16	954.44	1.24
RAMAL 2.1																																
INICIAL	13	23.4	959.57	958.74	34.66	2.40	2	2	12	20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	4.41	4.38	0.11	0.18	6	3.50	0.46	0.53	0.04	0.05	33.46	958.37	957.20	1.20
	23.4	23.3	958.74	957.59	27.87	4.13	1	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	5.00	0.59	0.68	0.04	0.05	26.67	957.17	955.84	1.57
	23.3	23.2	957.59	957.27	19.99	1.61	1	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	2.00	0.46	0.54	0.06	0.08	18.79	955.81	955.43	1.78
	23.2	23.1	957.27	955.88	19.57	7.11	1	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	10.00	0.87	1.00	0.05	0.06	18.37	955.40	953.56	1.87
	23.1	23	955.88	955.57	3.68	8.43	0	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	1.50	0.45	0.52	0.07	0.09	2.48	953.53	953.50	2.35
RAMAL 2																																
CONTINUA	23	22	955.57	953.76	20.01	9.05	2	14	84	134	0.09	0.15	0.00	0.00	0.03	0.04	0.12	0.19	4.26	4.21	0.72	1.13	6	11.00	1.22	1.40	0.07	0.09	18.81	953.47	951.40	2.10
	22	21	953.76	936.87	64.32	26.26	2	16	96	153	0.11	0.17	0.00	0.00	0.03	0.05	0.14	0.22	4.25	4.19	0.82	1.28	6	27.00	1.76	1.99	0.06	0.08	63.12	951.37	934.32	2.39
RAMAL 2.2																																
INICIAL	21.2	21.1	938.04	935.89	14.44	14.89	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	17.00	0.90	1.04	0.03	0.04	13.24	936.84	934.59	1.20
	21.1	21	935.89	936.87	32.64	-3.01	2	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	1.20	0.42	0.48	0.08	0.09	31.44	934.56	934.18	1.33
RAMAL 2																																
CONTINUA	21	20	936.87	926.94	39.38	25.22	2	23	138	220	0.15	0.24	0.00	0.00	0.05	0.07	0.20	0.32	4.20	4.13	1.16	1.82	6	24.00	1.86	2.13	0.08	0.09	38.18	934.15	924.99	2.72
	20	19	926.94	921.07	26.53	22.13	1	24	144	230	0.16	0.26	0.00	0.00	0.05	0.08	0.21	0.33	4.20	4.13	1.21	1.90	6	21.00	1.79	2.06	0.08	0.10	25.33	924.96	919.64	1.98
	19	18	921.07	913.50	34.96	21.66	4	28	168	268	0.19	0.30	0.00	0.00	0.06	0.09	0.24	0.39	4.17	4.10	1.40	2.20	6	21.00	1.88	2.15	0.08	0.11	33.76	919.61	912.52	1.46
	18	17	913.50	910.92	18.12	14.24	1	29	174	278	0.19	0.31	0.00	0.00	0.06	0.09	0.25	0.40	4.17	4.09	1.45	2.28	6	17.00	1.76	2.02	0.09	0.11	16			

	32	33	886.33	883.33	19.08	15.73	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	16.00	2.53	2.87	0.17	0.21	17.88	884.60	881.74	1.73
	33	34	883.33	879.61	36.03	10.33	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	13.00	2.35	2.67	0.18	0.22	34.83	881.71	877.18	1.62
	34	35	879.61	876.84	14.60	18.98	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	20.00	2.73	3.11	0.16	0.20	13.40	877.15	874.47	2.46
	35	36	876.84	872.34	20.65	21.80	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	18.00	2.63	2.99	0.17	0.20	19.45	874.44	870.94	2.40
	36	37	872.34	868.47	24.10	16.06	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	17.00	2.58	2.93	0.17	0.21	22.90	870.91	867.02	1.43
	37	38	868.47	864.75	28.82	12.91	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	13.00	2.35	2.67	0.18	0.22	27.62	866.52	862.93	1.95
	38	39	864.75	859.18	30.82	18.08	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	17.00	2.58	2.93	0.17	0.21	29.62	862.90	857.86	1.85
	39	40	859.18	858.43	10.81	6.94	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	7.00	1.89	2.14	0.21	0.26	9.61	857.83	857.16	1.35
	40	41	858.43	856.36	14.12	14.67	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	17.00	2.58	2.93	0.17	0.21	12.92	857.13	854.94	1.30
	41	42	856.36	853.61	21.43	12.84	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	16.00	2.53	2.87	0.17	0.21	20.23	854.91	851.67	1.45
	42	43	853.61	851.97	10.44	15.71	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	16.00	2.53	2.87	0.17	0.21	9.24	851.64	850.16	1.97
	43	44	851.97	850.28	16.86	10.03	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	8.00	1.98	2.25	0.20	0.25	15.66	850.13	848.88	1.84
	44	45	850.28	846.38	19.43	20.08	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	20.00	2.73	3.11	0.16	0.20	18.23	848.85	845.20	1.43
	45	46	846.38	842.02	22.54	19.35	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	21.00	2.78	3.16	0.16	0.20	21.34	845.17	840.69	1.21
	46	47	842.02	832.09	34.47	28.81	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	31.00	3.19	3.63	0.14	0.18	33.27	840.66	830.35	1.36
	47	48	832.09	825.52	32.70	20.10	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	20.00	2.73	3.11	0.16	0.20	31.50	830.32	824.02	1.77
	48	49	825.52	817.46	35.53	22.69	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	23.00	2.87	3.27	0.16	0.19	34.33	823.52	815.62	2.00
	49	50	817.46	810.99	27.08	23.90	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	23.00	2.87	3.27	0.16	0.19	25.88	815.59	809.64	1.87
RAMAL 3																																
INICIAL	76	75	1001.32	993.49	53.71	14.58	1	1	6	10	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	4.43	4.41	0.05	0.09	6	15.00	0.62	0.72	0.02	0.03	52.51	1000.12	992.24	1.20
	75	74	993.49	980.73	95.10	13.42	1	2	12	20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	4.41	4.38	0.11	0.18	6	14.00	0.74	0.87	0.03	0.04	93.90	992.21	979.07	1.28
	74	73	980.73	970.14	99.75	10.62	3	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	11.00	0.90	1.04	0.04	0.06	98.55	979.04	968.20	1.69
	73	72	970.14	963.60	48.82	13.40	6	11	66	106	0.07	0.12	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.15	4.29	4.24	0.57	0.90	6	15.00	1.27	1.46	0.06	0.07	47.62	968.17	961.02	1.97
	72	71	963.60	945.00	93.52	19.89	1	12	72	115	0.08	0.13	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.17	4.28	4.23	0.62	0.97	6	20.00	1.44	1.65	0.06	0.07	92.32	960.99	942.53	2.61
RAMAL 4																																
INICIAL	99	98	974.71	974.36	40.05	0.88	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	2.00	0.43	0.49	0.05	0.07	38.85	973.51	972.73	1.20
	98	97	974.36	973.35	23.67	4.27	1	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	3.00	0.54	0.62	0.05	0.07	22.47	972.70	972.03	1.66
	97	96	973.35	972.93	21.51	1.96	1	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	2.00	0.50	0.57	0.07	0.08	20.31	972.00	971.59	1.35
	96	95	972.93	971.55	12.35	11.18	2	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	13.00	1.05	1.22	0.05	0.06	11.15	971.56	970.11	1.37
	95	94	971.55	970.62	14.98	6.21	0	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	6.00	0.81	0.93	0.06	0.07	13.78	970.08	969.26	1.47
	94	93	970.62	969.90	8.84	8.15	3	10	60	96	0.07	0.11	0.00	0.00	0.02	0.03	0.09	0.14	4.30	4.25	0.52	0.82	6	7.00	0.95	1.09	0.07	0.09	7.64	969.23	968.69	1.39
	93	92	969.90	967.84	17.12	12.04	0	10	60	96	0.07	0.11	0.00	0.00	0.02	0.03	0.09	0.14	4.30	4.25	0.52	0.82	6	13.00	1.17	1.35	0.06	0.07	15.92	968.66	966.59	1.24
	92	91	967.84	965.37	18.75	13.18	1	11	66	106	0.07	0.12	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.15	4.29	4.24	0.57	0.90	6	14.00	1.24	1.42	0.06	0.08	17.55	966.56	964.11	1.28
	91	90	965.37	963.91	18.82	7.76	0	11	66	106	0.07	0.12	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.15	4.29	4.24	0.57	0.90	6	8.00	1.02	1.17	0.07	0.09	17.62	964.08	962.67	1.29
	90	89	963.91	961.05	44.30	6.46	0	11	66	106	0.07	0.12	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.15	4.29	4.24	0.57	0.90	6	7.00	0.97	1.12	0.07	0.09	43.10	962.17	959.15	1.74
	89	88	961.05	958.45	61.37	4.24	2	13	78	125	0.09	0.14	0.00	0.00	0.03	0.04	0.11	0.18	4.27	4.22	0.67	1.05	6	5.00	0.91	1.04	0.08	0.10	60.17	959.12	956.11	1.93
	88	87	958.45	958.13	48.23	0.67	1	14	84	134	0.09	0.15	0.00	0.00	0.03	0.04	0.12	0.19	4.26	4.21	0.72	1.13	6	0.50	0.41	0.47	0.15	0.19	47.03	956.08	955.84	2.37
	87	86	958.13	958.35	59.68	-0.37	1	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	58.48	955.81	955.52	2.32
	86	85	958.35	957.90	77.87	0.58	0	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	76.67	955.49	955.11	2.86
	85	84	957.90	958.80	18.84	-4.78	0	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	17.64	955.08	954.99	2.82
	84	83	958.80	957.39	12.90	10.94	0	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	11.70	954.96	954.90	3.84
	83	82	957.39	958.93	21.00	-7.34	0	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	19.80	954.87	954.77	2.52
	82	81	958.93	958.37	57.79	0.97	0	15	90	144	0.10	0.16	0.00	0.00	0.03	0.05	0.13	0.21	4.26	4.20	0.77	1.21	6	0.50	0.42	0.48	0.16	0.19	56.59	954.74	954.46	4.19
	81	80	958.37	954.76	43.42	8.32	1	16	96	153	0.11	0.17	0.00	0.00	0.03	0.05	0.14	0.22	4.25	4.19	0.82	1.28	6	3.00	0.81	0.93	0.1					

	64.1	64	908.69	905.65	21.91	13.88	1	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	14.00	1.03	1.19	0.05	0.06	20.71	907.24	904.34	1.45	
RAMAL 3																																	
CONTINUA	64	63	905.65	904.57	26.00	4.16	1	55	330	526	0.37	0.58	0.00	0.00	0.11	0.18	0.48	0.76	4.06	3.96	2.68	4.17	6	3.00	1.15	1.31	0.19	0.23	24.80	903.95	903.20	1.70	
	63	62	904.57	901.89	45.71	5.87	3	58	348	555	0.39	0.62	0.00	0.00	0.12	0.19	0.50	0.80	4.05	3.95	2.82	4.39	6	6.00	1.49	1.70	0.16	0.20	44.51	903.17	900.50	1.40	
	62	61	901.89	903.96	73.08	-2.84	3	61	366	584	0.41	0.65	0.00	0.00	0.12	0.19	0.53	0.84	4.04	3.94	2.96	4.60	6	0.20	0.45	0.51	0.39	0.50	71.88	900.47	900.33	1.42	
RAMAL 3.2																																	
INICIAL	61.1	61	926.02	903.96	41.53	53.12	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	60.00	1.39	1.60	0.02	0.03	40.33	924.52	900.32	1.50	
RAMAL 3																																	
CONTINUA	61	60	903.96	905.32	26.75	-5.09	2	66	396	631	0.44	0.70	0.00	0.00	0.13	0.21	0.57	0.91	4.02	3.92	3.19	4.95	6	0.20	0.46	0.52	0.41	0.52	25.55	900.29	900.24	3.67	
RAMAL 5																																	
INICIAL	123	122	969.69	960.80	36.58	24.31	2	2	12	20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	4.41	4.38	0.11	0.18	6	29.00	0.95	1.11	0.02	0.03	35.38	968.49	958.23	1.20
	122	121	960.80	953.69	32.99	21.56	2	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	19.00	1.02	1.18	0.04	0.04	31.79	958.20	952.16	2.60	
	121	120	953.69	949.15	23.56	19.27	2	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	19.00	1.15	1.32	0.04	0.05	22.36	952.13	947.88	1.56	
	120	119	949.15	948.74	27.25	1.51	1	7	42	67	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	4.33	4.29	0.36	0.57	6	3.00	0.63	0.73	0.07	0.09	26.05	947.85	947.07	1.30	
	119	118	948.74	932.46	65.15	24.99	2	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	25.00	1.42	1.64	0.05	0.06	63.95	947.04	931.05	1.70	
	118	117	932.46	932.51	26.68	-0.19	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	2.00	0.59	0.68	0.09	0.11	25.48	931.02	930.51	1.44	
	117	116	932.51	921.54	57.91	18.95	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	21.00	1.34	1.56	0.05	0.06	56.71	930.48	918.57	2.03	
	116	115	921.54	916.12	38.52	14.08	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	10.00	1.04	1.19	0.06	0.07	37.32	918.54	914.81	3.00	
	115	114	916.12	914.80	13.80	9.57	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	10.00	1.04	1.19	0.06	0.07	12.60	914.78	913.52	1.34	
	114	113	914.80	910.38	20.34	21.74	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	27.00	1.46	1.69	0.05	0.06	19.14	913.49	908.32	1.31	
	113	112	910.38	907.82	15.84	16.17	0	9	54	87	0.06	0.10	0.00	0.00	0.02	0.03	0.08	0.13	4.31	4.26	0.47	0.74	6	12.00	1.10	1.27	0.06	0.07	14.64	908.29	906.54	2.09	
RAMAL 5.1																																	
INICIAL	112.3	112.2	953.15	930.26	41.15	55.63	4	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	59.00	1.51	1.74	0.03	0.03	39.95	951.95	928.38	1.20	
	112.2	112.1	930.26	910.20	41.15	48.75	0	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	50.00	1.42	1.65	0.03	0.04	39.95	927.58	907.60	2.68	
	112.1	112	910.20	907.82	12.72	18.72	0	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	9.00	0.78	0.91	0.04	0.05	11.52	907.57	906.54	2.63	
RAMAL 5																																	
CONTINUA	112	111	907.82	905.65	37.47	5.80	0	13	78	125	0.09	0.14	0.00	0.00	0.03	0.04	0.11	0.18	4.27	4.22	0.67	1.05	6	6.00	0.97	1.11	0.08	0.10	36.27	906.51	904.33	1.31	
	111	110	905.65	905.24	33.12	1.24	1	14	84	134	0.09	0.15	0.00	0.00	0.03	0.04	0.12	0.19	4.26	4.21	0.72	1.13	6	1.00	0.53	0.61	0.13	0.16	31.92	904.30	903.98	1.35	
	110	109	905.24	905.74	99.12	-0.51	4	18	108	173	0.12	0.19	0.00	0.00	0.04	0.06	0.16	0.25	4.23	4.17	0.91	1.44	6	0.40	0.41	0.47	0.18	0.22	97.92	903.95	903.56	1.29	
	109	108	905.74	907.20	39.41	-3.71	1	19	114	182	0.13	0.20	0.00	0.00	0.04	0.06	0.16	0.26	4.23	4.16	0.96	1.52	6	0.40	0.42	0.48	0.18	0.23	38.21	903.53	903.38	2.21	
	108	107	907.20	907.98	16.43	-4.75	1	20	120	192	0.13	0.21	0.00	0.00	0.04	0.06	0.17	0.28	4.22	4.15	1.01	1.60	6	0.40	0.42	0.49	0.19	0.24	15.23	903.35	903.29	3.85	
RAMAL 5.2																																	
INICIAL	107.1	107	929.32	907.98	46.19	46.21	4	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	46.00	1.38	1.60	0.03	0.04	44.99	927.52	906.82	1.80	
RAMAL 5																																	
CONTINUA	107	106	907.98	907.00	61.47	1.60	1	25	150	240	0.17	0.27	0.00	0.00	0.05	0.08	0.22	0.35	4.19	4.12	1.26	1.98	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.28	60.27	903.26	903.08	4.72	
	106	105	907.00	909.44	32.30	-7.56	0	25	150	240	0.17	0.27	0.00	0.00	0.05	0.08	0.22	0.35	4.19	4.12	1.26	1.98	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.28	31.10	903.05	902.95	3.95	
	105	104	909.44	908.68	20.54	3.71	1	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.29	19.34	902.92	902.86	6.52	
	104	103	908.68	907.23	30.07	4.83	0	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.29	28.87	902.83	902.75	5.85	
	103	102	907.23	906.28	30.23	3.15	0	26	156	249	0.17	0.28	0.00	0.00	0.05	0.08	0.23	0.36	4.19	4.11	1.31	2.05	6	0.30	0.41	0.47	0.23	0.29	29.03	902.72	902.63	4.51	
RAMAL 5.3																																	
INICIAL	102.6	102.5	938.97	934.25	19.81	23.83	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	26.00	1.04	1.20	0.03	0.04	18.61	937.77	932.93	1.20	
	102.5	102.4	934.25	931.56	18.34	14.67	1	4	24	39	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	4.37	4.34	0.21	0.34	6	16.00	0.96	1.11	0.04	0.05	17.14	932.90	930.16	1.35	
	102.4	102.3	931.56	923.77	15.70	49.62	1	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	53.00	1.55	1.79	0.03	0.04	14.50	930.13	922.44	1.43	
	102.3	102.2	923.77	924.20	10.60	-4.06	0	5	30	48	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	4.35	4.32	0.26	0.41	6	1.50	0.45	0.52	0.07	0.09	9.40	922.41	922.27	1.36	
	102.2	102.1	924.20	912.78	27.27	41.88	1	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	42.00	1.51	1.74	0.04	0.04	26.07	922.24	911.29	1.96	
	102.1	102	912.78	906.28	16.59	39.19	0	6	36	58	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	4.34	4.30	0.31	0.50	6	46.00	1.56	1.80	0.03	0.04	15.39	911.26	904.18	1.52	
RAMAL 5																																	
CONTINUA	102	101	906.28	904.54	46.02	3.79	1	33	198	316	0.22	0.35	0.00	0.00	0.07	0.11	0.29	0.46	4.15	4.07	1.64	2.57	6	0.30	0.44	0.50	0.26	0.32	44.82	902.60	902.47	3.68	
	101	100	904.54	905.59	26.25	-4.01	0	33	198	316	0.22	0.35	0.00	0.00	0.07	0.11	0.29	0.46	4.15	4.07	1.64	2.57	6	0.30	0.44	0.50	0.26	0.32	25.05	902.44	902.36	2.10	
RAMAL 5.4																																	
INICIAL	100.1	100	931.57	905.59	49.28	52.72	3	3	18	29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	4.39	4.36	0.16	0.25	6	54.00	1.34	1.55	0.02	0.03	48.08	929.07	903.11	2.50	
RAMAL 5																																	
CONTINUA	100	60	905.59	905.32	18.84	1.44	1	37	222	354	0.25	0.39	0.00	0.00	0.07	0.12	0.32																

RAMAL 3																																			
CONTINUA	56	55	879.93	870.40	17.53	54.37	0	111	666	1062	0.74	1.18	0.00	0.00	0.22	0.35	0.96	1.53	3.91	3.78	5.20	8.04	6	52.00	3.82	4.35	0.13	0.16	16.33	877.82	869.33	2.11			
	55	54	870.40	853.87	36.66	45.10	2	113	678	1081	0.75	1.20	0.00	0.00	0.23	0.36	0.98	1.56	3.90	3.78	5.29	8.17	6	53.00	3.87	4.40	0.13	0.16	35.46	867.83	849.03	2.57			
	54	53	853.87	849.01	22.95	21.18	2	115	690	1100	0.77	1.22	0.00	0.00	0.23	0.37	1.00	1.59	3.90	3.77	5.38	8.30	6	7.00	1.91	2.16	0.21	0.26	21.75	849.00	847.48	4.87			
	53	52	849.01	832.74	68.65	23.70	3	118	708	1129	0.79	1.25	0.00	0.00	0.24	0.38	1.02	1.63	3.89	3.77	5.51	8.50	6	24.00	2.97	3.37	0.16	0.20	67.45	847.45	831.26	1.56			
	52	51	832.74	820.10	63.62	19.87	2	120	720	1148	0.80	1.28	0.00	0.00	0.24	0.38	1.04	1.66	3.89	3.76	5.60	8.63	6	23.00	2.93	3.34	0.16	0.20	62.42	831.23	816.87	1.51			
	51	50	820.10	810.99	43.45	20.97	2	122	732	1167	0.81	1.30	0.00	0.00	0.24	0.39	1.06	1.69	3.88	3.76	5.69	8.77	6	17.00	2.65	3.01	0.18	0.22	42.25	816.84	809.66	3.26			
RAMAL PRINCIPAL																																			
CONTINUA	50	124	810.99	802.66	41.53	20.06	0	233	1398	2228	1.55	2.48	0.00	0.00	0.47	0.74	2.02	3.22	3.70	3.55	10.35	15.81	6	20.00	3.35	3.78	0.23	0.28	40.33	809.61	801.54	1.38			
	124	125	802.66	799.57	29.02	10.65	0	233	1398	2228	1.55	2.48	0.00	0.00	0.47	0.74	2.02	3.22	3.70	3.55	10.35	15.81	6	15.00	3.02	3.41	0.24	0.30	27.82	801.51	797.34	1.15			
	125	126	799.57	792.00	38.26	19.79	0	233	1398	2228	1.55	2.48	0.00	0.00	0.47	0.74	2.02	3.22	3.70	3.55	10.35	15.81	6	22.00	3.46	3.91	0.22	0.27	37.06	797.31	789.16	2.26			
	126	127	792.00	787.78	9.70	43.51	0	355	2130	3394	2.37	3.77	0.00	0.00	0.71	1.13	3.08	4.90	3.56	3.40	15.18	23.05	6	32.00	4.42	4.98	0.24	0.30	8.50	789.13	786.41	2.87			
	127	P.T	787.78	785.00	10.00	27.80																										8.80	786.38	786.38	1.40



PLANTA GENERAL DE ALINEAMIENTO

DATOS DE CURVAS						
CURVA	LONGITUD DE CURVA (M)	SUBTANGENTE (M)	Δ	RADIO (M)	G	E (M)
1	170.26	86.85	27°52'12"	350	3°	10.61
2	7.15	3.58	5°27'36"	75	15°	0.09
3	63.71	33.92	48°40'12"	75	15°	7.31
4	34.90	17.77	26°39'36"	75	15°	2.08
5	60.66	32.10	46°20'24"	75	15°	6.58
6	8.24	4.12	6°17'24"	75	15°	0.11
7	17.53	8.81	13°23'24"	75	15°	0.52
8	16.45	8.44	31°25'48"	30	38°	1.16
9	35.15	19.90	67°9'12"	30	38°	6.00
10	15.61	7.98	29°48'00"	30	38°	1.04
11	24.75	13.13	47°15'36"	30	38°	2.75
12	23.44	12.36	44°46'12"	30	38°	2.45
13	12.19	6.18	23°17'24"	30	38°	0.63
14	19.11	9.89	36°29'24"	30	38°	1.59
15	53.01	36.54	101°13'48"	30	38°	17.28

SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
BP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA DE EJERCICIOS PROFESIONALES SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE ALINEAMIENTO DE CONCRETO ALER SAN PEDRO LAS CORTAS, ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

ESCALA: 1/2000

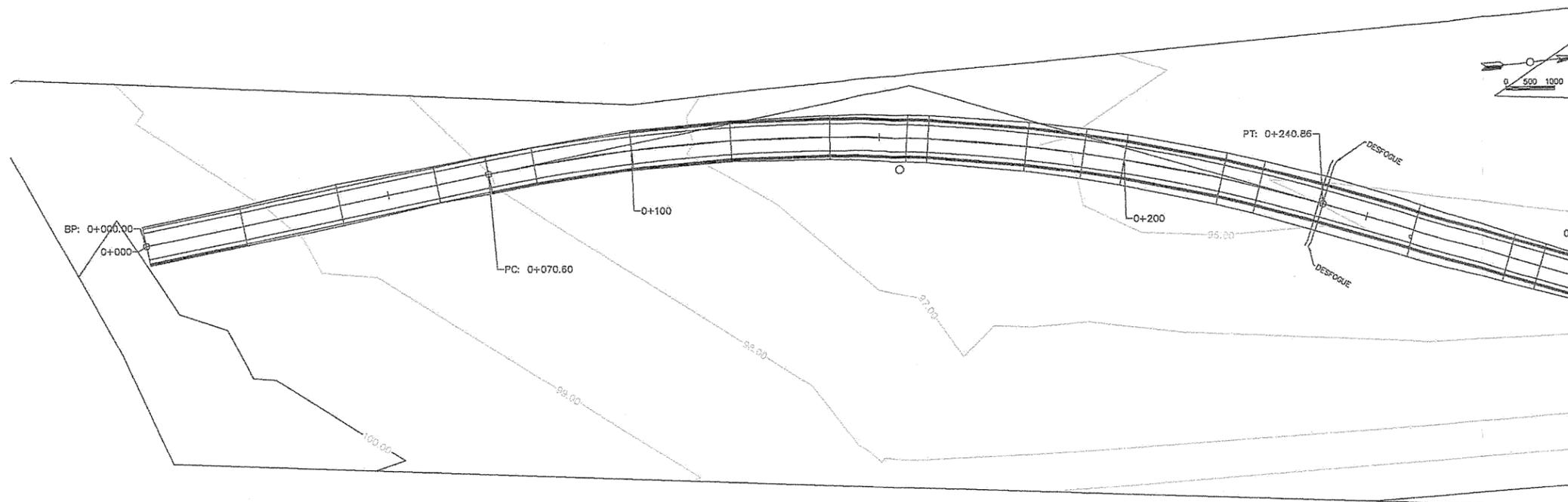
FECHA: ENERO 2018

DIBUJO: CARLOS FARRAN

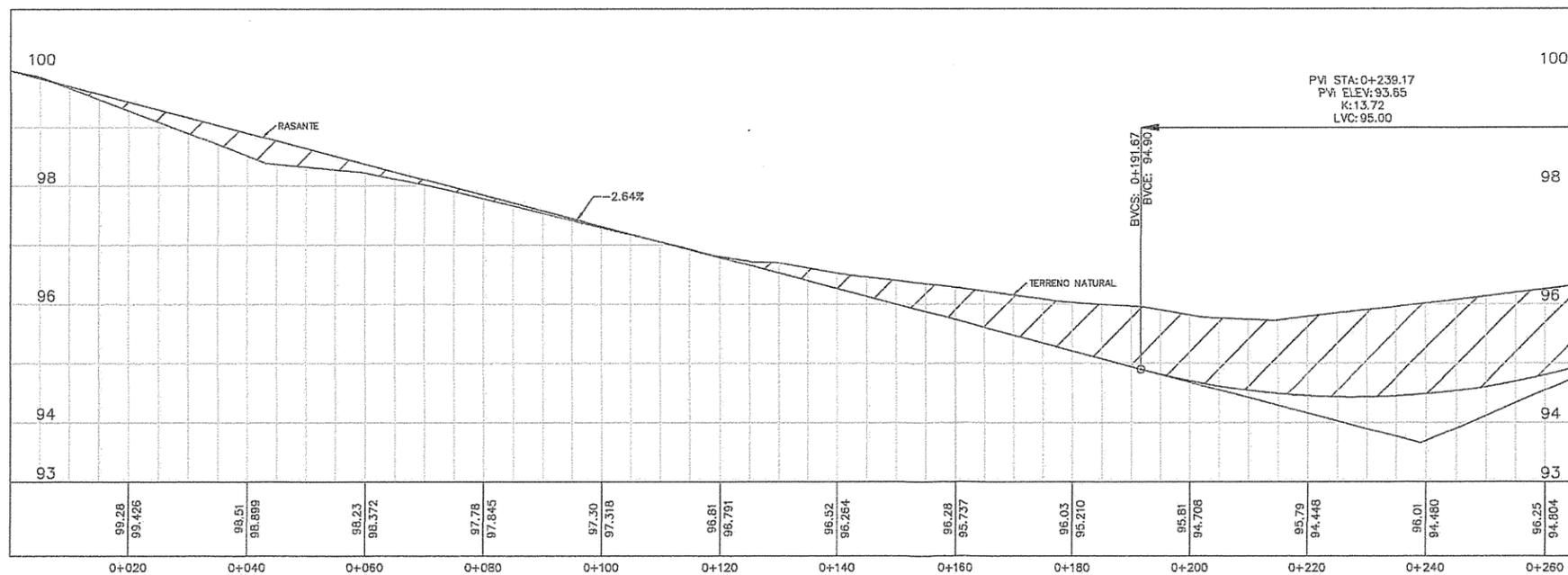
DISENO: CARLOS FARRAN

CALCULO: CARLOS FARRAN

13



PLANTA EST: 0+000 A 0+265



PERFIL EST: 0+000 A 0+265

SIMBOLOGIA

EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LVC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
BP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA HUERTA DE AGUA SUATEMALA, CANTÓN DE PEPE, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

ESCALA: 1/500

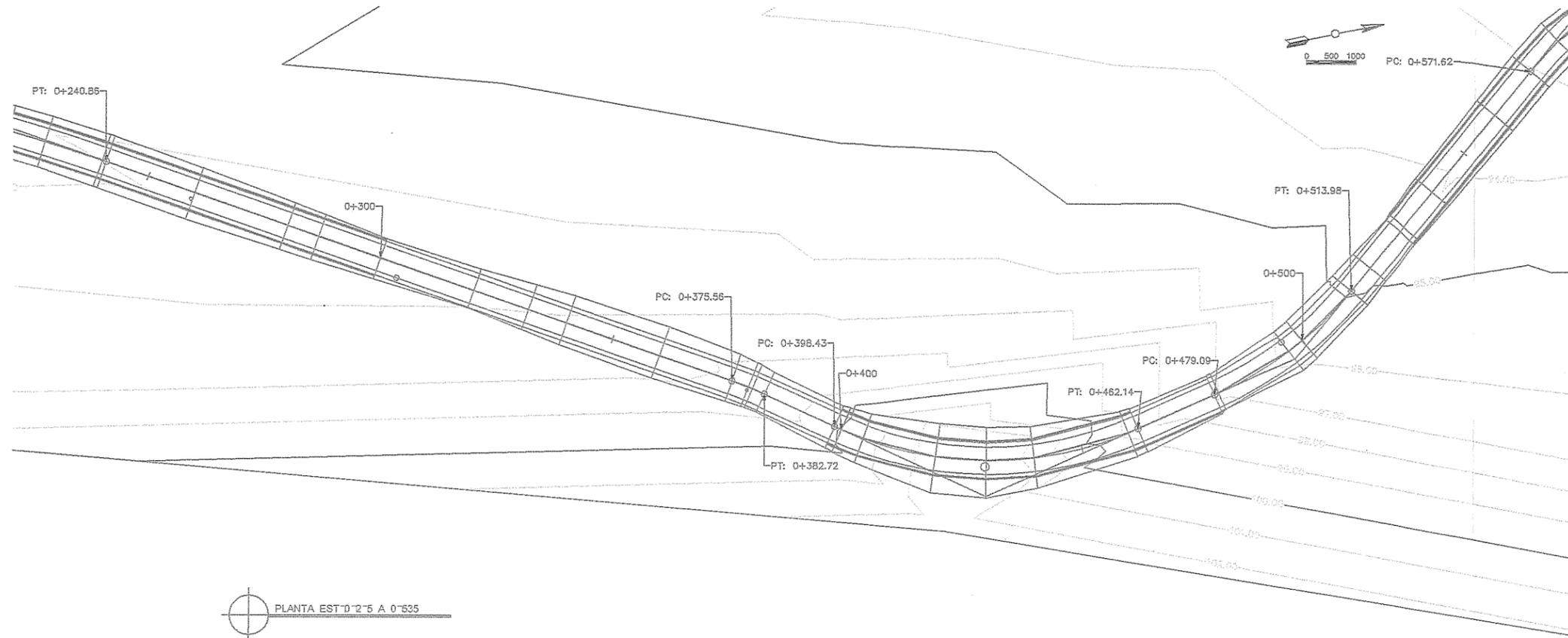
FECHA: ENERO 2018

DISEÑO: CARLOS FARFÁN

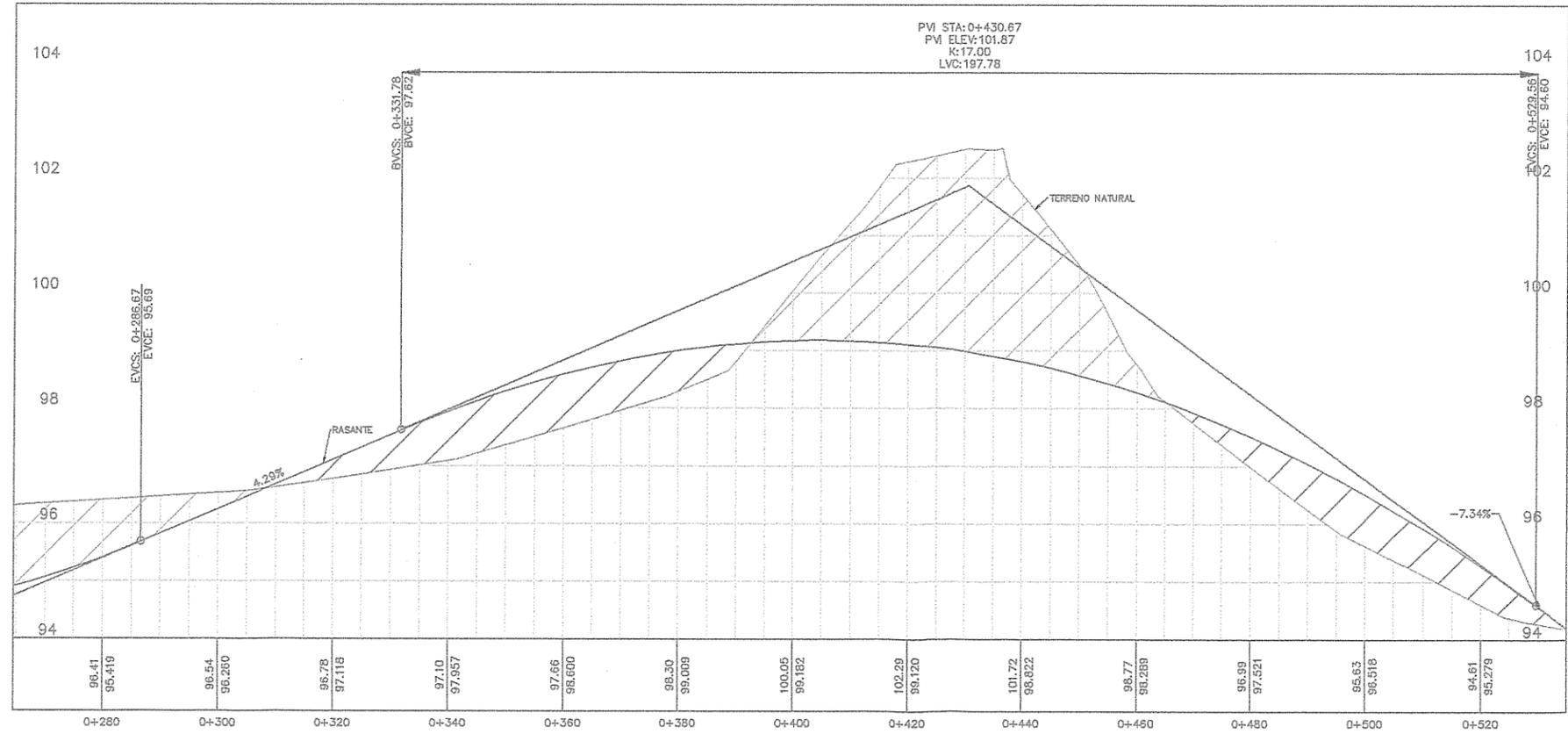
CALCULO: CARLOS FARFÁN

2

13



PLANTA EST 0'2"5 A 0'635



PERFIL EST 0'2"5 A 0'635

SIMBOLOGIA	
EMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LVC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
EVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
IP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA LA CARRETERA SAN PEDRO LAS HERAS, ANTIGUA GUATEMALA

ESCALA: 1:500

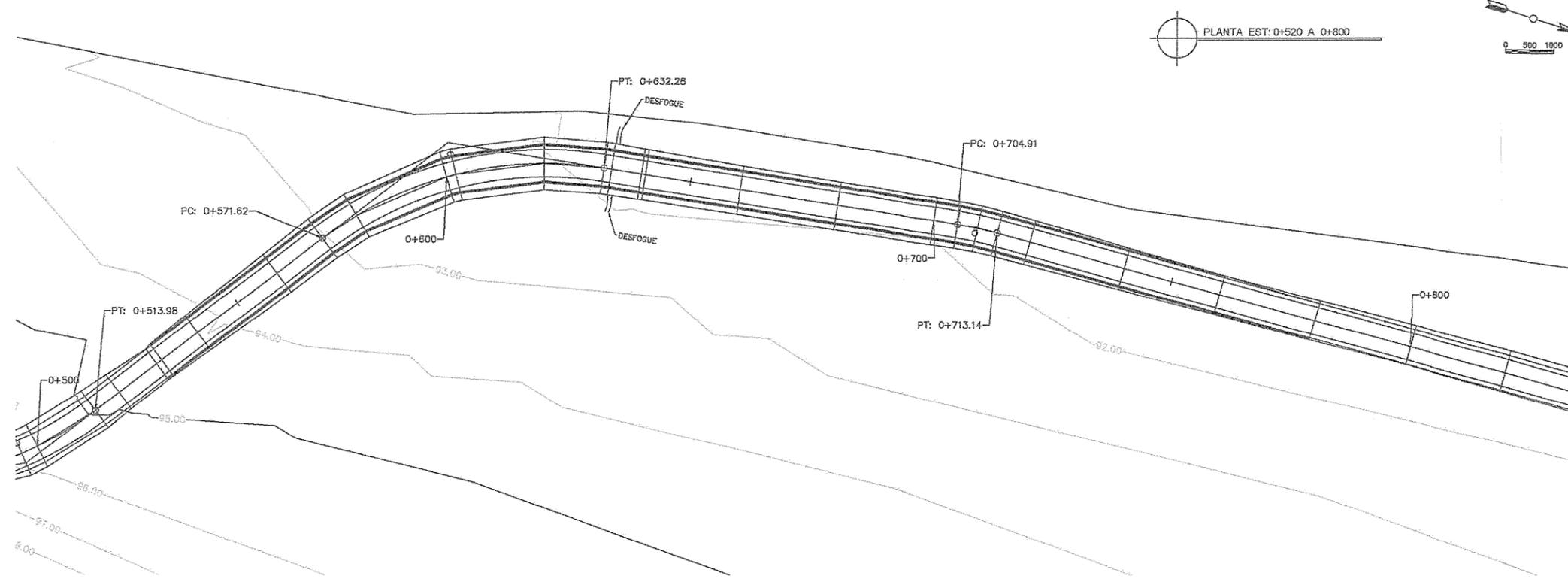
FECHA: ENERO 2018

DIBUJO: CARLOS FARFAN

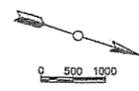
DISEÑO: CARLOS FARFAN

CALCULO: CARLOS FARFAN

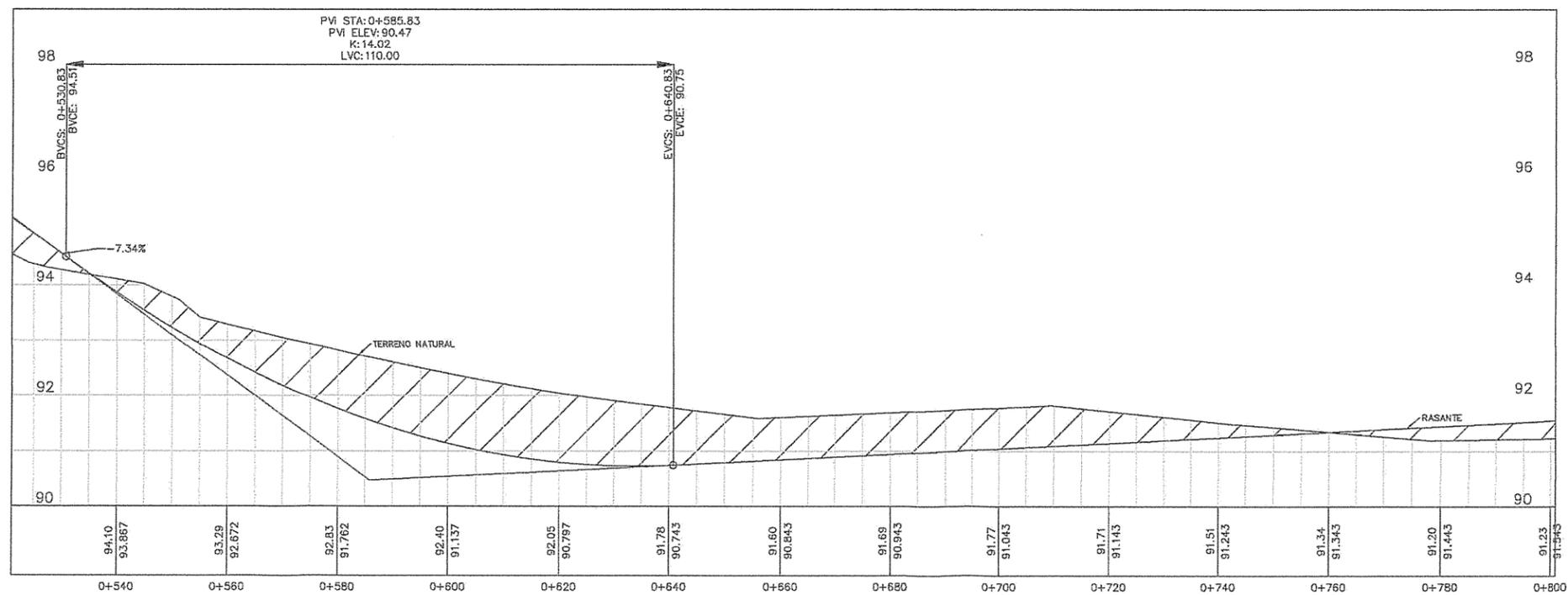
HOJA 3 DE 13



PLANTA EST: 0+520 A 0+800



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
BP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL



PERFIL EST: 0+520 A 0+800

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CEMENTO EN LA ALDEA PEDRO LAS HUERTAS, ANTOYA, GUATEMALA, SACATEPEQUEZ

ESCALA: 1/500

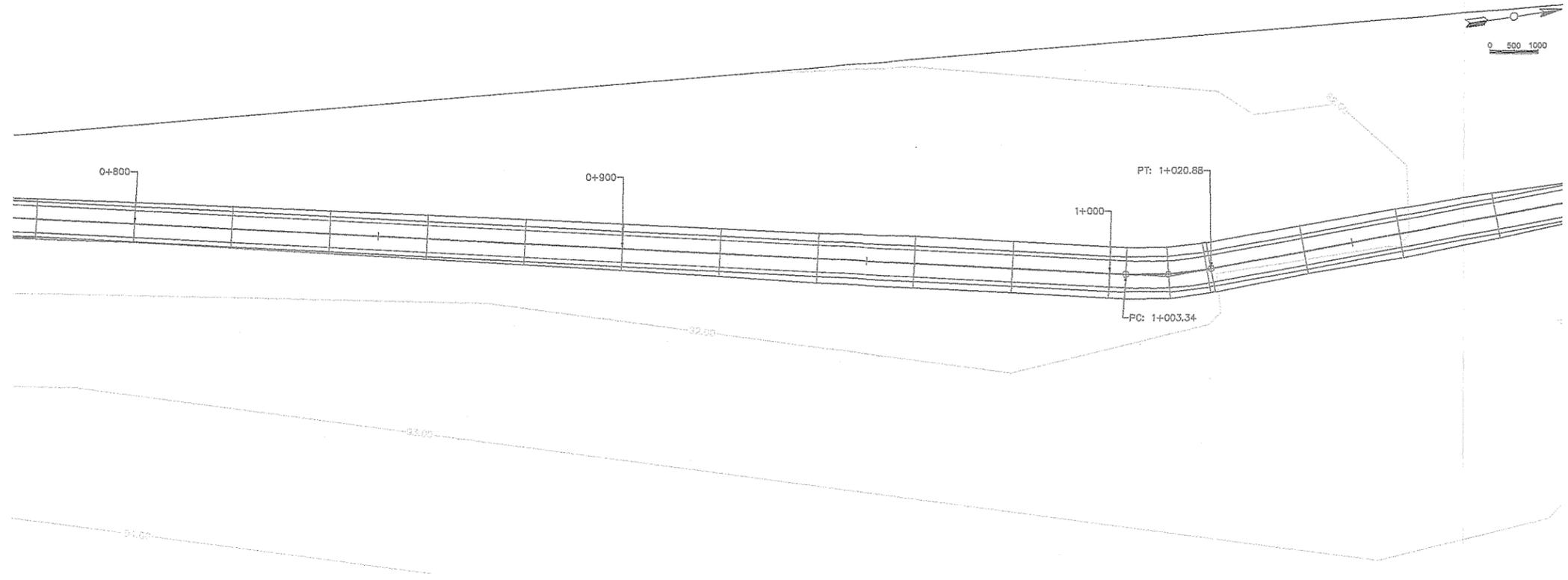
FECHA: ENERO 2018

DIBUJO: CARLOS FARFAN

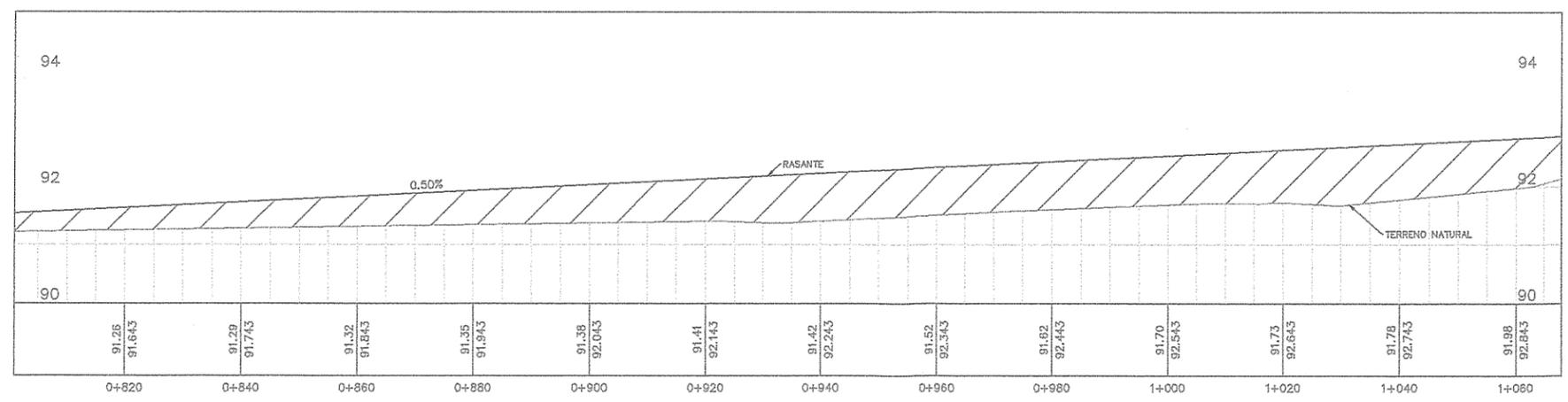
DISEÑO: CARLOS FARFAN

CALCULO: CARLOS FARFAN

13



PLANTA EST 0'520 A 0'800



PERFIL EST 0'800 A 1'075

SIMBOLOGIA	
EMPLEO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
IVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
IVCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
IP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE LA ALDORA, PEDRO LAS CUELLAS, GUATEMALA, SACATEPEQUEZ.

ESCALA: 1:600

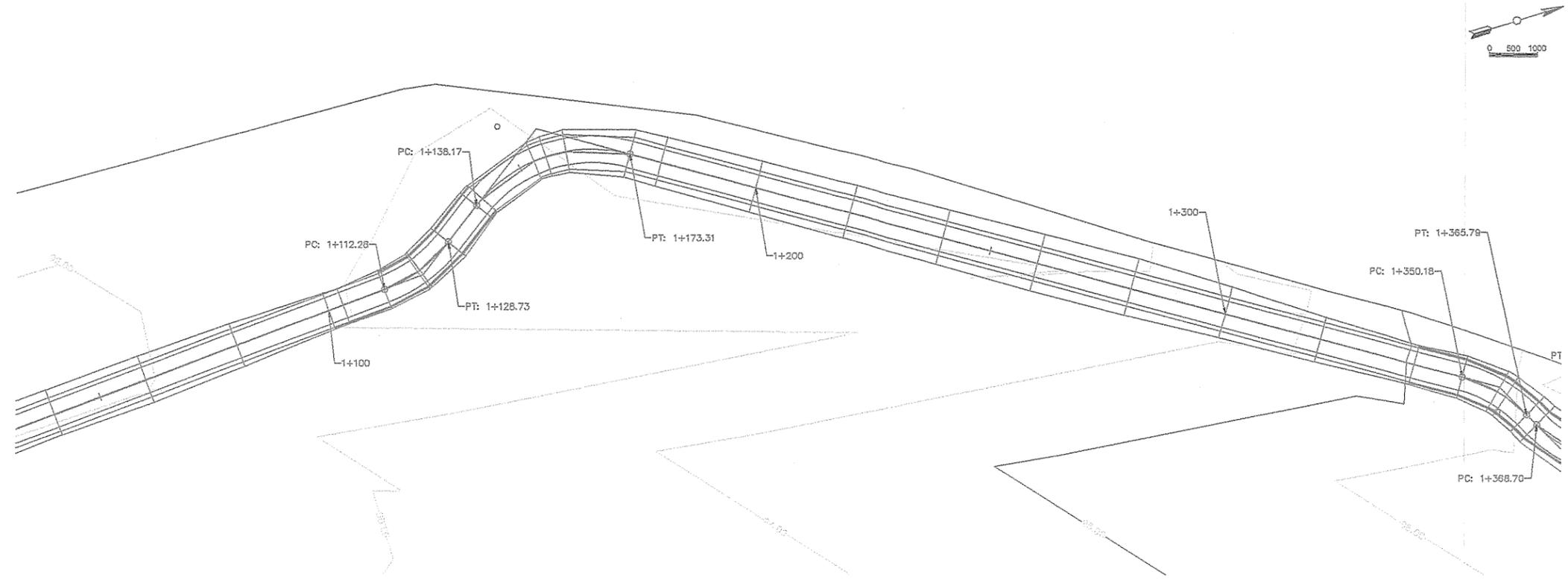
FECHA: ENERO 2018

DISEÑO: CARLOS FARFÁN

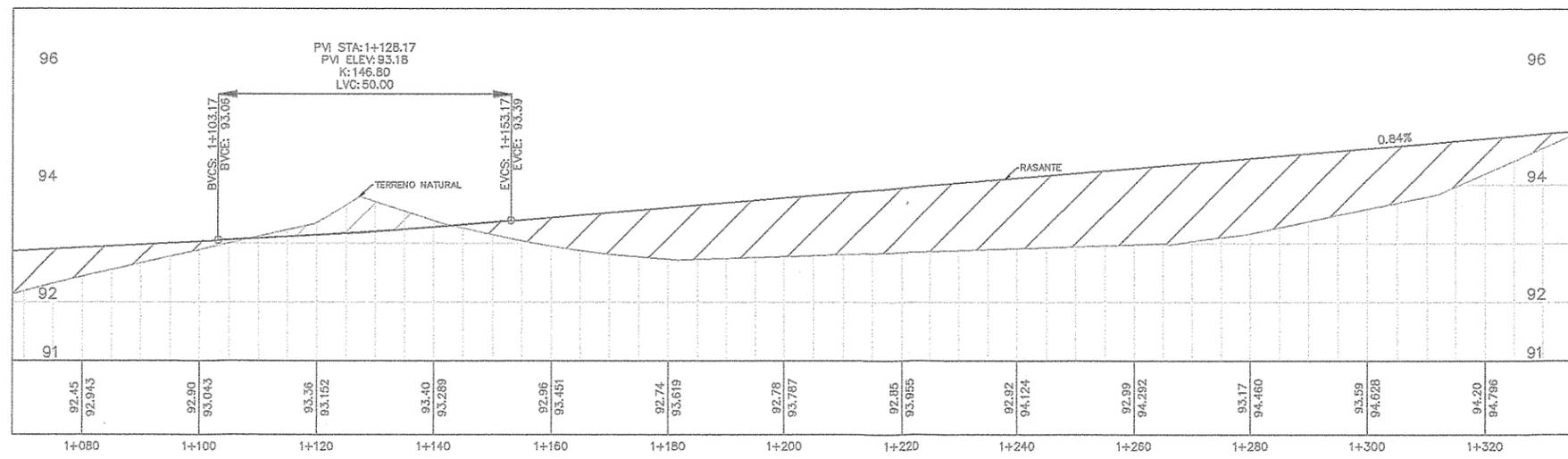
CALCULO: CARLOS FARFÁN

Supervisor EPS: Alfredo Acosta

HOJA 5 DE 13



PLANTA EST 1:070 A 1:035



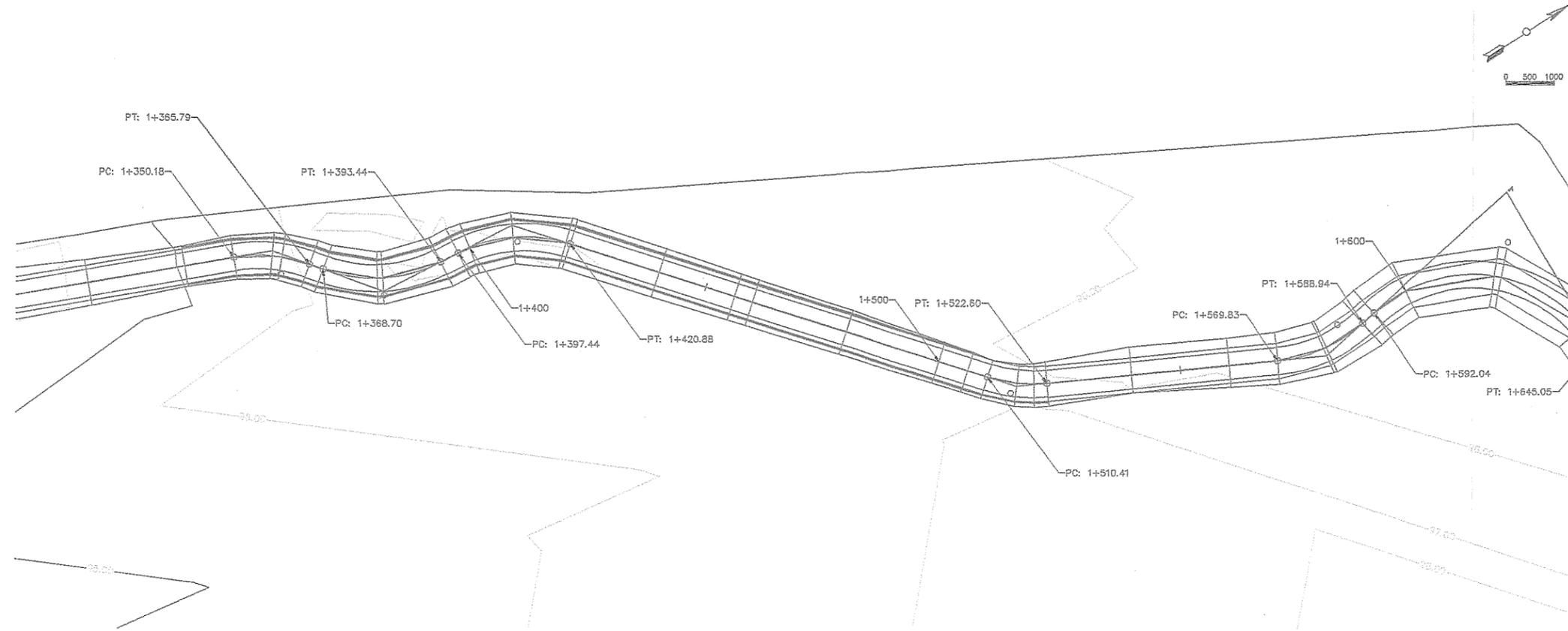
PERFIL EST 1:070 A 1:035

SIMBOLOGIA	
EMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LVC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
EVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
EVC	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
IP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

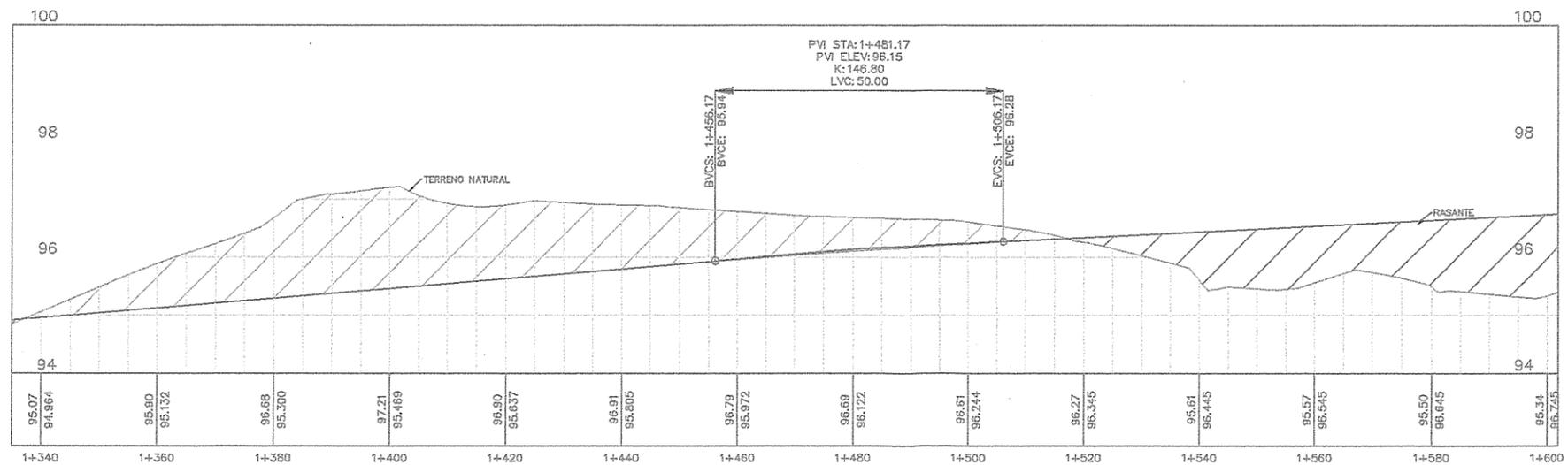
UNIVERSIDAD CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ÁREA DE SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SAN PEDRO LAS HERBAS AL CANTÓN LA CATERINA
 DISEÑO: SUPLENTE DE INGENIERÍA Y EPS
 ESCALA: 1:500
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARFAN
 DISEÑO: CARLOS FARFAN
 CALCULO: CARLOS FARFAN

Ing. Alfredo Arriola
 Asesor - supervisor EPS

HOJA 6
 13



PLANTA EST 1:335 A 1:100



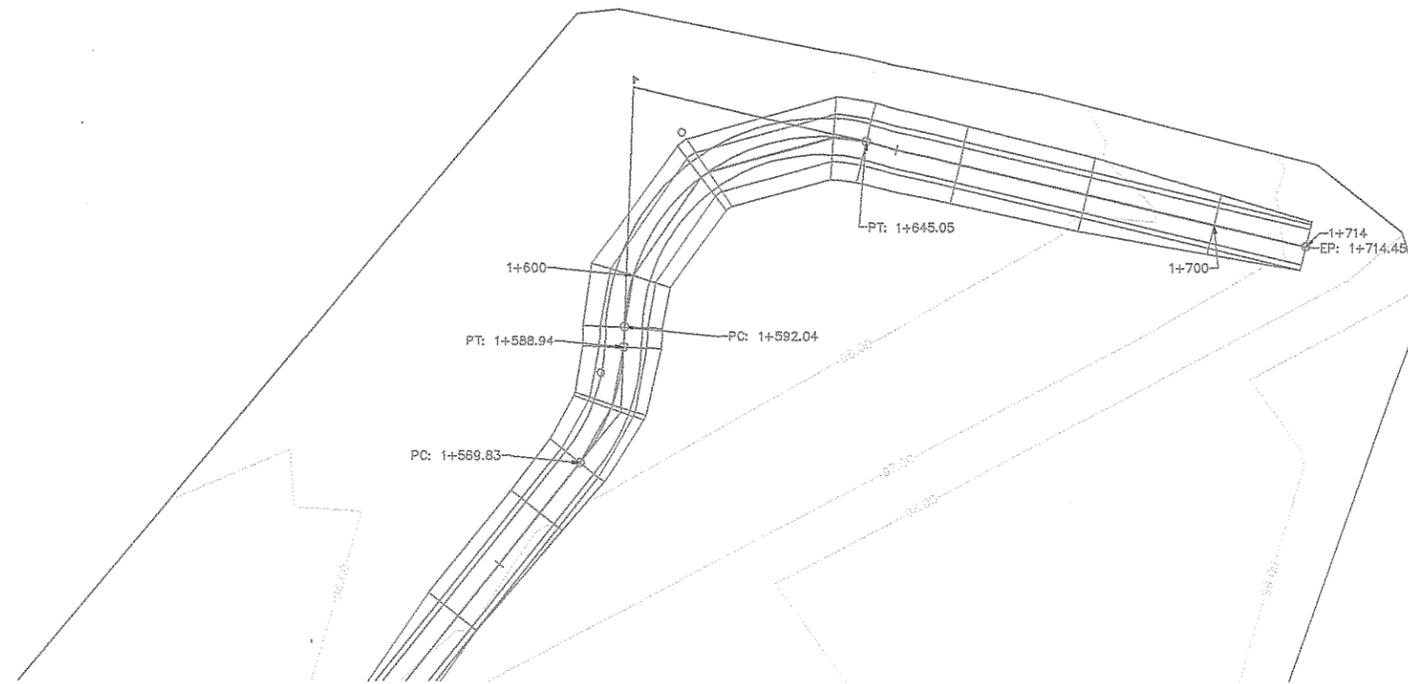
PERFIL EST 1:335 A 1:100

SIMBOLOGIA	
EMPLEO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
WCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
WCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
IP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

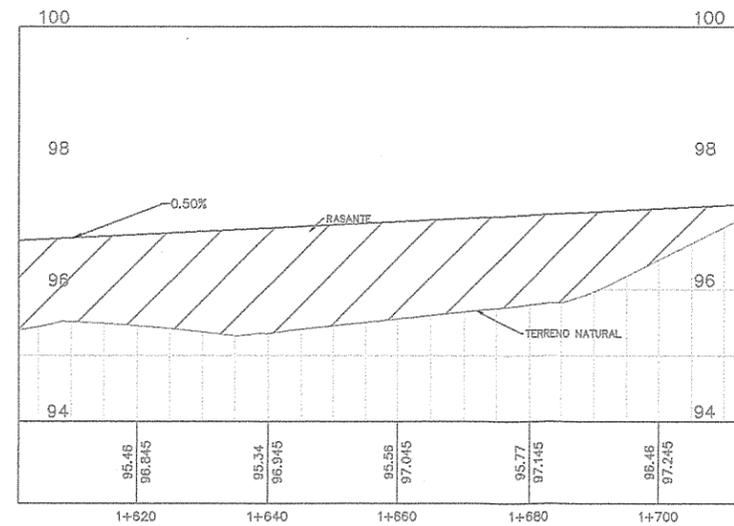
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 AREA DE PROFESION PROFESIONALES SUPERVISADO
 PROYECTO: [Illegible]
 DISEÑO Y DIBUJO: [Illegible]
 ESCALA: 1:500
 FECHA: ENERO 2018
 DIBUJO: CARLOS FARRAN
 DISEÑO: CARLOS FARRAN
 CALCULO: CARLOS FARRAN

Ing. Alfredo Arriaga
 Ing. [Illegible]
 Ing. [Illegible]

HOJA 7 DE 13



PLANTA ESTADÍSTICA 1+711



PERFIL ESTADÍSTICO A 1+711

SIMBOLOGIA	
EMPLEO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
IVCS	ESTACIÓN CURVA VERTICAL
IVCE	ELEVACIÓN CURVA VERTICAL
IP	PUNTO DE INICIO
EP	PUNTO DE FINAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL DE INGENIEROS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA LA CARRETERA DE SAN PEDRO DE HUETAHUTEN
 HUEHUETENUTEN - SAN PEDRO DE HUETAHUTEN

FECHA: ENERO 2018

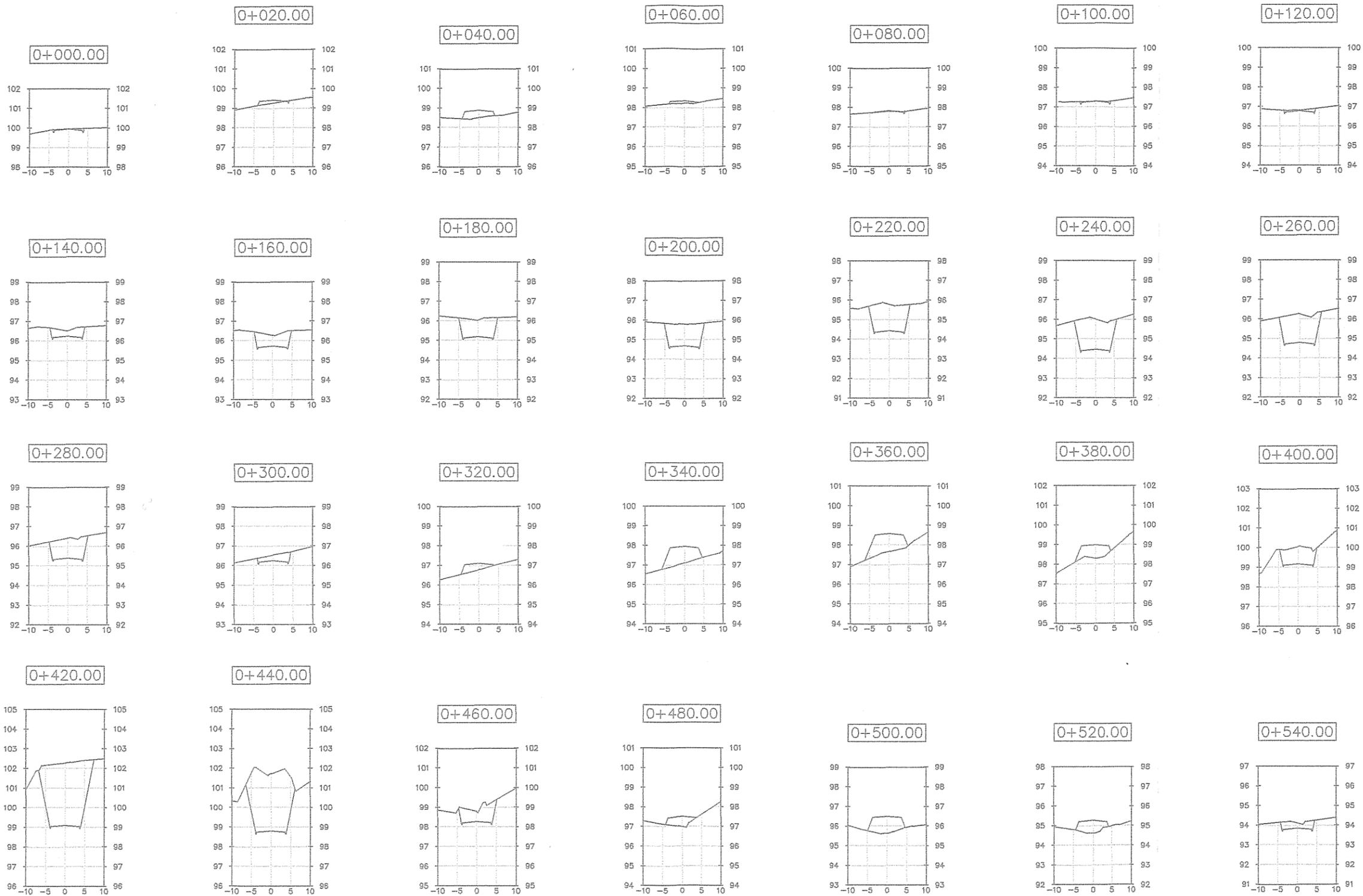
DIBUJO: CARLOS FARRAN

DISEÑO: CARLOS FARRAN

CALCULO: CARLOS FARRAN

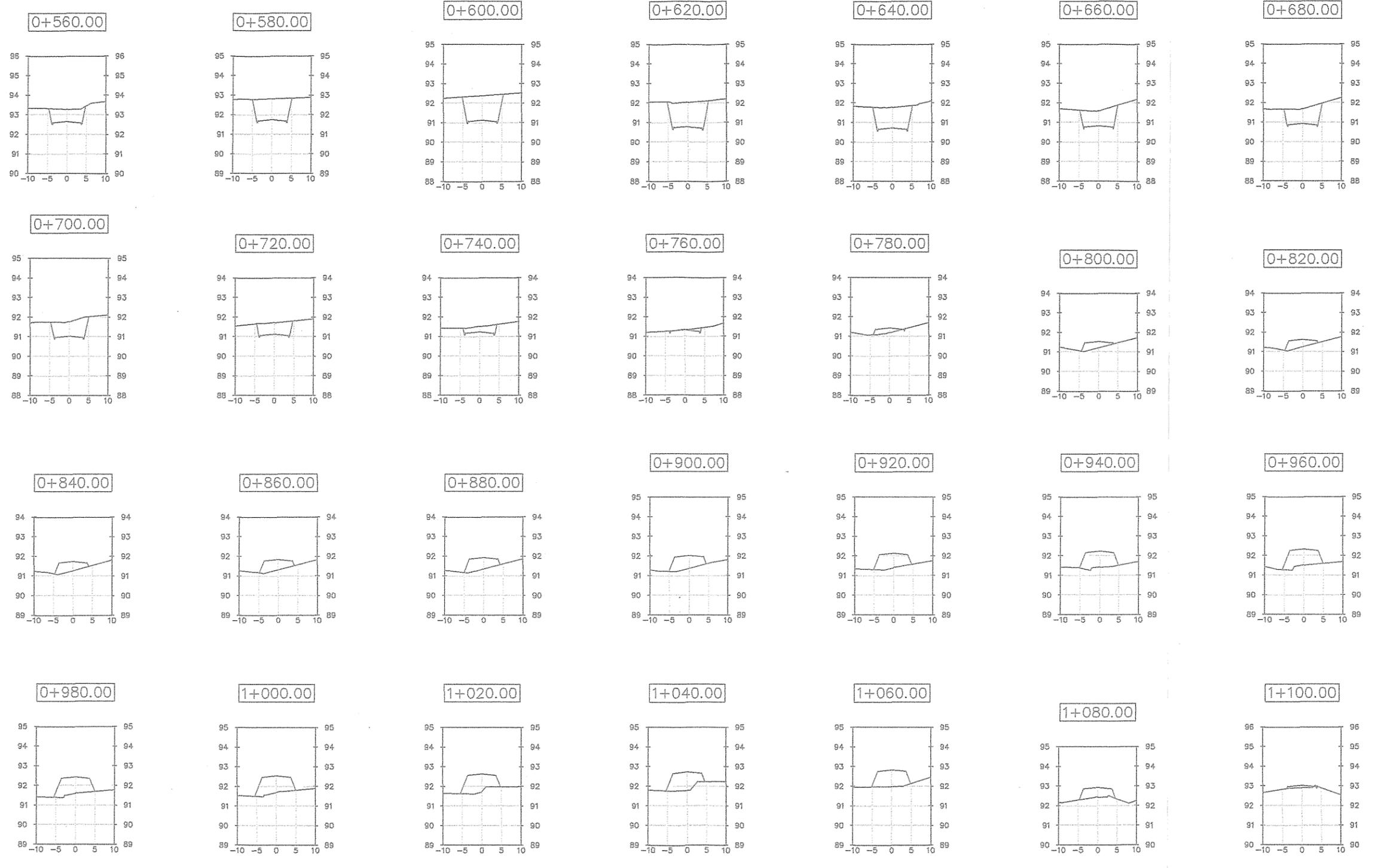
Ing. Alfredo Arriaga
 Asesor - Supervisor EPS

HOJA 8
 13



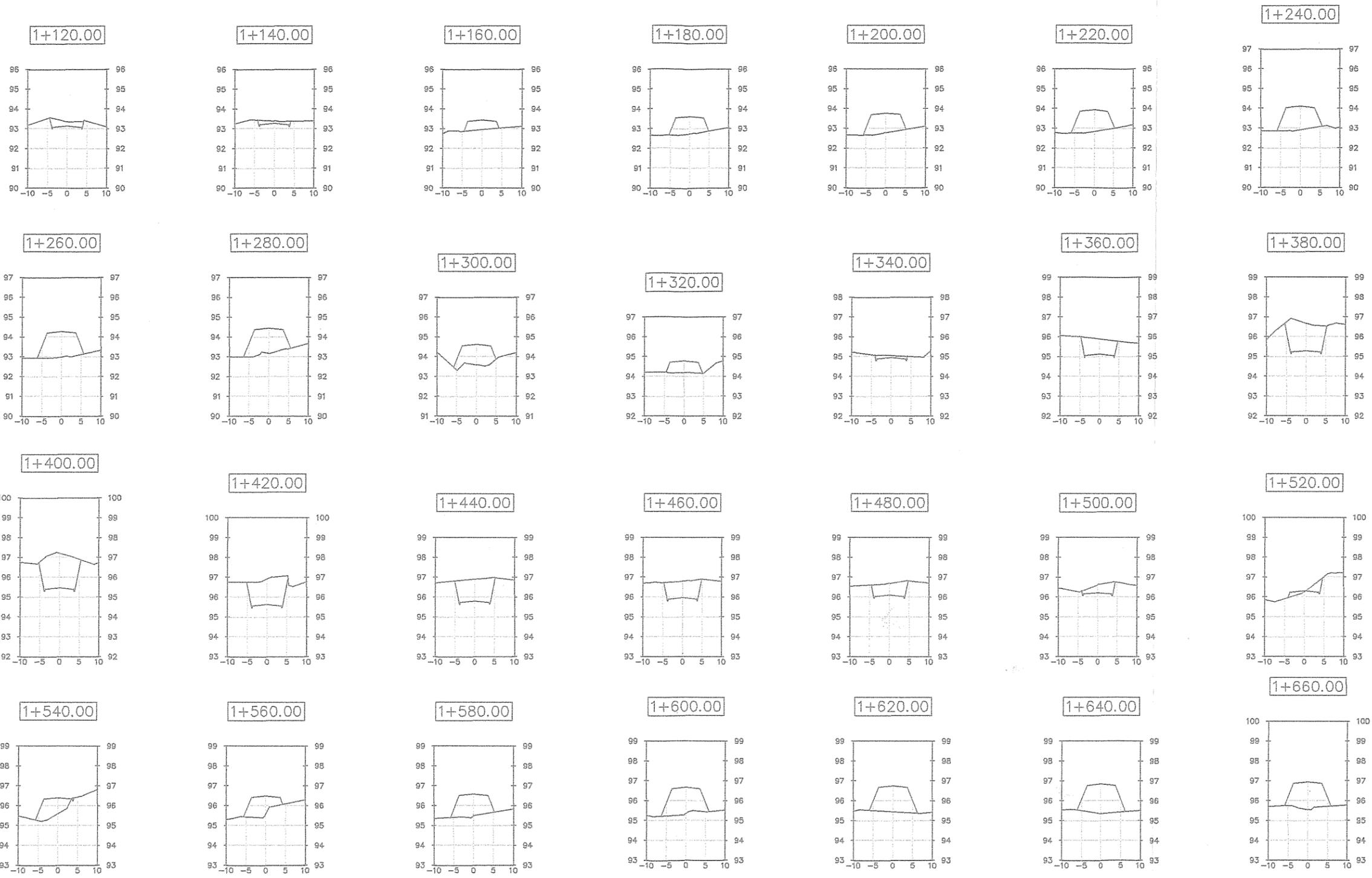
SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+000 A 0+540

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA CARRETERA SAN PEDRO LAS HUERTAS ANTIGUA-SUMERVISOR DE ENCARLOSQUEZ	
ESCALA: V: 1/100 H: 1/500	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES DE ENCARLOSQUEZ
FECHA: ENERO 2018	DISEÑO: CARLOS FARFAN
DISEÑO: CARLOS FARFAN	CALCULO: CARLOS FARFAN
Universidad de San Carlos de Guatemala Manuel Alfonso Arraiza Pacheco SUPERVISOR DE ENCARLOSQUEZ Practicas de Ingenieria	
HOJA 9 13	



SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+560 A 1+100

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: ING. MARQUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHOA ASesor SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería	
ESCALA: V: 1:100 H: 1:50	DISEÑO DE: CARLOS FARFAN DIBUJO: CARLOS FARFAN DISEÑO: CARLOS FARFAN CALCULO: CARLOS FARFAN
HOJA 10 / 13	



SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+120 A 1+660

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: VI 1:100 HI 1:500		PROYECTO: SECCIONES TRANSVERSALES FECHA: ENERO 2018 DIBUJO: CARLOS FARRAN DISEÑO: CARLOS FARRAN CALCULO: CARLOS FARRAN	
ASISTENTE: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta SUPERVISOR DE EPS: Ing. Alfredo Arrivillaga ASESOR: Ing. Alfredo Arrivillaga Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS		HOJA 11 13	

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 027 S.S. O.T.: 38,106 **No. 13009**

Interesado: CARLOS ALBERTO FARFAN MARTINEZ

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: ALDEA LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ

FECHA: jueves, 1 de febrero de 2018

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	N.P.	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

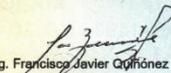
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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





FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 3. Ensayo de compactación (proctor modificado)



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



INFORME No. 029 S.S.

O.T.: 38,106

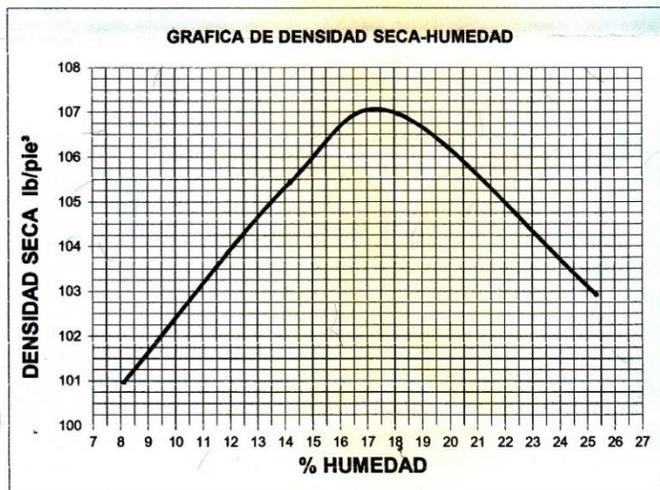
No. 13011

Interesado: CARLOS ALBERTO FARFAN MARTINEZ
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ"

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: ALDEA LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ
Fecha: jueves, 1 de febrero de 2018

Muestra: 1



Descripción del suelo: ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO
Densidad seca máxima γ_d : 1,718.15 Kg/m³ 107.25 lb/pt³
Humedad óptima Hop.: 17.00 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.

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



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 4. Ensayo de razón soporte California (CBR)



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



INFORME No. 030 S.S.

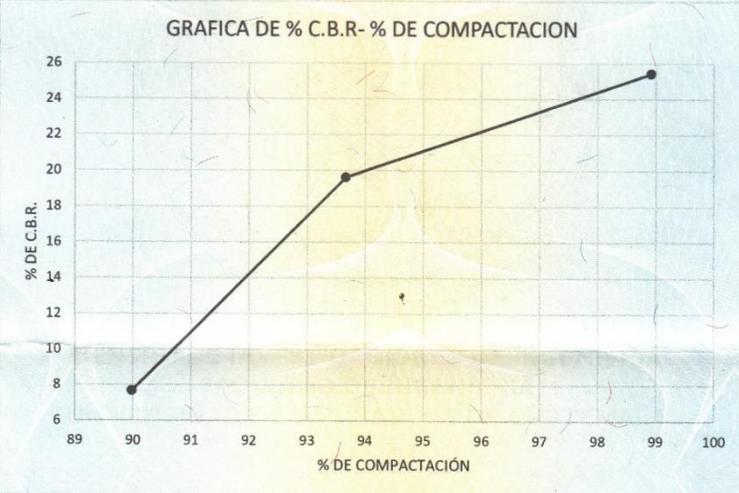
O.T. No. 38,106

No. 13012

Interesado: CARLOS ALBERTO FARFAN MARTINEZ
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ"
 Ubicación: ALDEA LAS HUERTAS, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ
 Descripción del suelo: ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO
 Fecha: jueves, 1 de febrero de 2018 Muestra: 1

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	17.00	96.51	90.0	0.63	7.67
2	30	17.00	100.46	93.7	0.59	19.63
3	65	17.00	106.10	98.9	-0.11	25.43

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



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,


 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.


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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

