



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

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL
CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS
COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Miguel Angel Martínez Valiente

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL
CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS
COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ANGEL MARTÍNEZ VALIENTE

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
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 DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
22 de septiembre de 2015.

Miguel Angel Martínez Valiente



Guatemala, 17 de mayo de 2016
REF.EPS.DOC.327.05.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

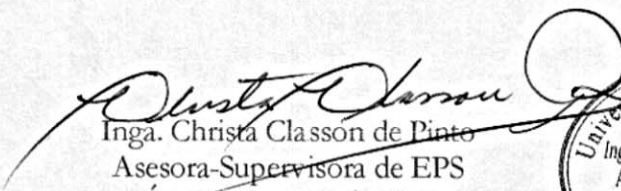
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Miguel Angel Martínez Valiente** con carné No. **201113935**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

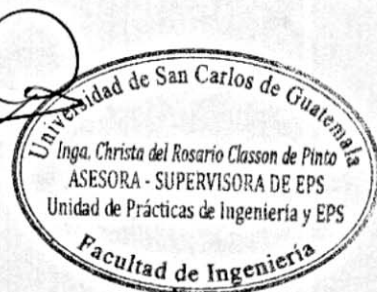
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
CDRSdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



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

Guatemala,
27 de mayo de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Miguel Angel Martínez Valiente, con Carnet No.201113935 , quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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,

Y ENSEÑADA A TODOS

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

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala, 29 de Julio de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Miguel Angel Martínez Valiente con carné 2011-13935, quien contó con la asesoría de la Ing. Christa Classon de Pinto.

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,

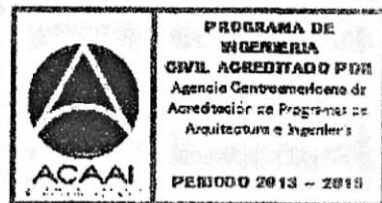
ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

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





Guatemala, 03 de agosto de 2016
Ref.EPS.D.314.08.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

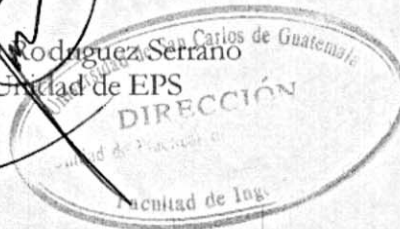
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Miguel Angel Martínez Valiente, carné 201113935**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Miguel Angel Martínez Valiente, titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17.5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua

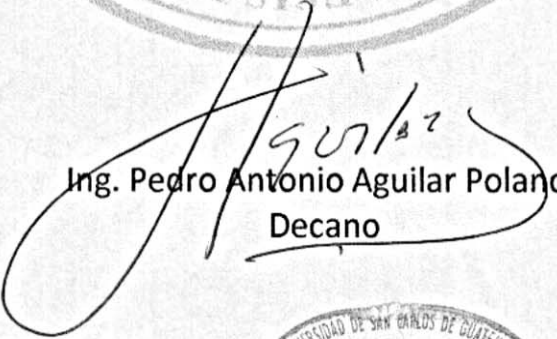




DTG. 437.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO DEL KILÓMETRO 17,5 CARRETERA CA-9 SUR AL CENTRO DE BÁRCENAS Y UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Miguel Angel Martínez Valiente**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2016



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien me da sabiduría y guía en cada uno de los pasos que doy en la vida.
Mis padres	Miguel Angel Martínez Yoc y Soraya Irazema Valiente Paredes, por el apoyo incondicional y amor que me han dado cada día de mi vida.
Mi hermana	María Lourdes Martínez Valiente, quien me ha brindado su apoyo y consejos en todo momento.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Que me permitió formar parte de tan hermosa y prestigiosa Facultad.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis amigos

Por el apoyo y experiencias que vivimos juntos durante la carrera.

Mis asesores

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y Silvio José Rodríguez Serrano, por su gran ayuda profesional y apoyo durante el desarrollo de mi EPS.

Escuela de Ingeniería Civil

Por la asesoría y apoyo brindado durante el desarrollo de mi EPS.

Municipalidad de Villa Nueva

Por permitirme como institución realizar mi EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía	1
1.1.1. Aspectos históricos	1
1.1.2. Aspectos físicos.....	1
1.1.3. Localización y colindancias.....	2
1.1.4. Topografía	3
1.1.4.1. Clima.....	4
1.1.4.2. Hidrografía	5
1.1.5. Servicios básicos	5
1.1.5.1. Vías de acceso.....	6
1.1.5.2. Medios de transporte.....	6
1.1.5.3. Infraestructura	7
1.1.5.4. Drenajes.....	7
1.1.5.5. Otros servicios.....	7
1.1.6. Aspectos demográficos y culturales.....	8
1.2. Diagnóstico e investigación de la problemática.....	8
1.2.1. Identificación del problema	8
1.2.2. Solución propuesta	9

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del tramo carretero del kilómetro 17,5 carretera	
	CA-9 sur al centro de Bárcenas.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Levantamiento topográfico	12
	2.1.2.1. Altimetría.....	12
	2.1.2.2. Planimetría.....	12
2.1.3.	Consideraciones de diseño	12
2.1.4.	Diseño del tramo carretero	14
	2.1.4.1. Período de diseño.....	14
	2.1.4.2. Diseño geométrico horizontal.....	14
	2.1.4.2.1. Radio de la curva	15
	2.1.4.3. Grado de curvatura	16
	2.1.4.3.1. Longitud de curva	16
	2.1.4.3.2. Subtangente.....	17
	2.1.4.3.3. Cuerda máxima.....	17
	2.1.4.3.4. External.....	18
	2.1.4.3.5. Ordenada media	18
	2.1.4.3.6. Bombeo	18
	2.1.4.3.7. Curva de transición	19
	2.1.4.3.8. Peralte	19
	2.1.4.3.9. Sobreancho	20
	2.1.4.3.10. Ejemplo de curva horizontal 1 est. 0+183,00.....	23
	2.1.4.4. Diseño geométrico vertical.....	26
	2.1.4.4.1. Relación K	27
	2.1.4.4.2. Criterio para determinar LCV.....	29

	2.1.4.4.3.	Ejemplo de curva vertical 1 con PIV en ets. 0+138,00.....	31
2.1.4.5.		Movimiento de tierras	34
	2.1.4.5.1.	Determinación de áreas...	35
	2.1.4.5.2.	Cálculo de volúmenes	36
2.1.4.6.		Estudio de suelos	39
	2.1.4.6.1.	Límites de Atterberg	39
	2.1.4.6.2.	Granulometría	40
	2.1.4.6.3.	Ensayo de compactación (Proctor)....	40
	2.1.4.6.4.	Ensayo CBR	41
2.1.4.7.		Diseño y espesor de pavimento rígido por el método AASHTO	41
2.1.4.8.		Diseño de mezcla de concreto	49
2.1.4.9.		Diseño de juntas.....	56
	2.1.4.9.1.	Juntas de contracción.....	56
	2.1.4.9.2.	Juntas de construcción	57
	2.1.4.9.3.	Juntas de dilatación	58
2.1.4.10.		Diseño de drenaje longitudinal	58
	2.1.4.10.1.	Diseño de cuneta en el tramo inicial lado izquierdo.....	59
2.1.4.11.		Diseño de drenaje transversal	63
	2.1.4.11.1.	Diseño del drenaje transversal est. 0+000	63
2.1.5.		Recomendación de radios de giro para rotonda.....	66
2.1.6.		Presupuesto.....	70

2.1.6.1.	Resumen de presupuesto del proyecto	70
2.1.7.	Cronograma físico y financiero	71
2.2.	Diseño del drenaje sanitario y pluvial para las colonias Santa Mónica y Salazar	72
2.2.1.	Descripción del proyecto	73
2.2.2.	Levantamiento topográfico	74
2.2.2.1.	Altimetría.....	74
2.2.2.2.	Planimetría.....	74
2.2.3.	Trazo preliminar	74
2.2.4.	Descripción de los sistemas a utilizar	75
2.2.5.	Diseño del sistema de drenaje sanitario	76
2.2.5.1.	Período de diseño	76
2.2.5.2.	Población de diseño.....	76
2.2.5.3.	Dotación.....	77
2.2.5.4.	Factor de retorno	78
2.2.5.5.	Factor de Harmond	78
2.2.5.6.	Caudal sanitario	78
2.2.5.6.1.	Caudal domiciliar	79
2.2.5.6.2.	Caudal de conexiones ilícitas.....	79
2.2.5.6.3.	Caudal de infiltración.....	80
2.2.5.7.	Factor de caudal medio.....	80
2.2.5.8.	Caudal de diseño	81
2.2.5.9.	Diseño de secciones de tubería	81
2.2.5.10.	Velocidad de diseño y relación de tirante.....	82
2.2.5.11.	Diseño de pendientes	83
2.2.5.12.	Profundidad del colector	84

2.2.5.13.	Cotas invert	85
2.2.5.14.	Ancho de zanja.....	86
2.2.5.15.	Volumen de excavación	87
2.2.5.16.	Pozo de visita	87
2.2.5.17.	Conexiones domiciliarias.....	88
2.2.5.18.	Diseño del tramo PV1 a PV2	89
2.2.5.19.	Descarga.....	96
2.2.6.	Diseño del sistema de drenaje pluvial.....	96
2.2.6.1.	Período de diseño	96
2.2.6.2.	Área tributaria.....	97
2.2.6.3.	Intensidad de lluvia.....	97
2.2.6.4.	Tiempo de concentración	98
2.2.6.5.	Coefficiente de escorrentía.....	99
2.2.6.6.	Velocidad de diseño y relación de tirantes	99
2.2.6.7.	Diámetro de la tubería	100
2.2.6.8.	Caudal pluvial de diseño	100
2.2.6.9.	Tragantes	100
2.2.6.10.	Bandejas de disipación.....	106
2.2.6.11.	Diseño del tramo PV1 a PV2	107
2.2.6.12.	Diseño hidráulico del tragante D-3.....	114
2.2.7.	Presupuesto del drenaje sanitario y pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar	118
2.2.8.	Cronograma físico financiero de los drenajes sanitario y pluvial, para las colonias Santa Mónica y Salazar	121
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES.....		125

BIBLIOGRAFÍA	127
APÉNDICES	129
ANEXOS	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de las colonias Santa Mónica y Salazar en Google Earth	3
2.	Red hídrica de Villa Nueva	5
3.	Componentes de una curva horizontal	15
4.	Componentes de una curva vertical	27
5.	Tipos de secciones transversales	36
6.	Volumen entre secciones del mismo tipo	37
7.	Volumen entre secciones de corte y relleno	38
8.	Área tributaria	59
9.	Geometría de la cuneta.....	60
10.	Área tributaria drenaje transversal	64
11.	Componentes de una rotonda	67
12.	Velocidades máximas de diseño	68
13.	Radios de giro en rotondas	69
14.	Representación de las cotas invert y cotas de terreno	86
15.	Representación en planta de la distribución de tragantes	101
16.	Representación en perfil de la distribución de tragantes	102
17.	Sección de la entrada al tragante.....	103
18.	Área tributaria drenaje pluvial.....	108

TABLAS

I.	Clasificación y características de la carretera.....	13
II.	Peralte recomendado para una carretera	21

III.	Sobreechancho recomendado para una carretera.....	22
IV.	Resumen diseño geométrico	26
V.	Valores de k.....	28
VI.	Resumen de correcciones de curva vertical 1.....	34
VII.	Resumen diseño de curvas verticales.....	34
VIII.	Cálculo de un área transversal por determinantes	35
IX.	Cálculo de ejes equivalentes	43
X.	Valores de desviación estándar	45
XI.	Valores de serviciabilidad final.....	46
XII.	Condiciones de drenaje	47
XIII.	Valores de transferencia de carga	48
XIV.	Revenimientos recomendados.....	50
XV.	Resistencia a compresión de diseño	51
XVI.	Contenido de agua recomendado	52
XVII.	Relación agua/cemento	52
XVIII.	Volumen de agregado grueso.....	53
XIX.	Distancia entre juntas por contracción	57
XX.	Presupuesto del tramo carretero del kilómetro 17,5 CA-9 sur al centro de Bárcenas.....	71
XXI.	Cronograma de actividades	72
XXII.	Anchos de zanjas	86
XXIII.	Dimensiones de bandeja	107
XXIV.	Presupuesto del drenaje sanitario.....	119
XXV.	Presupuesto del drenaje pluvial	120
XXVI.	Cronograma físico financiero del drenaje sanitario	121
XXVII.	Cronograma físico financiero del drenaje pluvial	122

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A.F.	Agregado fino
A.G.	Agregado grueso
a	Alto de la zona de captación
Hf	Altura de pozo final
Hi	Altura de pozo inicial
W	Ancho de la zona de captación
A	Ángulo de deflexión entre tangentes
A	Área
A2	Área sección final
A1	Área sección inicial
Q	Caudal
q	Caudal a sección parcial
Qc	Caudal captado por el tragante
Q.C.I.	Caudal de conexiones ilícitas
Qdis.	Caudal de diseño
Qinf.	Caudal de infiltración
Q. Domiciliar	Caudal domiciliar
Qn	Caudal no captado por el tragante
Qs	Caudal sanitario
O	Centro de la curva horizontal
Ku	Coefficiente de conservación de unidades
C.	Coefficiente de escorrentía
n	Coefficiente de rugosidad

C.T.	Cota de terreno
C.I.	Cota invert
CM	Cuerda máxima
D	Diámetro de tubería
dc	Distancia de corte
dr	Distancia de relleno
d	Distancia entre pozos
Dot.	Dotación
Td	Espejo de agua sobre la calle
E	External
F.Q.M.	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de Hormond
F.R.	Factor de retorno
G	Grado de curvatura
I	Intensidad de lluvia
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
km	Kilómetro
lb	Libra
lb/pie³	Libra por pie cúbico
l	Litro
l/s	Litro por segundo
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
L	Longitud del tramo de drenaje
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo

m/s	Metros por segundo
mm	Milímetros
N. Hab.	Número de habitantes
OM	Ordenada media
s	Pendiente de diseño
P1	Pendiente de entrada
Sw	Pendiente de la zona de captación
P2	Pendiente de salida
SI	Pendiente longitudinal
Sc	Pendiente modificada de diseño
Sx	Pendiente transversal
e%	Peralte
Pd.	Periodo de diseño
p	población en miles
Pf	Población final
Po	Población inicial
%	Porcentaje
P.V.	Pozo de visita
pulg	Pulgadas
PI	Punto de inicio de curva horizontal
PCV	Punto de inicio de curva vertical
PT	Punto final de curva horizontal
PTV	Punto final de curva vertical
PC	Punto medio de curva horizontal
PIV	Punto medio de curva vertical
R	Radio de curva
Eo	Radio de flujo de tragante
A/C	Relación agua cemento
k	Relación curva vertical pendiente

f'c	Resistencia a compresión del concreto
f'cr	Resistencia de diseño a compresión del concreto
Sa	Sobreancho
St	Subtangente
Σ	Sumatoria
Tc	Tasa de crecimiento
r	Tasa de crecimiento poblacional
tc	Tiempo de concentración
V	Velocidad a sección llena
v	Velocidad a sección parcial
Vc	Volumen de corte
Vr	Volumen de relleno
Vol	Volumen entre dos secciones

RESUMEN

En Guatemala existe gran oportunidad en la reutilización y reciclaje de todo tipo de materiales. Estos son: papel, caucho, vidrio, aluminio, entre otros. Las cifras de recolección de estos materiales son aún muy bajas y no existen programas, ni sistemas con los que se fortalezca la práctica de reciclaje de manera masiva.

Adicional a esto, existe una necesidad dentro de la comunidad Lomas de Santa Faz, de generación de fondos y empleos con inversiones bajas y productividad alta. Esto se mezcla perfectamente con la oportunidad que existe en torno al reciclaje.

El área de estudio comprende la comunidad Lomas de Santa Faz, zona 18, del departamento de Guatemala. Esta es a la fecha, beneficiaria de los aportes de la comunidad alemana en Guatemala, proyecto que busca la auto sostenibilidad de la comunidad. Por ello está en búsqueda de nuevas alternativas de financiamiento a la comunidad.

Este estudio busca determinar si la inversión que se realice, logra satisfacer los estándares financieros y económicos para generar rentabilidad. Es decir, que logre superar los costos de producción y otorgue márgenes que le permitan a la comunidad generar empleo y generar beneficios, tanto en infraestructura como materia de salud, educación o vivienda.

El primer capítulo de este estudio se centra en las oportunidades mercadológicas del proyecto. Esto como precios son datos de la demanda del

mercado en el que se comercializarán, canales de distribución, catálogo de productos con oportunidad, determinación y características del mercado objetivo, entre otros.

El estudio incluye, en el segundo capítulo, los datos técnicos de producción, tales como localización de la planta, procesos y diagramas de la producción del papel reciclado, equipos utilizados y una breve introducción a la producción del papel realizado de fibras vírgenes. Este finalmente es materia prima para el papel reciclado.

La tercera parte se centrará en la administración de las personas. Para lo cual se estudiará el área administrativa, dando una idea amplia de las oportunidades de empleo que se generarán y estudia más a fondo las cualidades del capital humano que es necesario para el proyecto. Describe los perfiles de los puestos y definiendo la estructura bajo la cual se regirá el proyecto. Es importante la base legal que se define en este capítulo.

Se miden los impactos, tanto positivos como negativos. Estos se puedan generar al medio ambiente. El cuarto capítulo analiza aspectos como: ruidos, volumen de agua utilizado y la contaminación de aguas en la comunidad. Así como las respectivas propuestas para minimizar los posibles efectos que se generaran de la producción de papel.

Es fundamental determinar los costos de producción, que es un aspecto clave para determinar la rentabilidad del proyecto, medido con base al volumen de papel producido. Los costos que se derivan de los salarios a los empleados del proyecto, esta información será la materia prima para la parte final del estudio de factibilidad.

El sexto y último capítulo busca, finalmente, determinar si el proyecto será rentable o no. Para ello, realiza varias mediciones de riesgo de inversión, tales como valor actual neto, tasa interna de retorno, entre otras. Esto genera confianza a los capitalistas para colocar el efectivo, que en este caso es la cooperación alemana, que está en contacto con la comunidad.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad de la creación de una empresa productora de papel reciclado de manera artesanal en la comunidad de Lomas de Santa Faz, en la zona 18 de la ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Proyectar las ventas en moneda local al comercializar los productos de papel reciclado con un precio promedio de Q 10,00 y penetrando el mercado a un 10 % de la demanda establecida, según el mercado objetivo.
2. Determinar la cantidad de horas necesarias para la elaboración de un lote de 200 libras de papel y la cantidad de operarios que participan en el proceso productivo de reciclaje.
3. Establecer la mejor manera de inscripción legal del proyecto, según la normativa del Código de Comercio de Guatemala.
4. Determinar la cantidad de recursos naturales ahorrados en el procesamiento de reciclaje de una tonelada de papel blanco. Se utiliza como materia prima, así como el volumen en galones de agua utilizados en el proyecto.

5. Determinar la inversión total que requerirá el proyecto en moneda local, que integre los activos necesarios, materia prima y costos administrativos.
6. Determinar la rentabilidad del proyecto mediante el cálculo de las principales mediciones financieras como el valor actual neto, tasa interna de retorno y la relación costo beneficio.

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Lomas de Santa Faz, que se sitúa en la zona 18 de la ciudad de Guatemala, es una comunidad de muy bajos recursos económicos, en forma de asentamiento. Esta es una forma de vida muy básica, para muchos hogares no hay acceso a servicios como agua, electricidad, entre otros. La falta de servicios básicos, no es la única carencia de la comunidad, que tiene muy poco acceso a comida, educación, trabajo y, en general, todo tipo de desarrollo social.

La cooperación internacional alemana, a través de su proyecto de educación y desarrollo integral (Procedi) colabora con la educación, alimentación y desarrollo de los niños de la comunidad. Ellos de otra manera, no tendrían oportunidad de acceder a estos servicios, debido a la baja capacidad adquisitiva de sus familias.

A pesar de contar con fondos que la cooperación internacional provee, es de suma importancia, que la comunidad de padres, alumnos y exalumnos. Para que puedan aprender a ser una comunidad que pueda autofinanciar su educación, alimentación y otras formas de desarrollo.

Este proyecto pretende ser una forma de educación a la comunidad, sobre formas de generación de empleo y fondos adicionales, que le permitan al proyecto, subsistir en el tiempo. Esto garantiza, que a través del tiempo, la comunidad logre sostenibilidad y desarrollo por sí misma, siendo uno de los objetivos más importantes del proyecto.

La necesidad de educar a padres de familia, mientras se colabora con los ingresos del proyecto y de las familias beneficiadas de Procedi, abre paso a nuevas ideas. Estos permitan obtener fondos, con inversiones que representen poco riesgo y generen ocupación.

La producción de papel reciclado de manera artesanal presenta un bajo grado de dificultad desde el punto de vista de la producción. Este puede realizarse utilizando materiales que otras familias desechan, teniendo como resultado altos dividendos o ganancias.

La contribución de la empresa a la sociedad y al medio ambiente, está en la reutilización de recursos, como el papel. Esto le da un valor especial por ser considerado artesanía, involucrando una forma especial de arte y gusto en la creación de sus productos. De ser exitoso el proyecto puede formar parte de la lista de productos no tradicionales exportables, poniendo de manifiesto el arte y la creatividad de los guatemaltecos en el exterior. Asimismo muchas otras empresas podrían integrarse a este mismo oficio, creando competitividad en la industria artesanal del papel reciclado.

El ingeniero industrial pondrá toda su capacidad en este proyecto, como primer lugar, utilizando su creatividad. Esto para desarrollar productos funcionales y agradables al consumidor, que al mismo tiempo colaboren con el medio ambiente.

Es importante resaltar que las comunidades de escasos recursos, tanto en el interior del país como las comunidades en la ciudad, también necesitan actividades diferentes a las tradicionales. Estas dan nuevas oportunidades de agenciarse de fondos para sus necesidades básicas, aportando de igual manera a la conservación de los ecosistemas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía

Villa Nueva es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala. A continuación se presenta de manera detallada los distintos elementos y aspectos monográficos que lo caracterizan.

1.1.1. Aspectos históricos

Villa Nueva fue fundada en abril de 1763, por españoles que se trasladaron del Valle de las Mesas, protegiéndose de las catástrofes e inundaciones. Se le brinda la categoría de poblado, cuando por Decreto de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala del 8 de noviembre del año 1839, se formó el distrito de Amatitlán, haciendo mención de Villa Nueva como poblado en su Artículo 1º.

Posteriormente, el distrito cambió su nombre y categoría a Departamento de Amatitlán, según el Acuerdo del Organismo Ejecutivo del 8 de mayo del año 1866. Este mismo fue suprimido por el Decreto Legislativo 2 081 del 29 de abril del año 1935, por lo que Villa Nueva se incorporó al Departamento de Guatemala.

1.1.2. Aspectos físicos

A continuación se explicarán los aspectos físicos.

1.1.3. Localización y colindancias

El municipio de Villa Nueva cuenta con un área aproximada de 114 kilómetros cuadrados y se encuentra situado a 17 km al sur occidente de la capital de Guatemala, a través de la carretera CA-9 Sur. Colinda al norte con los municipios de Mixco y Guatemala; al este con San Miguel Petapa, al sur con el municipio de Amatitlán; al oeste con los municipios de Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y San Lucas Sacatepéquez.

Las colonias Santa Mónica y Salazar, se encuentran aproximadamente a una distancia de 2,3 kilómetros desde el parque central del municipio, a una elevación de 1 382 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 14°32'14,64" Norte y 90°35'47,05" Oeste (ver figura 1).

Mientras que el inicio del tramo carretero que se propone mejorar, se encuentra a una distancia de 1,6 kilómetros desde el parque central del municipio, a una elevación de 1 386 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 14°31'59,21" Norte y 90°35'56,37" Oeste. Terminando 2,3 kilómetros adelante, a una elevación de 1 470 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 14°32'38,91" Norte y 90°36'59,39" Oeste (ver figura 1).

Figura 1. **Ubicación de las colonias Santa Mónica y Salazar en Google Earth**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

1.1.4. Topografía

Por ser un municipio tan grande, Villa Nueva posee una gran variedad de accidentes geográficos, los cuales son representados en la topografía del lugar. Estos accidentes geográficos pueden ser planicies, montañas y depresiones; dentro de estos se encuentran las montañas Cruz Grande, El Chifle, El Sillón, El Ventarrón, La Peña y Pueblo Viejo; y los cerros Loma de Trigo, Monte Rico y San Rafael.

1.1.4.1. Clima

Villa Nueva es un municipio que se caracteriza por ofrecer un clima tropical cálido. Según la estación meteorológica central INSIVUHME, ubicada en la zona 13 de la ciudad de Guatemala a 8,3 kilómetros del proyecto, que es la más cercana y con información completa, se obtienen los siguientes datos:

- Temperatura mínima y máxima: La temperatura en el lugar oscila entre un mínimo de 14,7 °C y un máximo de 24,6 °C.
- Temperatura promedio anual: La temperatura promedio que indica la estación es de 18,8 °C.
- Humedad relativa: La humedad relativa que se presenta en el lugar es 78 por ciento.
- Velocidad del viento: La velocidad promedio del viento en el lugar es de 5,7 kilómetros por hora.
- Presión atmosférica: La presión atmosférica que indica el barómetro de la estación es de 641,5 mm.Hg.
- Punto de rocío: Dependiendo la hora a la que se haga la medición, esta temperatura, varía entre 8 y 19 grados.
- Precipitación: La precipitación en el lugar oscila entre 940 y 1 690 milímetros, presentándose en un promedio de 125 días de lluvia al año.

1.1.4.2. Hidrografía

Villa Nueva, como otros municipios del área metropolitana, forma parte de la cuenca del lago de Amatitlán. Así mismo en el municipio se encuentran ríos principales como los ríos Platanitos (1), Villa Lobos (2) y Molino (3); y ríos secundarios como Mashul (4), Parrameño (5), San Lucas (6) y algunos sin nombre oficial (7).

Figura 2. Red hídrica de Villa Nueva



Fuente: elaboración propia, basado en mapa de red hídrica de Guatemala, 2016.

1.1.5. Servicios básicos

A continuación se realiza una descripción de los servicios con los que cuenta el municipio de Villa Nueva.

1.1.5.1. Vías de acceso

Villa Nueva es un municipio que posee una gran variedad de rutas que lo conectan con otros municipios e incluso departamentos, dentro de las cuales podemos encontrar:

- Desde la ciudad de Guatemala, al norte, a través de la calzada Raúl Aguilar Batres y la CA-9 Sur.
- Desde Mixco, al noroccidente, a través del bulevar sur de San Cristóbal y la ruta Mixco-Villa Nueva.
- Desde Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, al occidente, a través de la ruta departamental GUA-16.
- Desde Escuintla y Amatitlán, al sur, a través de la CA-9 Sur y la ruta departamental GUA-47.
- Desde Petapa y Villa Canales, al oriente, a través de la ruta departamental GUA-2.

1.1.5.2. Medios de transporte

El medio de transporte principal en Villa Nueva es el colectivo extraurbano, representado en líneas de microbuses y líneas de buses de la cooperativa Cotrauvín. De igual manera algunas partes del municipio son alcanzadas por proyectos como Transmetro y Transurbano.

La municipalidad tiene en proyección a corto plazo implementar el proyecto de transporte colectivo Transur, el cual circulará por un carril exclusivo a través de las principales vías del municipio.

1.1.5.3. Infraestructura

Es un municipio que posee una rica infraestructura, ya que cuenta con una diversidad de proyectos y construcciones, tanto de iniciativa privada como municipal. Dentro de las principales obras de infraestructura que posee Villa Nueva están: centros comerciales, complejos habitacionales tanto de manera vertical como horizontal, pasos a desnivel, puentes, edificios empresariales, centros educativos, universidad, el bulevar Los Reformadores, parte de la autopista Vía Alterna del Sur, entre otras.

1.1.5.4. Drenajes

Los drenajes son prioridad en el municipio, por lo que se ha decidido introducir sistemas de alcantarillado en todas las colonias que aún no lo poseen. En la actualidad un 40 % del municipio ya cuenta con sistemas de alcantarillado, pero un 60 % de las colonias aun no cuentan con uno, estando entre estas las colonias Santa Mónica y Salazar.

1.1.5.5. Otros servicios

Dentro de los distintos servicios que posee el municipio también se encuentran: energía eléctrica, agua potable, servicios de taxi, correos, telefonía, salas de cine, estadio, mercado, hospitales privados, centro de salud, estación de bomberos, cementerios, bancos, Comisaría de la Policía

Nacional Civil, Policía Municipal, Policía Municipal de Tránsito, sede del Ministerio Público y Centro de Justicia.

1.1.6. Aspectos demográficos y culturales

Villa Nueva cuenta con una población aproximada de un millón de personas de las cuales según el Instituto Nacional de Estadística, 48,26 % son hombres y 51,74 son mujeres. Es un municipio catalogado altamente ladino, ya que este sector es representado por un 92,41 % de la población.

Es un municipio altamente católico. Su Fiesta Patronal es el 8 de diciembre en honor a la Inmaculada Concepción de María, por lo cual es conocida como Villa Nueva de la Concepción

Dentro del ámbito religioso, también se celebran otras fiestas y manifestaciones tradicionales, dentro de las cuales cabe resaltar: La Cuaresma y Semana Santa, Corpus Christi; el 1ro. de noviembre con la visita al Cementerio a todos los difuntos y el tradicional Desfile de los Fieros, por las principales calles del casco municipal.

1.2. Diagnóstico e investigación de la problemática

A continuación explicará el diagnóstico e investigación de la problemática.

1.2.1. Identificación del problema

Posterior a realizarse ciertas evaluaciones, se detectaron carencias en el sistema vial de la aldea Bárcenas, el cual es muy importante que se encuentre

en óptimas condiciones, ya que es una arteria importante para el comercio y desarrollo de la comunidad, así como el municipio.

A través de un análisis de orígenes y destinos, se ha identificado, que la cantidad de carriles que se encuentran en la actualidad en el tramo carretero kilómetro 17,5 CA-9 Sur al centro de la aldea Bárcenas, no son suficientes para permitir una adecuada fluidez vehicular, repercutiendo a los conductores en demoras de hasta 20 minutos en un tramo de un kilómetro.

La salud del ser humano no solo es un derecho, sino que es uno de los principales aspectos que las autoridades buscan satisfacer y garantizar en las comunidades. En el último informe del Instituto Nacional de Estadística (INE), representa que en Villa Nueva así como otros municipios del departamento de Guatemala, la segunda causa de atención en centros hospitalarios es la diarrea, representando un 10,4 % de las atenciones.

Actualmente las poblaciones de las colonias Santa Mónica y Salazar han sido afectadas por falta de tratamiento y estancamiento de aguas residuales, problema que se puede identificar como una causa de enfermedades diarreicas.

1.2.2. Solución propuesta

Con el fin de brindar una solución a la problemática de infraestructura vial presentada, se propone diseñar la ampliación y mejoramiento del tramo carretero mencionado anteriormente; buscando permitir el flujo libre del tránsito vehicular a cualquier hora del día y así beneficiar directamente a la población de Bárcenas e indirectamente a poblaciones vecinas, tales como San José Villa Nueva, Ramírez, Altos de Bárcenas, entre otras.

En cuanto a los problemas de saneamiento que presentan las colonias Santa Mónica y Salazar, se propone la implementación de un proyecto que beneficie a la comunidad, el cual consiste en un sistema de drenaje sanitario y pluvial, que a través de una línea de conducción mejore el manejo de aguas en la comunidad.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del tramo carretero del kilómetro 17,5 carretera CA-9 sur al centro de Bárcenas

A continuación se describe el diseño del tramo carretero del kilómetro 17,5 carretera CA-9 sur al centro de Bárcenas.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de la ampliación del tramo carretero que conduce del kilómetro 17,5 carretera CA-9 sur hacia el centro de la aldea Bárcenas del municipio de Villa Nueva, Guatemala, ubicado entre las zonas 2 y 3 del municipio, así mismo, debido a que el tramo carretero en sus extremos se intersecta al sur con una rotonda, se realizará una recomendación de radios de giro, los cuales quedaran a discreción de la municipalidad de Villa Nueva. A este proyecto se le dio prioridad, debido a que mediante estudios de campo se identificó la necesidad de realizar una ampliación.

El proyecto posee una longitud de 2 100 metros de longitud, el cual consiste en una pista de cuatro carriles, compuestos por una carpeta de pavimento rígido de concreto y una base de selecto debidamente diseñadas.

Debido a que es una arteria principal, que es transitada por una alta cantidad de vehículos y las pendientes del terreno se catalogó como una carretera tipo "A" de terreno montañoso. Para la cual se aplicará una velocidad de diseño de 50 kilómetros por hora. Las poblaciones que serán beneficiadas

con este proyecto serán las de Bárcenas, San José Villa Nueva, Ramírez, Altos de Bárcenas, entre otras.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Consiste en todas las medidas horizontales y verticales necesarias para el diseño del tramo carretero.

2.1.2.1. Altimetría

Es el procedimiento utilizado para tomar las medidas y diferencias de nivel que existen en los diferentes puntos de terreno importantes para el diseño de los drenajes, asignándoles cotas, a partir de un punto de referencia. El equipo utilizado para tomar estas medidas fue proporcionado por la municipalidad de Villa Nueva, el cual consiste en una estación total y un prisma.

2.1.2.2. Planimetría

Es el procedimiento necesario, para tomar todas las medidas horizontales, tomando como base un punto de referencia y así poder representarlos en planta o en plano horizontal. El equipo utilizado para tomar estas medidas, fue el mismo que se utilizó en para la altimetría.

2.1.3. Consideraciones de diseño

Se debe considerar que este proyecto, es una ampliación de un tramo ya existente, por lo que se debe tener muy en cuenta los niveles de terreno y el ancho de vía que se utilizará, ya que no se puede afectar a la población que actualmente habita en el lugar. De igual manera se debe tener en cuenta que el

diseño geométrico, como el diseño de la estructura del pavimento, deben cumplir con normas y requerimientos mínimos.

Tabla I. Clasificación y características de la carretera

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	5000 ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	3000 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	1500 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	900 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	500 ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	100 ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

ESTRUCTURAS:	CARGA	H-15-S-12	NOTAS:
	ALTURA LIBRE	4.75 m	1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
	ANCHO RODADURA	7.90 m	2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
ESFUERZOS UNITARIOS	CONCRETO CLASE "A"		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	ACERO DE REFUERZO		4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.
	ACERO ESTRUCTURAL		
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=		
	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		
Fuente: Dirección General de Caminos			

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.1.4. Diseño del tramo carretero

Este proyecto debe ser diseñado considerando todas las características internas y externas que lo pueden afectar.

2.1.4.1. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente de un proyecto. Pasado este período, es necesario rediseñarlo. Para definir el período de diseño de este sistema se ha tomado en cuenta factores como vida útil de los materiales, factibilidad económica del diseño y crecimiento poblacional.

Para este proyecto de tramo carretero, el período de diseño determinado es de 25 años.

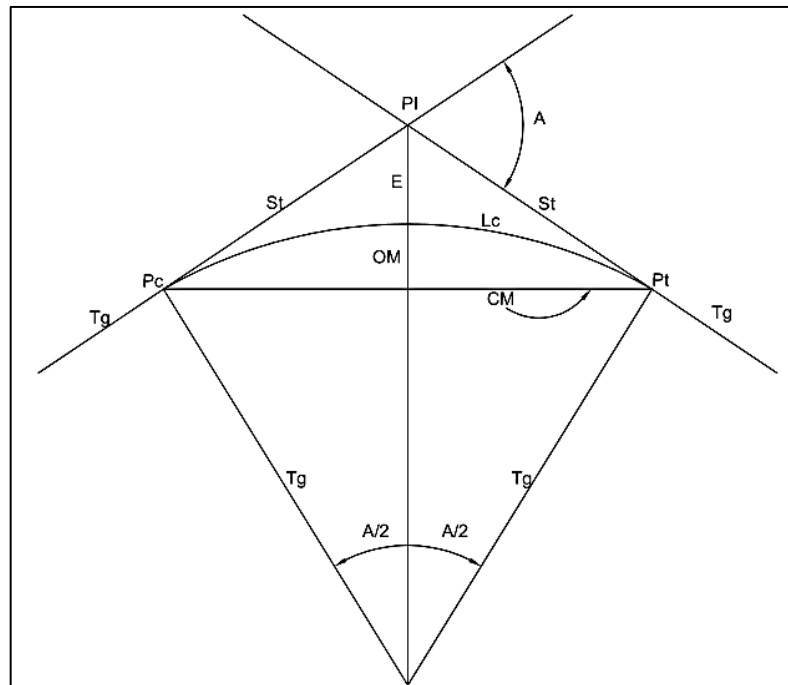
2.1.4.2. Diseño geométrico horizontal

El diseño geométrico horizontal es representado en planta por tramos rectos (tangentes) y curvas horizontales, las cuales son utilizadas para empalmar los tramos rectos para una adecuada circulación de vehículos. Dentro de los componentes principales de una curva horizontal encontramos:

- PI = vértice de la curva o punto de intersección de tangentes.
- PC = punto donde termina la tangente de entrada e inicia la curva.
- PT = punto donde termina la curva, e inicia la tangente de salida.
- A = ángulo de deflexión entre tangentes de entrada y de salida.
- R = radio de la curva.
- G = grado máximo de curvatura.
- St = distancia entre el PI y el PC (subtangente).

- O = centro de la curva horizontal.
- L_c = longitud de curva desde el PC al PT
- CM = cuerda máxima (distancia en línea recta desde el PC al PT).
- E = external (distancia desde el PI al punto medio de la curva)
- M = ordenada media (distancia desde el punto medio de la curva al medio de la cuerda máxima).

Figura 3. **Componentes de una curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.2.1. **Radio de la curva**

Es el radio representado en la planta de la curva, que permite que el vehículo circule de manera adecuada en la curva. Este será determinado de acuerdo a la velocidad de diseño del proyecto.

2.1.4.3. Grado de curvatura

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros. Este ángulo define que tan cerrada o abierta es la curva que se está diseñando, por tanto, el máximo grado de curvatura que puede tener una curva se conoce como aquel que le permite al vehículo recorrer la curva con seguridad de acuerdo a la velocidad del proyecto. Está representado mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{1\,145,9156}{R}$$

Donde

G = grado de curvatura

R = radio de la curva

2.1.4.3.1. Longitud de curva

Es la distancia del arco comprendido entre el principio de la curva PC y el final de la curva o principio de tangente PT, cuyo ángulo central es la deflexión A. Se representa mediante la siguiente expresión:

$$LC = \frac{A * 20}{G}$$

Donde

LC = longitud de curva

A = ángulo de deflexión entre tangentes

2.1.4.3.2. Subtangente

Es la distancia entre el principio de curva PC y el principio de tangente PT, con el punto de intersección PI, medida sobre la prolongación de las tangentes. Está representada mediante la siguiente expresión:

$$St = R * \text{Tan}(A/2)$$

Donde

St = longitud de subtangente

R = radio

2.1.4.3.3. Cuerda máxima

Es la distancia medida en línea recta entre el principio de curva PC y el principio de tangente PT determinada por una relación entre el radio de la curva y la deflexión entre tangentes, la cual está representada mediante la siguiente expresión:

$$CM = 2 * R * \text{sen}(A/2)$$

Donde

CM= cuerda máxima

R = radio

2.1.4.3.4. External

Es la distancia desde el punto de intersección PI al punto medio de la curva. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E = R * \frac{1 - \cos(A/2)}{\cos(A/2)}$$

Donde

E= external

R = radio

A = ángulo de deflexión entre tangentes

2.1.4.3.5. Ordenada media

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

$$Om = R * (1 - \cos(A/2))$$

Donde

Om = ordenada media

A = ángulo de deflexión entre tangentes

R = radio

2.1.4.3.6. Bombeo

Es la pendiente que se le da a los tramos rectos de una carretera (tangente) para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y

ocasiona problemas de infiltración en las capas estructurales del pavimento. El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas para que no corra longitudinalmente sobre la superficie. Para este proyecto se utilizó un bombeo de 2 %.

2.1.4.3.7. Curva de transición

La curva de transición o curva espiral es una curva que varía su radio según se avanza, esto permite una transición gradual de curvatura entre la tangente y la curva circular. También permite cambiar tanto el peralte como el sobreebanco de forma proporcional hasta encontrar dentro de la curva circular el peralte y sobreebanco máximo.

2.1.4.3.8. Peralte

Es el cambio gradual de bombeo en las curvas horizontales de la calzada, que se representa como una inclinación transversal de la carpeta de rodadura, la cual presenta una fuerza normal, que sirven para ayudar a contrarrestar los efectos de la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto.

Esta inclinación, generalmente irá alrededor del eje principal de la carretera, ya que de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende mejor transición.

En la tabla II, se encuentra la medida del peralte que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta la velocidad de diseño y la curva espiral que corresponde a la curva que se diseñará.

Si se desea conocerse el valor del peralte en un punto específico de la curva, simplemente debe realizarse una relación de triángulos semejantes, sabiendo el peralte al inicio y final de la curva de la curva.

2.1.4.3.9. Sobreancho

Es el área que se incrementa al ancho normal promedio de la plataforma o corona en una carretera, se recomienda aplicar en el área interna de la curva. En la tabla III, se encuentra la medida del sobreancho que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta el tipo de carretera, así como la velocidad de diseño y la curva espiral que corresponde a la curva a diseñar.

Igual que el peralte, si se desea conocerse el valor del sobreancho en un punto específico de la curva, se debe realizarse una relación de triángulos semejantes, sabiendo que al inicio de la curva el valor del sobreancho es igual a cero.

Tabla II. Peralte recomendado para una carretera

VELOCIDAD	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120																		
	G°	RADIO	D _b =27	I:125	D _b =30	I:140	D _b =33	I:155	D _b =37	I:170	D _b =40	I:185	D _b =43	I:200	D _b =46	I:215	D _b =50	I:230	D _b =53	I:245	D _b =56	I:260															
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'						
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9.0	79	7°54'	9.9	94	9°24'						
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°15'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'												
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	8.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'															
5°	228.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'																		
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.8	32	8°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	18°12'																					
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	18°54'	10.0	67	23°27'																					
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																								
9°	127.32	3.1	17	7°39'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																								
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.0	61	30°30'																								
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																											
12°	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																											
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																											
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																											
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.0	56	42°00'																											
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																														
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																														
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																														
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																														
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																														
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																														
22°	52.09	7.2	32	38°12'	9.9	50	55°00'																														
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																														
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																														
25°	45.84	7.9	36	45°00'																																	
26°	44.07	8.1	37	48°06'																																	
27°	42.44	8.3	37	49°57'																																	
28°	40.93	8.5	38	53°12'																																	
29°	39.51	8.7	39	56°33'																																	
30°	38.20	8.9	40	60°00'																																	
31°	36.97	9.0	41	63°33'																																	
32°	35.81	9.2	41	65°36'																																	
33°	34.73	9.3	42	69°18'																																	
34°	33.70	9.4	42	71°24'																																	
35°	32.74	9.5	43	75°15'																																	
36°	31.83	9.6	43	77°24'																																	
37°	30.97	9.7	44	81°24'																																	
38°	30.16	9.8	44	83°36'																																	

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "A" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS o ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Leisord

Fuente: Dirección General de Caminos.

Tabla III. Sobrancho recomendado para una carretera

ANCHO CALZADA	VALORES DE DISEÑO PARA SOBREANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																										
	TIPICA "V" 5,90			TIPICA "V" 5,00						TIPICA "C" 5,90			TIPICA "S" 7,20														
	30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70		
1 ^a	0,60	0,60	0,60	AN	AN	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
2 ^a	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
3 ^a	0,60	0,60	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70			AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
4 ^a	0,60	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80				AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
5 ^a	0,70	0,70	0,80	0,60	0,60	0,70	0,80	0,90					0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60									
6 ^a	0,80	0,80	0,90	0,60	0,60	0,70	0,80	0,90					0,60	0,60	0,60	0,70											
7 ^a	0,80	0,90	1,00	0,60	0,60	0,70	0,80	0,90					0,60	0,60	0,60	0,70											
8 ^a	0,90	1,00	1,00	0,60	0,60	0,80	0,90						0,60	0,60	0,70												
9 ^a	0,90	1,00	1,10	0,80	0,90	1,00							0,60	0,70	0,80												
10 ^a	1,00	1,10	1,20	0,90	1,00	1,10							0,70	0,80	0,90												
11 ^a	1,00	1,10	1,20	0,90	1,00								0,70	0,80													
12 ^a	1,10	1,20	1,30	1,00	1,10								0,80	0,90													
13 ^a	1,10	1,20	1,30	1,00	1,10								0,80	0,90													
14 ^a	1,20	1,30	1,40	1,10	1,20								0,90	1,00													
15 ^a	1,20	1,40	1,50	1,20	1,20								1,00	1,10													
16 ^a	1,30	1,40		1,20									1,00														
17 ^a	1,30	1,50		1,30									1,10														
18 ^a	1,40	1,50		1,30									1,10														
19 ^a	1,40	1,60		1,40									1,20														
20 ^a	1,50	1,60		1,40									1,20														
21 ^a	1,50	1,70		1,50									1,30														
22 ^a	1,60	1,70		1,50									1,30														
23 ^a	1,60	1,80		1,60									1,40														
24 ^a	1,70	1,80		1,60									1,40														
25 ^a	1,70			1,60									1,40														
26 ^a	1,80			1,60																							
27 ^a	1,80			1,60																							
28 ^a	1,90			1,60																							
29 ^a	1,90			1,60																							
30 ^a	2,00			1,60																							
31 ^a	2,00			1,60																							
32 ^a	2,10			1,60																							
33 ^a	2,10			1,60																							
34 ^a	2,20			1,70																							
35 ^a	2,20			1,70																							
36 ^a	2,30			1,80																							
37 ^a	2,30			1,80																							
38 ^a	2,40			1,90																							

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.1.4.3.10. Ejemplo de curva horizontal 1 est. 0+183,00

- Datos preliminares de la curva 1

Período de diseño = 25 años

Velocidad de diseño = 50 km/h

Dirección del flujo vehicular = 2 vías

Bombeo de la carretera = 2%

Cantidad de carriles = 2

Ancho de carril = 3,5 metros

Azimut de entrada = 297°13'6"

Radio propuesto por conveniencia = 500 metros

Azimut de salida = 295°43'49"

Deflexión A = 1°39'18"

- Grado de curvatura

$$G = \frac{1\ 145\ 9156}{R}$$

$$G = \frac{1\ 145\ 9156}{500}$$

$$G = 2,2918$$

$$G = 2^{\circ}17'6''$$

- Grado de curvatura

$$LC = \frac{A * 20}{G}$$

$$LC = \frac{1^{\circ}39'18'' * 20}{2^{\circ}17'30,6''}$$

$$LC = 14,4426 \text{ m}$$

- Subtangente

$$St = R * \text{Tan}(A/2)$$

$$St = 500 * \text{Tan}(1^{\circ}39'18''/2)$$

$$St = 7,2218 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * R * \text{sen}(A/2)$$

$$CM = 2 * 500 * \text{sen}(1^{\circ}39'18''/2)$$

$$CM = 14,4421 \text{ m}$$

- External

$$E = R * \frac{1 - \cos(A/2)}{\cos(A/2)}$$

$$E = 500 * \frac{1 - \cos(1^\circ 39' 18''/2)}{\cos(1^\circ 39' 18''/2)}$$

$$E = 0,0522 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$OM = R * (1 - \cos(A/2))$$

$$OM = 500 * (1 - \cos(1^\circ 39' 18''/2))$$

$$OM = 0,0521$$

- Peralte

Utilizando la tabla II se calcula el peralte con base a parámetros como velocidad de diseño, grado de curvatura y radio.

$$e\% = 2,19 \%$$

- Sobreancho

Utilizando la tabla III se calcula el peralte con base a parámetros como velocidad de diseño, grado de curvatura y radio.

$$Sa = 0 \text{ m}$$

Tabla IV. **Resumen diseño geométrico**

Curva	Azimut de entrada	Azimut de salida	Deflexión	Radio	Grado de curvatura	Longitud de curva	Subtangente	Cuerda máxima	External	Ordenada media	Peralte e%	Sa	Ls
1	297°13'6"	295°43'49"	1°39'18"	500	2°17'30.6"	14,44	7,22	14,44	0,05	0,05	2,19	0	28
2	295°43'49"	301°23'57"	5°50'8.5"	485	2°21'45.8"	49,40	24,72	49,38	0,63	0,63	2,26	0	28
3	301°23'57"	300°40'52"	0°43'5.2"	400	2°51'53.2"	5,01	2,51	5,01	0,01	0,01	2,77	0	28
4	300°40'52"	309°1'12"	8°20'20.8"	300	3°49'11"	43,66	21,87	43,62	0,80	0,79	3,64	0	28
5	309°1'12"	305°53'6"	3°8'6.4"	220	5°12'31.3"	12,04	6,02	12,04	0,08	0,08	5,01	0	28,84
6	305°53'6"	301°54'41"	3°58'25.3"	200	5°43'46.5"	13,87	6,94	13,87	0,12	0,12	5,53	0	30,92
7	301°54'41"	270°58'58"	30°55'43"	90	12°43'56.6"	48,58	24,90	47,99	3,38	3,26	9,72	0,6	54,46
8	270°58'58"	299°35'16"	28°36'18"	90	12°43'56.6"	44,93	22,94	44,47	2,88	2,79	9,72	0,6	54,46
9	299°35'16"	304°3'49"	4°28'32.9"	260	4°24'26.5"	20,31	10,16	20,31	0,20	0,20	4,21	0	28

Fuente: elaboración propia.

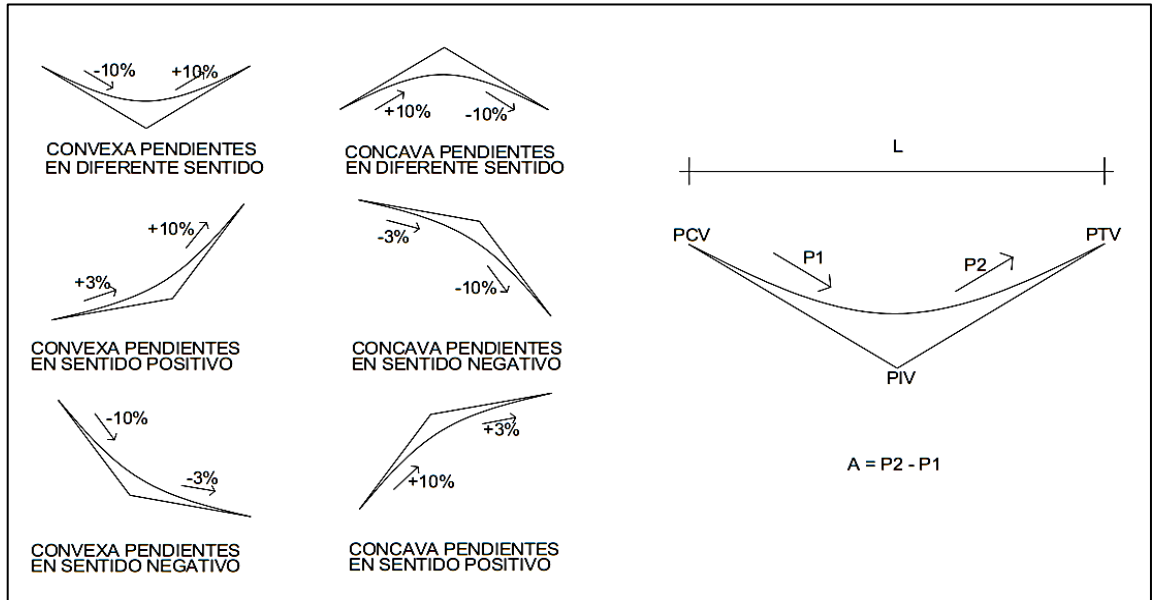
2.1.4.4. **Diseño geométrico vertical**

El diseño geométrico vertical es representado en perfil por tramos rectos con pendientes definidas (tangentes verticales) y curvas verticales.

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

Los componentes de una curva vertical sin importar la dirección de las pendientes de entrada y de salida son las siguientes:

Figura 4. Componentes de una curva vertical



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- PCV = punto de inicio de curva vertical
- PIV = punto medio de curva vertical
- PTV = punto final de curva vertical
- P1 = pendiente de entrada
- P2 = pendiente de salida
- L o LCV= longitud de curva vertical
- A = diferencia entre pendientes de entrada y de salida de la curva vertical
- K = relación k entre longitud de curva y cambio de pendientes

2.1.4.4.1. Relación K

Es la relación que existe entre la longitud de la curva vertical y el cambio de pendientes. Dependiendo del tipo de curva, si es cóncava o si es convexa,

AASHTO recomienda diferentes valores mínimos de k de acuerdo con la velocidad de diseño del proyecto.

Tabla V. **Valores de k**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de k según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	5	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. p. 31.

Pero si se tiene la longitud de curva de conveniencia, se puede determinar mediante la siguiente expresión:

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

Donde

K = relación k

LCV = longitud de curva vertical

A = diferencia entre pendiente de entrada y de salida

2.1.4.4.2. Criterio para determinar LCV

Existen varios criterios que permiten calcular la longitud de curva vertical, o los cuales se deben chequear para verificar la suavidad de la curva.

- 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.

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

- Criterio de apariencia: en curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30 ; \Delta = P_s - P_e$$

Donde

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

- 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 seguridad: es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir 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.

$$LCV = K * A$$

- Correcciones: una vez definidas las longitudes de las curvas verticales, se calculan las correcciones de la línea de la subrasante diseñada; debido al cambio de pendientes se deben calcular correcciones en las cotas o elevaciones. Las correcciones, se determinan mediante las siguientes expresiones.

$$Y = \frac{OM}{(LCV/2)^2} * L^2$$

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

Donde

Y = corrección.

A = diferencia entre pendiente de entrada y de salida.

L = distancia horizontal del PCV o PTV al punto de corrección.

OM = corrección máxima para cada curva vertical (ordenada media).

LCV = longitud de curva vertical.

Para determinar la elevación corregida de la rasante se utiliza la siguiente expresión:

$$Y_c = Y_1 + Y$$

Donde

Y_c = elevación corregida de rasante

Y_1 = elevación inicial de rasante

Y = corrección.

2.1.4.4.3. Ejemplo de curva vertical 1 con PIV en ets. 0+138,00

- Datos preliminares de la curva vertical 1

Pendiente de entrada = 7,38

Pendiente de salida = 2,99

Estación del PIV = 0+138

LCV propuesto por conveniencia = 109,91 m

Velocidad de diseño = 50 km/h

K propuesta por AASHTO = 9 para cóncava y 7 para convexa

- Diferencia de pendientes

$$A = P_2 - P_1$$

$$A = 2,99 - 7,38 = 4,39 \text{ "Curva cóncava"}$$

- K de diseño

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

$$K = \frac{109,91}{4,39} = 25$$

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{109,91}{4,39} = 25 \leq 43 \rightarrow \text{Es menor}$$

- Criterio de seguridad

$$LCV = K * A$$

$$LCV = 9 * 4,39 = 39,51$$

- Criterio de apariencia

$$K = \frac{109,91}{4,39} = 25 \geq 30 \rightarrow \text{No es mayor}$$

- Criterio de comodidad

$$K = \frac{109,91}{4,39} = 25 \geq \frac{V^2}{395}$$

$$25 \geq \frac{50^2}{395} \rightarrow 25 \geq 6,33 \rightarrow \text{Es mayor}$$

- Corrección para la curva 1, a 40 metros del PCV.

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

$$OM = \frac{(2,99 - 7,38)}{800} * 109,91$$

$$OM = -0,603 \text{ m}$$

$$Y = \frac{OM}{(LCV/2)^2} * L^2$$

$$Y = \frac{-0,603}{(109,91/2)^2} * 40^2$$

$$Y = -0,32 \text{ m}$$

$$Y_c = Y_1 + Y$$

$$Y_c = Y_1 + Y$$

Tabla VI. **Resumen de correcciones de curva vertical 1**

Estación	Pendiente	Rasante Y1	Corrección Y	Rasante corregida Yc
0+83.05	PCV	-80,050	0,000	-80,050
0+100	Pendiente P1=7,38 %	-78,806	-0,057	-78,863
0+120		-77,329	-0,273	-77,602
0+138	PIV	-76,000	-0,603	-76,603
0+140	Pendiente P2=2,99%	-75,941	-0,560	-76,501
0+160		-75,560	-0,217	-75,777
0+180		-74,778	-0,034	-74,812
0+192.96	PTV	-74,360	0,000	-74,360

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resumen diseño de curvas verticales**

Curva	Estación de PIV	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia de pendientes (A)	LCV de diseño	K AASHTO	K de diseño (LCV/A)	Criterio de apariencia	Criterio de comodidad	Criterio de drenaje	Criterio de seguridad	Estación de PCV	Estación de PTV	Elevación Subrasante en PIV	Correccion OM	Subrasante Corregida en PIV
1	0+138	7,38	2,99	-4,39	109,91	9	25	menor	mayor	menor	39,51	0+83.05	0+192.95	-76,00	-0,603	-76,60
2	0+293,14	2,99	2,27	-0,72	26,68	9	37	mayor	mayor	menor	6,48	0+279.8	0+306.48	-71,36	-0,024	-71,38
3	0+460,57	2,27	4,86	2,59	33,67	7	13	menor	mayor	menor	18,13	0+443.73	0+477.41	-67,57	0,109	-67,46
4	0+597,92	4,86	2,29	-2,57	71,84	9	28	menor	mayor	menor	23,13	0+562	0+633.84	-60,90	-0,231	-61,13
5	0+704,57	2,29	2,73	0,44	5,74	7	13	menor	mayor	menor	3,08	0+701.7	0+707.44	-58,45	0,003	-58,45
6	0+782,57	2,73	1,82	-0,91	8,25	9	9	menor	mayor	menor	8,19	0+778.45	0+786.7	-56,32	-0,009	-56,33
7	0+954,57	1,82	2,42	0,6	7,79	7	13	menor	mayor	menor	4,2	0+950.67	0+958.47	-53,20	0,006	-53,19
8	1+64,88	2,42	3,66	1,24	16,22	7	13	menor	mayor	menor	8,68	1+56.77	1+72.99	-50,53	0,025	-50,50
9	1+184	3,66	5	1,34	17,40	7	13	menor	mayor	menor	9,38	1+175.3	1+192.7	-46,17	0,029	-46,14
10	1+482,45	5	3,74	-1,26	16,35	9	13	menor	mayor	menor	11,34	1+474.27	1+490.63	-31,24	-0,026	-31,27
11	1+698,57	3,74	2,44	-1,3	13,00	9	10	menor	mayor	menor	11,7	1+692.07	1+705.07	-23,15	-0,021	-23,17
12	1+766,63	2,44	3,53	1,09	14,24	7	13	menor	mayor	menor	7,63	1+759.51	1+773.75	-21,49	0,019	-21,47
13	1+882,57	3,53	4,52	0,99	12,78	7	13	menor	mayor	menor	6,93	1+876.18	1+888.96	-17,39	0,016	-17,37
14	1+957,68	4,52	3,62	-0,9	10,00	9	11	menor	mayor	menor	8,1	1+952.68	1+962.68	-14,00	-0,011	-14,01

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.5. Movimiento de tierras

En la construcción de cualquier carretera este es un procedimiento muy importante, ya que se determina el corte, relleno, acarreo y compra de material

suelo. Es importante tratar que el movimiento de tierras sea lo más balanceado posible, dentro de los requerimientos del proyecto.

2.1.4.5.1. Determinación de áreas

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de un alineamiento, primero se dibujan estas a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera diseñada. Tomando en cuenta los taludes establecidos para el tipo de proyecto.

El método de cálculo de áreas para este proyecto es el de determinantes o matricial, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

Tabla VIII. **Cálculo de un área transversal por determinantes**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Área} = \sum \left[\frac{\sum(X_t + Y_{t+1}) - \sum(Y_t + X_{t+1})}{2} \right]$$

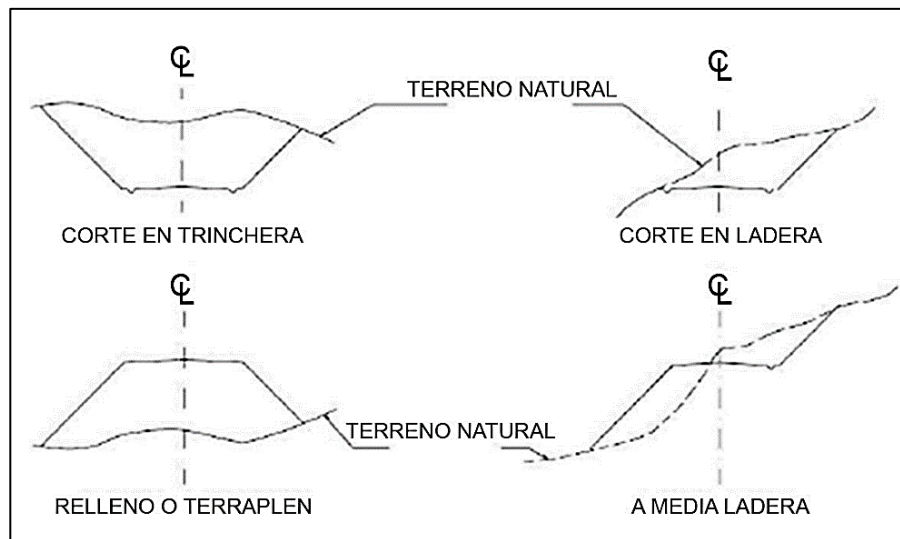
$$a = \sum (X * Y) \quad b = \sum (Y * X)$$

$$\text{Área} = \frac{|a - b|}{2}$$

2.1.4.5.2. Cálculo de volúmenes

El cálculo de volúmenes de materiales se realiza a partir de secciones transversales, tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 metros. Las secciones transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 5. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-24.

Cada una de las áreas calculadas anteriormente constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse.

El método más utilizado para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, es el método de las áreas medias en donde el volumen entre 2 secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno (ver figura 5), está dado por:

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

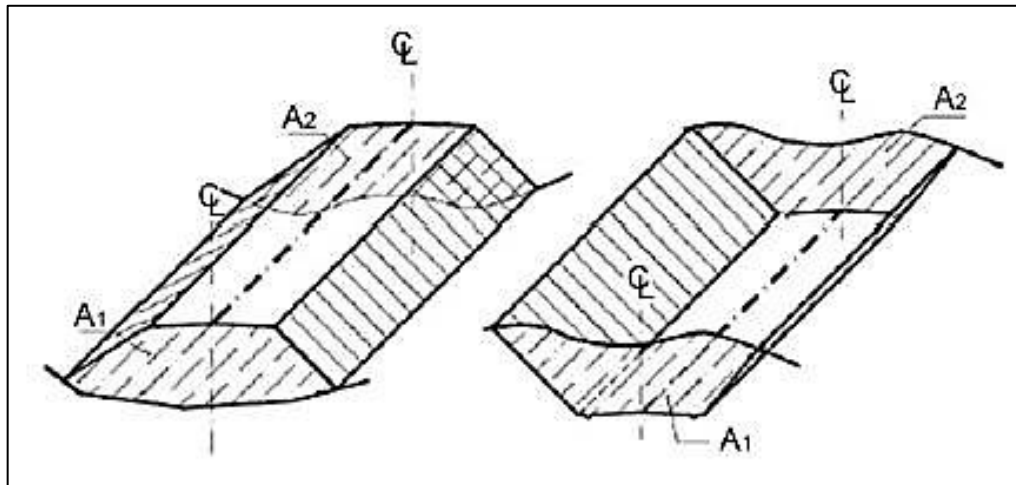
Donde

V = volumen entre dos secciones en metros cúbicos

A1 y A2 = áreas de dos secciones consecutivas en metros cuadrados

d = distancia entre dos secciones consecutivas en metros

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

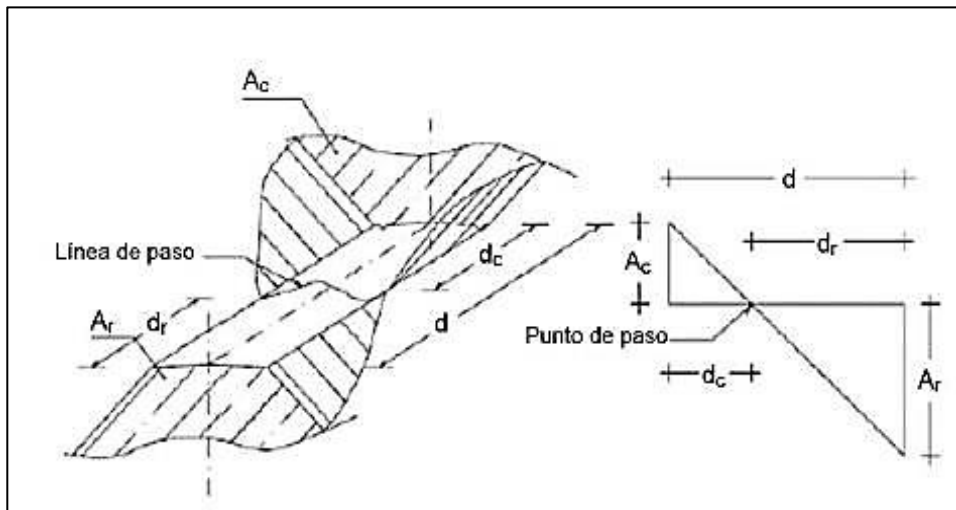


Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-24.

Cuando existen 2 secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso, a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota

de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 6).

Figura 7. **Volumen entre secciones de corte y relleno**



Fuente: CASANOVA, 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 A_c y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A_r y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_c = 1/2 * (A_c + A_o) * d_c \quad A_o = 0$$

$$V_r = 1/2 * (A_c + A_o) * d_c \quad A_o = 0$$

Donde

V_c y V_r = volumen de corte y relleno en metros cúbicos

A_c y A_r = áreas de las secciones a corte y relleno en metros cuadrados

dc y dr = distancias de corte y relleno en metros

Ao = área de la sección en la línea de paso = 0

Por medio de la relación de triángulos, se determinan los valores de dc y dr, de la siguiente manera.

$$dc = \frac{Ac}{Ac + Ar} * d$$

$$dr = \frac{Ar}{Ac + Ar} * d$$

Las secciones transversales y volúmenes de corte y relleno de este proyecto, se encuentra en el plano 11 del diseño de carretera, en el apéndice.

2.1.4.6. Estudio de suelos

En el diseño de un tramo carretero, como en cualquier proyecto, es importante realizar un estudio de suelos, ya que permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo sobre el que se diseñará. Para un proyecto de pavimentación es importante conocer dichas características, para lo que se realizaron diferentes estudios, tales como límites de Atterberg, granulometría, proctor modificado y CBR continuación se presenta una breve descripción de los estudios realizados en el proyecto.

2.1.4.6.1. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se basan en el concepto que los suelos finos presentes en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un

estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Luego de realizar el ensayo de los límites de Atterberg se describe el suelo como arcilla arenosa color café, con límite líquido del 30,6 % y con índice de plasticidad de 11,2 %, según Norma AASHTO T-89 y T-90 (ver anexos).

2.1.4.6.2. Granulometría

El ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en una gráfica. El tipo de ensayo que se realizó fue de análisis granulométrico con tamices, según la norma de clasificación ASTM D6913-04. De los resultados obtenidos se puede determinar que el suelo está compuesto por 0,95 % de grava, 34,44 % de arenas y 64,61% de finos. (ver anexos).

2.1.4.6.3. Ensayo de compactación (Proctor)

Este ensayo permite conocer las características de compactación de un suelo que son humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de ensayo Proctor, el ensayo estándar y el Proctor modificado. La diferencia entre ambos estriba en la energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado.

De los resultados obtenidos se determinó, que la humedad óptima del suelo es del 20 % y la densidad seca máxima es de 1 584,38 Kg/m³. (ver anexos).

2.1.4.6.4. Ensayo CBR

El ensayo de valor soporte California CBR tiene como función la determinación de la resistencia de un suelo ante un esfuerzo cortante en condiciones de compactación y humedad. Normado por la AASHTO T-193, el CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los valores del CBR del suelo en estudio son de 5,75 % para una compactación de 88,17 %; CBR de 28,61 % para una compactación de 95,52 %, y CBR de 41,79 % para una compactación de 99,44 % (ver anexos).

2.1.4.7. Diseño y espesor de pavimento rígido por el método AASHTO

El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde al grado de importancia de la carretera. Estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante la vida en servicio.

La ecuación principal del método AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35\text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Donde

W82 = número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas

Zr = desviación normal estándar

So = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor del pavimento de concreto en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt = índice de serviciabilidad

Mr = resistencia media del concreto a flexotracción a los 28 días en Mpa

Cd = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de cargas en las juntas

Ec = módulo de elasticidad del concreto en Mpa

k = módulo de reacción de la superficie en Mpa/m

- Determinación de W82

Se debe determinar la cantidad de ejes equivalentes (ESAL's), el cual permite identificar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo particular.

En la tabla IX se presenta el cálculo del ESAL's de diseño para un período de retorno de 25 años y una tasa de crecimiento vehicular del 4,4 %, según datos del Sistema de Registro Fiscal de Vehículos de la SAT.

El factor de crecimiento se determina mediante la siguiente expresión:

$$F_c = \frac{(1 + Tc\%) * Pd - 1}{Tc\%}$$

Donde

Fc = factor de crecimiento

Pd = período de diseño del proyecto

Tc = tasa de crecimiento del parque vehicular en Guatemala.

$$F_c = \frac{(1 + 4,4 \%) * 25 - 1}{4,4 \%}$$

$$F_c = 30,45$$

Los factores e de carga para vehículos livianos de 1 000 libras y vehículos pesados de 48 000 libras, son determinados utilizando la tabla de factores de carga ubicada en los anexos.

Tabla IX. **Cálculo de ejes equivalentes**

	A	B	C	D	Esal
Tipo de Vehículo	Vehículos Diarios	Factor de Crecimiento	Tránsito de diseño	Factor e. carga	Esals
Vehículo Liviano	7790	30,45	86592931,82	0,00002	1731,858636
Vehículo Pesado	447	30,45	4968811,364	1,033	5132782,139
				Total	5134513,997

Fuente: elaboración propia.

El total de ejes equivalentes se debe multiplicar por un factor de dirección y uno de carril, los cuales están en función del número de carriles en una dirección y en ambas direcciones. Para este proyecto debido a que posee 4 carriles se utilizará factor de carriles de 0,45, debido a sus dos direcciones un factor de dirección 1,8. De esta manera se obtiene W82 el siguiente:

$$W82 = 5\ 134\ 513,997 * 0,45 * 1,8$$

$$W82 = 4\ 158\ 956,33$$

- Determinación de Zr

Es utilizado para representar la confiabilidad del proyecto, que indica la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte satisfactoriamente durante la vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tránsito y medio ambiente dentro del período.

Para este proyecto se utilizará un nivel de confiabilidad de 90 por ciento, lo cual de acuerdo a la tabla de desviación estándar en los anexos, brinda el área bajo la curva siguiente:

$$Zr = -1,282$$

- Determinación de So

Es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad de los materiales y el proceso constructivo. En la tabla X se muestra valores para esta desviación estándar.

Para este proyecto se tomará un valor de la desviación de 0,39, ya que este coeficiente toma en cuenta posibles variaciones o algún tipo de error en el aforo vehicular.

Tabla X. **Valores de desviación estándar**

Condición de diseño	Desviación estándar (So)	
	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0,34	0,44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0,39	0,49

Fuente: AASHTO. *Diseño de estructuras de pavimentos*. p. 23.

- **Determinación de Po**

Se define como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción, AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de serviciabilidad de 4,5 si es que no se tiene información disponible para el diseño.

- **Determinación de Pt y Δ PSI**

Ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario, dependiendo de la importancia de la viabilidad pueden considerarse los valores (Pt) indicados en la tabla XI.

Tabla XI. **Valores de serviciabilidad final**

Pt	Clasificación
3,00	Autopista
2,50	Colectores
2,25	Calle comercial e industrial
2,00	Calles residenciales y establecimientos

Fuente: AASHTO. *Diseño de estructuras de pavimentos*. p. 28.

Para este proyecto se tomará un valor de serviciabilidad final de 2,50, ya que este tramo carretero es considerado como un colector de vehículos. El cambio de serviciabilidad ΔPSI es encontrado de la siguiente manera:

$$\Delta PSI = 4,5 - 2,5 = 2,0$$

- **Determinación de Mr**

Es definido como el módulo de rotura del concreto a los 28 días. Es un parámetro muy importante, ya que controla el agrietamiento por fatiga del pavimento. Para un concreto de 281 kg/cm², el módulo de rotura determinado es de 4,4 MPa.

- **Determinación de Cd**

Este coeficiente encierra todos los efectos del drenaje sobre el comportamiento del pavimento. El drenaje es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y las consecuencias sobre la capacidad estructural de este, además del efecto que tiene sobre el coeficiente de transferencia de carga en pavimentos rígidos.

Los valores de Cd, han sido considerados en el método AASHTO 93, se encuentran representados en la tabla XII. Para este proyecto se tomará que se encuentra en niveles de saturación de entre 5 y 25 % con una calidad de drenaje buena, lo cual nos brinda un Cd de 1,00.

Tabla XII. **Condiciones de drenaje**

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25 %
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Bueno	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Regular	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Pobre	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy pobre	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Fuente: AASHTO. *Diseño de estructuras de pavimentos*. p. 33.

- **Determinación de J**

Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente, para minimizar las deflexiones en las juntas. La capacidad de una estructura de pavimento de concreto para transferir o distribuir cargas a través de juntas o grietas, se toma en cuenta el método AASHTO 93, por medio del coeficiente de transferencia de carga J. Los valores respectivos se representan en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Valores de transferencia de carga**

Tipo de Pavimento	Pavimento Asfáltico		Pavimento de concreto hidráulico	
	Si	No	Si	No
Valor de J	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2

Fuente: AASHTO. *Diseño de estructuras de pavimentos*. p. 40.

Este proyecto se compone por pavimento de concreto hidráulico, con juntas, para el cual se tomará un valor de transferencia de carga de 3,1.

- **Determinación de E_c**

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Para un concreto de peso normal el Instituto del Concreto Americano sugiere determinar el E_c del concreto, mediante la siguiente expresión:

$$E_c (MPa) = 4\,700 * \sqrt{F'_c (MPa)}$$

$$E_c (MPa) = 4\,700 * \sqrt{27,46} = 24\,629,08 MPa$$

- **Determinación de K**

Este factor da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión, numéricamente es igual a la carga en libra por pulgada cuadrada sobre un área de carga dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga.

Este proyecto presenta un material de subrasante con 28,61 de CBR, para el cual de acuerdo a la gráfica que relaciona el CBR con el módulo K, ubicada en el anexo 5, corresponde un módulo de reacción de la subrasante K de 6,9 kg/cm² o 69 Mpa/m.

- Determinación de D

Es la representación del peralte en mm determinado por la ecuación fundamental de AASHTO. Para este proyecto el peralte de la carpeta de pavimento rígido determinado es:

$$D = 214 \text{ mm} \cong 21,4 \text{ cm}$$

Se tomará un peralte de 210 mm ó 21 cm

2.1.4.8. Diseño de mezcla de concreto

Como ya se mencionó anteriormente, la carpeta de pavimento será construida de concreto hidráulico con una resistencia a la compresión f'_c de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 PSI). El fin del diseño de mezcla, es determinar la cantidad de materiales necesarios para la elaboración del mismo. El método recomendado es el método ACI, que se presenta a continuación:

- Determinación del revenimiento

El revenimiento del concreto se determina de acuerdo al elemento que se está construyendo. Los revenimientos recomendados para los diferentes elementos se representan en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Revenimientos recomendados**

Construcción de concreto	Revenimiento mm (Pulg.)	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muros de cimentación reforzada	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

Fuente: ACI 211. *Diseño de mezclas. Capítulo 4. p. 59.*

Para el diseño de mezcla de un pavimento, se utilizará el revenimiento máximo que es de 75 milímetros.

- Tamaño máximo de agregado

El tamaño del agrado grueso es determinado de acuerdo al peralte del elemento que se está diseñando. El tamaño máximo de agregado grueso que se debe utilizar en losas y pavimentos es de 1,5 pulgadas.

$$A. G. = \frac{210 \text{ mm}}{3} = 70 \text{ mm} = 2,75 \text{ pulg}$$

** Se utilizara 1,5 pulg, que es el maximo permisible para losas y pavimentos*

- Resistencia de diseño

La resistencia promedio de diseño (f'_{cr}) está en función del f'_c , la desviación estándar y el coeficiente de variación. El método ACI 211 proporciona las relaciones para el cálculo de la resistencia f'_{cr} , los cuales se muestran en la tabla XV.

Tabla XV. **Resistencia a compresión de diseño**

Resistencia a compresión especificada, f'_cMPa.	Resistencia a compresión media requerida, f'_{cr}MPa.
Menos de 21	$f'_c + 7,0$
21 a 35	$f'_c + 8,5$
Más de 35	$1,10f'_c + 5,0$

Fuente: ACI 211. *Diseño de mezclas. Capítulo 4. p. 58.*

Debido a que el f'_c de diseño es de 27,46 MPa, se procede a calcular el f'_{cr} de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = 27,46 + 8,5 = 35,96 \text{ MPa}$$

- Cantidad de agua

La cantidad de agua influye en la manejabilidad del concreto, la cual debe ser adecuada, ya que puede afectar la resistencia del mismo. Para el diseño de mezcla actual se utilizarán 181 kilogramos de agua por metro cubico, cantidad que se determinó de acuerdo al revenimiento y el tamaño de agregado grueso, como se muestra en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Contenido de agua recomendado**

ACI 211 Capítulo 6	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para tamaños de agregado indicados							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Asentamiento, mm								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	-----
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Fuente: ACI 211. *Diseño de mezclas. Capítulo 4. p. 81.*

- Contenido de cemento

Para este f'_{cr} se obtiene una relación agua/cemento de 0,38. La cantidad de cemento en masa necesaria para la mezcla de concreto, se obtiene de la relación agua/cemento y el peso de agua, como se muestra a continuación:

Tabla XVII. **Relación agua/cemento**

Resistencia a compresión a 28 días Mpa	Relación de agua - material cementante en masa
45	0,38
40	0,42
35	0,47
30	0,54
25	0,61
20	0,69
15	0,79

Fuente: ACI 211. *Diseño de mezclas. Capítulo 4. p. 73.*

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{cantidad de agua}}{A/C} = \frac{181}{0,38} = 475,81 \text{ kilogramos}$$

- Volumen de agregado grueso

El volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, depende del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura de la arena. Para el diseño de mezcla a diseñar, se utilizará arena con un módulo de finura de 3, a través de la tabla XVI se puede determinar un volumen de agregado grueso de 0,69.

Tabla XVIII. **Volumen de agregado grueso**

Tamaño max del agregado mm plg	Módulo de finura de la arena			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5 3/8	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 1/2	0,59	0,57	0,55	0,53
19 3/4	0,66	0,64	0,62	0,60
25 1	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 1 1/2	0,75	0,73	0,71	0,69
50 2	0,78	0,76	0,74	0,72
75 3	0,82	0,80	0,78	0,76
150 6	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: ACI 211. *Diseño de mezclas*. p. 71.

- Peso volumétrico de agregado grueso

El volumen de agregado grueso obtenido anteriormente, se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico compactado en seco, de acuerdo a datos de la planta de Agreca, se utilizará 1 409 kilogramos, por metro cúbico.

$$P.Volumetrico\ de\ A.G. = 0,69 * 1\ 409 = 972,21\ kilogramos$$

- **Peso volumétrico de agregado fino**

El cálculo del peso volumétrico del agregado fino se obtiene al restar los pesos de agua, cemento y agregado grueso al total del peso volumétrico del concreto

$$P.Volumetrico\ de\ A.F. = 2\ 410\ kg - 181\ kg - 475,81\ kg - 972,21\ kg$$

$$P.Volumetrico\ de\ A.F. = 780,98\ kg$$

- **Ajuste por humedad**

Consiste en ajustar a la mezcla por humedad de los agregados el agua que se añade, se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción. Para un agregado grueso con porcentaje de humedad de 2,0 y un porcentaje de absorción de 2,6 y un agregado fino con porcentaje de humedad de 2,7 y porcentaje de absorción de 2,8 las correcciones por humedad se realizaron de la siguiente manera:

$$Ajuste\ A.F. = Masa\ A.F. * (\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción})$$

$$Ajuste\ A.F. = 780,98 * (2,0\% - 2,6\%) = -4,69$$

$$Masa\ real\ A.F. = Masa\ A.F. - Ajuste\ A.F.$$

$$Masa\ real\ A.F. = 780,98 - 4,69 = 776,29\ kg$$

$$\text{Ajuste A. G.} = \text{Masa A. G.} * (\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción})$$

$$\text{Ajuste A. G.} = 972,21 * (2,7\% - 2,8\%) = -0,97$$

$$\text{Masa real A. G.} = \text{Masa A. G.} - \text{Ajuste A. G.}$$

$$\text{Masa real A. G.} = 972,21 - 0,97 = 971,24$$

- **Proporcionamiento**

La proporción final en términos de masa, de los elementos utilizados para realizar el concreto, queda de la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = 316,43/316,43 = 1$$

$$\text{Agregado fino} = 776,29/316,43 = 1,6$$

$$\text{Agregado grueso} = 971,24/316,43 = 2$$

Proporción por masa = 1: 1,6: 2 con 181 litros de agua

De igual manera la proporción final en términos de volumen, queda de la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = 475,81 \text{ kg} * \frac{1 \text{ pie}^3 \text{ (saco de cemento)}}{42,5 \frac{\text{kg}}{\text{pie}^3}} * \frac{0,027 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3} = 0,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{P.Volumentrico}{P.Unitario} = \frac{780,98 \text{ Kg}}{1\,715 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,46 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{P.Volumentrico}{P.Unitario} = \frac{972,21 \text{ Kg}}{1\,409 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,69 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} = 0,30/0,30 = 1$$

$$\text{Agregado fino} = 0,46/0,30 = 1,5$$

$$\text{Agregado grueso} = 0,69/0,3 = 2,3$$

Proporcion por masa = 1: 1,5: 2,3 con 181 litros de agua

2.1.4.9. Diseño de juntas

Debido a que el pavimento presenta esfuerzos causados por la acción del tránsito, contracciones por cambios de temperatura y por distintos niveles de humedad, las juntas tienen como principal objetivo el control y disipación de dicho esfuerzo, impidiendo así la formación de grietas en las losas de concreto del pavimento.

2.1.4.9.1. Juntas de contracción

Estas juntas pueden ser transversales o longitudinales, la misión fundamental es limitar las dimensiones de las losas con objetos de disminuir valores admisibles, las tensiones producidas por los fenómenos de retracción y los gradientes térmicos de forma que no se produzcan fisuras, por ello.

La distancia a la que deben disponerse las juntas de contracción depende de factores como la mayor o menor retracción del concreto, el coeficiente de dilatación, el espesor del pavimento, la amplitud de las variaciones de temperatura, el rozamiento existente con la capa de base, entre otros.

Las medidas recomendables se encuentran en la tabla XVII. Mediante la cual se determinó que para el pavimento de diseño, posee un peralte de 21 cm, las juntas de contracción deben estar colocadas a una distancia de 4,50 metros para facilidades constructivas.

Tabla XIX. **Distancia entre juntas por contracción**

Espesor	Distancia recomendable	Distancia máxima
14 cm	3,50 m	4,00 m
16 cm	3,75 m	4,50 m
18 cm	4,00 m	5,00 m
20 cm	4,25 m	5,50 m
22 cm	4,50 m	6,00 m
24 cm	4,75 m	6,50 m

Fuente: Instituto Nacional Español del Cemento y sus Aplicaciones. *Diseño y ejecución de juntas en pavimentos*. p. 32.

2.1.4.9.2. Juntas de construcción

Estas juntas son formadas entre bandas de fundición o en una misma banda, entre losas contiguas ejecutadas con desfases de tiempo considerables. Por ejemplo, al final de la jornada de trabajo y en paradas prolongadas.

2.1.4.9.3. Juntas de dilatación

Son llamadas así porque se prevén para absorber las expansiones provocadas por los aumentos de temperatura, evitando empujes indeseables que podrían producir la rotura del pavimento. Se dejará una separación de dos centímetros, donde sea necesario. El ancho de estas juntas debe ser de 12-25 milímetros, dicha abertura debe ser rellena con un material no absorbente ni reactivo.

Este tipo de juntas serán utilizadas al comienzo y al final de curvas, cuyo radio sea inferior a 200 metros, cuando el pavimento esté limitado por algún elemento rígido en los pozos de registro o sumideros y en los cruces de calles como precaución, para evitar la formación de cuñas estrechas en el pavimento.

2.1.4.10. Diseño de drenaje longitudinal

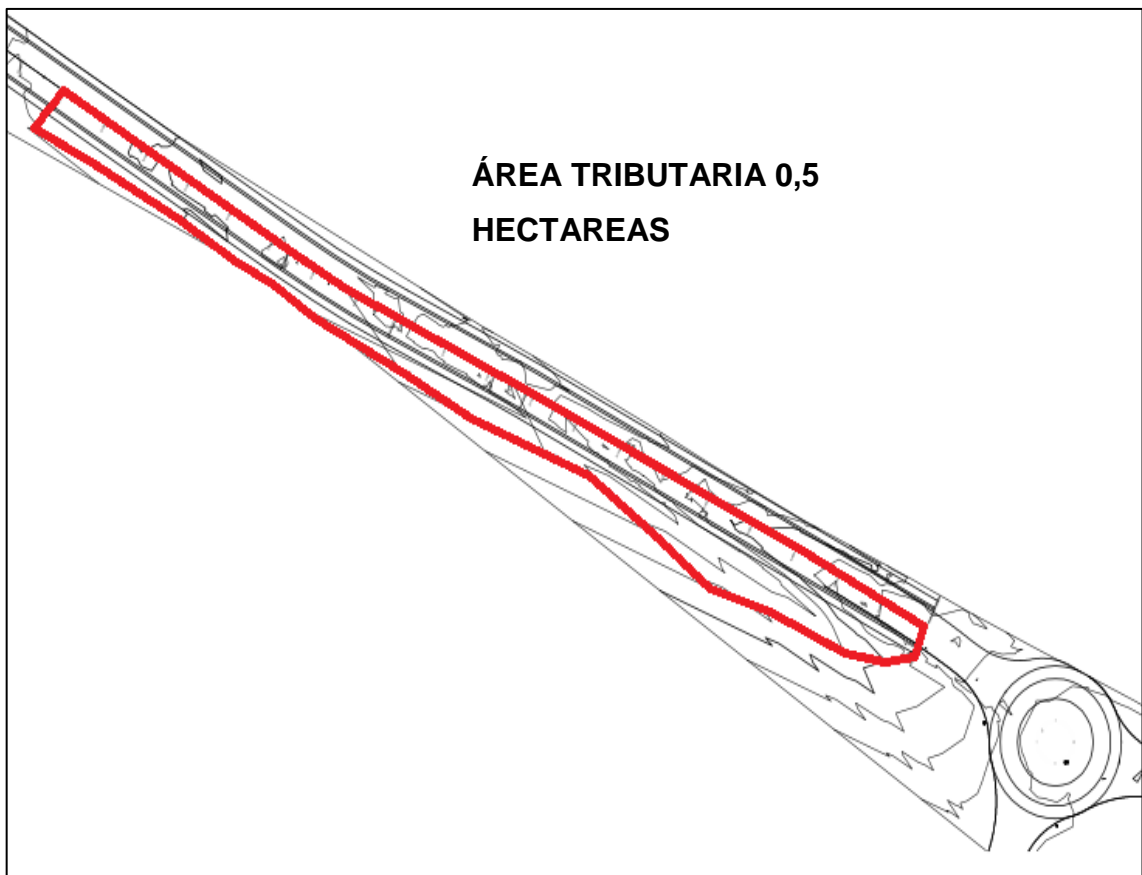
Para el diseño del drenaje longitudinal, se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

El flujo será drenado a través elementos llamados cunetas, que son los canales abiertos situados a ambos lados de la línea central de la carretera, para este caso serán de concreto simple fundido en sitio, y diseñadas por tamos para caudales pluviales acumulados.

2.1.4.10.1. Diseño de cuneta en el tramo inicial lado izquierdo

- Área tributaria

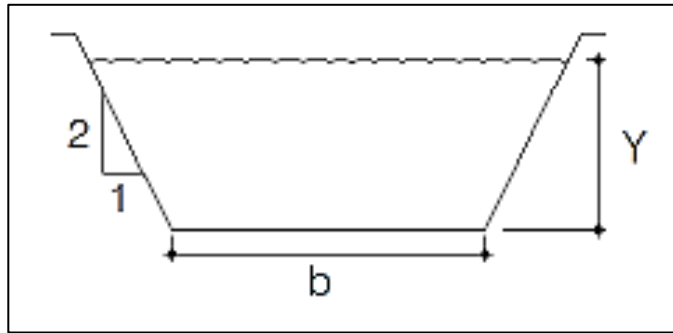
Figura 8. Área tributaria



Fuente: elaboración propia, curvas de nivel en programa Civil 3D.

- Geometría de sección transversal de la cuneta

Figura 9. Geometría de la cuneta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Determinación de la intensidad de lluvia, utilizando valores del Informe de Intensidades de Lluvias del Insivumeh, Guatemala (ver anexos).

$$I = \frac{A}{(B + t)^n} = \frac{820}{(2 + 6,8)^{0,656}} = 196,08$$

Donde

t = tiempo de concentración del tramo, calculado por Kirpich (min)

A, B y n son factores de ajuste determinados según el informe de Lluvias de la estación meteorología que afecta al proyecto.

- Determinación del coeficiente de escorrentía

$$C = \frac{C1 * A1 + C2 * A2 + \dots + Cn * An}{A}$$

$$C = \frac{0,85 * 4431 + 0,85 * 63,6 + 0,85 * 118,72 + 0,4 * 29,68 + 0,2 * 896}{5539} = 0,74$$

Donde

C = coeficiente de escorrentía del área.

Cn = coeficiente de escorrentía de los distintos terrenos.

An = área correspondiente a los distintos terrenos y sus coeficientes Cn.

A = área tributaria total en metros cuadrados.

- Determinación del caudal del tramo actual

$$Q_{dis} = \frac{C * I * A}{360} = \frac{0,74 * 196,08 * 0,5}{360} = 0,203 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área tributaria en hectáreas

C = coeficiente de escorrentía del área

- Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} * Y * Y\right) + bY$$

- Determinación del perímetro mojado

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

$$P = 2,236Y + b$$

- Determinación de base igualando radio hidráulico a $Y/2$

$$(1/2 * Y^2 + bY)/(2.236 * Y + b) = \left(\frac{Y}{2}\right)$$

$$2 * \left(\frac{1}{2} * Y^2 + bY\right) = Y * (2.236 * Y + b)$$

$$b = 1,236 * Y$$

- Sustituyendo b en área

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

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

- Determinación de Y utilizando la ecuación de caudal de Manning

$$Qd = (1/0,016) * 1,736 * Y^2 * (Y/2)^{(2/3)} * (0,0128)^{\frac{1}{2}}$$

$$Qd = 68,35 * (S^{(1/2)}) * Y^{\frac{8}{3}}$$

$$Y = \left(\frac{Qd}{68,35 * S^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

- Determinación de dimensiones de la cuneta

$$Y = \left(\frac{1,3298}{68,35 * 4,48^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,25 \text{ m}$$

$$b = 1,236 * 0,25 = 0,31 \text{ m}$$

- Dimensiones finales de la cuneta

Para fines constructivos se utilizarán como dimensiones $Y = 0,30$ metros y base $b = 0,30$ m.

2.1.4.11. Diseño de drenaje transversal

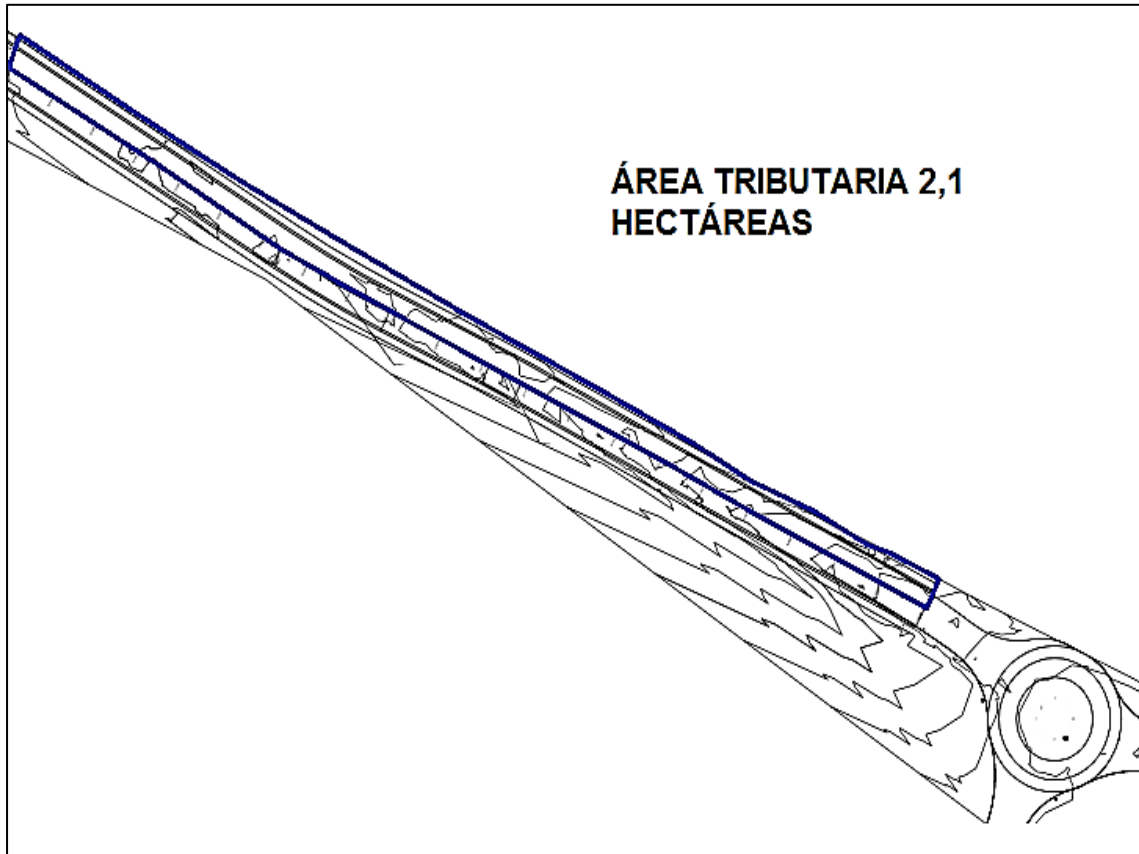
El drenaje transversal tiene como principal objetivo desfogar o trasladar cierto caudal de agua de un lado de la carretera a otro. El caudal de agua que se debe drenar al igual que en el drenaje longitudinal, se determinó con el método racional.

2.1.4.11.1. Diseño del drenaje transversal est. 0+000

- Área tributaria

Es toda el área dentro de la cual cualquier punto ubicado en ella, tributará caudal hacia el punto que se analizará, en términos hidrológicos es conocida como cuenca.

Figura 10. **Área tributaria drenaje transversal**



Fuente: elaboración propia, curvas de nivel en programa Civil 3D.

- **Cálculo del caudal tributario**

El caudal pluvial del drenaje transversal, fue calculado de igual manera que el del drenaje longitudinal izquierdo calculado anteriormente. El caudal correspondiente al área tributaria de la figura 10 es de $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$, debido a que los caudales fueron calculados para distintos tramos de la carretera, la sumatoria de los mismos al final será de $2,09 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual es utilizado para el diseño del drenaje transversal.

- Cálculo del diámetro hidráulico necesario

El diámetro hidráulico necesario para drenar el caudal de 2,09 m³/s de agua en este punto, se determina mediante la siguiente expresión:

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde

Q = caudal a drenar en metros cúbicos por segundo

n = coeficiente de rugosidad del material

s = pendiente del drenaje transversal

$$D = \left(\frac{2,09 * 0,01 * 4^{5/3}}{3^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,7 \text{ m} \cong 27.6 \text{ pulg}$$

- Cálculo del área hidráulica

Se procede a calcular el área hidráulica que corresponde a la sección de tubería encontrada. Esta se determina mediante la siguiente expresión:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 0,7^2}{4} = 0,385 \text{ m}^2 \cong 595 \text{ pulg}^2$$

Donde

A = área hidráulica necesaria

Debido a que el área a cubrir es menor que 0,65 metros cuadrados, se utilizará el diámetro mínimo de tubo para drenaje transversal que corresponde a 36 pulgada, con el cual se cubre el área requerida y el caudal tributario.

- Cabezal de entrada a cuneta

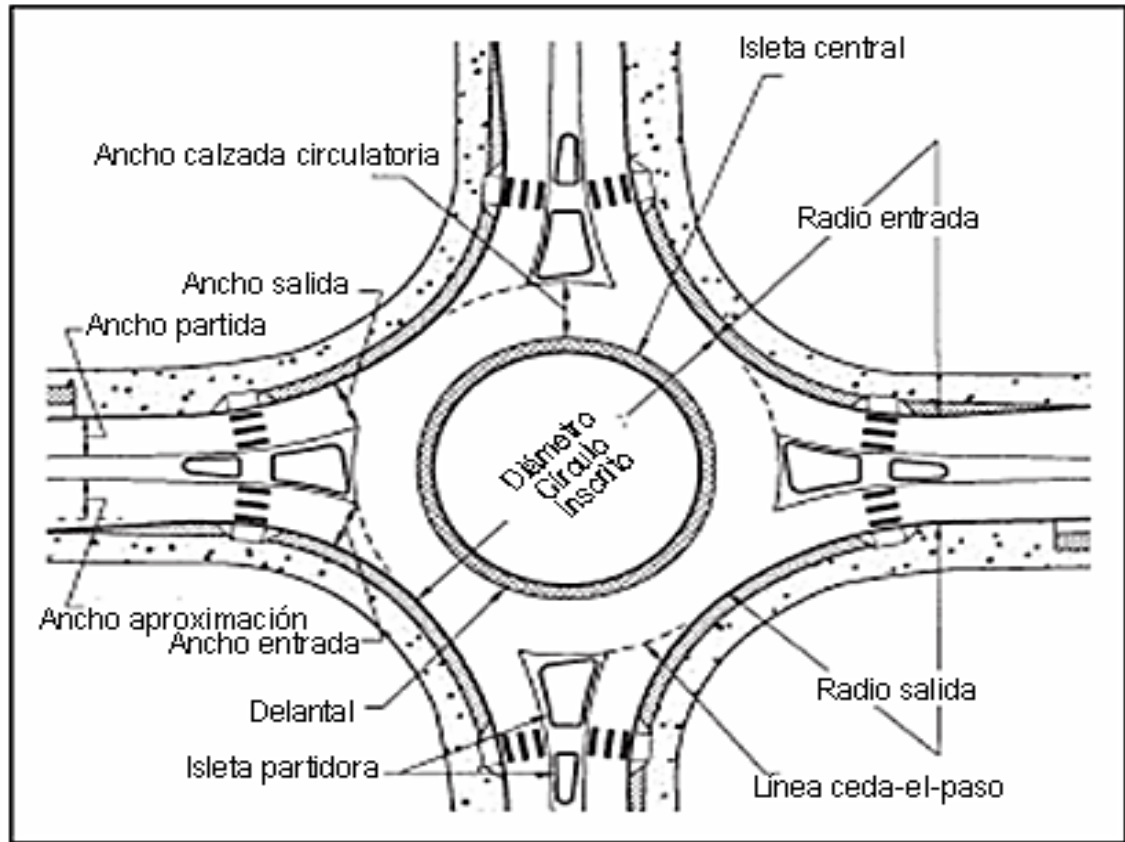
Es importante mencionar, que en el ingreso de la tubería del drenaje transversal a la cuneta, se debe colocar un cabezal de protección. El cual está detallado en el plano No. 13 de la sección de planos de este informe.

2.1.5. Recomendación de radios de giro para rotonda

Al momento de diseñar la geometría de una rotonda se debe equilibrar la seguridad y la capacidad. Las rotondas operan con mayor seguridad cuando el tránsito entrante circula a velocidades bajas. La curvatura horizontal y los angostos anchos de pavimento se usan para producir este ambiente de velocidad-reducida.

En tanto los anchos y radios de entrada y calzada circulatoria se reduzcan, también se reducirá la capacidad de la rotonda. Además, muchos de los parámetros geométricos están gobernados por los requerimientos de maniobra de los vehículos más grandes, esperados que viajen a través de la intersección.

Figura 11. Componentes de una rotonda



Fuente: Federal Highway Administration. *Rotondas modernas*. p. 131.

Por sus profundos impactos sobre la seguridad, alcanzar las adecuadas velocidades vehiculares a través de la rotonda es el objetivo más crítico de diseño.

Al requerir que los vehículos operen la rotonda a lo largo de una trayectoria curva, una rotonda bien-diseñada reduce las velocidades relativas entre corrientes de tránsito conflictivas.

Para la rotonda, al final del tramo, por ser urbana tiene carril doble que obtiene una velocidad máxima de 40 km/h, pero debido a la topografía del terreno se recomienda una velocidad de 30 km/h para vehículos pequeños y entre 15 y 20 km/h para transporte pesado.

Figura 12. **Velocidades máximas de diseño**

Categoría Lugar	Velocidad de Diseño Máxima Recomendada
Minirotonda	25 km/h
Urbana Compacta	25 km/h
Urbana Carril Simple	35 km/h
Urbana Carril Doble	40 km/h
Rural Carril Simple	40 km/h
Rural Carril Doble	50 km/h

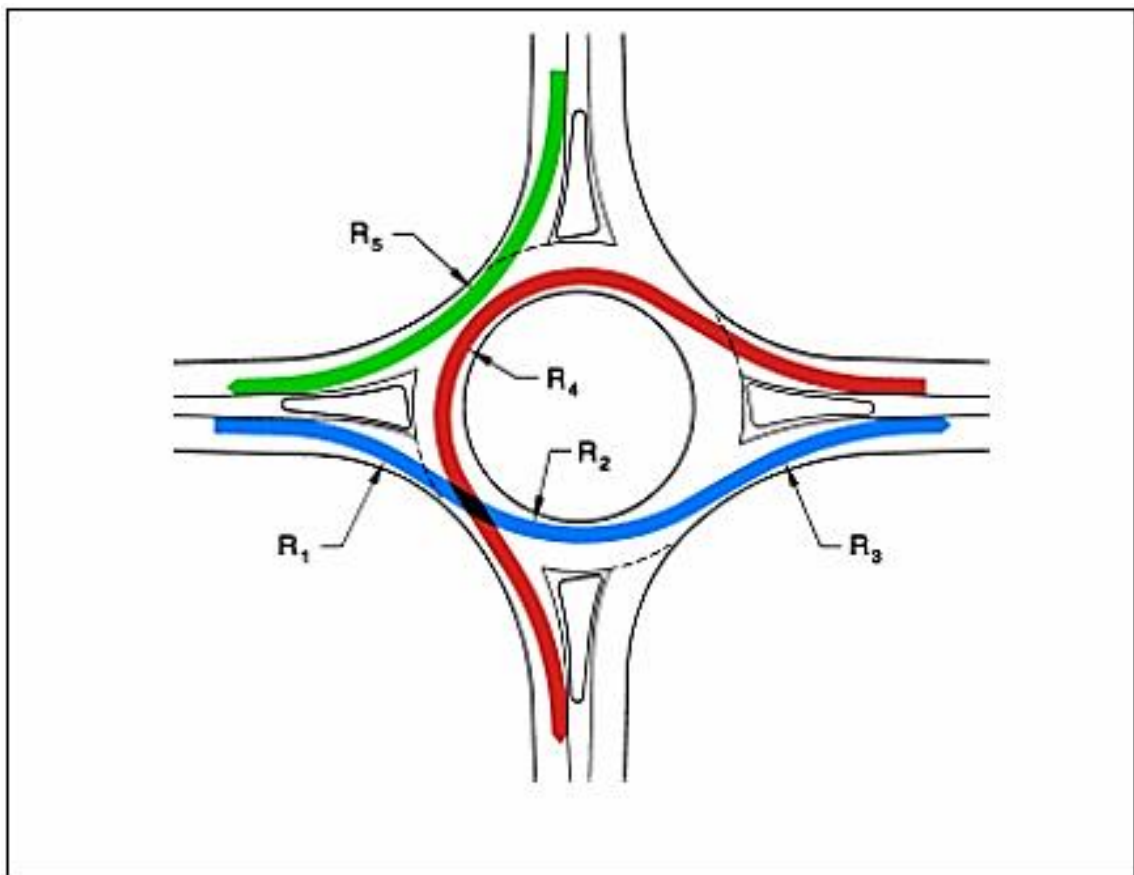
Fuente: Federal Highway Administration. *Rotondas modernas*. p. 133.

Como se puede observar en la figura 10, en una rotonda sin importar el número de brazos que posea, se deben revisar 5 radios de giro críticos:

- R1 radio de trayectoria de entrada, radio mínimo en la trayectoria más veloz antes de la entrada a la rotonda.
- R2 radio de la trayectoria de circulación, radio mínimo en la trayectoria más veloz alrededor de la isleta central.

- R3 radio de trayectoria de salida, radio mínimo en la trayectoria más veloz a la salida.
- R4 y R5 radio de trayectoria de giro a la izquierda y radio de giro a la derecha.

Figura 13. **Radios de giro en rotondas**



Fuente: Federal Highway Administration. *Rotondas modernas*. p. 139.

Una rotonda posee un radio de 54 metros, éste debe tener una anchura de carril mínima de 9,8 metros. En este caso, para la adecuada circulación de

tráileres, se sugiere una anchura de carril 11,7 metros. Esto deja una isleta central de 32,6 metros, de los cuales se dejarán 8,8 metros de cada lado como un sobreaño, para giros muy cerrados.

Los radios críticos serán calculados de acuerdo a la velocidad en los puntos de diseño, mediante la siguiente expresión:

$$R = (-3405,44)/(V - 103,66)$$

Donde

V = velocidad en el punto de estudio

R = radio de giro

$$R1 \text{ y } R5 = (-3405,44)/(40 - 103,66) = 53,5 \cong 54 \text{ m}$$

$$R2, R3 \text{ y } R4 = (-3405,44)/(30 - 103,66) = 46,23 \cong 46 \text{ m}$$

2.1.6. Presupuesto

El presupuesto de un proyecto consiste en la integración costos directos: la mano de obra, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y el transporte de los mismos. Como costos indirectos se consideraron: la supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad.

2.1.6.1. Resumen de presupuesto del proyecto

A continuación se presenta el resumen del presupuesto del tramo carretero del km 17,5 CA-9 sur al centro de Bárcenas, Villa Nueva.

Tabla XX. **Presupuesto del tramo carretero del kilómetro 17,5 CA-9 sur al centro de Bárcenas**

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	m1	2100.00	Q 2.89	Q 6,060.40
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	m2	22050.00	Q 28.73	Q 633,496.50
1.03	Acarreo de pavimento demolido	m3-km	6063.75	Q 8.34	Q 50,571.68
	SUB TOTAL				Q 690,128.58
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.01	Excavación no clasificada	m3	5025.78	Q 27.06	Q 135,997.81
2.01	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	33188.00	Q 24.82	Q 823,726.16
2.02	Acarreo	m3-km	182534.00	Q 8.34	Q 1,522,333.56
	SUB TOTAL				Q 2,482,057.33
3.00	PAVIMENTO				
3.01	Reacondicionamiento de subrasante	m2	29400.00	Q 11.11	Q 326,728.08
3.02	Capa base de 10 cm	m2	29400.00	Q 22.94	Q 674,580.96
3.03	Pavimento rígido (concreto hidráulico de 21 cm)	m3	6174.00	Q 2,473.11	Q 15,269,000.01
3.04	Banqueta (10 cm de espesor)	m3	1050.00	Q 2,762.64	Q 2,900,767.15
3.05	Bordillo prefabricado	m1	4152.00	Q 99.81	Q 414,391.54
	SUB TOTAL				Q 19,585,467.74
4.00	DRENAJE				
4.01	Drenaje longitudinal (cunetas)	m1	4200.00	Q 386.20	Q 1,622,020.39
4.02	Excavación para alcantarilla	m3	340.80	Q 382.77	Q 130,448.02
4.03	Tubería drenaje transversal 36"	m1	113.60	Q 4,528.11	Q 514,393.36
4.04	Pozos de visita drenaje transversal	Unidad	2.00	Q 37,101.62	Q 74,203.23
4.05	Cabezal de concreto ciclópeo	m3	0.54	Q 2,167.98	Q 1,170.71
	SUB TOTAL				Q 2,342,235.70
	COSTO TOTAL ESTIMADO				Q 25,099,889.35

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Cronograma físico y financiero

Consiste en representar consecutivamente cada una de las actividades que se realizarán para el proceso de construcción, para determinar avances físicos y financieros.

Tabla XXI. Cronograma de actividades

No	U/M	CANT/COSTO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
			s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	ml	2100.00															
			Q 6,060.40															
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	m2	22050.00															
			Q 633,496.50															
1.03	Acarreo de pavimento demolido	m3-km	6063.75															
			Q 50,571.68															
2.01	Excavación no clasificada	m3	5025.78															
			Q 135,997.61															
2.01	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	33188.00															
			Q 823,726.16															
2.02	Acarreo	m3-km	182534.00															
			Q 1,522,333.56															
3.01	Reacondicionamiento de subrasante	m2	29400.00															
			Q 326,728.08															
3.02	Capa base de 10 cm	m2	29400.00															
			Q 674,580.96															
3.03	Pavimento rígido (concreto hidráulico de 21 cm)	m3	6174.00															
			Q 15,269,000.01															
3.04	Banqueta (10 cm de espesor)	m3	1050.00															
			Q 2,900,767.15															
3.05	Bordillo prefabricado	ml	4152.00															
			Q 414,391.54															
4.01	Drenaje longitudinal (cunetas)	ml	4200.00															
			Q 1,622,020.39															
4.02	Excavación para alcantarilla	m3	340.80															
			Q 130,448.02															
4.03	Tubería drenaje transversal 36"	ml	113.60															
			Q 514,393.36															
4.04	Pozos de visita drenaje transversal	Unidad	2.00															
			Q 74,203.23															
4.05	Cabezal de concreto ciclopeo	m3	0.54															
			Q 1,170.71															

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño del drenaje sanitario y pluvial para las colonias Santa Mónica y Salazar

A continuación se explicará el diseño del drenaje sanitario y pluvial, para las colonias Santa Monica y Salazar.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un drenaje sanitario y pluvial, para las colonias Santa Mónica y Salazar, ubicadas en la zona 2 del municipio de Villa Nueva, Guatemala. Se dio prioridad a estos proyectos, debido a la necesidad que se identificó mediante la solicitud de los líderes de las comunidades antes mencionadas; también se realizó el estudio de campo.

El sistema de alcantarillado sanitario tendrá una longitud de 1 650 metros, mientras que el drenaje pluvial tendrá una longitud de 1 188 metros. Ambos sistemas de drenaje fueron diseñados bajo especificaciones locales de la municipalidad y parámetros del Infom. La tubería a utilizar será PVC bajo la Norma ASTM D-3034, utilizando en el diseño del drenaje sanitario un diámetro mínimo de 6 pulgadas y un máximo de 8 pulgadas; mientras que en el drenaje pluvial se utilizó un diámetro mínimo de 15 pulgadas y un máximo de 36 pulgadas.

Debido a las altas pendientes y contrapendientes que posee el terreno natural, así como la falta de pavimento en ciertas calles de la colonia. Las pendientes de la tubería fueron propuestas de tal manera que no se rebasarán las velocidades y tirantes máximos y mínimas de diseño, así como el relleno mínimo permisible sobre la tubería.

El alcantarillado sanitario consiste en una red principal que recolecta las aguas negras, para así conducir las hacia un punto en donde se propondrá realizar la planta de tratamiento de aguas residuales.

El drenaje pluvial consiste en dos redes que conducen las aguas pluviales de todas las áreas tributarias, para depositarlas en dos pozos de visita, que

forman parte de un túnel colector de aguas pluviales de la municipalidad de Villa Nueva.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Es la representación gráfica en el plano horizontal y vertical de todas las medidas horizontales y verticales recolectadas y necesarias para el diseño de los drenajes sanitario y pluvial, basándose en procesos de altimetría y planimetría.

2.2.2.1. Altimetría

Es el procedimiento utilizado para tomar las medidas y diferencias de nivel que existen en los diferentes puntos de terreno importantes para el diseño de los drenajes, asignándoles cotas, a partir de un punto de referencia. El equipo utilizado para tomar estas medidas fue proporcionado por la Municipalidad de Villa Nueva, el cual consiste en una estación total y un prisma reflectante.

2.2.2.2. Planimetría

Es el procedimiento necesario, para tomar todas las medidas horizontales, tomando como base un punto de referencia y así representarlos en planta o en plano horizontal. El equipo utilizado para tomar estas medidas, fue el mismo que se utilizó para la altimetría.

2.2.3. Trazo preliminar

Para el trazo preliminar de los dos sistemas de drenaje, se procedió a ubicar los puntos más altos y más bajos del área de diseño, para proponer la

conducción del flujo de la cota más alta a la más baja, en donde será ubicada la planta de tratamiento; además se encuentran los pozos del túnel pluvial de la municipalidad de Villa Nueva.

2.2.4. Descripción de los sistemas a utilizar

Hay diferentes tipos de sistema de drenaje. La elección de un sistema en específico, dependerá de las distintas condiciones y restricciones a las que se enfrente el proyecto.

- Alcantarillado sanitario: este sistema de alcantarillado consiste en la recolección y conducción de las aguas negras, excluyendo las aguas generadas por lluvia provenientes de distintos puntos como techos, calles y otras superficies.
- Alcantarillado pluvial: este sistema de alcantarillado consiste en la recolección y conducción de las aguas pluviales, recaudadas en aceras, terrenos vacíos, calles, techos, entre otros.
- Alcantarillado separativo: este sistema está compuesto por dos líneas de conducción. Una de alcantarillado sanitario que conduce las aguas negras y una de alcantarillado pluvial que conduce las aguas pluviales.
- Alcantarillado combinado: es un sistema que recolecta y conduce las aguas residuales como las aguas pluviales en una misma tubería.

En el caso del diseño de alcantarillado para las colonias Santa Mónica y Salazar, se optó por diseñar un sistema de alcantarillado separativo, ya que consiste en una línea de conducción de aguas negras y una línea de

conducción de aguas pluviales, de manera independiente y con sus respectivas descargas.

Debido a que las colonias Santa Mónica y Salazar, no se encuentran pavimentadas en su totalidad y se tiene previsto que sean pavimentadas. Para el drenaje sanitario y pluvial se utilizó como nivel de pavimento las cotas de terreno actual. Así mismo, los caudales del drenaje pluvial se calcularon tomando en cuenta las calles ya pavimentadas.

2.2.5. Diseño del sistema de drenaje sanitario

El sistema se debe diseñar considerando todas las características internas y externas que lo pueden afectar.

2.2.5.1. Período de diseño

Se define como período de diseño al tiempo de funcionamiento eficiente y adecuado del sistema diseñado. Para definir el período de diseño de este sistema, se ha tomado en cuenta factores como vida útil de los materiales, factibilidad económica del diseño y crecimiento poblacional.

El período de diseño para el sistema de drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar es de 25 años.

2.2.5.2. Población de diseño

En un diseño de drenaje sanitario es muy importante conocer la población del lugar, ya que es la que tributará las aguas negras al sistema.

La población actual de diseño para las 89 casas del proyecto se estimó tomando un promedio de 6 habitantes por casa, lo cual da un total de 534 personas.

Conociendo la población actual, se proyectó mediante el método geométrico, dando así a conocer la población tributaria en el período de diseño del proyecto.

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

Donde

Pf = población final

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = período de diseño

La población futura se estableció utilizando una tasa de crecimiento de población del 3,1 por ciento anual, según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística.

$$Pf = 534 * (1 + 0,031)^{25}$$

$$Pf = 1\ 146$$

2.2.5.3. Dotación

Se conoce como dotación a la cantidad de agua en litros por habitante al día, que será destinada para el uso o consumo de la población. En este caso, la dotación para las colonias Santa Mónica y Salazar es de 150 L./habitante/día.

2.2.5.4. Factor de retorno

Se conoce como a factor de retorno a la cantidad porcentual de la dotación, que regresa al sistema de drenaje sanitario. Varía dependiendo el uso de los lotes tributarios. El factor de retorno utilizado para el diseño de drenaje de las colonias Santa Mónica y Salazar es de 85 %.

2.2.5.5. Factor de Harmond

Es un factor que está relacionado con la población que tributara aguas residuales al sistema. Es utilizado para determinar las aportaciones del uso doméstico, para las horas pico. Para el diseño de drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar, se utilizó un valor de Harmond específico para cada tramo analizado, de manera que la precisión sea mayor.

El factor de Harmond es adimensional y es determinado mediante la siguiente expresión:

$$FH = (18 + \sqrt{p}) / (4 + \sqrt{p})$$

Donde

FH = factor de Harmond

p = población en miles de cada tramo

2.2.5.6. Caudal sanitario

Es el caudal compuesto por la integración de los diferentes caudales que se integran al sistema de drenaje. Estos caudales pueden ser caudal domiciliar,

caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas, caudal de infiltración, caudal comercial, entre otros.

Para el diseño de drenaje de las colonias Santa Mónica y Salazar, los caudales involucrados son:

2.2.5.6.1. Caudal domiciliar

Es el aporte de aguas servidas o desechos, provenientes de las viviendas ubicadas en el área tributaria de cada tramo en diseño. El caudal domiciliar está relacionado con la dotación y el factor de retorno del proyecto. Este está dado en litros por segundo y se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot.* N.Hab.* F.R.}{86\ 400}$$

Donde

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Dot. = dotación (l/hab/día)

N.Hab. = número de habitantes que tributan en el tramo

F.R. = factor de retorno

2.2.5.6.2. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan sus sistemas de agua pluvial al alcantarillado sanitario. En el caso de Santa Mónica y Salazar se estiman las conexiones ilícitas en un 10 % del caudal domiciliar.

$$Q_{CI} = Q_{dom} * 10 \%$$

2.2.5.6.3. Caudal de infiltración

Este es el caudal que se infiltra del exterior al sistema de alcantarillado, el cual dependerá de la longitud y tipo de la tubería de diseño. En el caso del diseño de alcantarillado sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar, el caudal de infiltración es considerado cero, debido a que el material utilizado para diseñar es PVC bajo la Norma ASTM D-3034.

2.2.5.7. Factor de caudal medio

Este factor se determina mediante la suma de los caudales que intervienen en el sistema (caudal sanitario), dividido la población que tributa en determinado período de diseño.

El factor de caudal medio, debe situarse entre los rangos de 0,002 y 0,005 según parámetros de la DGOP. Si este da un valor menor, se tomará el valor mínimo de 0,002, y si en dado caso fuera mayor, se tomará máximo de 0,005 considerando siempre que este factor no esté demasiado distante de los rangos máximo y mínimo establecidos.

$$Q_s = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{Conexiones Ilicitas}} + Q_{\text{comercial}} + \text{otros caudales}$$

$$FQM = \frac{Q_s}{N. \text{Habitantes}}$$

Donde

Q_s = caudal sanitario (l/s)

FQM = factor de caudal medio

2.2.5.8. Caudal de diseño

Caudal de diseño es el caudal de aguas sanitarias para el cual se capacitará y diseñará cada tramo que conforma el sistema de drenaje. Este caudal es determinado mediante la multiplicación del factor de caudal medio, por el factor de Harmond y número de habitantes que tributan en cierto tramo del diseño.

Es importante calcular el caudal de diseño para la actualidad y para el futuro en el período de diseño, ya que se deben cumplir velocidades y tirantes mínimas y máximas, para el funcionamiento adecuado del sistema. Este caudal se determina de la siguiente manera:

$$Q_{\text{diseño}} = F. H. * FQM * \text{Núm. habitantes}$$

Donde

F.H. = factor de Harmond

FQM = factor de caudal medio.

2.2.5.9. Diseño de secciones de tubería

Se tomará como base del diseño, tuberías de PVC bajo la Norma ASTM D-3034, las cuales funcionarán como canales abiertos. Para este diseño el cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se ha realizado aplicando la ecuación de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares.

Es importante mencionar que la tubería utilizada en las conexiones domiciliarias, debe ser menor que la de los colectores; esto para evitar que el colector reciba elementos de gran tamaño que lo puedan obstruir. Para las colonias Santa Mónica y Salazar se utilizará tubería de conexiones domiciliarias de 4", debido a que la tubería del colector es de 6".

2.2.5.10. Velocidad de diseño y relación de tirante

La velocidad de diseño y la relación de tirante de un tramo de drenaje sanitario, estarán restringidas por factores como acumulación de sedimentos, la erosión y capacidad. Si la velocidad de diseño de un tramo es demasiado baja, se producirá estancamiento de las materias orgánicas e inorgánicas, debido a que esta no es suficiente para arrastrarlas. Mientras tanto si las velocidades son muy altas, estas causan erosión en las tuberías, debido al desgaste que producen materiales abrasivos tales como la arena.

De igual manera, si la relación de tirantes es muy baja, no permite el arrastre de sedimentos, pero si es muy alta, se pone en riesgo la capacidad del colector.

Para evitar los problemas antes mencionados, el Infom establece que para sistemas de drenaje sanitario, la velocidad mínima admisible en tuberías de PVC sea de 0,6 m/s y la velocidad máxima admisible sea de 3 m/s. De igual manera establece que la relación de tirantes debe estar entre 0,1 y 0,75. En el caso del diseño del sistema de drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar, se utilizaron velocidades mínimas y relación de tirantes que esta entidad recomienda.

2.2.5.11. Diseño de pendientes

Se conoce como pendiente de diseño, a la pendiente que posee la tubería en cada tramo entre pozo de visita. Aunque algunas veces se propone en función de la pendiente de terreno, es muy diferente, ya que se debe proponer tomando en cuenta que cumplan las velocidades, relación de tirantes y distancia mínima a la corona de la tubería.

Al proponer la pendiente de diseño, se debe cumplir con la profundidad mínima de la corona del tubo, que según las especificaciones del proveedor será de 0,90 metros para transporte pesado y 0,6 metros para transporte liviano.

Para determinar si la pendiente de diseño propuesta es la adecuada, se deben determinar varios datos, así como realizar distintos chequeos sobre el cumplimiento de los parámetros de diseño. Dentro de los datos a determinar se tiene el caudal a sección llena, velocidad a sección llena y velocidad de diseño. Y dentro de los chequeos que se deben realizar será la relación de tirantes d/D y velocidad de diseño.

La velocidad a sección llena, se determina mediante la ecuación de Manning transformada al sistema métrico.

$$V = \frac{1}{n} * \left(D * \frac{0,0254}{4} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde

V = velocidad a sección llena (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (Para PVC = 0,01)

s = pendiente de diseño propuesta en (m/m)

D = diámetro de la tubería propuesta (pulg)

El caudal a sección llena, se determinada mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\pi}{4} * (D * 0,0254)^2 * V * 1\ 000$$

Donde

Q = caudal a sección llena (l/s)

V = velocidad a sección llena (l/s)

D = diámetro de la tubería (pulg)

Como se tiene el caudal a sección llena, se procede a calcular la relación caudal de diseño sobre caudal a sección llena (q/Q), el cual será utilizado para determinar las relaciones de tirantes (d/D) y velocidad de diseño sobre velocidad a sección llena (v/V). De igual manera al conocer v/V se puede determinar la velocidad de diseño y verificar el cumplimiento de parámetros.

2.2.5.12. Profundidad del colector

Como ya se mencionó anteriormente, se debe cuidar distancia mínima entre la superficie del terreno y la corona del tubo, la cual dependerá del tipo de tránsito que circule sobre ella y será especificada, según el proveedor.

Para el proyecto de drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar, de acuerdo con las especificaciones del proveedor (Amanco), la

profundidad de la corona del colector será de 0,90 metros, para transporte pesado y 0,6 metros, para transporte liviano.

2.2.5.13. Cotas invert

Se conoce como cota invert, a la cota o elección de la parte inferior de la tubería en los puntos donde el colector entra al pozo (cota invert de entrada) y sale del pozo (cota invert de salida). Entre la cota invert de entrada y salida de un mismo pozo se dejará un desnivel de 0,03 metros, para corrimiento adecuado de las aguas servidas dentro de los pozos. Para determinar una cota invert se puede utilizar la siguiente expresión:

$$C.I. = CT - R - D$$

Donde

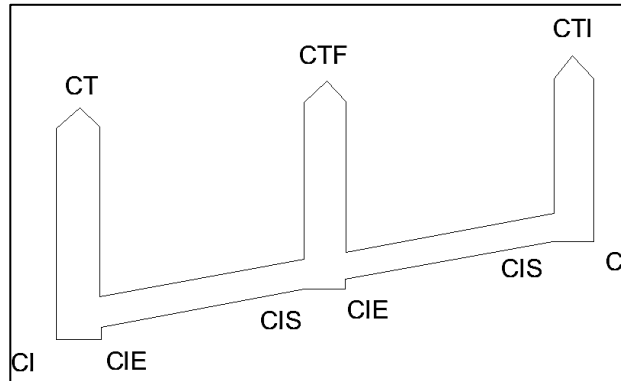
C.I. = cota invert

C.T. = cota de terreno (inicial o final)

R = relleno sobre la corona de la tubería

D = diámetro de la tubería (utilizar las dimensiones de las cotas)

Figura 14. **Representación de las cotas invert y cotas de terreno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.5.14. Ancho de zanja

El ancho de la zanja en donde se colocará el colector, estará condicionado por el diámetro de la tubería y la profundidad de la excavación. A continuación se presenta una tabla con los valores tomando en cuenta los factores antes mencionados.

Tabla XXII. **Anchos de zanjas**

Diámetro de tubería en pulgadas	Ancho de zanja		
	Profundidad 0 a 2 m	Profundidad 2 a 4 m	Profundidad 4 a 6 m
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

Fuente: GARCÍA, Nery. *Método práctico de presupuestos en construcción*. p. 17.

2.2.5.15. Volumen de excavación

Es la cantidad de metros cúbicos de suelo que se removerá para colocar la tubería. La cual se relaciona con la profundidad de los pozos de visita, y el ancho de zanja según el diámetro de la tubería a colocar en el tramo que se está diseñando. El volumen de excavación se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$V = \left(\frac{H_i + H_f}{2} \right) * d * A$$

Donde

V = volumen a excavar

H_i = altura del pozo inicial (m)

H_f = altura del pozo final (m)

d = distancia entre pozos (m)

A = ancho de zanja (m)

2.2.5.16. Pozo de visita

Un pozo de visita es una cámara que desde la superficie, permite el ingreso de un operador o personal de mantenimiento del drenaje inspeccionar o realizar labores de limpieza.

Para el diseño del drenaje sanitario actual, utilizaron pozos con dimensiones estándares de la Municipalidad de Villa Nueva, siempre y cuando cumplieran con las normativas.

Estos pozos en su parte superior poseen un marco y una tapa de concreto, con una abertura 0,60 m. El marco descansa sobre las paredes, que se ensanchan hasta alcanzar el diámetro interno del pozo de visita, que está entre 1,25 y 2,00 metros, según el diámetro de la tubería que encaja en el pozo. La profundidad es variable y las paredes en este caso serán construidas de barro cocido, reforzando los pozos de alturas mayores a 6 metros

El fondo de los pozos de visita será de concreto, con pañuelos o inclinaciones hacia el colector de salida del pozo. En los casos en que la caída es mayor a 0,75 metros se dejará un colchón de agua de 0,2 metros para evitar erosión.

Para este diseño, los criterios utilizados para la ubicación de los pozos, son los siguientes:

- En cambios de diámetro de tubería.
- En cambios de pendiente.
- En intercepción de tramos colectores.
- Al comienzo de tramos colectores.
- Por el método de limpieza utilizado, a distancias horizontales no mayores a 70 metros.

2.2.5.17. Conexiones domiciliarias

En la tubería que transporta las aguas servidas desde una vivienda o edificio hacia un colector común. Estas conexiones deben taparse e impermeabilizarse, para evitar la entrada de aguas subterráneas u otros objetos no deseados que puedan estropear la circulación de las aguas sanitarias.

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados en forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 3" y debe colocarse con una pendiente de 2 % como mínimo, para sistemas con tubería PVC. Como ya fue mencionado en el presente diseño, se utilizará tubería PVC con diámetro 4" en las conexiones domiciliarias.

2.2.5.18. Diseño del tramo PV1 a PV2

A continuación se presenta el diseño y cálculo hidráulico para el tramo comprendido entre los pozos de visita PV1 y PV2, del drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar.

- Datos preliminares

Alcantarillado sanitario

Periodo de diseño = 25 años

Tramo entre PV1 y PV2

Dotación = 150 l/s

Factor de retorno = 0,85

Número de casas que tributan al tramo = 7

Número de viviendas acumuladas = 7

Densidad por vivienda = 6

Tasa de crecimiento poblacional = 3,1 %

Cota de terreno inicial = 100,1

Cota de terreno final = 98,23

Distancia horizontal = 62,15 m

- Pendiente de terreno

$$\text{pendiente de terreno} = \left(\frac{100,1 - 98,23}{62,15} \right) * 100 = 3,01 \%$$

- Población tributaria

$$P_o = \text{Núm. de casas} * \text{Densidad de vivienda}$$

$$P_o = 7 * 6$$

$$P_o = 42$$

- Población del tramo en el período de diseño

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

$$P_f = 42 * (1+0,031)^{25}$$

$$P_f = 91$$

- Factor de Harmond

$$FH = (18 + \sqrt{p}) / (4 + \sqrt{p})$$

$$FH = (18 + \sqrt{0,091}) / (4 + \sqrt{0,091})$$

$$FH = 4,25$$

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{Dot.* N. Hab.* F. R.}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{150 * 91 * 0,85}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = 0,134\ l/s$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{CI} = Q_{dom} * 10\ \%$$

$$Q_{CI} = 0,134 * 10\ \%$$

$$Q_{CI} = 0,0134\ l/s$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{inf\ PVC} = 0,0\ l/s$$

- Caudal sanitario

$$Q_s = Q_{domiciliar} + Q_{Conecciones\ Illicitas} + Q_{comercial} + otros\ caudales$$

$$Q_s = 0,0134 + 0,134$$

$$Q_s = 0,1474\ l/s$$

- Factor de caudal medio

$$FQM = \frac{Qs}{N.Habitantes}$$

$$FQM = \frac{0,1474}{91}$$

$$FQM = 0,0016 < 0,002 \rightarrow Utilizar 0,002$$

- Caudal de diseño

$$Qdiseño = F. H. * FQM * N. Habitantes$$

$$Qdiseño = 4,25 * 0,002 * 91$$

$$Qdiseño = 0,7735 \text{ l/s}$$

- Propuesta de diámetro y pendiente de diseño

$$Propuesta \text{ de diámetro} = 6''$$

$$Propuesta \text{ de pendiente de diseño} = 3 \%$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{1}{n} * \left(D * \frac{0,0254}{4} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,01} * \left(6 * \frac{0,0254}{4}\right)^{2/3} * 0,03^{1/2}$$

$$V = 1,962 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = \frac{\pi}{4} * (D * 0,0254)^2 * V * 1\ 000$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (6 * 0,0254)^2 * 1,962 * 1\ 000$$

$$Q = 34,67 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales a los 25 años

$$\frac{q}{Q} = \frac{\text{Caudal de diseño}}{\text{Caudal a sección llena}}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,7735}{34,67} = 0,0223$$

- Velocidad de diseño

$$\frac{v}{V} = \frac{\text{Velocidad de diseño}}{\text{Velocidad a sección llena}}$$

$$\text{Velocidad de diseño} = \frac{v}{V} * \text{Velocidad a sección llena}$$

$$v = 0,409 * 1,962$$

$$v = 0,802 \text{ m/s}$$

- Chequeo de parámetros

$0,6 \text{ m/s} < v < 3,0 \text{ m/s}$	$v = 0,802 \text{ m/s}$	Si cumple parámetro
$0,1 < d/D < 0,75$	$d/D = 0,103$	Si cumple parámetro
$q < Q$	$0,7735 \text{ l/s} < 34,67 \text{ l/s}$	Si cumple parámetro

- Diámetro de pozo

Para tubería de 6" → Diámetro del pozo = 1,25 m

- Profundidad del pozo 1

Profundidad propuesta = 1,20 m

Relleno sobre corona del tubo de salida = 0,948 m → Cumple

- Cota invert de salida en pozo 1

$$C. I. S = CT - R - D$$

$$C. I. S = 100,1 - 0,948 - 0,152$$

$$C. I. S = 99,0 \text{ m}$$

- Cota invert de entrada y salida del pozo 2

$$C.I.E = C.I.S - (D.Horizonta * pendiente de diseño)$$

$$C.I.E = 99,0 - (62,15 * 0,03)$$

$$C.I.E = 97,13 \text{ m}$$

$$C.I.S = C.I.E - 0,03 \text{ m}$$

$$C.I.S = 97,10 \text{ m}$$

- Altura de pozos 1 y 2

$$H. Pozo 1 propuesta = 1,20 \text{ m}$$

$$H. Pozo = cota de terreno - cota invert de salida$$

$$H. Pozo 2 = 98,23 - 97,1 = 1,13 \text{ m} \rightarrow \text{se propone } 1,20 \text{ que es el minimo}$$

- Volumen de excavación

$$V = \left(\frac{H_i + H_f}{2} \right) * d * A$$

$$V = \left(\frac{1,10 + 1,13}{2} \right) * 62,15 * 0,6$$

$$V = 41,5 \text{ m}^3$$

2.2.5.19. Descarga

Todo sistema de drenaje sanitario debe ser desfogado o descargado hacia un punto en común, en el cual se encontrará un sistema de tratamiento de aguas residuales. En el diseño del drenaje de las colonias Santa Mónica y Salazar, se ubicó un punto de intersección de los ramales principales, en donde se propone la Municipalidad de Villa Nueva diseñe una planta de tratamiento.

Una planta de tratamiento de aguas residuales, es un sistema que permite limpiar el caudal sanitario de todo sólido y alcanzar un nivel bajo de contaminantes en las aguas, evitando enfermedades, malos olores, acumulación de sólidos o materia inorgánica en lugares no deseados, conservando la calidad del agua de los sistemas hídricos receptores.

2.2.6. Diseño del sistema de drenaje pluvial

El sistema se debe diseñar considerando todas las características internas y externas que lo pueden afectar. Es importante recalcar que ciertas propiedades y características tales como diseño de pendiente, pozo de visita, ancho y profundidad de zanja y cotas invert; son calculadas de igual manera que en el drenaje sanitario.

Dentro de los principales aspectos a considerar se encuentran:

2.2.6.1. Período de diseño

Para definir el período de diseño de este sistema, al igual que el del drenaje sanitario, se ha tomado en cuenta factores como vida útil de los materiales, factibilidad económica del diseño y crecimiento poblacional.

El período de diseño para el sistema de drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar de acuerdo a los criterios mencionados en el párrafo anterior es de 25 años.

2.2.6.2. Área tributaria

Se conoce como área tributaria a la cuenca o área la cual tributará caudal al sistema de drenaje pluvial por medio de los diferentes tramos diseñados. Para el caso del diseño del sistema de drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar, se utilizó la topografía de las colonias representado en AutoCAD Civil 3D.

2.2.6.3. Intensidad de lluvia

Se conoce así al espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo sobre determinada superficie, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Esta se determina mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{A}{(B + tc)^n}$$

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

tc = tiempo de concentración del tramo (min)

A, B y n son factores de ajuste determinados según el informe de lluvias de la estación meteorología que afecta al proyecto.

2.2.6.4. Tiempo de concentración

Es el tiempo que emplea una gota de agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio. En tramos iniciales, se tomará el tiempo de concentración de Kirpich, del tramo más largo de la cuenca, calculado por la siguiente expresión:

$$t_c = 0,06628 * \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Donde

t_c = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del tramo (m)

S = pendiente del tramo (m/m)

Para el cálculo de los tiempos de concentración de tramos no iniciales, se deberán tomar en cuenta factores tales como la longitud del tramo anterior, así como la velocidad y tiempo de concentración del mismo. En tramos no iniciales se determina mediante la siguiente expresión:

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

Donde

t_{c_n} = tiempo de concentración del tramo actual (minutos)

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

L = longitud del tramo anterior (m)

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

2.2.6.5. Coeficiente de escorrentía

Dependiendo del tipo de superficie, es el porcentaje de líquido que escurre hacia el sistema de alcantarillado sin evaporarse o infiltrarse. Mientras más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía.

Para cálculos hidráulicos este coeficiente determina la cantidad de flujo drenada hacia el sistema. En el presente diseño, se utilizaron los coeficientes establecidos en el Reglamento Municipal para diseño y construcción de Drenajes de la Municipalidad de Guatemala.

2.2.6.6. Velocidad de diseño y relación de tirantes

Igual que en el sistema de drenaje sanitario, para el drenaje pluvial se debe garantizar la auto limpieza, así como evitar la erosión. Para sistema de drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar, las velocidades de diseño se restringen a una mínima 0,75 m/s y una máxima de 5,0 m/s ya que tomando en cuenta las especificaciones del fabricante y los caudales, se permiten velocidades mayores que en el drenaje sanitario.

Por otro lado, la relación de tirantes utilizadas fue de 70 % para tuberías de diámetro menor a 20 pulgadas, 80 % para tuberías de diámetro menor a 40 pulgadas y de 90 % para tuberías de diámetro mayor a 40 pulgadas.

2.2.6.7. Diámetro de la tubería

Al igual que en el drenaje pluvial se utiliza un diámetro que conduzca de manera adecuada el caudal. Para el diseño de drenaje de las colonias Santa Mónica y Salazar se utilizaron diámetros de tubería de entre 15 y 36 pulgadas.

2.2.6.8. Caudal pluvial de diseño

Para determinar el caudal pluvial con el que se diseñarán los drenajes se utilizó el Método Racional, donde se asume que el caudal máximo se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima. Para que esto suceda, la tormenta máxima de diseño debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado. Es calculado mediante la siguiente expresión:

$$Q_{dis} = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde

Q_{dis} = caudal pluvial de diseño

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área tributaria en hectáreas

C = coeficiente de escorrentía del área

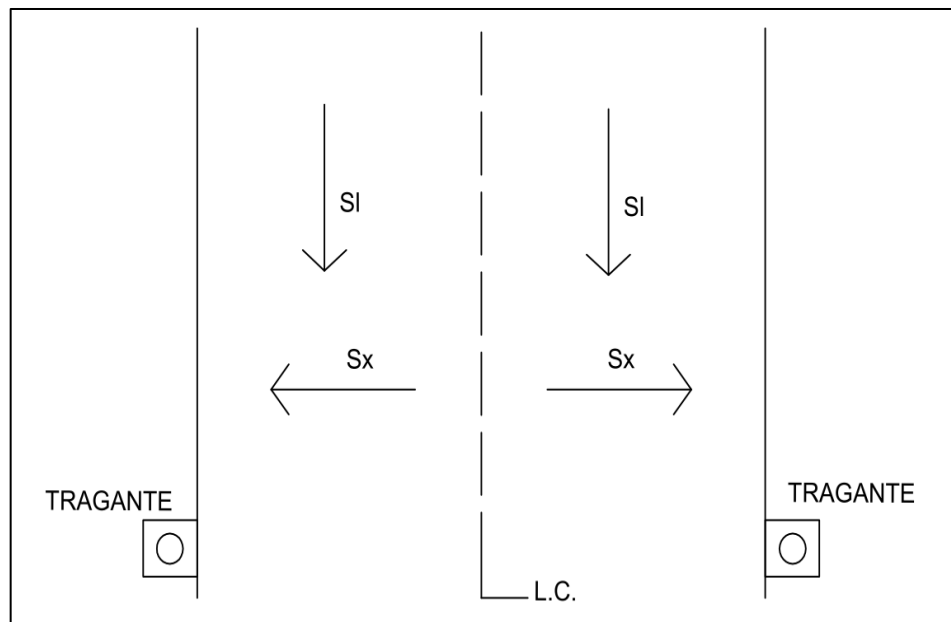
2.2.6.9. Tragantes

Los tragantes son dispositivos o estructuras de concreto o de mampostería que se encuentran situadas en las calles, con el propósito de

captar el agua de lluvia y conducirlo a las alcantarillas. Para la ubicación de tragantes es necesario considerar ciertos aspectos:

- Si es necesario colocar en esquinas de calles, se deberán colocar a una distancia de entre 3 y 5 metros de la misma, para evitar daños por transporte pesado.
- Se colocarán únicamente en calles con pavimento y con bordillo, en las calles que se pavimentarán y cuando haya información de la rasante.
- Deben de conectarse al pozo de visita más cercano. El tubo de conexión entre el tragante y el pozo de visita será de 8 pulgadas mínimo con una pendiente del 2 %.

Figura 15. **Representación en planta de la distribución de tragantes**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2014.

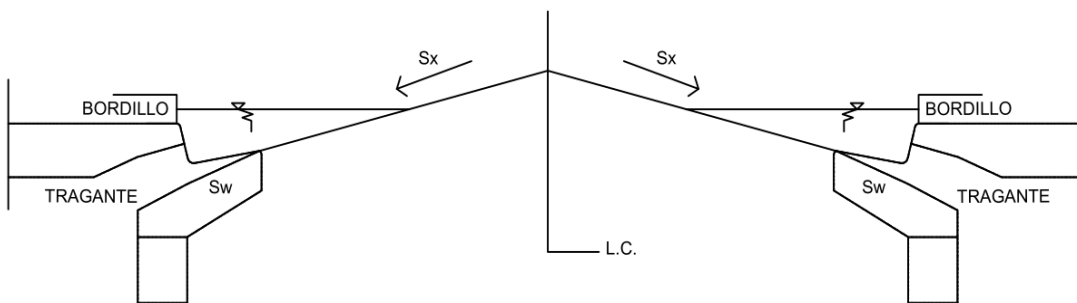
Donde

S_x = pendiente transversal de 2 % (bombeo)

S_l = pendiente longitudinal (dependiendo de la calle analizada)

El tipo de tragante utilizado en las colonias Santa Mónica y Salazar posee una zona de captación de un ancho w con una pendiente aumentada S_w como se muestra en la imagen figura 16.

Figura 16. **Representación en perfil de la distribución de tragantes**



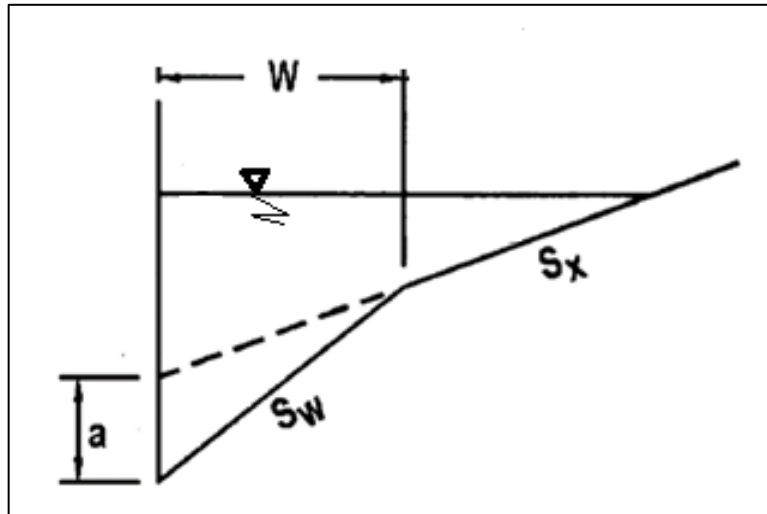
Fuente: elaboración propia en programa Civil 3D 2014.

Donde

S_x = pendiente transversal de 2 % (bombeo)

S_l = pendiente longitudinal (dependiendo de la calle analizada)

Figura 17. **Sección de la entrada al tragante**



Fuente: elaboración propia, en programa Civil 3D 2014.

Donde

Sx = pendiente transversal de 2 % (bombeo).

Sw = pendiente de la zona de captación (desarrollada a continuación).

W = ancho de la zona de captación (desarrollada a continuación).

a = alto de la zona de captación (desarrollada a continuación).

Los tragantes son diseñados utilizando una serie de ecuaciones, las cuales se representan a continuación:

- Espejo de agua sobre la calle

$$T_d = \left(\frac{Qd * n}{Ku * Sx^{1,67} * Sl^{0,5}} \right)^{0,375}$$

Donde

Td = espejo de agua sobre la calle (m)

Qd = caudal pluvial de diseño (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidad de la entrada al tragante

Ku = coeficiente de conversión de unidades del SI (0,376)

Sx y Sl = pendiente transversal y longitudinal (m/m)

- Tirante producido por el caudal y tirante máximo permitido

$$d = Td * Sx$$

$$d_{max} = \frac{A}{2} * Sx$$

Donde

d = tirante producido por el caudal (m)

d_{max} = tirante máximo permitido (m)

A = ancho de la calle donde se ubica el tragante (m)

- Pendiente de la zona de captación y radio de flujo del tragante

$$Sw = Sx + \frac{a}{W}$$

$$Eo = \frac{1}{1 + \frac{Sw/Sx}{\left[1 + \frac{Sw/Sx}{\frac{Td}{W} - 1}\right]^{2.67}} - 1}$$

Donde

S_w = pendiente en la zona de captación (m/m)

W = ancho de la zona de captación (m)

a = alto de la zona de captación (m)

E_o = radio de flujo del tragante

- Pendiente modificada de diseño y longitud solicitada de tragante

$$S_e = S_x + E_o * S_w$$

$$L_t = K_t * Qd^{0.42} * S_L^{0.3} * \left(\frac{1}{n * S_e} \right)^{0.6}$$

Donde

S_e = pendiente modificada de diseño (m/m)

K_t = coeficiente de conversión de unidades del SI (0.817)

L_t = longitud solicitada de tragante (m)

- Longitud efectiva y eficiencia de tragante

$$L_e = L_p * 0,88$$

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L_e}{L_t} \right)^{1,8}$$

Donde

Le = longitud de tragante efectiva (m)

Lp = longitud de tragante propuesta (m)

E = eficiencia del tragante (%)

- Caudal captado y caudal no captado

$$Q_c = E * Q_d$$

$$Q_n = Q_d - Q_c$$

Donde

Qc = caudal captado por el tragante (m³/s)

Qn = caudal no captado por el tragante (m³/s)

2.2.6.10. Bandejas de disipación

Debido a que el impacto de un flujo de agua posee una gran cantidad de energía, la cual puede causar erosión. Se han desarrollado diferentes sistemas de disipación o reducción de energía.

Para caídas muy pronunciadas en pozos de visita, en el proyecto de drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar se utilizaron bandejas de disipación. Las cuales se estiman de la siguiente manera:

Tabla XXIII. **Dimensiones de bandeja**

Diámetro de pozo	A	L
1,25	0,60	0,60
1,50	0,75	0,75
1,75	0,90	0,90
2,00	1,00	1,00
2,25	1,10	1,10

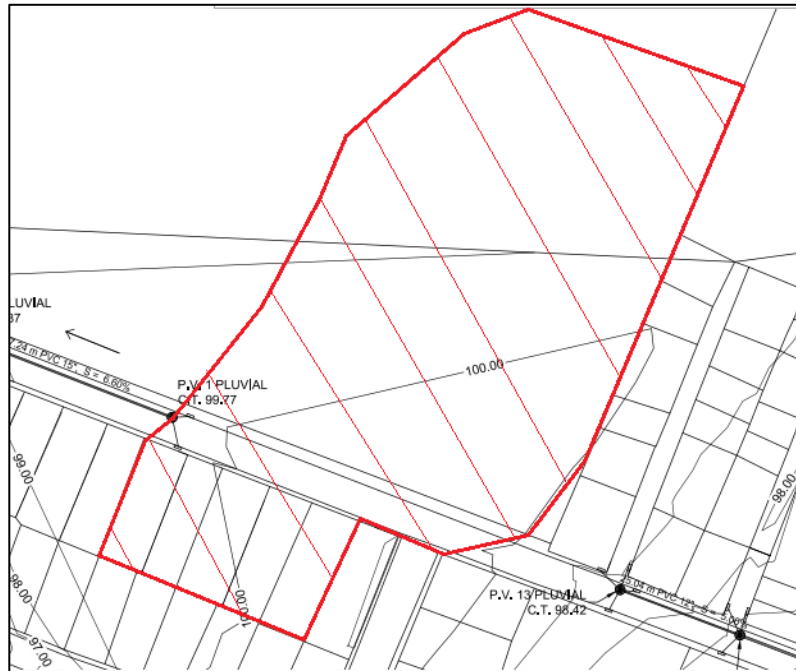
Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. *Parámetros de diseño*. p.10.

De acuerdo a parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, las bandejas de disipación serán colocadas a 0,50 metros de separación.

2.2.6.11. Diseño del tramo PV1 a PV2

- Determinación de área tributaria

Figura 18. Área tributaria drenaje pluvial



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.

- Datos del área tributaria

Área tributaria local = 9 382,52 m²

Coefficiente de escorrentía = 0,56

Estación hidrológica utilizada = Insivumeh

- Datos del tramo a diseñar

Cota de terreno inicial = 99,77

Cota de terreno final = 98,87

Distancia horizontal = 48,74 m

Período de diseño = 25 años

- Pendiente de terreno

$$\text{pendiente de terreno} = \left(\frac{99,77 - 98,87}{48,74} \right) * 100 = 1,85 \%$$

- Tiempo de concentración tramo inicial

$$t_c = 0,06628 * \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Donde

t c = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del tramo (m)

S = pendiente del tramo (m/m)

$$t_c = 0,06628 * \left(\frac{553}{0,02^{0,5}} \right)^{0,77} = 10,97 \text{ minutos}$$

- Intensidad de lluvia

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

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

t_c = tiempo de concentración del tramo (min)

A, B y n son factores de ajuste determinados según el informe de lluvias de la estación meteorología que afecta al proyecto.

$$I = \frac{820}{(2 + 10,97)^{0,656}} = 152,68 \text{ mm/hr}$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{dis}} = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde

Q_{dis} = caudal pluvial de diseño

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área tributaria en hectáreas

C = coeficiente de escorrentía del área

$$Q_{\text{dis}} = \frac{0,56 * 152,68 * 9\ 382,52}{360} = 0,22 \text{ m}^3$$

- Propuesta de diámetro y pendiente de diseño

Propuesta de diámetro = 15"

Propuesta de pendiente de diseño = 6,6 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{1}{n} * \left(D * \frac{0,0254}{4} \right)^{2/3} * s^{1/2}$$

Donde

V = velocidad a sección llena (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (Para PVC = 0,01)

s = pendiente de diseño propuesta en (m/m)

D = diámetro de la tubería propuesta (pulg)

$$V = \frac{1}{0,01} * \left(15 * \frac{0,0254}{4} \right)^{2/3} * 0,066^{1/2}$$

$$V = 5,36 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = \frac{\pi}{4} * (D * 0,0254)^2 * V$$

Donde

Q = caudal a sección llena (l/s)

V = velocidad a sección llena (l/s)

D = diámetro de la tubería (pulg)

$$Q = \frac{\pi}{4} * (15 * 0,0254)^2 * 5,36 = 0,61 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Relación de caudales

$$\frac{q}{Q} = \frac{\text{Caudal de diseño}}{\text{Caudal a sección llena}}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,22}{0,61} = 0,417$$

- Velocidad de diseño

$$\frac{v}{V} = \frac{\text{Velocidad de diseño}}{\text{Velocidad a sección llena}}$$

$$\text{Velocidad de diseño} = \frac{v}{V} * \text{Velocidad a sección llena}$$

$$v = 0,9206 * 5,36$$

$$v = 4,93 \text{ m/s}$$

- Chequeo de parámetros

$$0,6 \text{ m/s} < v < 5,0 \text{ m/s}$$

$$v = 4,93 \text{ m/s}$$

Si cumple parámetro

$$0,1 < d/D < 0,70$$

$$d/D = 0,417$$

Si cumple parámetro

$$q < Q$$

$$0,22 \text{ m}^3/\text{s} < 0,61 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si cumple parámetro

- Diámetro de pozo

Para tubería de 15" → Diámetro del pozo = 1,5 m

- Profundidad del pozo 1

$$\textit{Profundida propuesta} = 2,2 \text{ m}$$

$$\textit{Relleno sobre corona del tubo de salida} = 1,819 \text{ m} \rightarrow \textit{Cumple}$$

- Cota invert de salida en pozo 1

$$\text{C. I. S} = \text{CT} - \text{R} - \text{D}$$

$$\text{C. I. S} = 99,77 - 1,819 - 0,381$$

$$\text{C. I. S} = 97,57 \text{ m}$$

- Cota invert de entrada y salida del pozo 2

$$\text{C. I. E} = \text{C. I. S} - (\text{D. Horizontala} * \text{pendiente de diseño})$$

$$\text{C. I. E} = 97,57 - (47,24 * 0,066)$$

$$\text{C. I. E} = 94,44 \text{ m}$$

$$\text{C. I. S} = \text{C. I. E del tramo más profundo} - 0,05 \text{ m}$$

$$\text{C. I. S} = 94,29 \text{ m}$$

- Altura de pozos 1 y 2

$$\text{H. Pozo} = \text{cota de terreno} - \text{cota invert de salida}$$

$$H. \text{ Pozo 1} = 99,77 - 97,57 = 2,20 \text{ m}$$

$$H. \text{ Pozo 2} = 98,87 - 94,29 = 4,58 \cong 4,60 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$V = \left(\frac{H_i + H_f}{2} \right) * d * A$$

$$V = \left(\frac{2,2 + 4,6}{2} \right) * 47,24 * 0,8$$

$$V = 128,49 \text{ m}^3$$

2.2.6.12. Diseño hidráulico del tragante D-3

- Espejo de agua sobre la calle

$$T_d = \left(\frac{Q_d * n}{K_u * S_x^{1,67} * S_l^{0,5}} \right)^{0,375}$$

Donde

T_d = espejo de agua sobre la calle (m)

Q_d = caudal pluvial de diseño (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidad de la entrada al tragante

K_u = coeficiente de conversión de unidades del SI (0.376)

S_x y S_l = pendiente transversal y longitudinal (m/m)

$$Td = \left(\frac{(0,01 + 0,001) * 0,016}{0,376 * 0,025^{1.67} * 0,042^{0.5}} \right)^{0.375} = 1,22 \text{ m}$$

- Tirante producido por el caudal y tirante máximo permitido

$$d = Td * Sx$$

$$d_{\text{máx}} = \frac{A}{2} * Sx$$

Donde

d = tirante producido por el caudal (m)

d_{máx} = tirante máximo permitido (m)

A = ancho de la calle donde se ubica el tragante (m)

$$d = 1,22 * 0,025 = 0,03 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} = \frac{9,10}{2} * 0,025 = 0,11 \text{ m}$$

- Pendiente de la zona de captación y radio de flujo del tragante

$$Sw = Sx + \frac{a}{W}$$

$$Eo = \frac{1}{1 + \frac{Sw/Sx}{\left[1 + \frac{Sw/Sx}{Td/W - 1} \right]^{2.67}} - 1}$$

Donde

S_w = pendiente en la zona de captación (m/m)

W = ancho de la zona de captación (m)

a = alto de la zona de captación (m)

E_o = radio de flujo del tragante

$$S_w = 0,015 + \frac{0,05}{0,5} = 0,125 \text{ m/m}$$

$$E_o = \frac{1}{1 + \frac{0,0125/0,025}{\left[1 + \frac{0,0125/0,025}{\frac{1,22}{0,5} - 1}\right]^{2,67}} - 1}$$

$$E_o = 0,914$$

- Pendiente modificada de diseño y longitud solicitada de tragante

$$S_e = S_x + E_o * S_w$$

$$L_t = K_t * Qd^{0,42} * S_L^{0,3} * \left(\frac{1}{n * S_e}\right)^{0,6}$$

Donde

S_e = pendiente modificada de diseño (m/m)

K_t = coeficiente de conversión de unidades del SI (0,817)

L_t = longitud solicitada de tragante (m)

$$Se = 0,25 + 0,914 * 0,125$$

$$Se = 0,139 \text{ m/m}$$

$$Lt = 0,817 * 0,011^{0,42} * 0,018^{0,3} * \left(\frac{1}{0,016 * 0,139} \right)^{0,6}$$

$$Lt = 1,47 \text{ m}$$

- Longitud efectiva y eficiencia de tragante

$$Le = 1,5 * 0,88$$

$$Le = 1,32 \text{ m}$$

$$E = 1 - \left(1 - \frac{Le}{Lt} \right)^{1,8}$$

Donde

Le = longitud de tragante efectiva (m)

Lp = longitud de tragante propuesta (m)

E = eficiencia del tragante (%)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1,32}{1,47} \right)^{1,8}$$

$$E = 98,36 \%$$

- Caudal captado y caudal no captado

$$Q_c = E * Q_d$$

Donde

Q_c = caudal captado por el tragante (m^3/s)

Q_n = caudal no captado por el tragante (m^3/s)

$$Q_c = 0,9836 * 0,011 = 0,011 \text{ m}^3/s$$

$$Q_n = 0,011 - 0,011 = 0 \text{ m}^3/s$$

2.2.7. Presupuesto del drenaje sanitario y pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar

A continuación se explicará el presupuesto del drenaje sanitario y pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar.

Tabla XXIV. Presupuesto del drenaje sanitario

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	ml	1650.00	Q 2.89	Q 4,761.76
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	m2	667.69	Q 38.14	Q 25,465.70
				SUB TOTAL	Q 30,227.46
2.00	TUBERIA DE CONDUCCION				
2.01	Colocación de tubería PVC Ø6" Norma ASTM 3034	ml	1650.00	Q 249.73	Q 412,061.46
2.02	Colocación de tubería PVC Ø8" Norma ASTM 3034	ml	12.00	Q 320.59	Q 3,847.04
				SUB TOTAL	Q 415,908.50
3.00	POZOS DE VISITA				
3.01	Construcción de pozo de visita de ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.25m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	21.00	Q 5,519.21	Q 115,903.44
3.02	Construcción de pozo de visita de ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.25m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	Unidad	5.00	Q 11,306.09	Q 56,530.44
3.03	Construcción de pozo de visita de ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.25m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	Unidad	4.00	Q 25,073.58	Q 100,294.30
				SUB TOTAL	Q 272,728.18
4.00	CANDELAS				
4.01	Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12" Profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"	unidad	89.00	Q 648.13	Q 57,683.57
4.02	Tubería PVC Ø4 para candelas	ml	534.00	Q 158.77	Q 84,783.16
				SUB TOTAL	Q 142,466.73
5.00	TRABAJOS FINALES				
5.01	Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)	Ton-m	98.18	Q 1,616.63	Q 158,720.73
				SUB TOTAL	Q 158,720.73
				COSTO TOTAL ESTIMADO	Q 1,020,051.60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Presupuesto del drenaje pluvial

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	ml	1200.00	Q 2.89	Q 3,463.08
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	m2	667.69	Q 38.14	Q 25,465.70
SUB TOTAL					Q 28,928.78
2.00	TUBERIA DE CONDUCCION				
2.01	Colocación de tubería PVC Ø12" Novafort	ml	25.04	Q 570.80	Q 14,292.94
2.02	Colocación de tubería PVC Ø15" Novafort	ml	193.45	Q 752.10	Q 145,493.66
2.03	Colocación de tubería PVC Ø18" Novafort	ml	203.23	Q 1,122.41	Q 228,106.70
2.04	Colocación de tubería PVC Ø24" Novafort	ml	192.67	Q 1,633.43	Q 314,713.73
2.05	Colocación de tubería PVC Ø30" Novafort	ml	194.96	Q 3,384.24	Q 659,790.62
2.06	Colocación de tubería PVC Ø36" Novafort	ml	327.00	Q 4,515.77	Q 1,476,658.33
SUB TOTAL					Q 2,839,055.98
3.00	POZOS DE VISITA				
3.01	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.50m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	2.00	Q 6,327.96	Q 12,655.91
3.02	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.50m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	Unidad	4.00	Q 31,884.98	Q 127,539.93
3.03	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (1.20-2.50) m, con refuerzo.	Unidad	1.00	Q 12,873.95	Q 12,873.95
3.04	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (2.51-4.00) m, con refuerzo.	Unidad	2.00	Q 19,072.21	Q 38,144.42
3.05	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	Unidad	8.00	Q 31,929.06	Q 255,432.49
3.06	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 2.00m Profundidad (2.5-4.00) m, con refuerzo.	Unidad	4.00	Q 36,969.12	Q 147,876.48
3.07	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 2.00m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	Unidad	3.00	Q 41,582.76	Q 124,748.27
SUB TOTAL					Q 719,271.45
4.00	TRABAJOS FINALES				
4.01	Reconstrucción del Asfalto espesor 0.05 m	Ton-m	98.18	Q 1,616.63	Q 158,720.73
SUB TOTAL					Q 158,720.73
5.00	TRAGANTES TIPO R				
5.01	Construcción de Tragante Tipo R (episo=0.30 m + No.4 @ 0.15 m ambos sentidos, epared=0.20 m + No.4 @ 0.25 m y @ 0.30 m, elosa=0.20 m + No.4 @ 0.20 + No.5 @ 0.15 m, f'c 210 kg/cm² y fy Grado 40	Unidad	46.00	Q 7,278.71	Q 334,820.66
SUB TOTAL					Q 334,820.66
COSTO TOTAL ESTIMADO					Q 4,080,797.60

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Cronograma físico financiero de los drenajes sanitario y pluvial, para las colonias Santa Mónica y Salazar

Como ya se mencionó anteriormente con la carretera, el cronograma es la representación de cada actividad y el avance que se obtiene en cada una de ellas, para así poder organizarse.

Tabla XXVI. Cronograma físico financiero del drenaje sanitario

No	U/M	CANT/COSTO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
			s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	ML 1650.00 Q 4,761.76																
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	M2 667.69 Q 25,465.70																
2.01	Colocación de tubería PVC Ø6" Norma ASTM 3034	ML 1650.00 Q 412,061.46																
2.02	Colocación de tubería PVC Ø8" Norma ASTM 3034	ML 12.00 Q 3,847.04																
3.01	Construcción de pozo de visita de ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.25m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	UNIDAD 21.00 Q 115,903.44																
3.02	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	UNIDAD 5.00 Q 56,530.44																
3.03	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (4.01-5.00) m, con refuerzo.	UNIDAD 4.00 Q 100,294.30																
4.01	Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12" Profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"	UNIDAD 89.00 Q 100,294.30																
4.02	Tubería PVC Ø4" Novafort norma F949 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ML 534.00 Q 84,783.16																
5.01	Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)	TON-M 98.18 Q 158,720.73																

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Cronograma físico financiero del drenaje pluvial

No	U/M	CANT/COSTO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
			s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.	ML	1200.00															
			Q 3,463.08															
1.02	Demolición de pavimento flexible existente.	M2	667.69															
			Q 25,465.70															
2.01	Colocación de tubería PVC Ø12" Novafort	ML	25.04															
			Q 14,292.94															
2.02	Colocación de tubería PVC Ø15" Novafort	ML	193.45															
			Q 145,493.66															
2.04	Colocación de tubería PVC Ø18" Novafort	ML	203.23															
			Q 228,106.70															
2.05	Colocación de tubería PVC Ø24" Novafort	ML	192.67															
			Q 314,713.73															
2.06	Colocación de tubería PVC Ø30" Novafort	ML	194.96															
			Q 659,790.62															
2.07	Colocación de tubería PVC Ø36" Novafort	ML	804.16															
			Q 3,631,395.89															
3.01	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.50m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	UNIDAD	2.00															
			Q 12,655.91															
3.02	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.50m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	UNIDAD	4.00															
			Q 127,539.93															
3.03	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (1.20-2.50) m, con refuerzo.	UNIDAD	1.00															
			Q 12,873.95															
3.04	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (2.51-4.00) m, con refuerzo.	UNIDAD	2.00															
			Q 38,144.42															
3.05	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	UNIDAD	8.00															
			Q 255,432.49															
3.06	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 2.00m Profundidad (2.5-4.00) m, con refuerzo.	UNIDAD	4.00															
			Q 176,750.84															
3.07	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 2.00m Profundidad (4.01-6.00) m, con refuerzo.	UNIDAD	3.00															
			Q 124,748.27															
4.01	Reconstrucción del Asfalto espesor 0.05 m	TON-M	98.18															
			Q 158,720.73															
5.01	Construcción de Tragante Tipo R (episo=0.30 m + No.4 @ 0.15 m ambos sentidos, epared=0.20 m + No.4 @ 0.25 m y @ 0.30 m, elosa=0.20 m + No.4 @ 0.20 + No.5 @ 0.15 m, fc 210 kg/cm² y fy Grado 40	UNIDAD	46.00															
			Q 334,820.66															

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La ampliación del tramo carretero del kilómetro 17,5 CA-9 sur al centro de la aldea Bárcenas, Villa Nueva, que contribuirá al desarrollo de infraestructura del municipio y desarrollo de las comunidades aledañas, ya que disminuirá las demoras que los conductores experimentan al transitar por el lugar.
2. El diseño del drenaje sanitario y pluvial para las colonias Santa Mónica y Salazar, Villa Nueva, beneficiará a estas comunidades brindándoles mejores condiciones de saneamiento, erradicando las aguas servidas que corren a flor de tierra, para mejorar las condiciones de salud de las personas del lugar.
3. El diseño de ambos proyectos, bajo los normativos y reglamentos que les corresponden, brindarán seguridad de la eficiencia y durabilidad de los mismos.
4. Los proyectos que se presentan en este trabajo de graduación, beneficiarán a la Municipalidad de Villa Nueva, ya que se les entregarán los planos y memoria de cálculo respectiva como base para la ejecución de los proyectos.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Villa Nueva, Guatemala:

1. Capacitar a los pobladores de las colonias Santa Mónica y Salazar, sobre cómo brindar mantenimiento y operación de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial, para garantizar el adecuado funcionamiento y durabilidad de los mismos.
2. Garantizar la supervisión técnica adecuada de los proyectos durante el período de construcción de los mismos, para lo cual es necesario la presencia de un profesional capacitado y dispuesto a hacer cumplir las especificaciones de cada proyecto, garantizando de esa manera su óptima ejecución.
3. Brindar el mantenimiento preventivo adecuado a los proyectos, todos los años antes de la época lluviosa, para evitar el mal desempeño y deterioro de los mismos.
4. Actualizar los precios de materiales, maquinaria y mano de obra en la integración de unitarios de cada renglón de trabajo de los proyectos antes de contratar los servicios de una empresa, ya que estos están sujetos variaciones de acuerdo al mercado y factores económicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A, 1994. 584 p.
2. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, puentes y puertos*. México: Limusa, 1980. 147 p.
3. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Impresos Industriales, 1975. 690 p.
4. Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. Guatemala, Guatemala, 1964. 36 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: Empresa Municipal del Agua, 1964. 16 p.
6. Instituto Nacional de Sismología Vulcanología y Meteorología. *Informe de intensidad de lluvia Guatemala*, 1988. 12 p.
7. Municipalidad de Villa Nueva. *Monografía y datos generales*. <<http://www.villanueva.gob.gt>>. [Consulta: diciembre de 2015].

8. RIVERA ARRAGA, Yuri Alexander Efraín. *Propuesta para la solución al problema de manejo de aguas pluviales en el barrio El Calvario, zona 1 de Quetzaltenango y diseño de la ampliación y mejoramiento de la carretera hacia el sector Las Moras, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Inga. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 171 p.

9. VALLADARES, Jorge Felix. *Guía teórica práctica para el curso de vías terrestres 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 59 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño hidráulico del drenaje sanitario de las colonias Santa Mónica y Salazar

DE PV A PV	COT. TERRENO		DH (m)	S (%) Terreno	No. DE CASAS HAB. SERVIR		Qodom (L/s)		Qirif (L/s)	Q sanitario (L/s)		Fact. O media		FACT. HARM		Qd (L/s)						
	INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM	ACT.	FUT.		Qc-i (L/s)	Act.	Fut.	Act.	Fut.	ACT.		FUT.					
1	2	100.1	98.23	62.15	3.01	7	7	42	91	0.06	0.13	0	0.013	0.08	0.15	0.002	0.002	0.002	4.33	4.25	0.36	0.77
2	3	98.23	96.42	62.15	2.91	5	12	71	155	0.11	0.23	0	0.023	0.13	0.25	0.002	0.002	0.002	4.28	4.19	1.54	3.24
3	4	96.42	95.04	66.91	2.06	10	22	132	284	0.19	0.42	0	0.042	0.24	0.46	0.002	0.002	0.002	4.21	4.09	2.78	5.81
4.1	4.2	97.34	94.26	55.29	5.57	5	5	30	65	0.04	0.10	0	0.010	0.05	0.11	0.002	0.002	0.002	4.35	4.29	0.65	1.39
4.2	4	94.26	95.04	40.40	-1.93	2	7	42	91	0.06	0.13	0	0.013	0.08	0.15	0.002	0.002	0.002	4.33	4.25	0.91	1.94
4	5	95.04	93.11	35.56	5.43	0	29	174	374	0.26	0.55	0	0.055	0.31	0.61	0.002	0.002	0.002	4.17	4.04	3.63	7.55
5	6	93.11	94.25	57.85	-1.97	1	30	180	387	0.27	0.57	0	0.057	0.32	0.63	0.002	0.002	0.002	4.16	4.03	3.75	7.80
9	10	100.56	99.66	47.84	1.88	4	4	24	52	0.04	0.08	0	0.008	0.04	0.08	0.002	0.002	0.002	4.37	4.31	0.52	1.12
10.1	10	98.61	99.66	47.42	-2.21	11	11	66	142	0.10	0.21	0	0.021	0.12	0.23	0.002	0.002	0.002	4.29	4.20	1.42	2.98
10	11	99.66	96.54	56.11	5.56	9	24	144	309	0.21	0.46	0	0.046	0.26	0.50	0.002	0.002	0.002	4.2	4.07	3.02	6.29
11	6	96.54	94.25	56.11	4.08	11	35	210	451	0.31	0.67	0	0.067	0.38	0.73	0.002	0.002	0.002	4.14	4.00	4.35	9.01
6	7	94.25	92.31	63.92	3.04	0	65	390	837	0.58	1.24	0	0.124	0.70	1.36	0.002	0.002	0.002	4.03	3.85	7.85	16.11
7	8	92.31	91.51	66.64	1.20	0	65	390	837	0.58	1.24	0	0.124	0.70	1.36	0.002	0.002	0.002	4.03	3.85	7.85	16.11
8	21	91.51	88.55	65.22	4.54	0	65	390	837	0.58	1.24	0	0.124	0.70	1.36	0.002	0.002	0.002	4.03	3.85	7.85	16.11
12	13	99.52	98.69	28.80	2.88	5	5	30	65	0.04	0.10	0	0.010	0.05	0.11	0.002	0.002	0.002	4.35	4.29	0.65	1.39
10.1	13.1	98.61	95.27	47.41	7.04	11	11	66	142	0.10	0.21	0	0.021	0.12	0.23	0.002	0.002	0.002	4.29	4.20	1.42	2.98
13.1	13	95.27	98.69	54.37	-6.29	3	14	84	181	0.12	0.27	0	0.027	0.15	0.29	0.002	0.002	0.002	4.26	4.16	1.79	3.77
13	14	98.69	100.23	69.86	-2.20	7	26	156	335	0.23	0.49	0	0.049	0.28	0.54	0.002	0.002	0.002	4.19	4.06	3.26	6.80
14	15	100.23	98.56	71.28	2.34	0	26	156	335	0.23	0.49	0	0.049	0.28	0.54	0.002	0.002	0.002	4.19	4.06	3.26	6.80
15.1	15	99.79	98.56	68.34	1.80	20	20	120	258	0.18	0.38	0	0.038	0.22	0.42	0.002	0.002	0.002	4.22	4.11	2.53	5.30
15	16	98.56	96.95	24.66	6.53	0	20	120	258	0.18	0.38	0	0.038	0.22	0.42	0.002	0.002	0.002	4.22	4.11	2.53	5.30
16.1	16	98.55	96.95	68.23	2.35	19	19	114	245	0.17	0.36	0	0.036	0.20	0.40	0.002	0.002	0.002	4.23	4.11	2.41	5.04
16	17	96.95	93.61	62.72	5.33	15	34	204	438	0.30	0.65	0	0.065	0.37	0.71	0.002	0.002	0.002	4.14	4.00	4.23	8.77
17	18	93.61	91.74	62.80	2.98	4	38	228	490	0.34	0.72	0	0.072	0.41	0.80	0.002	0.002	0.002	4.13	3.98	4.70	9.75
18.1	18.2	96.13	94.3	71.34	2.57	17	17	102	219	0.15	0.32	0	0.032	0.18	0.36	0.002	0.002	0.002	4.24	4.13	2.16	4.53
18.2	18	94.3	91.74	46.55	5.50	7	24	144	309	0.21	0.46	0	0.046	0.26	0.50	0.002	0.002	0.002	4.2	4.07	3.02	6.29
18	19	91.74	90.27	51.33	2.86	0	24	144	309	0.21	0.46	0	0.046	0.26	0.50	0.002	0.002	0.002	4.2	4.07	3.02	6.29
19	20	90.27	88.69	51.16	3.09	0	24	144	309	0.21	0.46	0	0.046	0.26	0.50	0.002	0.002	0.002	4.2	4.07	3.02	6.29
20	21	88.69	88.55	38.76	0.36	0	24	144	309	0.21	0.46	0	0.046	0.26	0.50	0.002	0.002	0.002	4.2	4.07	3.02	6.29
21	PTRA	88.55	88.4	11.51	1.30	0	89	534	1146	0.79	1.69	0	0.169	0.96	1.86	0.002	0.002	0.002	3.96	3.76	10.57	21.55

Continuación del apéndice 1.

Ø (in.)	S (%) Diseño	SECC. LLENA		REL. q/Q ACTUA L	REL. q/Q FUTURA	REL. v/V ACTUAL	REL. v/V FUTU RA	v (m/s)		REL. d/D ACT.	REL. d/D FUT.	COT. INVERT		PROF. POZO		ANCHO ZANJA (m)	EXC. (m)
		VEL. Q (l/s) (m/s)	Q (l/s)					ACT.	FUT.			INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
6	3.00	1.96	34.67	0.010	0.022	0.325	0.409	0.638	0.802	0.072	0.103	99.00	97.13	1.20	1.20	0.6	44.7
6	2.87	1.92	33.91	0.045	0.096	0.506	0.630	0.971	1.208	0.145	0.208	97.10	95.32	1.20	1.20	0.6	44.7
6	3.36	2.08	36.69	0.076	0.158	0.591	0.729	1.227	1.513	0.187	0.268	95.29	93.04	1.20	2.55	0.6	75.3
6	4.29	2.34	41.44	0.016	0.034	0.367	0.462	0.861	1.082	0.087	0.125	95.54	93.17	1.80	1.20	0.6	49.8
6	1.06	1.17	20.61	0.044	0.094	0.502	0.628	0.585	0.732	0.143	0.207	93.14	92.71	1.20	2.55	0.6	45.5
6	1.83	1.53	27.09	0.134	0.279	0.696	0.855	1.067	1.311	0.247	0.360	92.68	92.03	2.55	1.20	0.6	40.0
6	1.01	1.14	20.12	0.186	0.388	0.765	0.936	0.871	1.066	0.292	0.432	92.00	91.41	1.20	3.10	0.6	74.6
6	3.97	2.26	39.85	0.013	0.028	0.348	0.438	0.785	0.988	0.080	0.115	99.46	97.56	1.20	2.90	0.6	58.8
6	1.06	1.17	20.61	0.069	0.145	0.572	0.710	0.667	0.828	0.177	0.256	97.51	97.01	1.20	2.90	0.6	58.3
6	3.10	1.99	35.25	0.086	0.179	0.610	0.756	1.216	1.508	0.197	0.286	96.98	95.24	2.70	1.55	0.6	71.5
6	6.22	2.82	49.92	0.087	0.181	0.613	0.757	1.732	2.139	0.199	0.287	95.21	91.71	1.55	3.10	0.6	78.3
6	1.02	1.14	20.22	0.388	0.797	0.936	1.110	1.071	1.270	0.432	0.674	91.38	90.73	3.10	1.65	0.6	91.1
6	1.01	1.14	20.12	0.390	0.801	0.937	1.111	1.067	1.265	0.433	0.676	90.70	90.03	1.65	1.50	0.6	63.0
6	3.88	2.23	39.43	0.199	0.408	0.779	0.949	1.738	2.118	0.302	0.445	90.00	87.46	1.50	1.25	0.6	53.8
6	7.80	3.16	55.88	0.012	0.025	0.334	0.421	1.056	1.332	0.075	0.108	97.44	95.19	2.10	4.45	0.6	56.6
6	6.01	2.78	49.07	0.029	0.061	0.441	0.552	1.223	1.532	0.116	0.167	97.51	94.66	1.20	0.65	0.6	26.3
6	0.25	0.57	10.04	0.178	0.375	0.754	0.928	0.429	0.528	0.285	0.424	94.63	94.49	0.65	4.45	0.6	83.2
6	0.25	0.57	10.00	0.326	0.679	0.894	1.075	0.506	0.608	0.393	0.604	94.46	94.29	4.45	5.95	0.6	218.0
6	0.96	1.11	19.60	0.167	0.347	0.741	0.909	0.822	1.008	0.276	0.406	94.26	93.57	5.95	5.25	0.6	239.5
6	6.71	2.93	51.81	0.049	0.102	0.517	0.642	1.515	1.882	0.150	0.215	98.59	94.01	1.20	5.25	0.6	132.2
6	0.50	0.80	14.16	0.179	0.374	0.756	0.927	0.606	0.743	0.286	0.423	93.54	93.42	5.22	3.75	0.6	66.3
6	4.98	2.53	44.67	0.054	0.113	0.531	0.661	1.343	1.671	0.157	0.226	97.35	93.95	1.20	3.75	0.6	101.3
6	5.25	2.60	45.86	0.092	0.191	0.624	0.770	1.620	2.000	0.205	0.296	93.39	90.09	3.75	3.55	0.6	137.4
6	0.50	0.80	14.15	0.333	0.689	0.899	1.078	0.720	0.863	0.397	0.610	90.06	89.75	3.55	2.25	0.6	109.2
6	2.80	1.90	33.49	0.065	0.135	0.562	0.697	1.065	1.322	0.172	0.248	94.93	92.93	1.20	1.40	0.6	55.6
6	6.01	2.77	49.04	0.062	0.128	0.554	0.686	1.537	1.904	0.168	0.241	92.90	90.11	1.40	2.25	0.6	51.0
6	2.53	1.80	31.83	0.095	0.198	0.630	0.778	1.134	1.401	0.208	0.301	89.72	88.42	2.25	1.90	0.6	63.9
6	1.59	1.43	25.21	0.120	0.250	0.673	0.830	0.960	1.185	0.233	0.340	88.39	87.58	1.90	1.15	0.6	46.8
6	0.51	0.81	14.26	0.212	0.441	0.793	0.969	0.640	0.782	0.312	0.465	87.55	87.35	1.15	1.25	0.6	27.9
8	1.50	1.68	52.78	0.200	0.408	0.780	0.948	1.311	1.593	0.303	0.444	87.32	87.15	1.25	1.25	0.6	8.6

Fuente: elaboracion propia.

Apéndice 2. **Diseño hidráulico del drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar**

De PV	A PV	Cota de Terreno		DH	S% Terreno	Area Tributaria		C. Prom	Tc	Int. de lluvia	Q Dis (m3/s)	Diametro Φ	S% de tubería	V Sec. llena	Q Sec. llena
		C. Inicial	C. Final			Local	Acumulada								
1	2	99.77	98.87	48.74	1.85	9382.52	9382.52	0.56	10.97	152.68	0.22	15	6.6	5.36	0.61
2.1	2	95.42	98.87	60.02	-5.75	6539.13	6539.13	0.56	10.97	152.68	0.16	18	0.4	1.49	0.24
2	3	98.87	100.05	35.265	-3.35	5669.52	21591.17	0.56	11.12	151.52	0.51	24	0.4	1.80	0.53
3	4	100.05	99.83	16.76	1.31	3712.93	25304.10	0.56	11.44	149.10	0.59	24	0.8	2.55	0.74
4	5	99.83	99.04	40.03	1.97	1083.00	26387.10	0.56	11.55	148.31	0.61	24	1.2	3.13	0.91
5	6	99.04	97.37	42.21	3.96	2407.47	28794.57	0.56	11.77	146.80	0.66	24	1.5	3.49	1.02
6	7	97.37	96.41	32.9	2.92	3638.98	32433.55	0.56	11.97	145.41	0.73	30	1	3.31	1.51
7	8	96.41	95.13	62.73	2.04	1801.79	34235.34	0.56	12.13	144.29	0.77	30	1	3.31	1.51
8	9	95.13	93.04	42.13	4.96	2737.17	36972.51	0.56	12.45	142.21	0.82	30	1.6	4.19	1.91
9	10	93.04	94.18	64.2	-1.78	0.00	36972.51	0.56	12.66	140.86	0.81	30	1.6	4.19	1.91
10.1	10.2	99.73	95.78	69.79	5.66	6539.13	6539.13	0.56	10.97	152.68	0.16	15	3.9	4.12	0.47
10.2	10	95.78	94.18	48.54	3.30	1508.93	8048.06	0.56	11.25	150.54	0.19	18	3.4	4.34	0.71
10	11	94.18	92.07	66.62	3.17	6539.13	51559.70	0.56	12.92	139.27	1.12	36	1.5	4.58	3.01
11	12	92.07	91.14	64.51	1.44	1508.93	53068.63	0.56	13.16	137.81	1.14	36	1.5	4.58	3.01
12	FIN 1	91.14	89.41	36.86	4.69	2506.29	55574.92	0.56	13.40	136.42	1.18	36	1.5	4.58	3.01
13	14	98.415	96.82	26.54	6.01	7565.71	7565.71	0.56	10.97	152.68	0.18	12	5	4.02	0.29
14	15	96.82	93.86	56.34	5.25	5135.58	12701.29	0.56	11.08	151.84	0.30	18	3.3	4.28	0.70
15	16	93.86	91.82	66.9	3.05	9053.83	21755.12	0.56	11.30	150.19	0.51	24	2.5	4.51	1.32
16.1	16.2	96.32	93.77	79.42	3.21	12662.16	12662.16	0.56	10.97	152.68	0.30	15	4.6	4.47	0.51
16.2	16	93.77	91.82	44.57	4.38	9399.21	22061.37	0.56	11.26	150.44	0.52	18	3	4.08	0.67
16	17	91.82	90.41	50.67	2.78	9674.00	53490.49	0.56	11.45	149.10	1.24	36	1.4	4.42	2.90
17	18	90.41	89.16	39.53	3.16	11830.54	65321.03	0.56	11.64	147.73	1.50	36	1.2	4.10	2.69
18	19	89.16	88.06	44.34	2.48	14417.97	79739.00	0.56	11.80	146.59	1.82	36	1	3.74	2.46
19	FIN	88.06	88.72	48.5	-1.36	0.00	79739.00	0.56	11.99	145.23	1.80	36	1	3.74	2.46

Continuación del apéndice 2.

q/Q	v/V	V diseño	d/D	Diametr o Φ Del Pozo	DH real (m)	POZOS DE VISITA						ANCHO ZANJA (m)	EXC. (m3)
						COT. INVERT		H Pozo		FINAL	FINAL		
						INICIO	FINAL	INICIO	FINAL				
0.3648	0.9206	4.93	0.417	1.5	47.24	97.57	94.45	2.20	4.60	0.8	128.49		
0.6351	1.0586	1.58	0.578	1.5	58.52	94.57	94.34	0.85	4.60	1	159.47		
0.9663	1.1391	2.06	0.79	1.75	33.64	94.29	94.15	4.60	5.95	1.1	195.17		
0.7880	1.1079	2.83	0.669	1.75	15.01	94.10	93.98	5.95	5.90	1.1	97.81		
0.6674	1.0705	3.35	0.597	1.75	38.28	93.93	93.47	5.90	5.65	1.1	243.15		
0.6447	1.0625	3.71	0.584	1.75	40.46	93.42	92.82	5.65	4.60	1.1	170.24		
0.4859	0.9923	3.29	0.491	1.75	31.15	92.77	92.45	4.60	4.00	1.3	174.23		
0.5089	1.0042	3.32	0.505	1.75	60.98	92.40	91.79	4.00	3.40	1.3	354.75		
0.4283	0.9611	4.03	0.457	1.75	40.38	91.74	91.10	3.40	2.00	1.3	207.35		
0.4242	0.9583	4.01	0.454	1.75	62.45	91.05	90.05	2.00	4.95	1.3	320.68		
0.3307	0.8966	3.69	0.395	1.5	68.29	93.83	91.17	5.90	4.65	0.8	288.18		
0.2643	0.8430	3.66	0.35	1.75	46.92	91.12	89.52	4.65	4.95	1	225.19		
0.3715	0.9260	4.24	0.422	2	64.75	89.47	88.50	4.95	4.50	1.4	428.29		
0.3783	0.9302	4.26	0.426	2	62.51	87.80	86.86	4.50	5.20	1.4	424.44		
0.3922	0.9394	4.30	0.435	2	34.86	86.16	85.64	5.20	12.47	1.4	218.89		
0.6127	1.0499	4.22	0.565	1.5	25.04	92.62	91.36	5.80	5.50	0.8	100.66		
0.4271	0.9502	4.07	0.456	1.5	54.84	91.31	89.50	5.50	4.40	1	271.46		
0.3860	0.9353	4.22	0.431	1.75	65.28	89.45	87.82	4.40	4.95	1.1	335.68		
0.5897	1.0408	4.66	0.552	1.5	77.92	92.07	88.49	4.25	5.35	0.8	299.21		
0.7709	1.1030	4.50	0.657	1.75	42.95	88.44	87.15	5.35	4.95	1	221.17		
0.4271	0.9502	4.20	0.456	2	48.80	87.10	86.41	4.95	4.05	1.4	307.27		
0.5581	1.0266	4.20	0.533	2	37.53	86.36	85.91	4.05	3.30	1.4	192.88		
0.7406	1.0944	4.09	0.64	2	42.34	85.86	85.44	3.30	2.70	1.4	177.71		
0.7337	1.0924	4.08	0.636	2	46.50	85.39	84.93	2.70	12.19	1.4	211.40		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Diseño hidráulico de tragantes del drenaje pluvial de las colonias Santa Mónica y Salazar**

De PV	A PV	S ₁ [m/m]	S ₂ [m/m]	Ancho Calle [m]	Q _d [m ³ /s]	T _d [m]	d [m]	d _{max}	h [m]	a [m]	W [m]	E ₀	s _w [m/m]	s _e [m/m]	L _r [m]	L _{efectiva} [m]	E	Q ₁ [m ³ /s]	Q ₀ [m ³ /s]	
	1																			
	2																			
	Tragante I-1	0.018	0.025	9.10	0.009	1.14	0.03	0.11	0.10	0.050	0.50	0.932	0.125	0.142	1.33	1.50	1.32	99.97%	0.009	0.000
	Tragante I-2	0.062	0.025	5.15	0.007	0.79	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.988	0.125	0.149	1.62	1.50	1.32	95.26%	0.006	0.000
	Tragante D-2	0.062	0.025	5.15	0.005	0.72	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.994	0.125	0.149	1.45	1.50	1.32	98.74%	0.005	0.000
	Tragante E-1	0.054	0.025	7.75	0.007	0.85	0.02	0.10	0.10	0.050	0.50	0.982	0.125	0.148	1.63	1.50	1.32	94.99%	0.007	0.000
	2.1																			
	2																			
	Tragante D-3	0.018	0.025	9.10	0.011	1.22	0.03	0.11	0.10	0.050	0.50	0.914	0.125	0.139	1.47	1.50	1.32	98.36%	0.011	0.000
	2																			
	3																			
	Tragante D-4	0.042	0.025	9.10	0.007	0.86	0.02	0.11	0.10	0.050	0.50	0.980	0.125	0.148	1.46	1.50	1.32	98.47%	0.007	0.000
	3																			
	4																			
	Tragante I-3	0.027	0.025	8.93	0.004	0.74	0.02	0.11	0.10	0.050	0.50	0.993	0.125	0.149	0.98	1.50	1.32	100.00%	0.004	0.000
	Tragante D-5	0.027	0.025	8.93	0.007	0.92	0.02	0.11	0.10	0.050	0.50	0.972	0.125	0.147	1.27	1.50	1.32	100.00%	0.007	0.000
	4																			
	5																			
	Tragante I-4	0.020	0.025	8.15	0.005	0.89	0.02	0.10	0.10	0.050	0.50	0.977	0.125	0.147	1.05	1.50	1.32	100.00%	0.005	0.000
	5																			
	6																			
	Tragante I-5	0.041	0.025	8.15	0.004	0.74	0.02	0.10	0.10	0.050	0.50	0.992	0.125	0.149	1.21	1.50	1.32	100.00%	0.004	0.000
	Tragante D-6	0.076	0.025	4.97	0.008	0.83	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.984	0.125	0.148	1.89	1.50	1.32	88.32%	0.007	0.001
	Tragante E-2	0.076	0.025	4.97	0.003	0.58	0.01	0.06	0.10	0.050	0.50	1.000	0.125	0.150	1.26	1.50	1.32	100.00%	0.003	0.000
	Tragante E-3	0.076	0.025	4.97	0.005	0.70	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.56	1.50	1.32	96.53%	0.005	0.000
	6																			
	7																			
	E-4	0.030	0.025	8.15	0.010	1.04	0.03	0.10	0.10	0.050	0.50	0.951	0.125	0.144	1.56	1.50	1.32	96.53%	0.009	0.000
	7																			
	8																			
	Tragante I-6	0.076	0.025	4.97	0.005	0.69	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.996	0.125	0.149	1.53	1.50	1.32	97.18%	0.005	0.000
	Tragante D-7	0.076	0.025	4.97	0.006	0.74	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.993	0.125	0.149	1.65	1.50	1.32	94.46%	0.006	0.000
	8																			
	9																			
	10																			
	Tragante D-8	0.076	0.025	4.97	0.006	0.72	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.994	0.125	0.149	1.62	1.50	1.32	95.20%	0.005	0.000
	10.1																			
	10.2																			
	Tragante I-7	0.076	0.025	4.97	0.005	0.69	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.996	0.125	0.149	1.53	1.50	1.32	97.11%	0.005	0.000
	Tragante D-9	0.076	0.025	4.97	0.007	0.76	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.991	0.125	0.149	1.71	1.50	1.32	93.05%	0.006	0.000
	10.2																			
	10																			
	Tragante E-5	0.076	0.025	4.97	0.006	0.75	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.992	0.125	0.149	1.68	1.50	1.32	93.85%	0.006	0.000
	Tragante E-6	0.076	0.025	4.97	0.007	0.78	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.989	0.125	0.149	1.77	1.50	1.32	91.59%	0.006	0.001
	10																			
	11																			
	12																			
	Fin 1																			
	12																			

Continuación del apéndice 3.

De PV	A PV	S ₁ (m/m)	S ₂ (m/m)	Ancho Calle (m)	Q _d (m ³ /s)	T _d (m)	d (m)	d _{max}	h (m)	a (m)	W (m)	E ₀	S _w (m/m)	S _e (m/m)	L ₁ (m)	L (m)	L efectiva	E	Q _i (m ³ /s)	Q _o (m ³ /s)
Tragante E-7		0.076	0.025	4.97	0.008	0.80	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.987	0.125	0.148	1.81	1.50	1.32	90.37%	0.007	0.001
Tragante E-8		0.076	0.025	4.97	0.006	0.74	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.993	0.125	0.149	1.66	1.50	1.32	94.26%	0.006	0.000
Tragante D-10		0.076	0.025	4.97	0.011	0.92	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.973	0.125	0.147	2.14	1.50	1.32	82.30%	0.009	0.002
13	14																			
Tragante E-7		0.076	0.025	4.97	0.006	0.71	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.994	0.125	0.149	1.60	1.50	1.32	95.74%	0.005	0.000
Tragante E-8		0.076	0.025	4.97	0.005	0.70	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.56	1.50	1.32	96.53%	0.005	0.000
Tragante D-10		0.076	0.025	4.97	0.008	0.81	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.986	0.125	0.148	1.84	1.50	1.32	89.60%	0.007	0.001
14	15																			
Tragante I-8		0.076	0.025	4.97	0.008	0.83	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.984	0.125	0.148	1.89	1.50	1.32	88.44%	0.007	0.001
Tragante D-12		0.076	0.025	4.97	0.011	0.91	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.974	0.125	0.147	2.11	1.50	1.32	82.90%	0.009	0.002
15	16																			
Tragante E-11		0.076	0.025	4.97	0.006	0.75	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.992	0.125	0.149	1.68	1.50	1.32	93.65%	0.006	0.000
Tragante E-12		0.076	0.025	4.97	0.005	0.69	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.55	1.50	1.32	96.86%	0.005	0.000
Tragante E-13		0.076	0.025	4.97	0.007	0.77	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.990	0.125	0.149	1.75	1.50	1.32	92.12%	0.006	0.001
Tragante E-14		0.076	0.025	4.97	0.004	0.64	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.998	0.125	0.150	1.40	1.50	1.32	99.36%	0.004	0.000
16.1	16.2																			
Tragante E-15		0.076	0.025	4.97	0.006	0.71	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.994	0.125	0.149	1.59	1.50	1.32	95.80%	0.005	0.000
Tragante E-16		0.076	0.025	4.97	0.005	0.70	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.56	1.50	1.32	96.53%	0.005	0.000
Tragante E-17		0.076	0.025	4.97	0.005	0.67	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.997	0.125	0.150	1.48	1.50	1.32	98.16%	0.005	0.000
Tragante D-13		0.076	0.025	4.97	0.008	0.81	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.987	0.125	0.148	1.83	1.50	1.32	89.86%	0.007	0.001
16.2	16																			
Tragante E-18		0.076	0.025	4.97	0.004	0.61	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.999	0.125	0.150	1.33	1.50	1.32	99.99%	0.004	0.000
Tragante E-19		0.076	0.025	4.97	0.005	0.70	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.56	1.50	1.32	96.53%	0.005	0.000
Tragante E-20		0.076	0.025	4.97	0.011	0.93	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.971	0.125	0.146	2.16	1.50	1.32	81.69%	0.009	0.002
Tragante E-21		0.076	0.025	4.97	0.004	0.66	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.997	0.125	0.150	1.45	1.50	1.32	98.62%	0.004	0.000
16	17																			
Tragante I-9		0.076	0.025	4.97	0.006	0.71	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.994	0.125	0.149	1.60	1.50	1.32	95.74%	0.005	0.000
Tragante D-14		0.076	0.025	4.97	0.005	0.70	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.56	1.50	1.32	96.52%	0.005	0.000
17	18																			
Tragante I-10		0.076	0.025	4.97	0.007	0.76	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.991	0.125	0.149	1.71	1.50	1.32	93.11%	0.006	0.000
Tragante D-15		0.076	0.025	4.97	0.005	0.71	0.02	0.06	0.10	0.050	0.50	0.995	0.125	0.149	1.58	1.50	1.32	96.07%	0.005	0.000
18	19																			
19	Fin																			

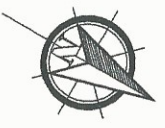
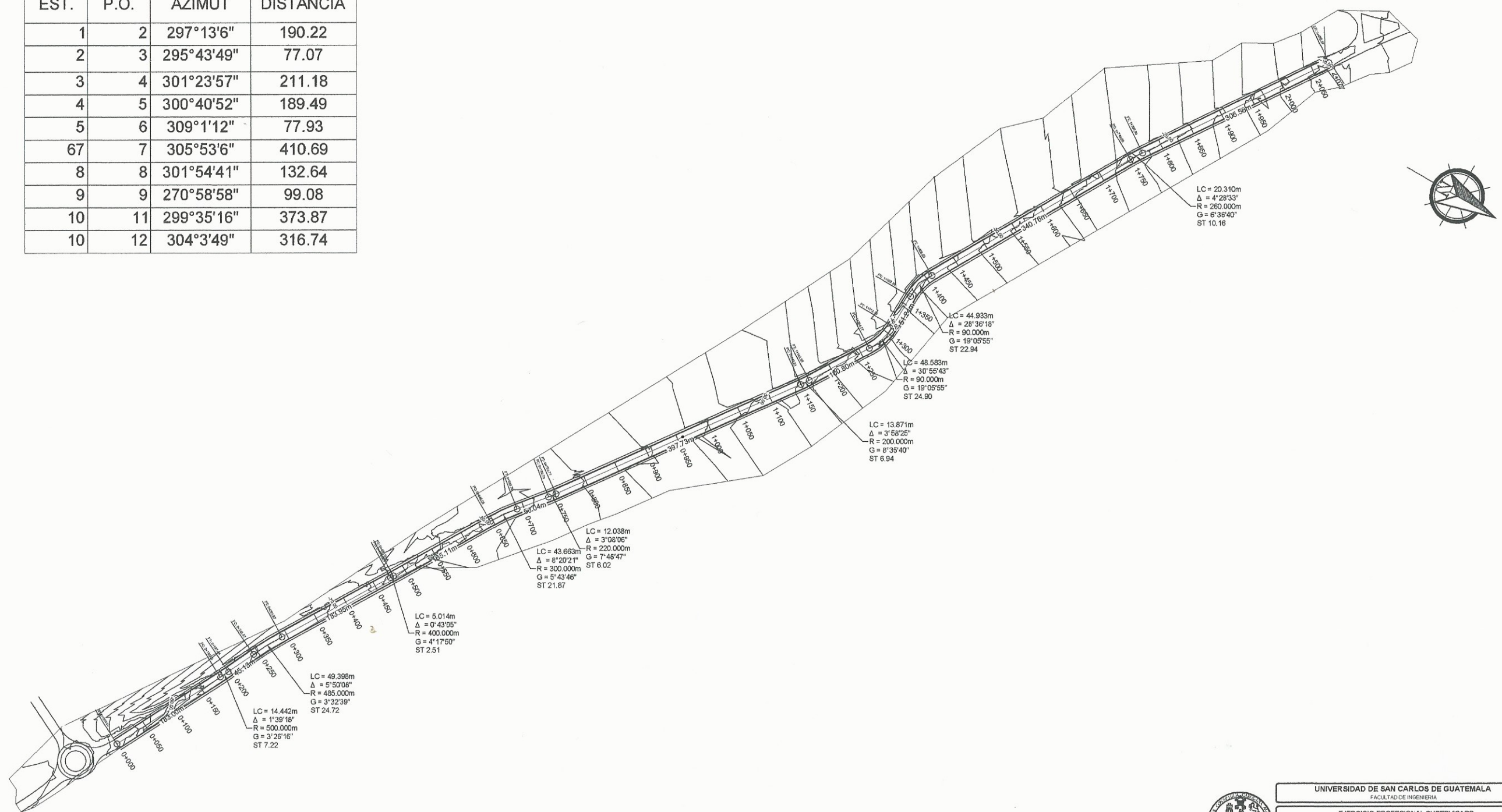
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Planos del diseño del tramo carretero que conduce del kilómetro 17,5 CA-9 sur al centro de la aldea Bárcenas, Villa Nueva**

- Plano 1: planta general.
- Planos del 2 al 5: planos de planta y perfil.
- Planos del 6 al 10: secciones transversales.
- Plano 11: orte y relleno.
- Plano 12: drenaje de carretera.
- Plano 13: detalles generales.

Fuente: elaboración propia.

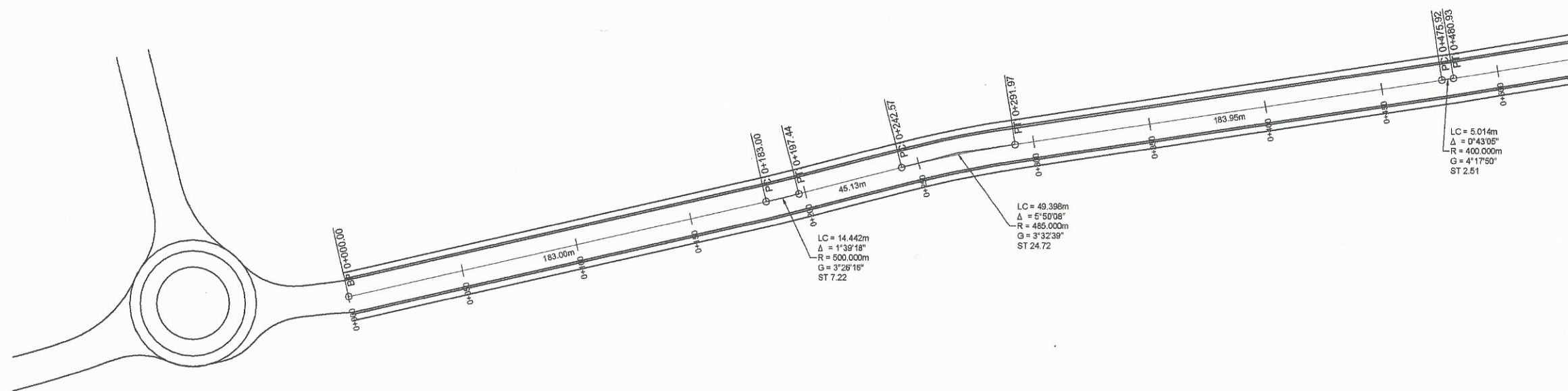
EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
1	2	297°13'6"	190.22
2	3	295°43'49"	77.07
3	4	301°23'57"	211.18
4	5	300°40'52"	189.49
5	6	309°1'12"	77.93
67	7	305°53'6"	410.69
8	8	301°54'41"	132.64
9	9	270°58'58"	99.08
10	11	299°35'16"	373.87
10	12	304°3'49"	316.74



PLANTA GENERAL

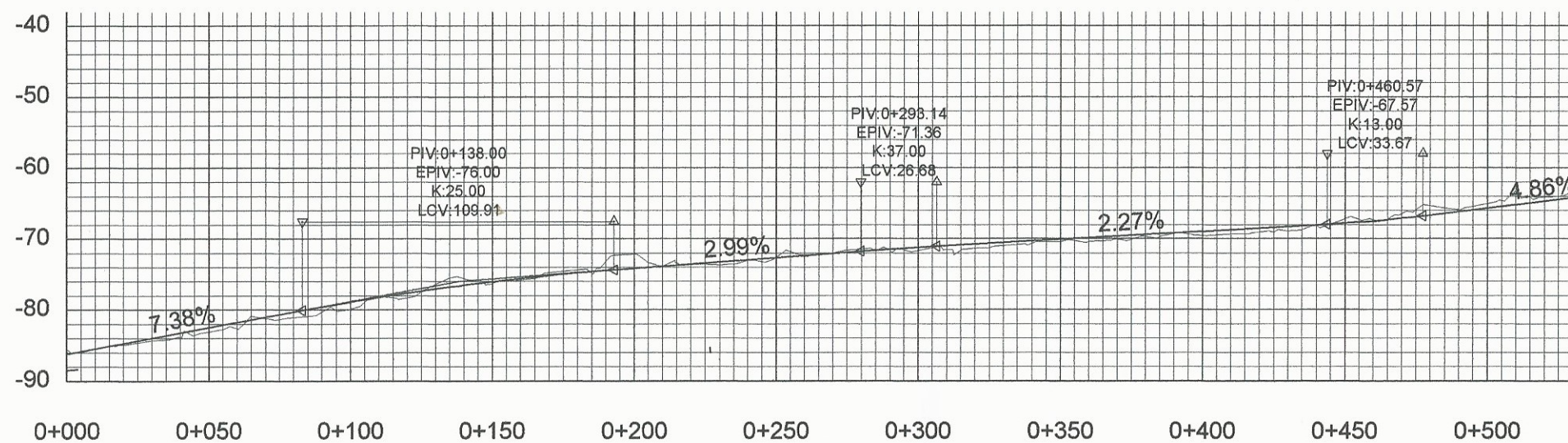
ESC H: 1:3000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DEL TRAMO EN ESTEREO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA EN VILLA NUEVA.			
 INGENIERO ROSARIO CLASION DE PINTO SUPERVISORA DE EPS	ESCALA INDICADA 2 Y 3	HOJA 01	FECHA ABRIL 2016
ASSESORA Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	INGENIERO CARLOS DE GUATEMALA	HOJA 13	CARNET: 2011-19936



PLANTA EST. 0+000 A 0+500

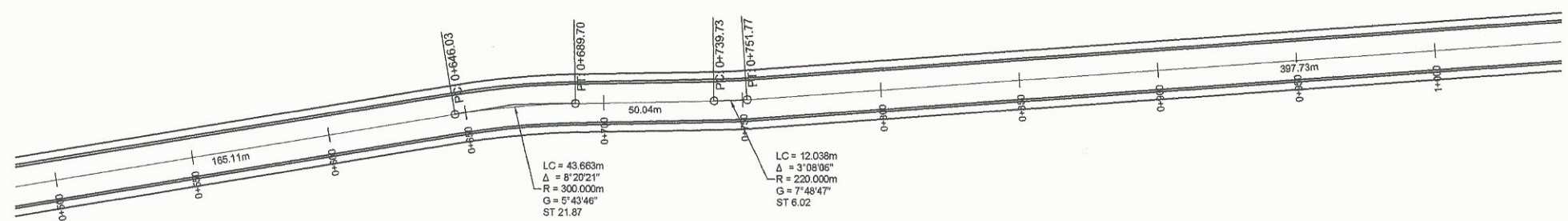
ESC H: 1:1000



PERFIL EST. 0+000 A 0+500

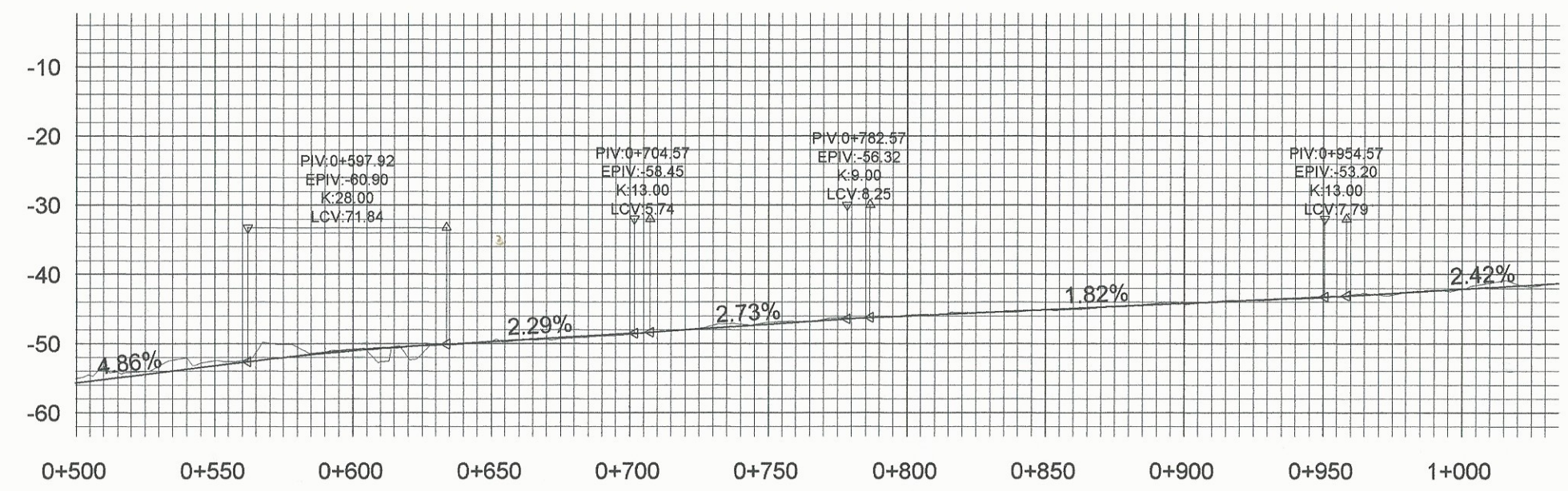
ESC H: 1:1000
ESC V: 1:400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARGENAS, VILLA NUEVA.			
 Inga. Christina Rosendo ASESORA SUPERVISORA DE PFC	CONTENIDO: PLANTA PERFILES ESTACIONES 0+000 A 0+500	ESCALA INDICADA 2 Y 3	HOJA: 02
Unidad de Prácticas de Ingeniería Inga. Christina Rosendo	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MIGUEL ANJEL MARTINEZ VALIENTE CARNET: 2011-13935	FECHA: ABRIL 2016	HOJA: 13



PLANTA EST. 0+500 A 1+000

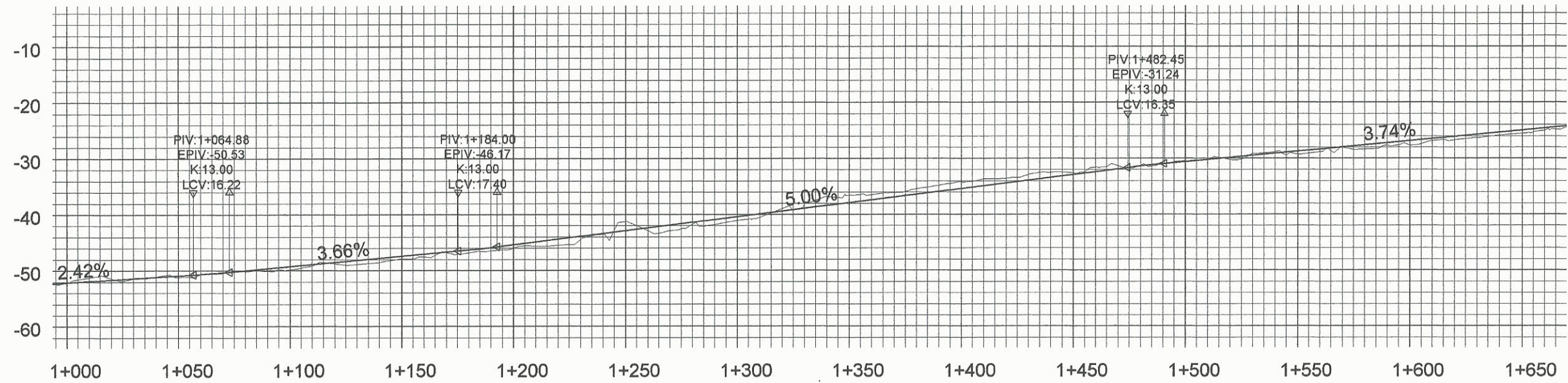
ESC H: 1:1000



PERFIL EST. 0+500 A 1+000

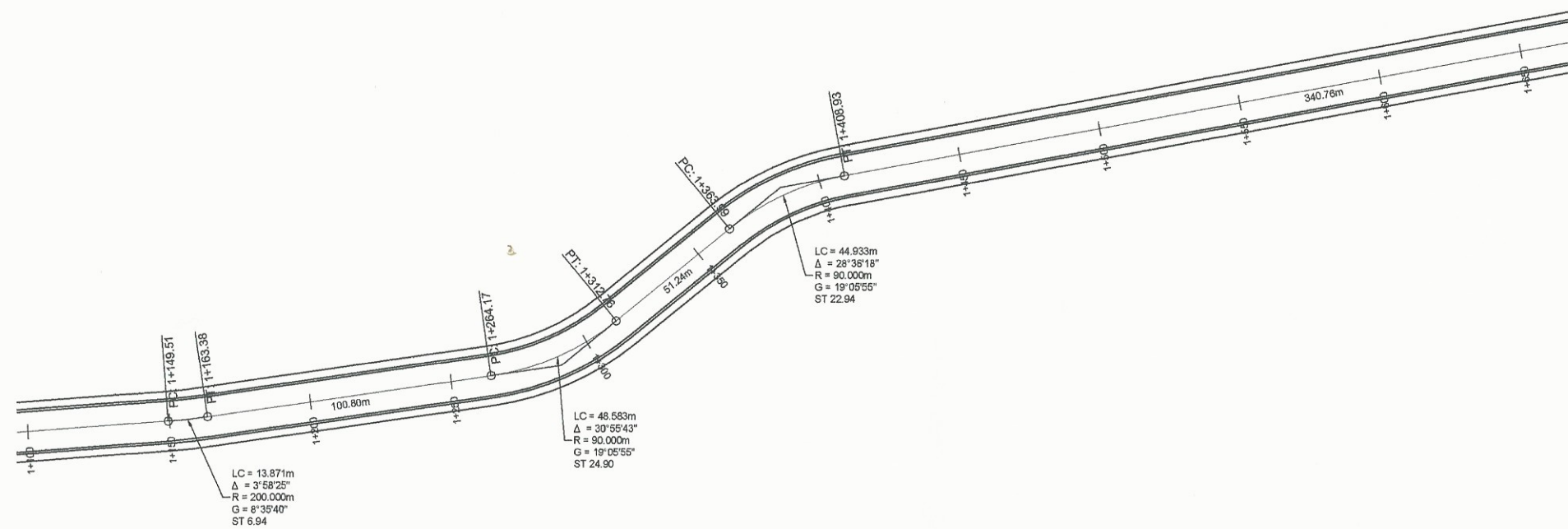
ESC H: 1:1000
ESC V: 1:400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BANCENAS, VILLA NUEVA.			
CALCULO: ING. CRISTÓBAL MARTÍNEZ	CONTENIDO: PLANTA PERFIL	ESCALA INDICADA	HOJA: 03
ASESOR: ING. CRISTÓBAL MARTÍNEZ	REVISOR: ING. CRISTÓBAL MARTÍNEZ	ZONA: 2 Y 3	FECHA: ABRIL 2016
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA ING. CRISTÓBAL MARTÍNEZ	PROFESOR ASISTENTE: ING. ANSELMO MARTÍNEZ VALIENTE	FECHA: ABRIL 2016	HOJA: 13



PERFIL EST. 1+000 A 1+650

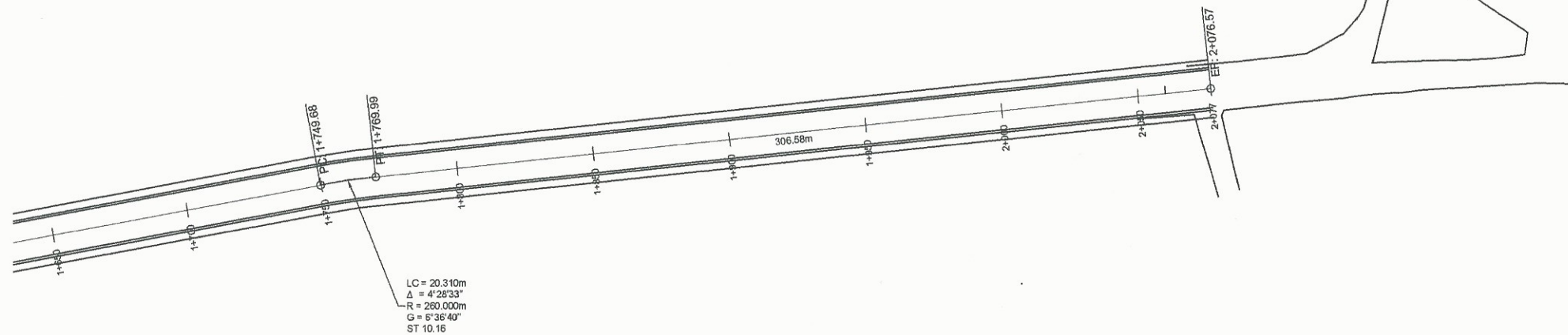
ESCH: 1:1000
ESCV: 1:400



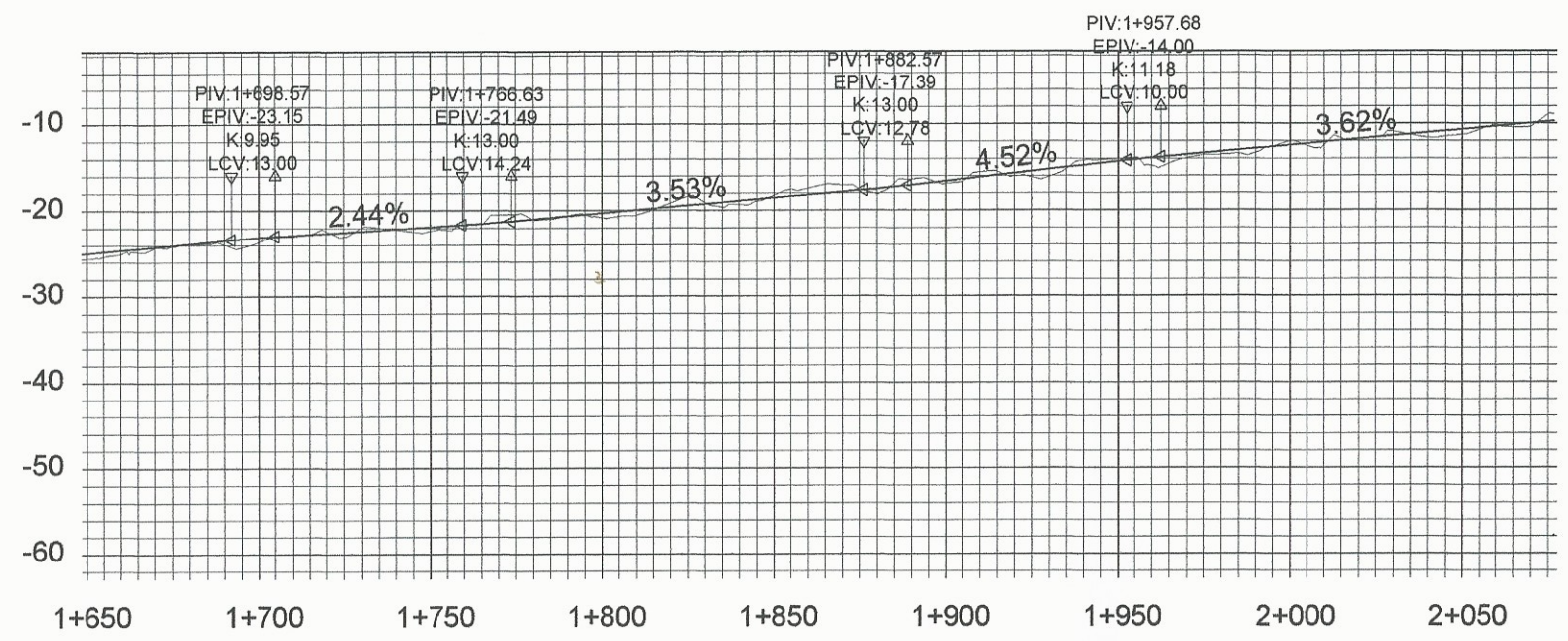
PLANTA EST. 1+000 A 1+650

ESCH: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BÁRCENAS, VILLA NUEVA.			
	INDICADA	HOJA:	04
	2 Y 3	EDICIÓN:	
	EDICIÓN:	HOJA:	13
	ABRIL 2018		

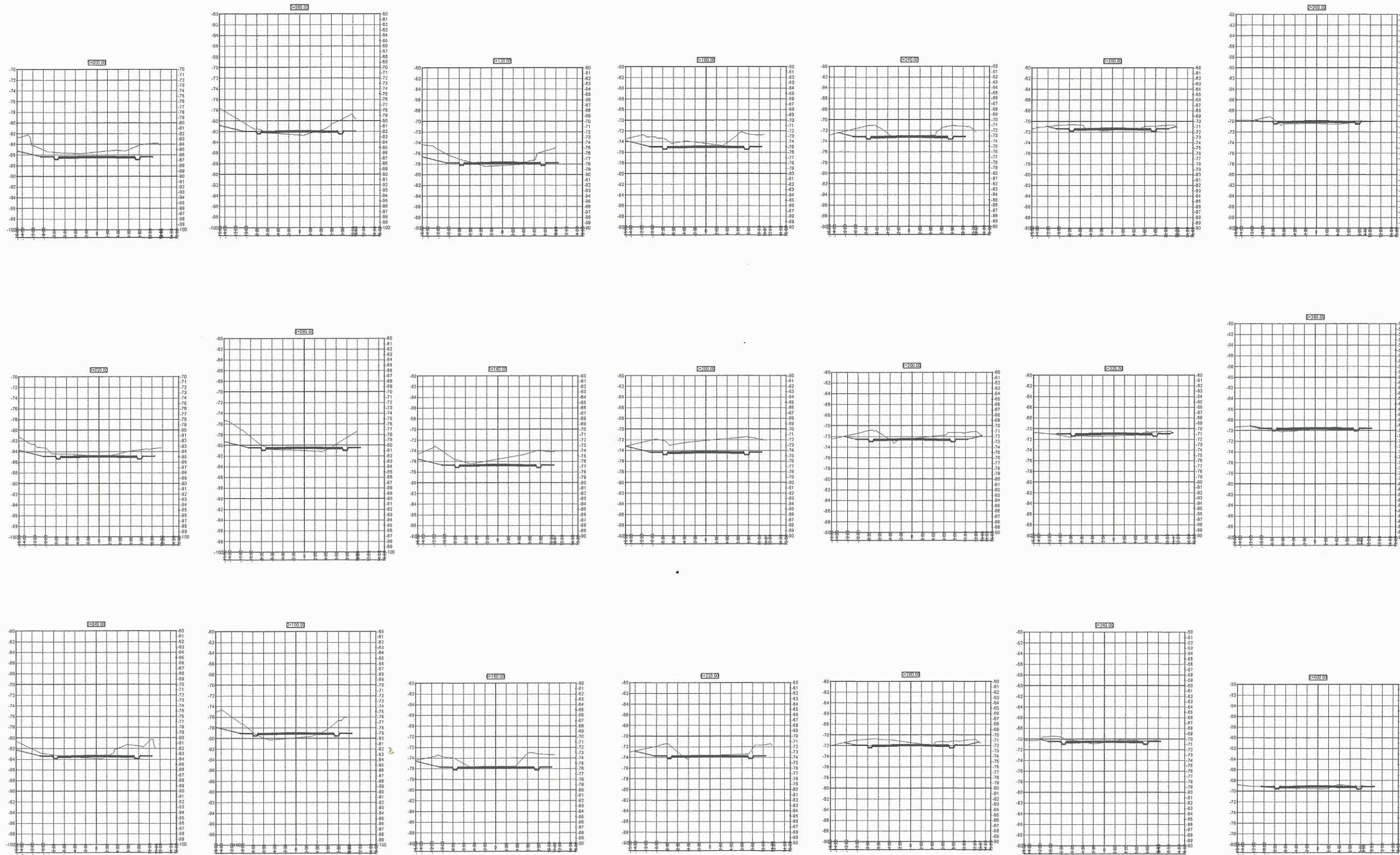


PLANTA EST. 1+650 A 2+076.57
 ESC H: 1:1000



PERFIL EST. 1+650 A 2+076.57
 ESC H: 1:1000
 ESC V: 1:400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILÓMETRO 17.5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARCEÑAS, VILLA NUEVA.			
CALCULO: MIGUEL MARTINEZ	COMPROBADO: Inga. Christina Clason de Pinto	FECHA INDICADA 2 Y 3	HOJA 05
ASESORA: Unidad de Prácticas de Ingeniería de la Inga. Christina Clason de Pinto		FECHA ABRIL 2016	HOJA 13



SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+000 A 0+400

ESCH: 1:300

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARGENAS, VILLA NUEVA.

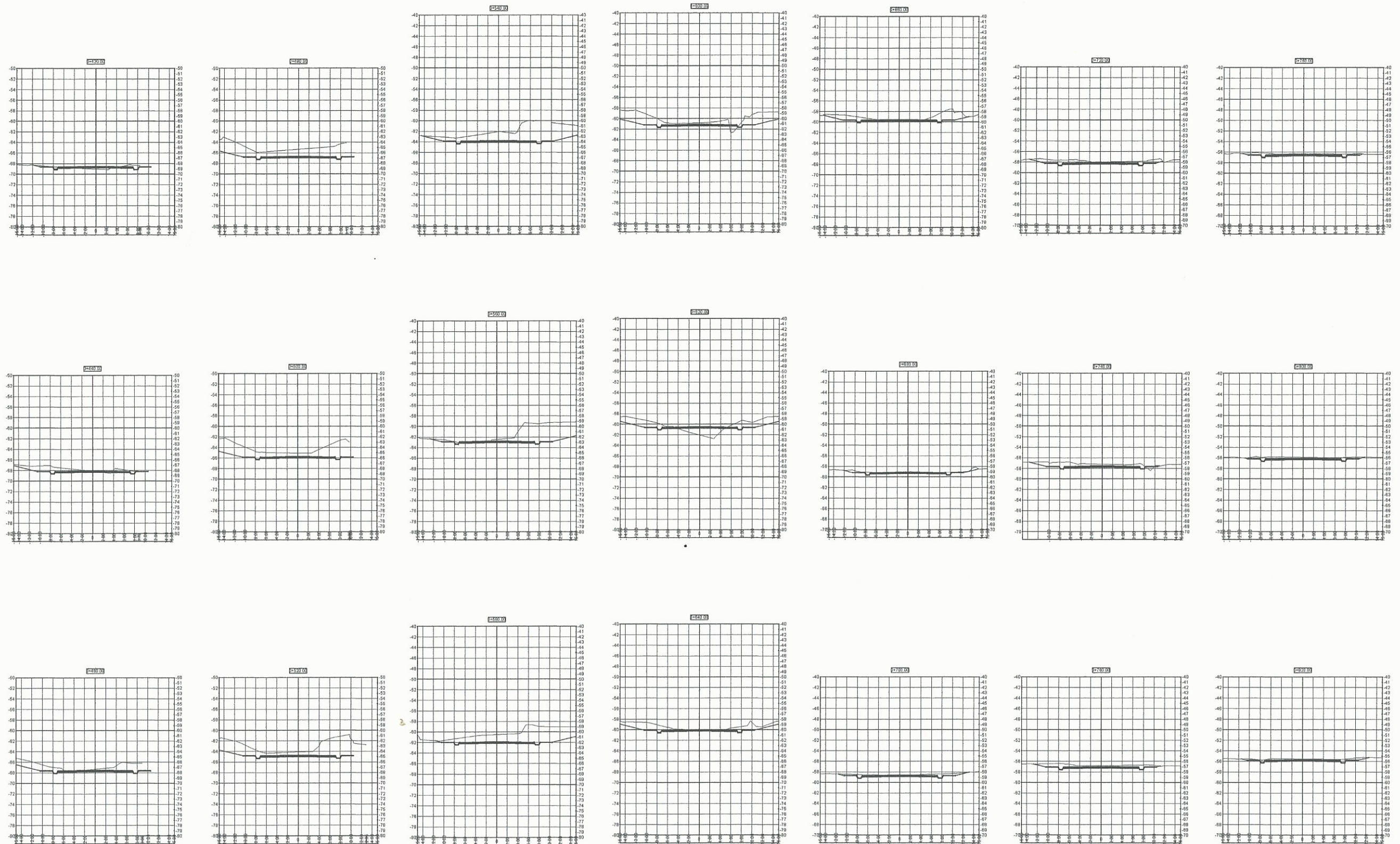
ING. CRISTÓBAL ROSA GUZMÁN
ING. CRISTÓBAL ROSA GUZMÁN
ING. CRISTÓBAL ROSA GUZMÁN
ING. CRISTÓBAL ROSA GUZMÁN

ESCALA INDICADA
2 Y 3

HOJA 06

FECHA
ABRIL 2018

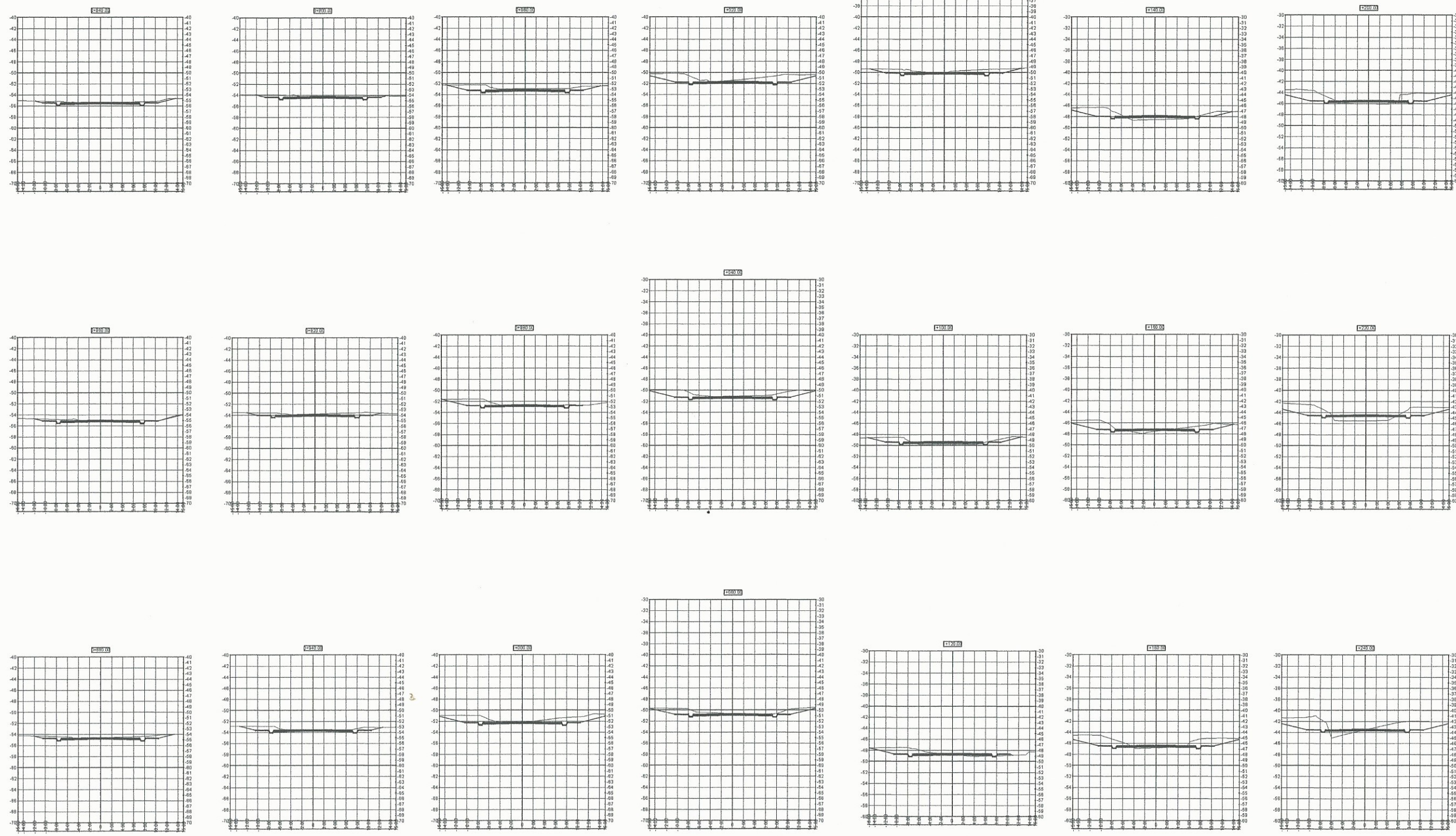
HOJA 13



SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+420 A 0+820

ESCH: 1:300

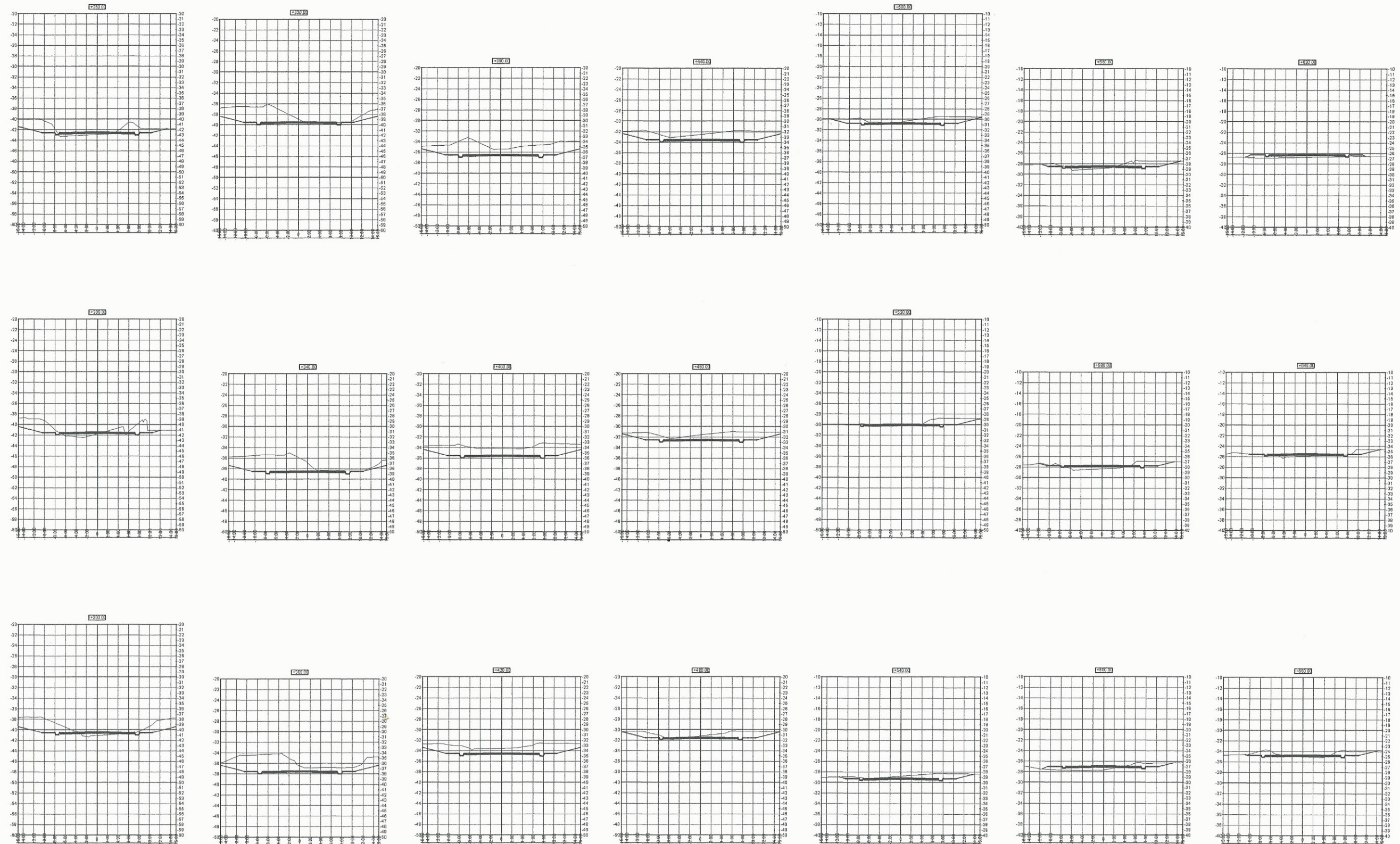
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
 San Carlos de Guatemala PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BÁRCEDA, VILLA NUEVA.	
TITULAR: Ing. Christa de Dios Claxson de Pinto ASISTENTE: Ing. Yolanda de Dios Claxson de Pinto ASESORA: Ing. Yolanda de Dios Claxson de Pinto	INSTITUCIÓN: SUPERVISORA DE EPS REGIONES TRANSVERSALES Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ESCALA: 2 Y 3	HSCA: 07
FECHA: ABRIL 2018	HSCA: 13



SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+840 A 1+240

ESCH: 1:350

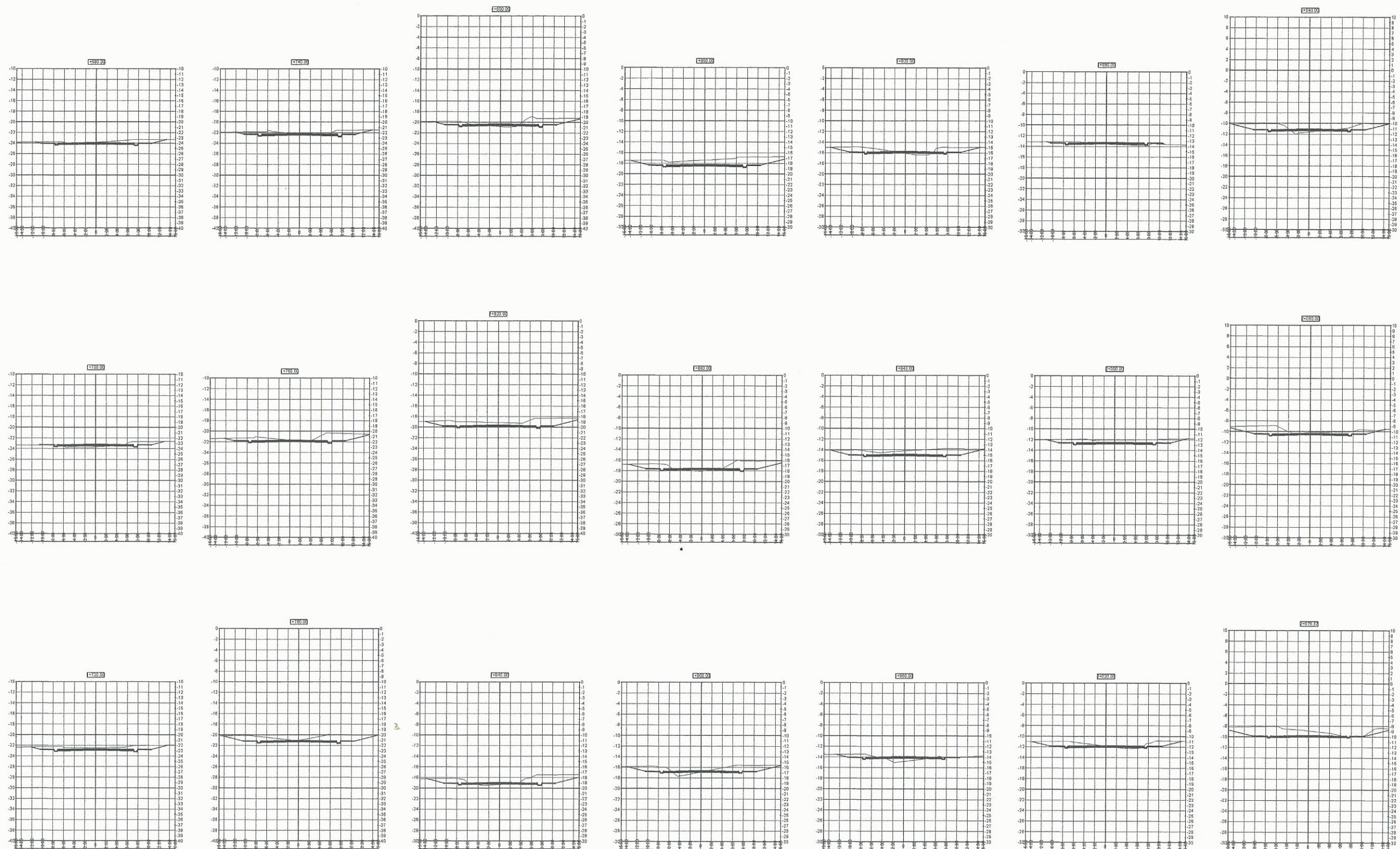
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
 San Carlos de Guatemala DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BÁRCENAS, VILLA NUEVA.	
DISEÑADO POR: Ing. Christian Classon de Pinto ASOCIADO	SUPERVISADO POR: Ing. Christian Classon de Pinto ASOCIADO
DISEÑO DE: SECCIONES TRANSVERSALES DE INGENIERIA Y EPS	REVISADO POR: Ing. Christian Classon de Pinto ASOCIADO
FECHA: 2 Y 3	HOJA: 08
FECHA: ABRIL 2018	HOJA: 13



SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+260 A 1+660

ESCH: 1:350

			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17.5 AL CENTRO DE LA ALDEA BÁRCENAS, VILLA NUEVA.			
DISEÑADO POR: WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	ASESORADO POR: WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	SUPERVISADO POR: WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	FECHA INDICADA: 09
DISEÑADO POR: WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN		SUPERVISADO POR: WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	FECHA: 2 Y 3
WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN		WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	FECHA: ABRIL 2016
WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN		WGA, CRISTINA CLASION DE PIÑÓN	FECHA: 13



SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+280 A 2+076.57

ESC H: 1:350

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA</p>	
<p>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA</p>	
<p>GRANDE CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARRERAS, VILLA NUEVA.</p>	
<p>INGENIERO SUPERVISOR INGENIERO SUPERVISOR DE EPS INGENIERO SUPERVISOR DE EPS</p>	<p>INGENIERO SUPERVISOR INGENIERO SUPERVISOR DE EPS INGENIERO SUPERVISOR DE EPS</p>
<p>INDICADA</p>	<p>HOJA</p>
<p>2 Y 3</p>	<p>10</p>
<p>HOJA</p>	<p>HOJA</p>
<p>ABRIL 2018</p>	<p>13</p>

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
0+000.00	0.00	34.87	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.50	20.23	4.96	551.02	4.96	551.02
0+040.00	3.39	20.81	38.89	408.39	43.84	959.41
0+060.00	5.83	25.85	92.22	462.58	136.06	1421.98
0+080.00	8.82	27.50	126.53	531.52	262.59	1853.50
0+100.00	10.78	25.53	176.01	530.37	438.60	2483.87
0+120.00	5.29	23.28	160.65	488.14	599.24	2972.01
0+140.00	0.00	40.58	52.88	638.65	652.13	3610.67
0+160.00	1.38	27.97	13.85	685.54	665.98	4296.20
0+180.00	0.00	32.01	13.85	599.79	679.82	4896.00
0+200.00	0.00	50.68	0.00	826.11	679.82	5722.10
0+220.00	0.97	18.72	9.68	693.99	689.50	6416.09
0+240.00	0.35	23.04	13.17	417.57	702.67	6833.86
0+260.00	1.05	19.07	14.03	421.26	716.70	7254.92
0+280.00	0.12	17.07	11.75	361.45	728.45	7616.36
0+300.00	2.52	8.13	26.46	252.25	754.91	7868.61
0+320.00	7.56	2.05	100.79	101.78	855.71	7970.39
0+340.00	2.09	5.98	96.46	80.10	952.17	8050.50
0+360.00	7.49	2.50	95.82	84.65	1047.99	8135.15
0+380.00	4.60	0.76	120.93	32.63	1168.92	8167.78

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
0+400.00	5.17	0.86	97.67	17.35	1268.59	8185.13
0+420.00	3.91	2.16	90.76	31.36	1357.34	8216.49
0+440.00	1.10	10.32	50.07	124.75	1407.42	8341.24
0+460.00	0.47	18.56	15.68	288.78	1423.10	8630.03
0+480.00	0.00	40.72	4.70	592.86	1427.80	9222.89
0+500.00	0.00	39.28	0.00	799.82	1427.80	10022.71
0+520.00	0.00	45.20	0.00	844.63	1427.80	10867.34
0+540.00	0.00	55.41	0.00	1006.16	1427.80	11873.50
0+560.00	1.68	40.06	16.77	954.71	1444.57	12828.22
0+580.00	0.00	46.09	16.77	861.44	1461.34	13689.66
0+600.00	1.60	32.30	15.95	783.84	1477.30	14473.50
0+620.00	11.99	19.61	135.84	519.12	1613.14	14992.61
0+640.00	0.68	16.58	126.51	361.92	1739.65	15354.53
0+660.00	0.17	15.29	8.25	318.78	1747.90	15673.31
0+680.00	1.28	2.59	14.41	177.71	1762.31	15851.02
0+700.00	0.48	4.43	17.52	69.98	1779.82	15921.00
0+720.00	0.00	10.04	4.76	144.68	1784.59	16065.68
0+740.00	0.71	11.09	7.12	211.35	1791.71	16277.02
0+760.00	0.00	8.86	7.29	196.00	1799.00	16473.02
0+780.00	0.00	5.21	0.00	138.74	1799.00	16611.76

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
0+800.00	0.00	5.46	0.00	106.77	1799.00	16718.53
0+820.00	0.00	5.25	0.00	107.18	1799.00	16825.70
0+840.00	0.66	3.56	6.56	86.19	1805.56	16913.90
0+860.00	0.80	3.33	14.60	66.98	1820.17	16982.86
0+880.00	0.26	5.78	10.80	91.16	1830.77	17074.04
0+900.00	0.68	3.99	9.35	97.74	1840.11	17171.78
0+920.00	0.00	6.96	6.79	109.53	1846.90	17281.31
0+940.00	0.34	6.92	3.42	138.78	1850.33	17420.09
0+960.00	0.00	11.39	3.42	183.09	1853.75	17603.18
0+980.00	0.35	8.42	3.53	196.12	1857.28	17801.29
1+000.00	0.18	19.03	5.34	274.47	1862.62	18075.76
1+020.00	0.01	22.95	1.91	419.72	1864.53	18495.49
1+040.00	0.00	16.04	0.10	389.83	1864.63	18885.32
1+060.00	0.87	12.42	8.71	284.57	1873.34	19169.89
1+080.00	0.31	11.07	11.77	234.87	1885.11	19404.76
1+100.00	6.01	7.34	63.13	184.09	1948.24	19588.86
1+120.00	3.78	8.99	97.85	163.35	2046.09	19752.21
1+140.00	7.68	12.67	114.62	216.66	2160.71	19968.87
1+160.00	3.92	15.06	115.92	274.22	2276.62	20243.08
1+180.00	3.89	22.41	78.08	374.69	2354.71	20617.77

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
1+200.00	6.27	22.35	101.58	447.63	2456.29	21065.40
1+220.00	11.25	22.14	175.14	444.94	2631.43	21510.34
1+240.00	5.29	29.98	165.34	521.24	2796.78	22031.56
1+260.00	5.96	22.09	112.44	520.67	2909.22	22552.25
1+280.00	5.64	22.32	113.15	427.70	3022.37	22979.95
1+300.00	5.38	31.56	108.83	518.36	3131.20	23498.31
1+320.00	1.39	41.57	68.38	709.61	3199.58	24207.92
1+340.00	0.01	47.14	13.99	887.09	3213.56	25095.02
1+360.00	0.00	52.22	0.11	993.63	3213.67	26088.65
1+380.00	0.00	53.98	0.00	1073.49	3213.67	27162.14
1+400.00	0.00	47.96	0.00	1013.51	3213.67	28175.65
1+420.00	0.00	37.97	0.00	856.25	3213.67	29031.90
1+440.00	0.00	33.85	0.00	718.11	3213.67	29750.01
1+460.00	0.00	28.08	0.00	619.30	3213.67	30369.31
1+480.00	1.06	17.45	10.64	455.31	3224.31	30824.61
1+500.00	0.37	17.51	14.33	349.57	3238.64	31174.19
1+520.00	3.46	9.84	38.28	273.47	3276.92	31447.65
1+540.00	0.00	11.42	34.59	212.52	3311.51	31660.18
1+560.00	4.96	10.28	49.57	216.94	3361.08	31877.12
1+580.00	8.22	5.97	131.81	162.48	3492.89	32039.60

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
1+600.00	10.08	4.48	183.08	104.50	3675.97	32144.09
1+620.00	11.35	0.04	214.34	45.22	3890.31	32189.32
1+640.00	6.36	3.12	177.12	31.65	4067.43	32220.96
1+660.00	2.82	9.71	91.81	128.35	4159.24	32349.31
1+680.00	0.66	7.07	34.79	167.84	4194.03	32517.15
1+700.00	5.42	3.55	60.84	106.25	4254.87	32623.41
1+720.00	0.00	10.54	54.23	140.92	4309.10	32764.33
1+740.00	1.30	8.58	13.04	191.16	4322.14	32955.48
1+760.00	0.77	15.50	20.61	239.26	4342.75	33194.74
1+780.00	0.03	19.73	7.90	350.64	4350.65	33545.39
1+800.00	2.93	14.42	29.58	341.44	4380.23	33886.82
1+820.00	0.00	22.44	29.32	368.59	4409.55	34255.41
1+840.00	3.45	18.24	34.47	406.79	4444.02	34662.20
1+860.00	0.00	27.04	34.47	452.74	4478.49	35114.94
1+880.00	3.34	17.98	33.42	450.13	4511.91	35565.07
1+900.00	3.73	15.53	70.77	335.08	4582.68	35900.15
1+920.00	3.04	13.09	67.72	286.19	4650.40	36186.34
1+940.00	0.00	20.83	30.37	339.21	4680.78	36525.56
1+960.00	5.98	3.49	59.79	243.22	4740.56	36768.78
1+980.00	4.86	1.41	108.35	49.00	4848.92	36817.78

TABLA DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN						
ESTACIÓN	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
2+000.00	0.00	14.38	48.56	157.95	4897.48	36975.73
2+020.00	2.49	12.54	24.90	289.26	4922.38	37244.99
2+040.00	3.76	14.80	62.53	271.38	4984.91	37516.38
2+060.00	0.10	18.36	38.59	329.61	5023.50	37845.98
2+076.57	0.18	26.08	2.28	368.19	5025.78	38214.17

TABLAS DE CORTE Y RELLENO DE VOLUMEN

ESC H: 1:350

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

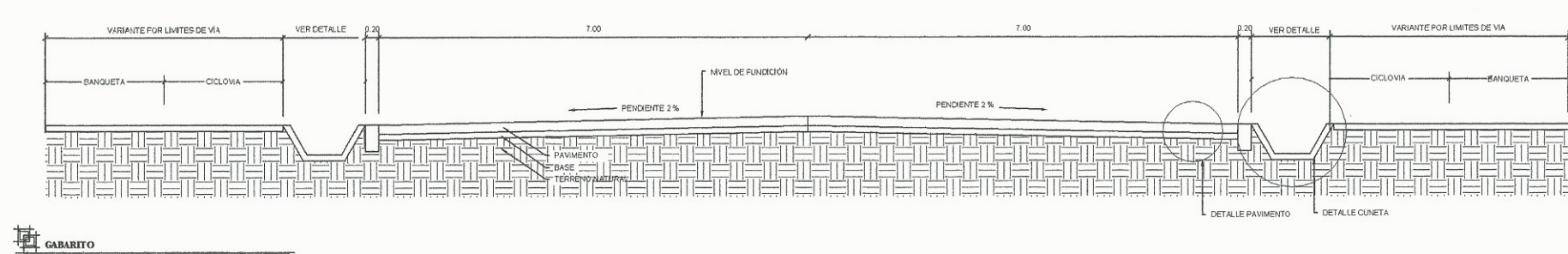
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17,5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARCELOS VILLA NUEVA.

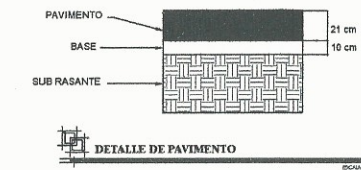
INGENIERO: *Angel Martínez Valiente*
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y ERS

ESCALA INDICADA: 11
CAMA: 2 Y 3
FECHA: ABRIL 2016
HOJA: 13

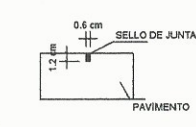
INGENIERO: ANGELO MARTINEZ VALIENTE
CARNET: 2011-13936



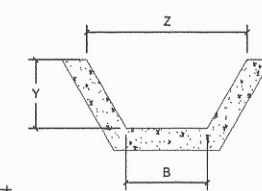
GABARITO
ESCALA: 1/50



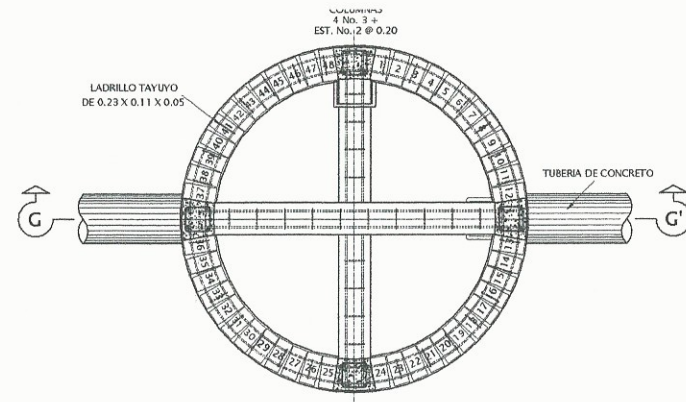
DETALLE DE PAVIMENTO
ESCALA: 1/20



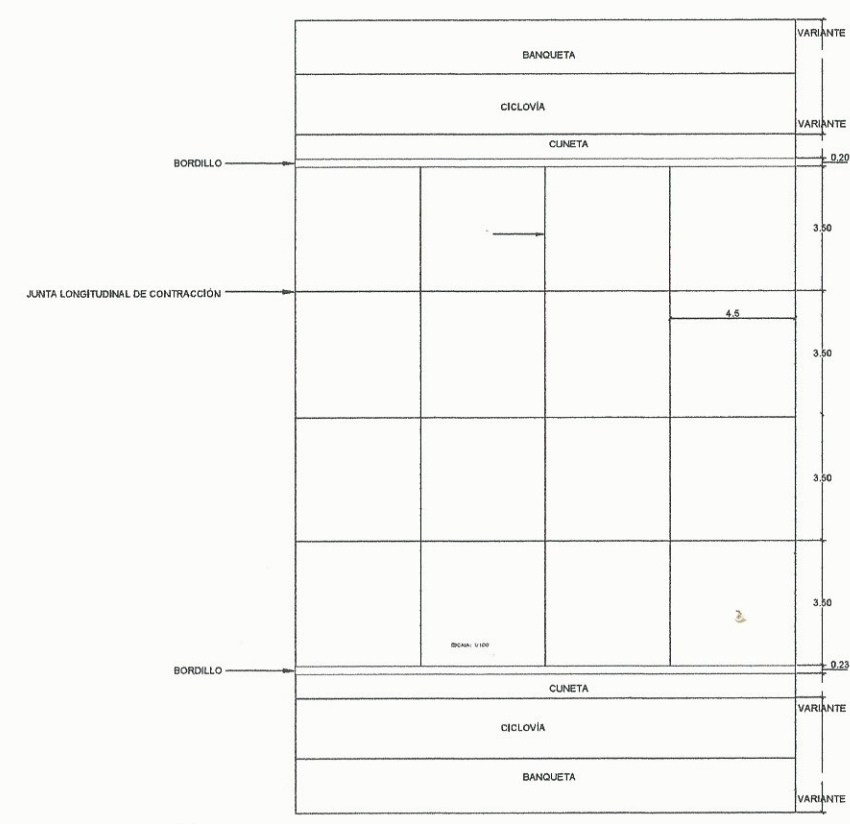
DETALLE DE JUNTAAS
ESCALA: 1/4



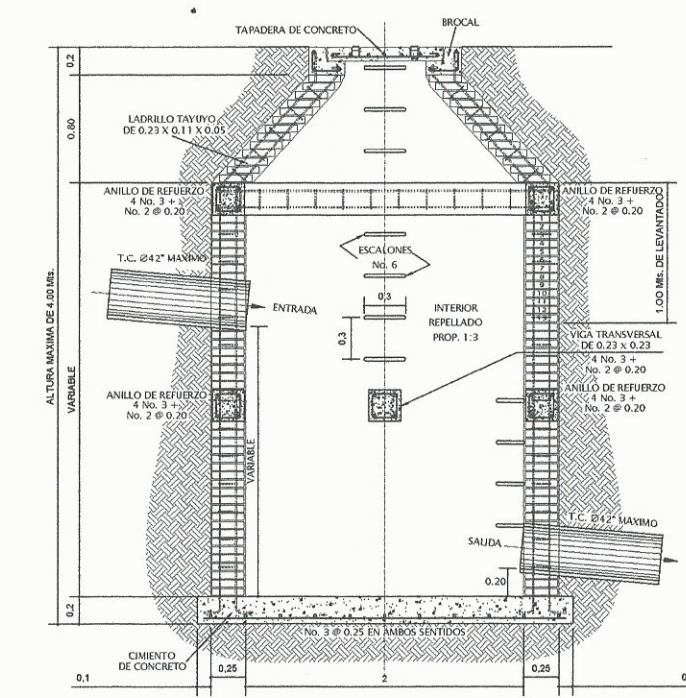
DETALLE DE CUNETAS
ESCALA: 1/20



PLANTA POZO (2.0 Mts.) H= 0-6 Mts.
ESCALA: 1/25



PLANTA GABARITO
ESCALA: 1/50



SECCION C-C POZO (2.0 Mts.) H= 0-6 Mts.
ESCALA: 1/25

DIMENSIONES DE CUNETAS DERECHA

B	Y	ANCHO Z
0.35 METROS	0.30 METROS	0.85 METROS
0.45 METROS	0.40 METROS	0.85 METROS
0.55 METROS	0.45 METROS	1.00 METROS
0.60 METROS	0.45 METROS	1.05 METROS
0.80 METROS	0.50 METROS	1.10 METROS

DIMENSIONES DE CUNETAS IZQUIERDA

B	Y	ANCHO Z
0.30 METROS	0.30 METROS	0.80 METROS
0.40 METROS	0.30 METROS	0.70 METROS
0.45 METROS	0.40 METROS	0.85 METROS
0.50 METROS	0.45 METROS	0.95 METROS
0.50 METROS	0.45 METROS	0.95 METROS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

San Carlos de Guatemala

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL KILOMETRO 17.5 AL CENTRO DE LA ALDEA BARCEÑAS DE LA NUEVA.

INGENIERO: MGA. CHRISTA CLASUN DE PINTO

ESCALA INDICADA: 2 Y 3

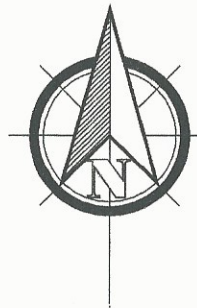
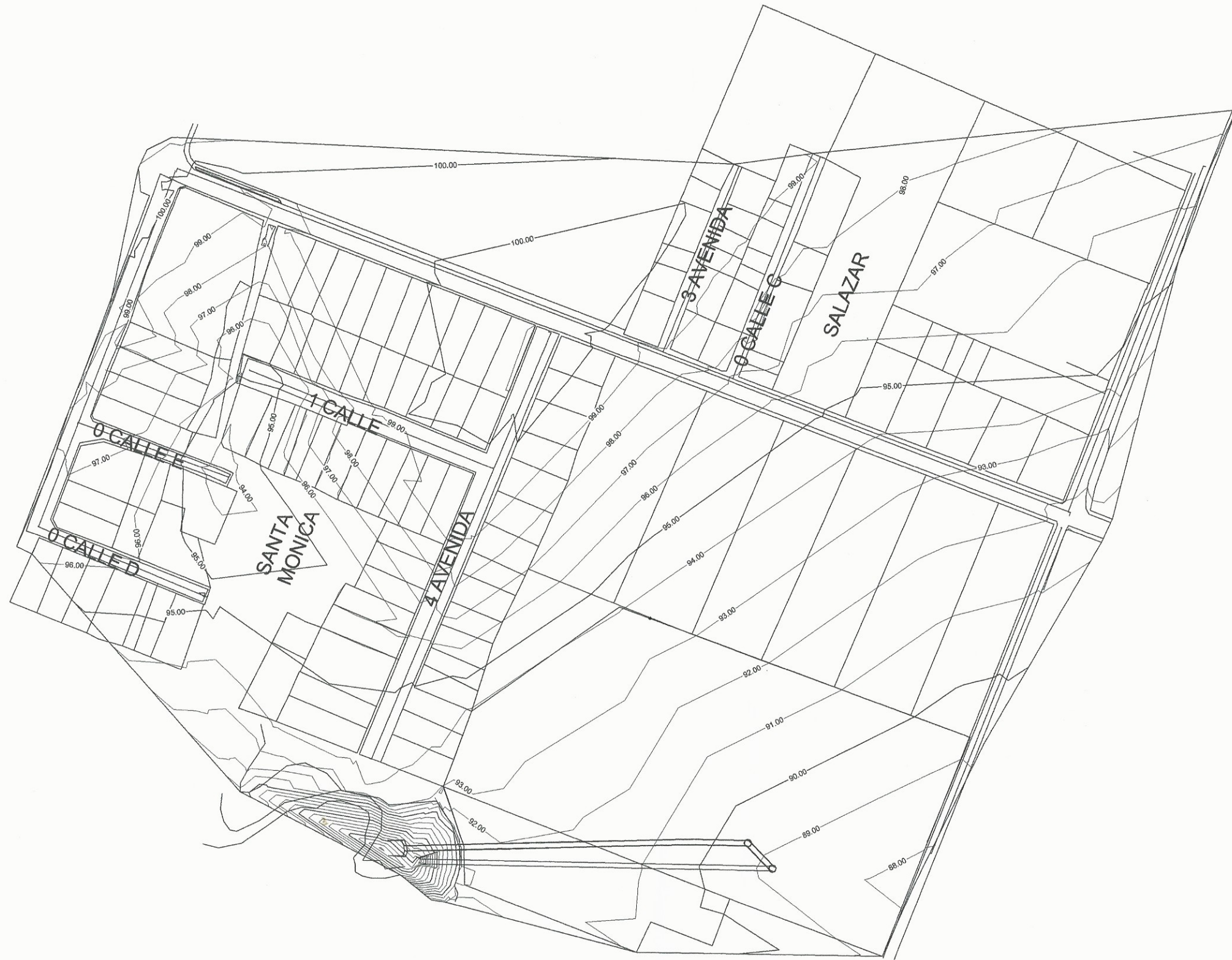
FECHA: ABRIL 2016

HOJA: 13

Apéndice 5. **Planos del diseño de drenaje sanitario para las colonias Santa Mónica y Salazar**

- Plano 1: planta de distribución de población.
- Plano 2: planta general drenaje sanitario.
- Planos del 3 al 10: planta perfil.
- Plano 11: detalles generales.

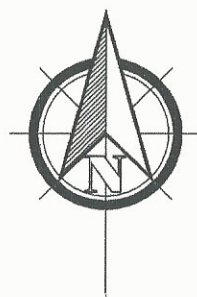
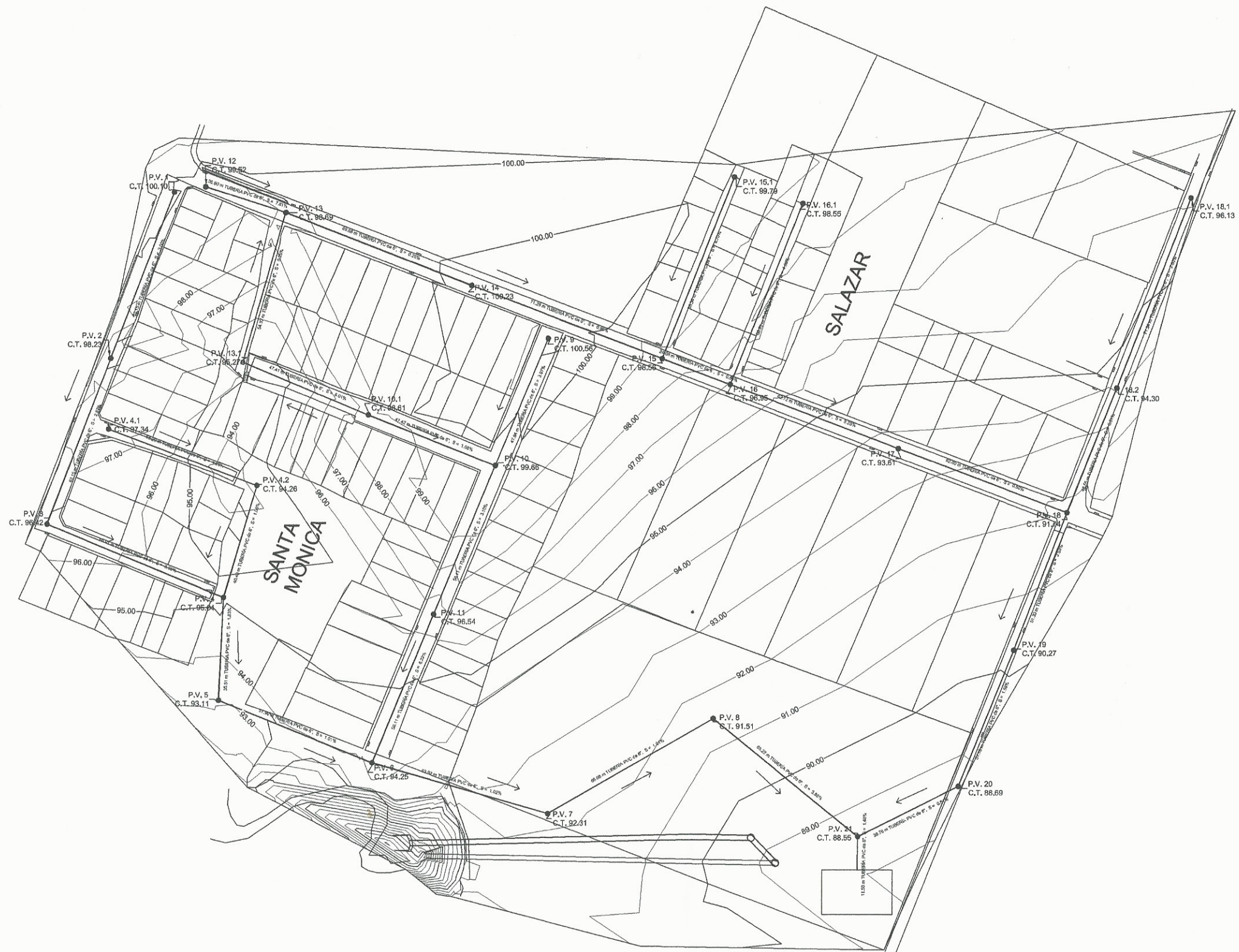
Fuente: elaboracion propia.



PLANTA DISTRIBUCION DE POBLACION

ESC H: 1:750

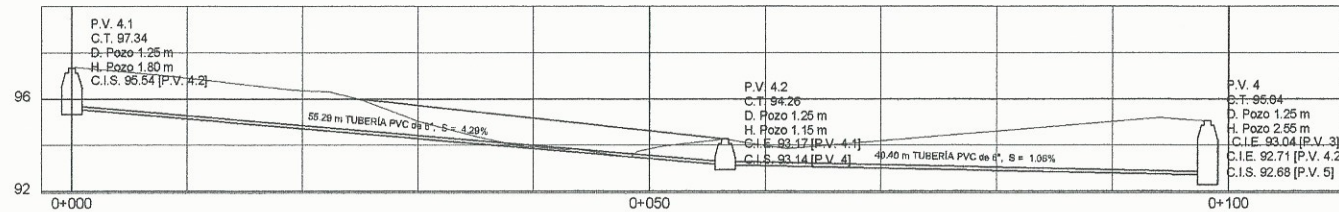
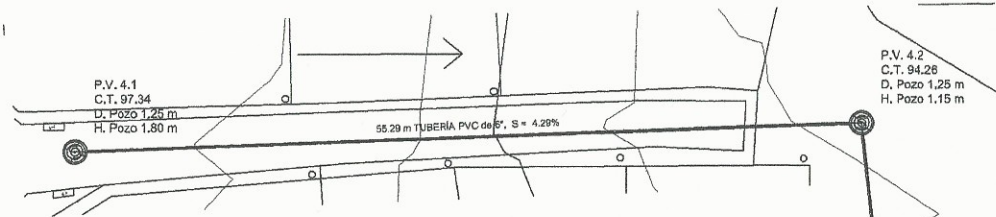
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLOMBAS SANTA MONICA Y SALAZAR			
			
			
FECHA INDICADA	FECHA	HOJA	HOJA
2	ABRIL 2016	01	11



PLANTA GENERAL DRENAJE SANITARIO

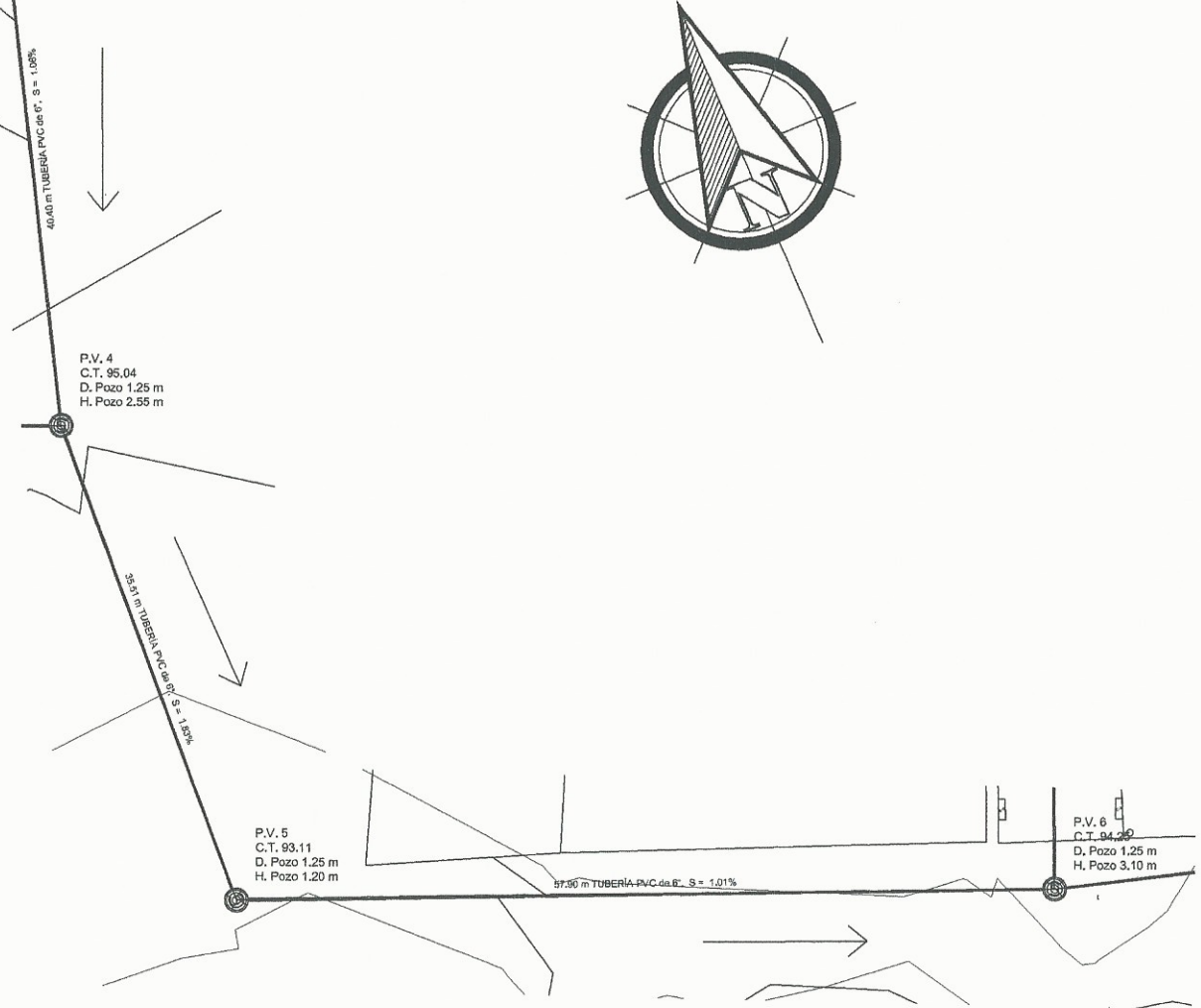
ESC H: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA	
 San Carlos de Guatemala DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLOMAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR	
PROYECTISTA: ING. CHRISTA ROSARIO CLAYTON DE PINO	FECHA INDICADA: 02
ASESORA: ING. ROSARIO CLAYTON DE PINO	ESCALA: 2
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS	HOJA: 11
 ING. CHRISTA CLAYTON DE PINO CARNET: 2011-13035	INGENIERO SUPERVISOR ING. JOSE MARCELO MARTÍNEZ 'ALBERTO' CARNET: 2011-13035



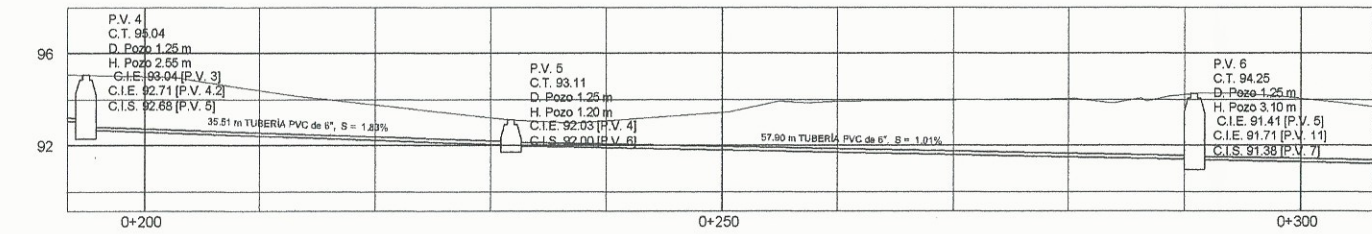
PLANTA DE POZO 4.1 A POZO 4

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



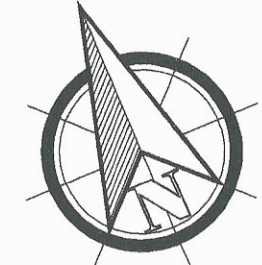
PLANTA DE POZO 4.1 A 4 Y DE POZO 4 A 6

ESC H: 1:500

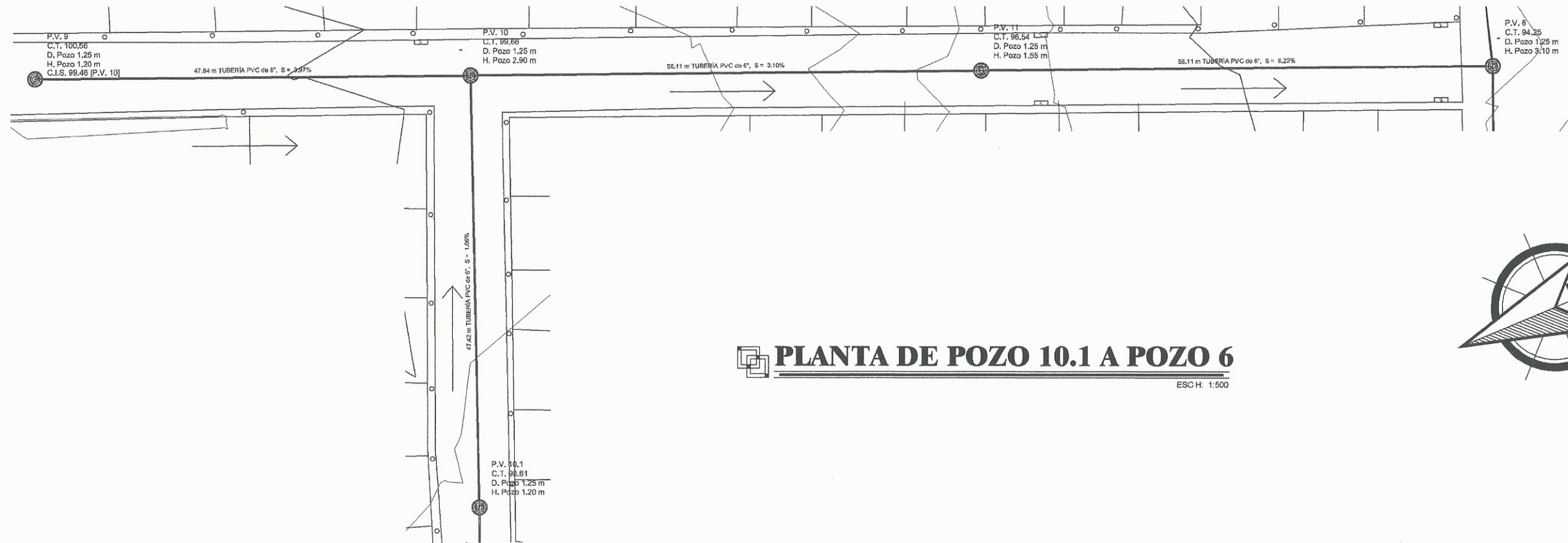


PLANTA DE POZO 4 A POZO 6

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

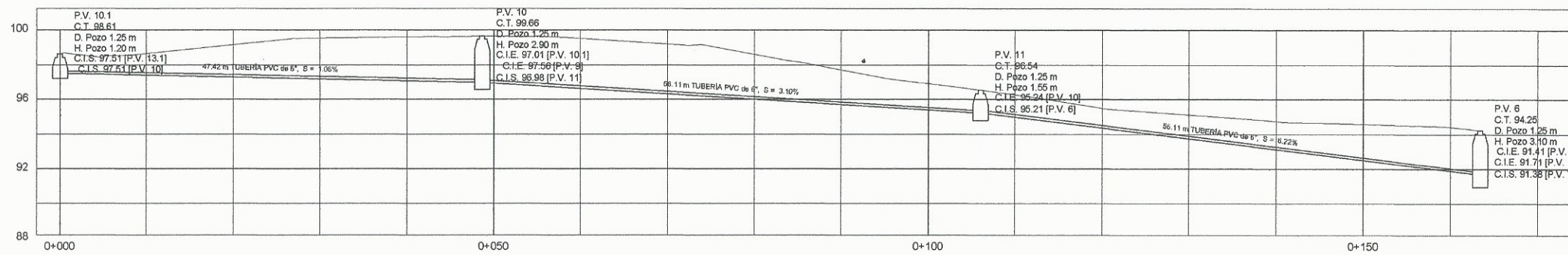
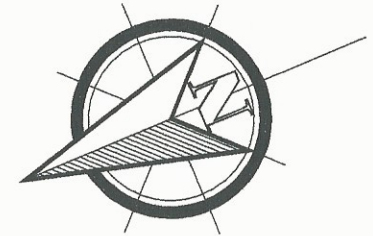


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DEL DISEÑO DE SANEAMIENTO PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR			
FECHA INDICADA	HOJA	FECHA	HOJA
2	04	ABRIL 2018	11



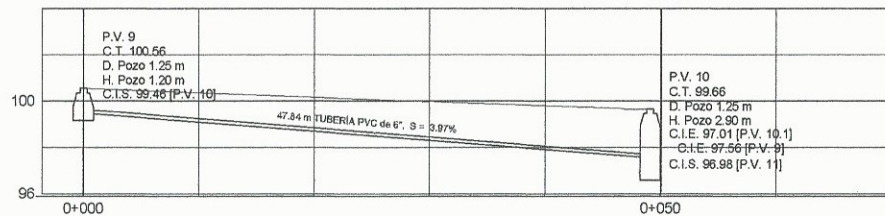
PLANTA DE POZO 10.1 A POZO 6

ESCH. 1:500



PERFIL DE POZO 10.1 A POZO 6

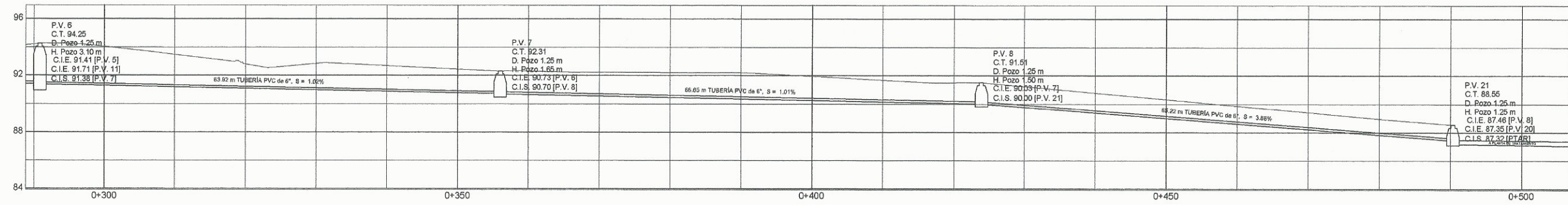
ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PERFIL DE POZO 9 A POZO 10

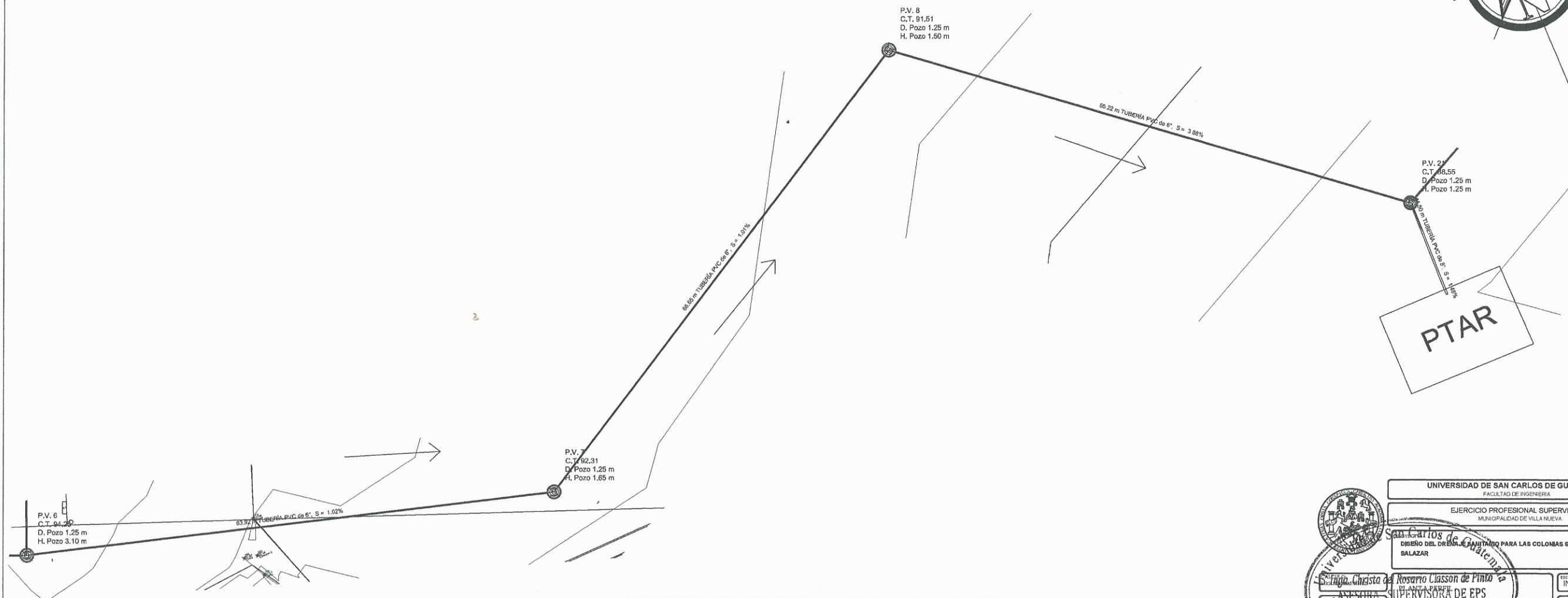
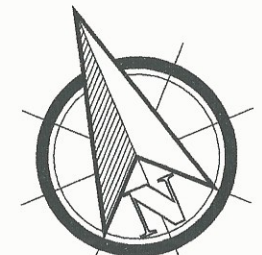
ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR			
 Rosalvo Classon de Pinto INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS		FECHA INDICADA	HORA
 Rosalvo Classon de Pinto INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS		2	05
 Rosalvo Classon de Pinto INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS		FECHA	HORA
 Rosalvo Classon de Pinto INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS		ABRIL 2018	11



PERFIL DE POZO 6 A PTAR

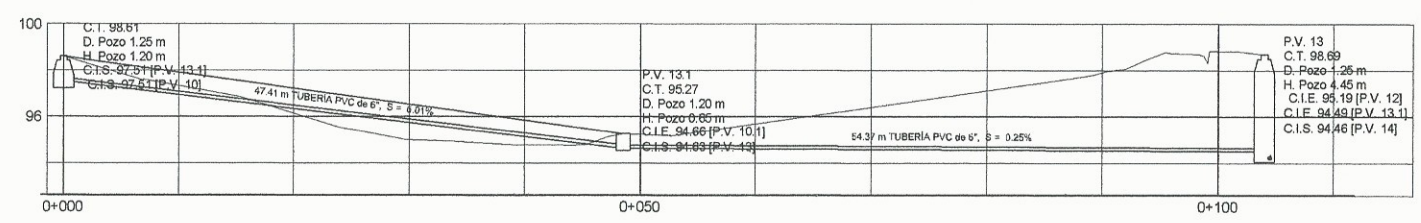
ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PLANTA DE POZO 6 A PTAR

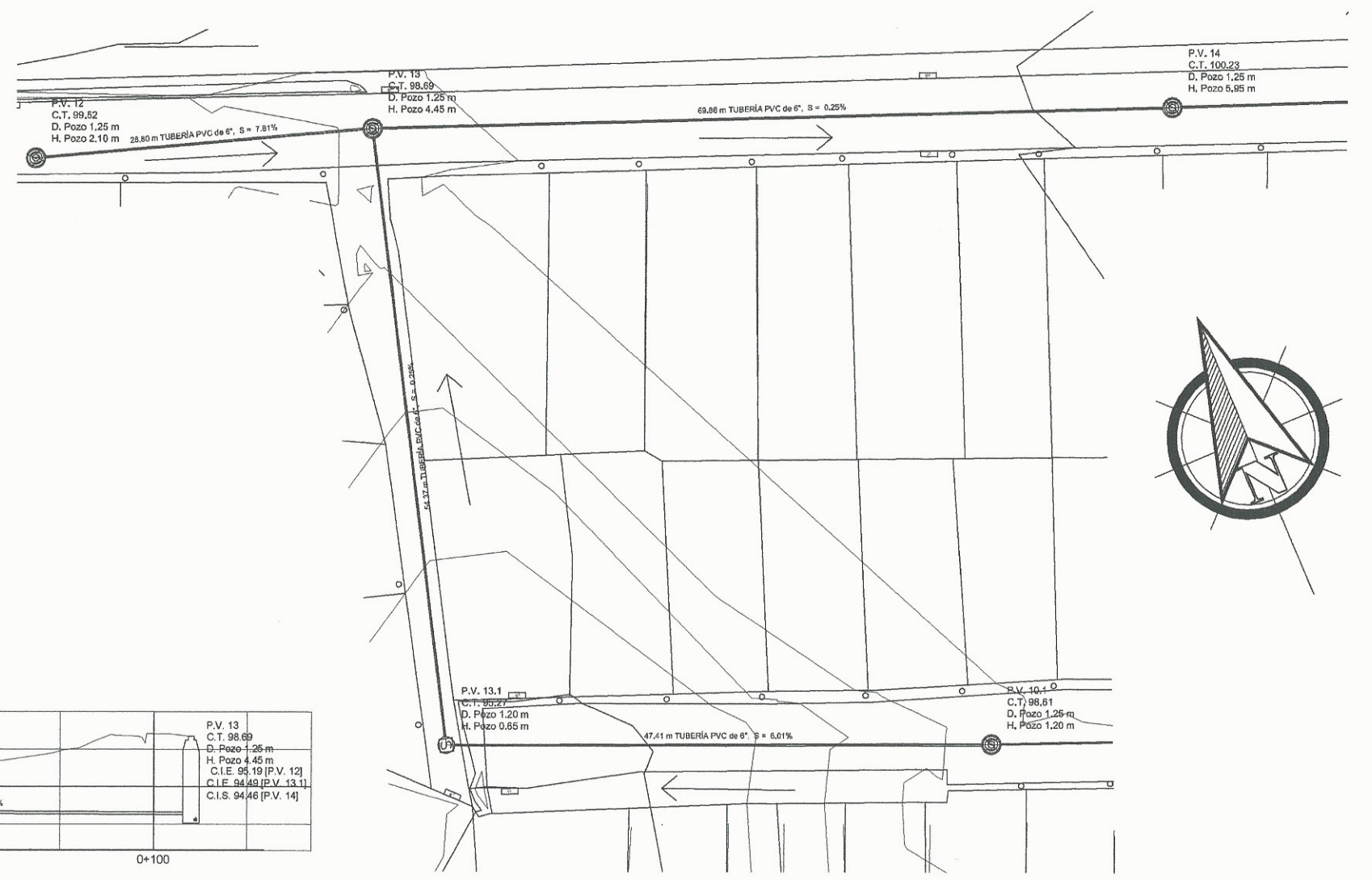
ESC H: 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
San Carlos de Guatemala DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MONICA Y SALAZAR	
	ESCALA INDICADA HOJA 06
ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	FECHA 2 ABRIL 2018
	FECHA 11



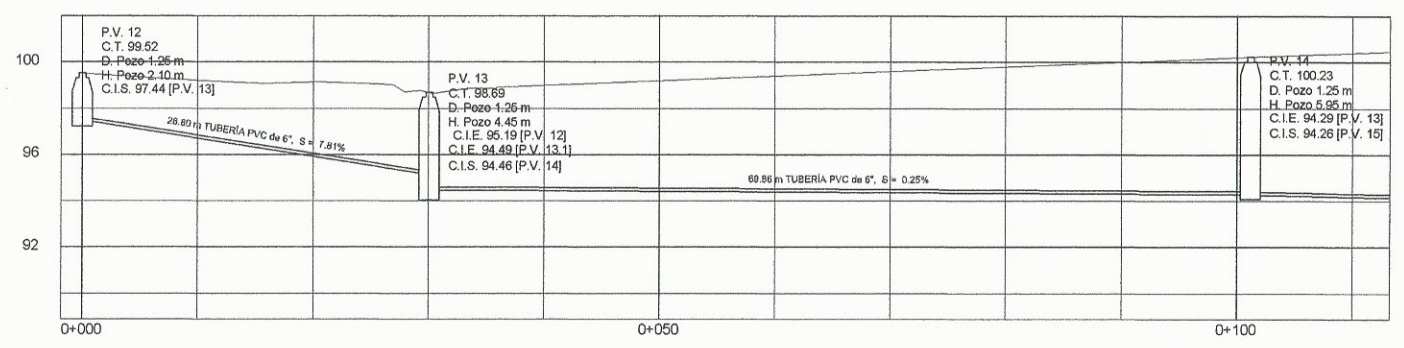
PERFIL DE POZO 12 A POZO 14

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PLANTA DE POZO 12 A POZO 14

ESC H: 1:500



PERFIL DE POZO 10.1 A POZO 13

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: OBRAS DE ABASTECIMIENTO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MONICA Y SALAZAR

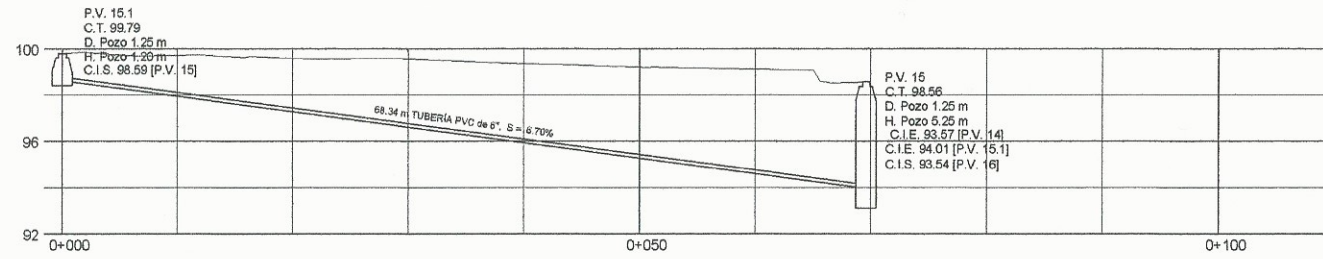
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ROBERTO CLASION DE PINTO
SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

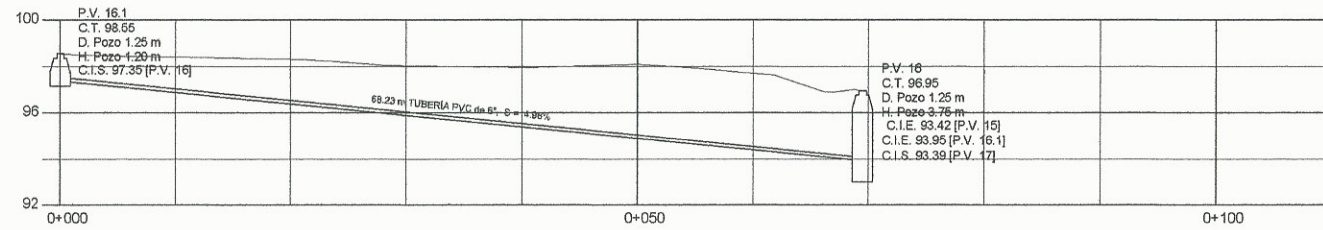
INGENIERO EN INGENIERIA

FECHA INDICADA	1954
SEMA	07
FECHA	11
ABRIL 2018	



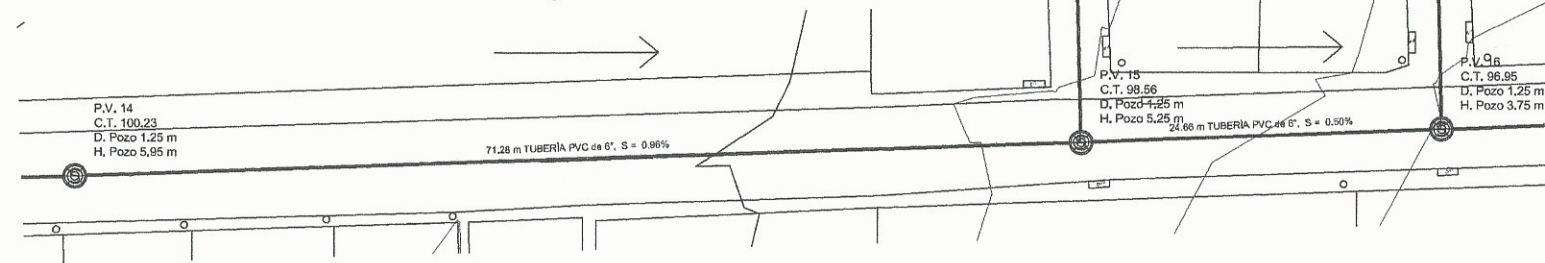
PERFIL DE POZO 15.1 A 15

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



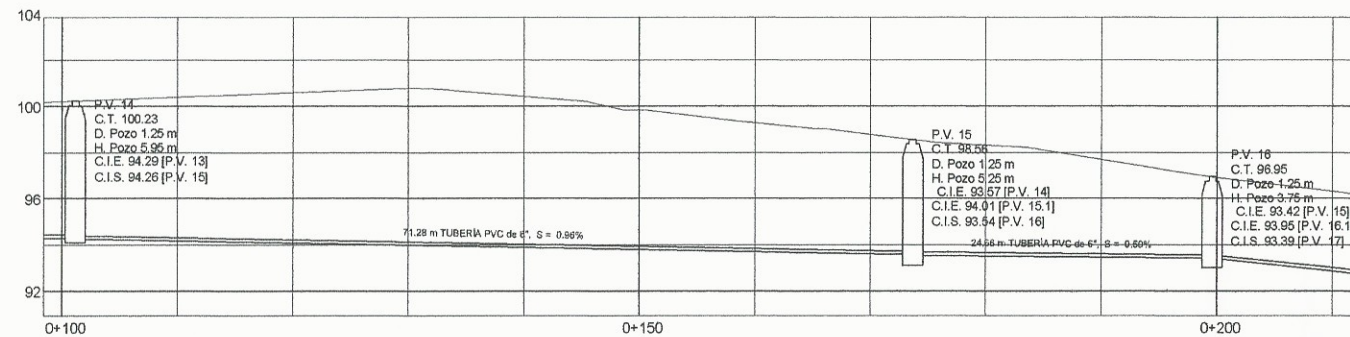
PERFIL DE POZO 16.1 A POZO 16

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



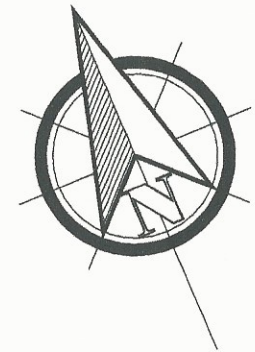
PLANTA DE POZO 14 a pozo 16

ESC H: 1:500



PERFIL DE POZO 14 A POZO 16

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

SISTEMA DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR

GOBIERNO DE GUATEMALA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
RECTORÍA DE INGENIERÍA
MIGUEL ANGEL ARREGORA
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE EPS

GOBIERNO DE GUATEMALA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
RECTORÍA DE INGENIERÍA
MIGUEL ANGEL ARREGORA
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE EPS

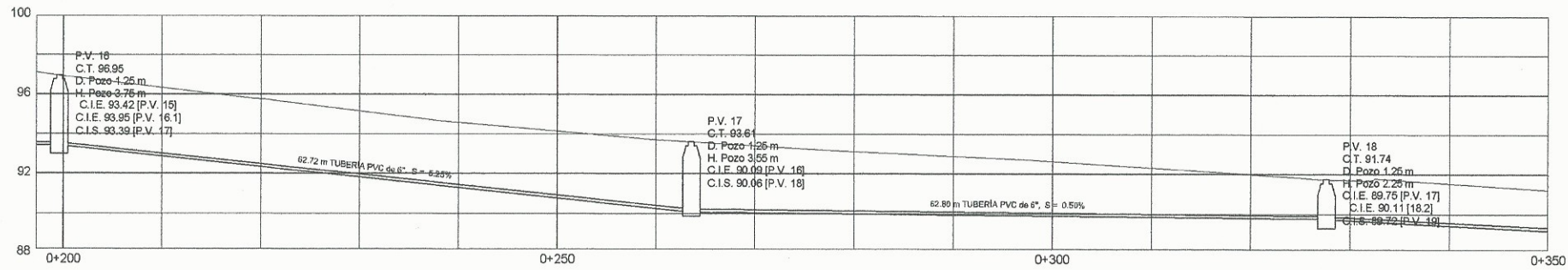
INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
CARLOS DE PINTO
REVISOR A PERIFERÍA

INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
CARLOS DE PINTO
REVISOR A PERIFERÍA

INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
CARLOS DE PINTO
REVISOR A PERIFERÍA

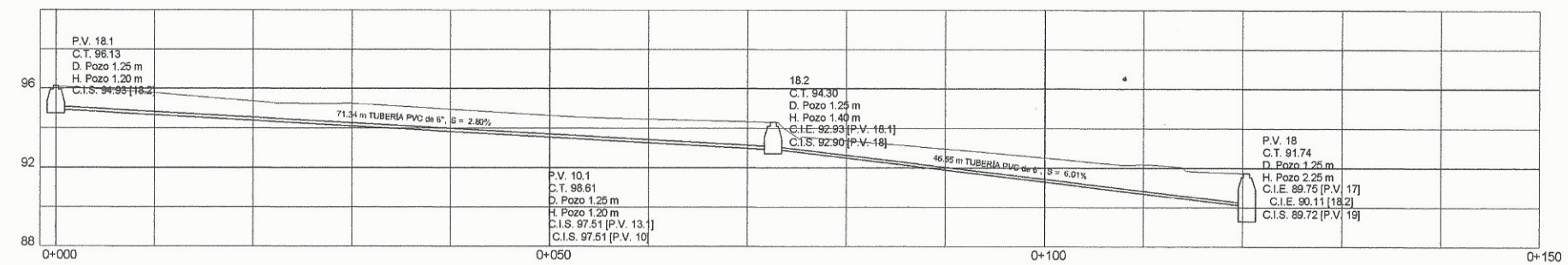
INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
CARLOS DE PINTO
REVISOR A PERIFERÍA

TÍTULO INDICADA
CARRERA 08
CARRERA 2
FECHA ABRIL 2018
HOJA 11



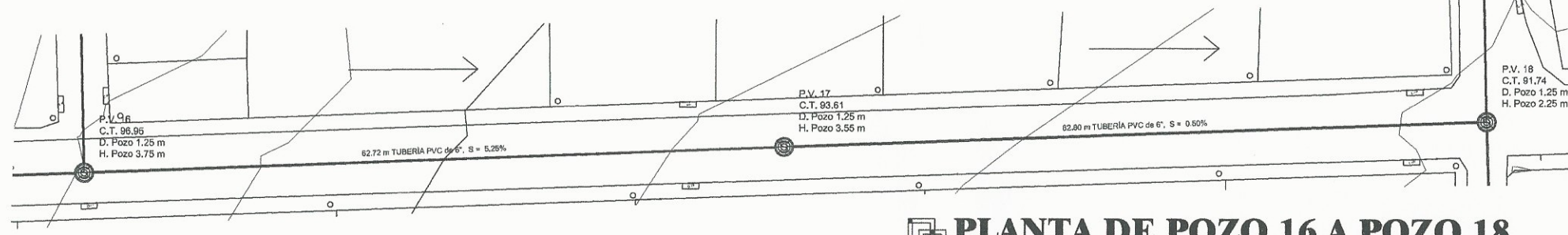
PLANTA DE POZO 16 A 18

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



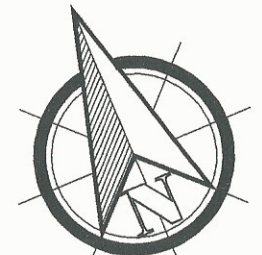
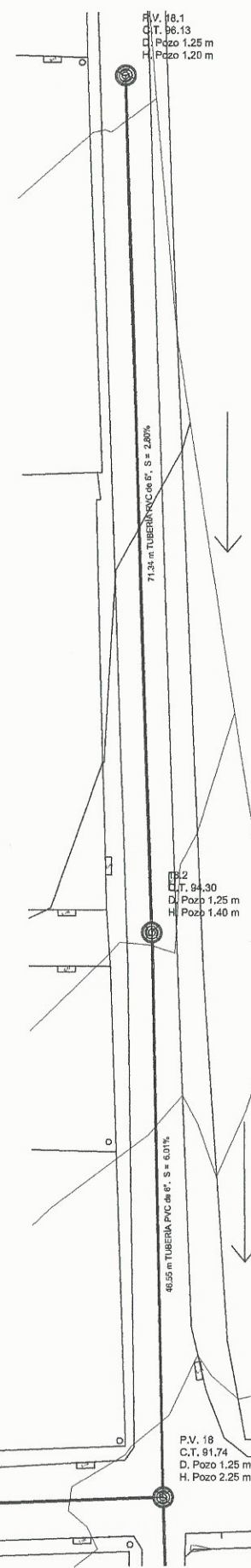
PLANTA DE POZO 18.1 A 18

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

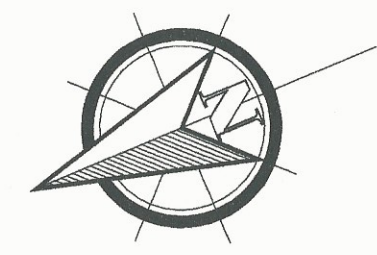
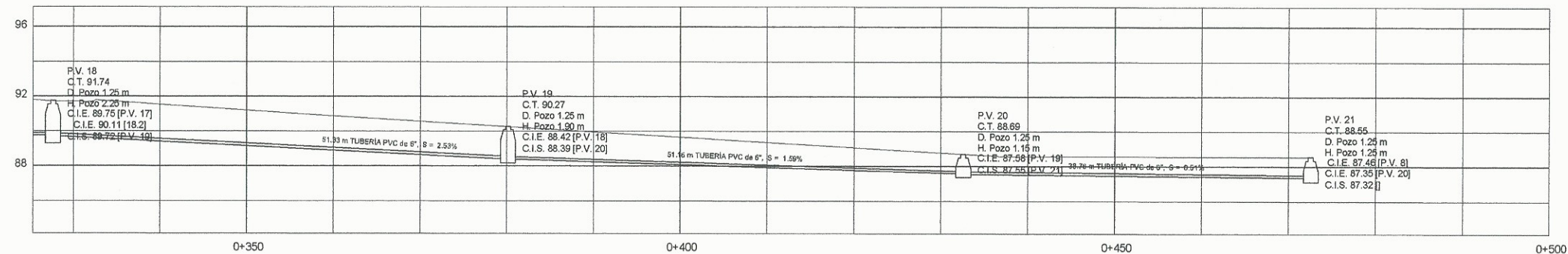


PLANTA DE POZO 16 A POZO 18

ESC H: 1:500

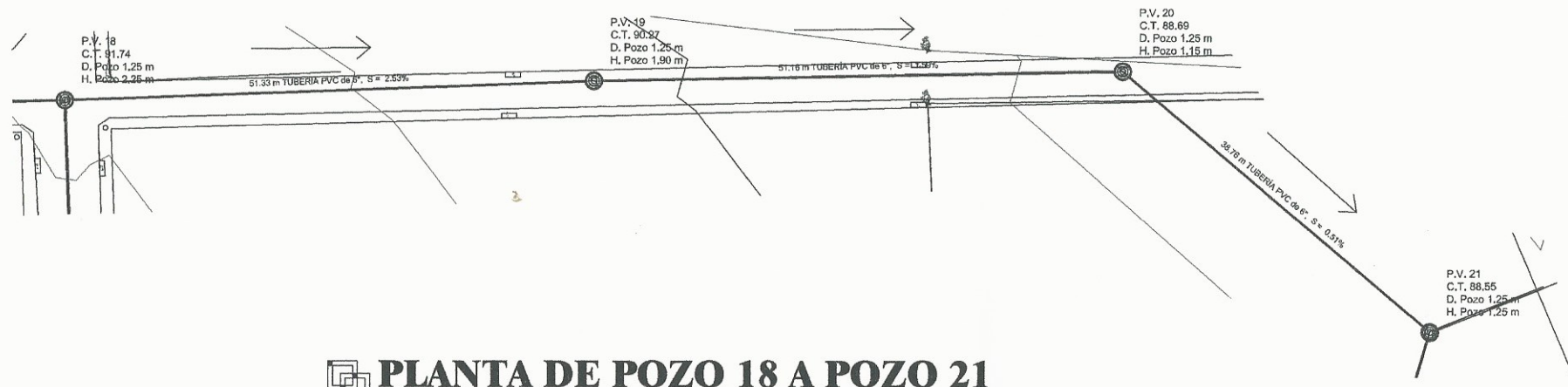


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: OBRAS DE REFORMA DEL SERVICIO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR			
AUTORIZADO: ING. ROBERTO MARTÍNEZ		CONTRATADO: ING. CRISTINA CLAYSON DE PINTO	
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA - SUPERVISORA DE EPS		FECHA INDICADA	HOJA
ING. CRISTINA CLAYSON DE PINTO		2	09
ING. ROBERTO MARTÍNEZ "ALLENTE"		FECHA	HOJA
CARNET: 2011-12955		ABRIL 2016	11



PERFIL DE POZO 12 A POZO 21

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PLANTA DE POZO 18 A POZO 21

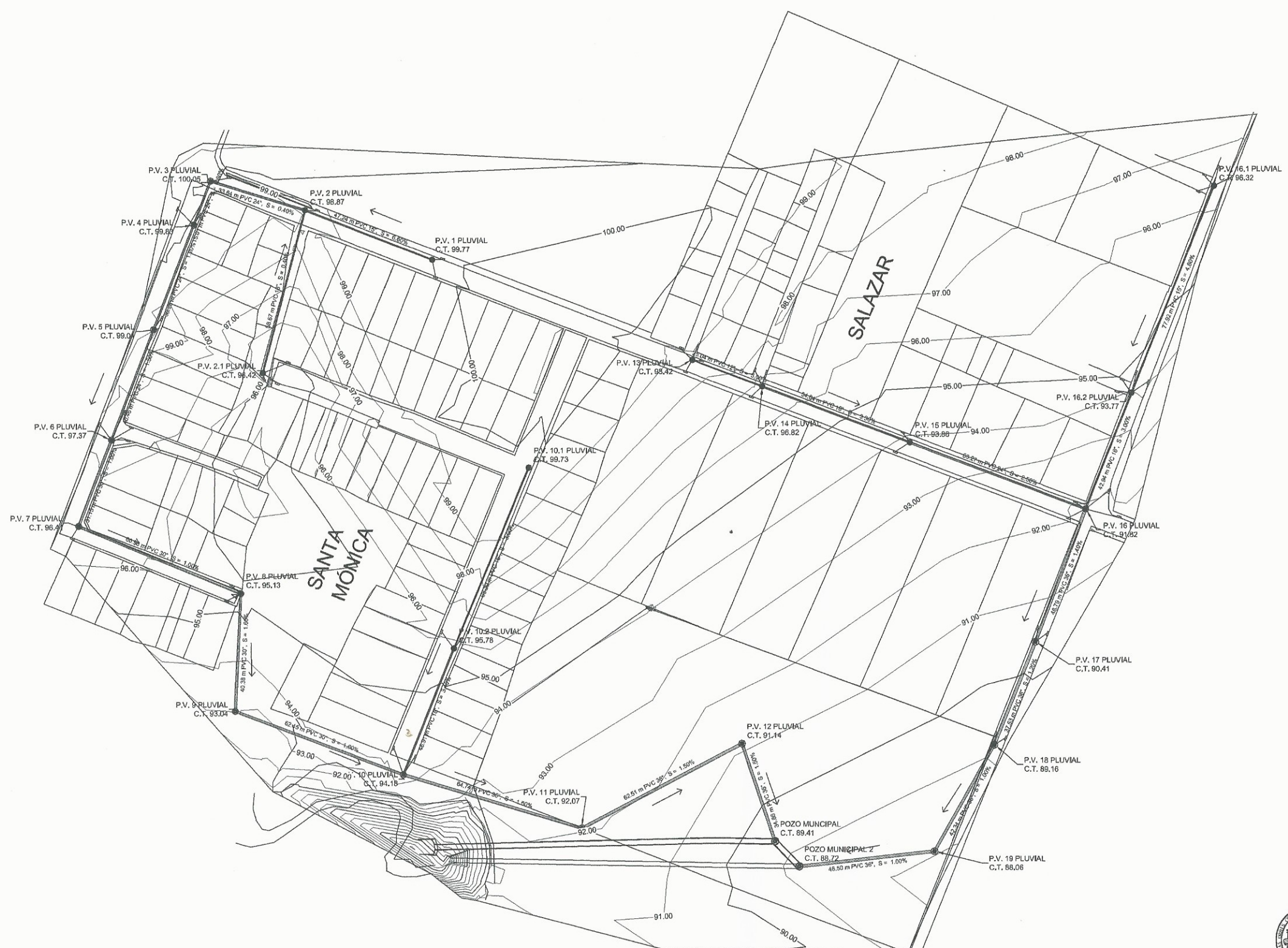
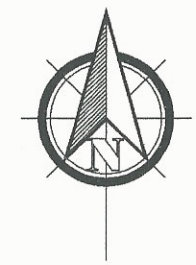
ESC H: 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLANUEVA			
OBJETO: DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SANTA ANA			
INGENIERO EN CARGO: ING. CRISTINA CLASÓN DE PINTO	INGENIERO EN CARGO: ING. ANSELMO MARTÍNEZ "ALIENTE"	FECHA: INDICADA	HORA: 10
INGENIERO EN CARGO: ING. CRISTINA CLASÓN DE PINTO	INGENIERO EN CARGO: ING. ANSELMO MARTÍNEZ "ALIENTE"	FECHA: 2	HORA: 11
INGENIERO EN CARGO: ING. CRISTINA CLASÓN DE PINTO		FECHA: ABRIL 2018	HORA: 11

Apéndice 6. **Planos del diseño de drenaje pluvial para las colonias Santa Mónica y Salazar**

- Plano 1: planta general drenaje pluvial.
- Planos del 2 al 8: planos de planta perfil.
- Planos del 9 al 10: detalles generales.

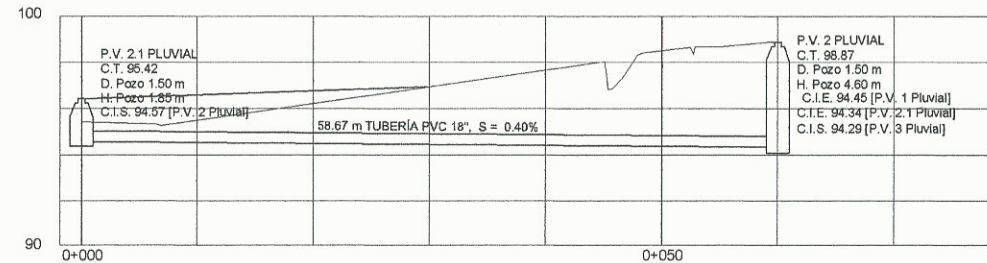
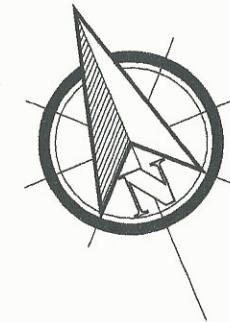
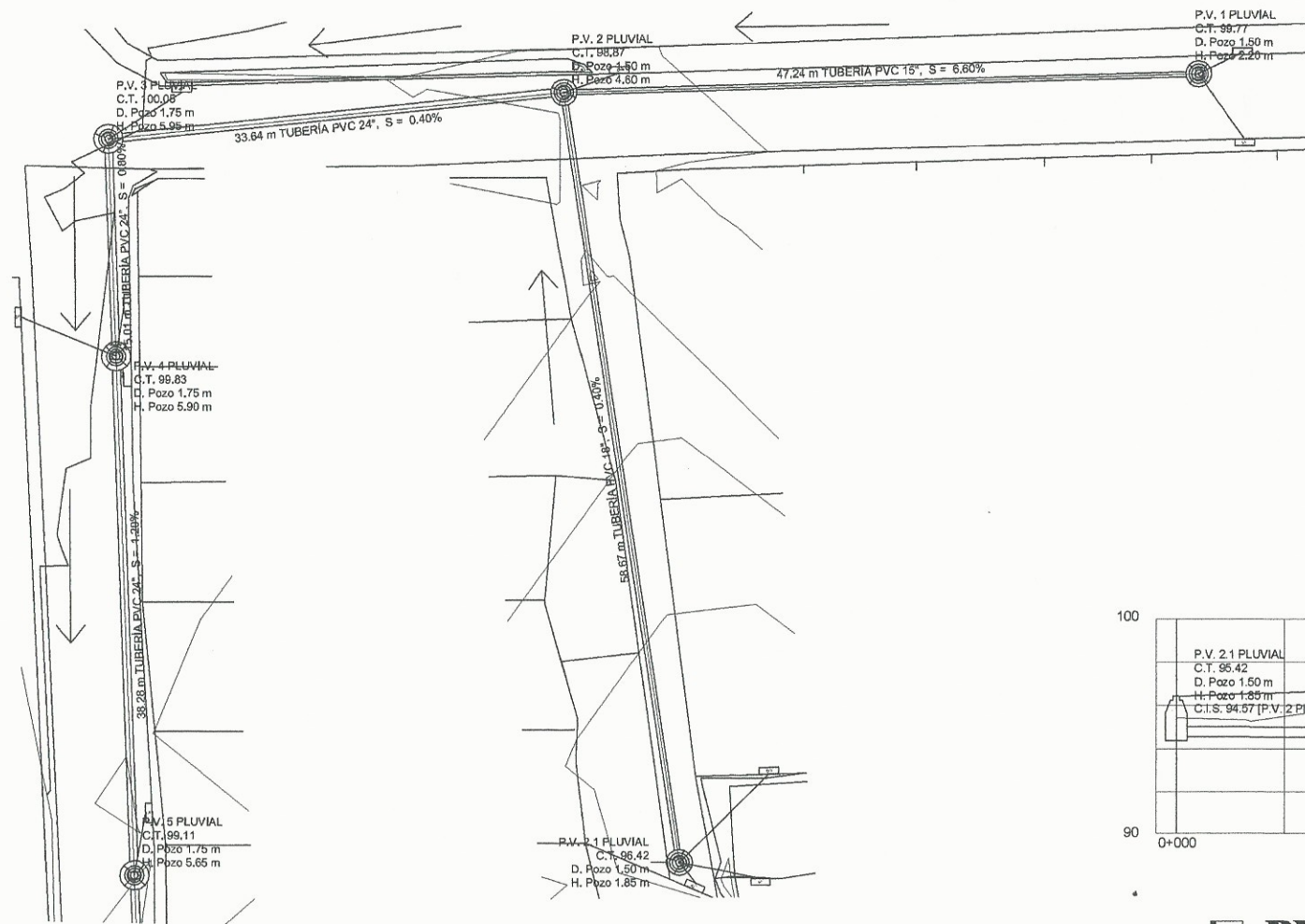
Fuente: elaboracion propia.



PLANTA GENERAL DRENAJE PLUVIAL

ESCH: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR	
 Inga. Carlos Rosario Pineda ASESOR SUPERVISOR Unidad Ejecutiva de Ingeniería y EPS	PLANTA GENERAL DRENAJE PLUVIAL PERSONA DE EPS
FECHA INDICADA 2	HORA 01
FECHA ABRIL 2018	HORA 10

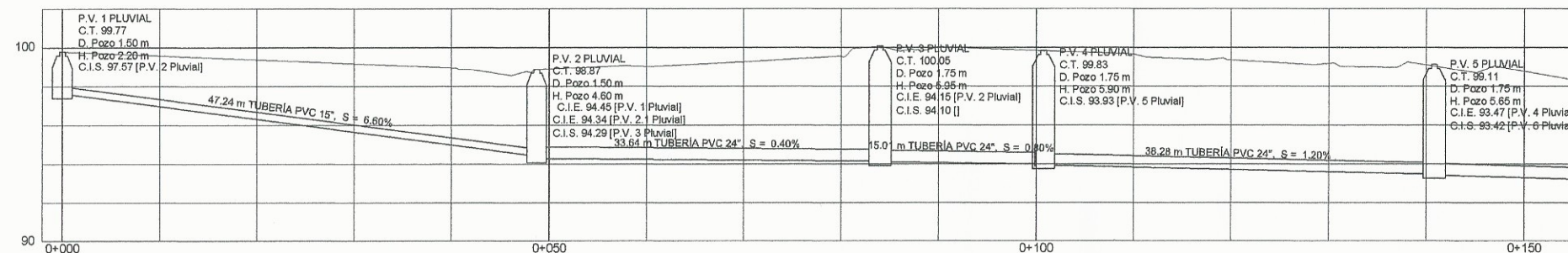


PERFIL DE POZO 2.1 A POZO 2

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

PLANTA DE POZO 1 A POZO 5

ESC H: 1:250



PERFIL DE POZO 1 A POZO 5

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

San Carlos de Guatemala
DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR.

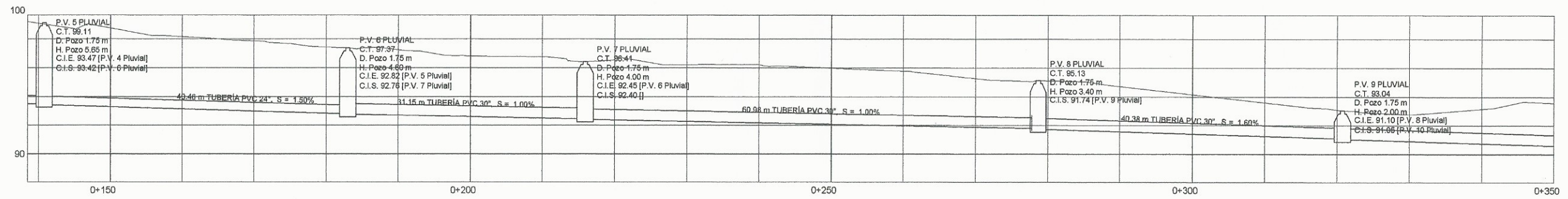
ING. CRISTINA ROSARIO CLASSON DE PINTO
INGENIERA SUPERVISORA DE EPS
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS

ING. ROSARIO CLASSON DE PINTO
INGENIERA SUPERVISORA DE EPS
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS

FECHA INDICADA: 2
HOJA: 02

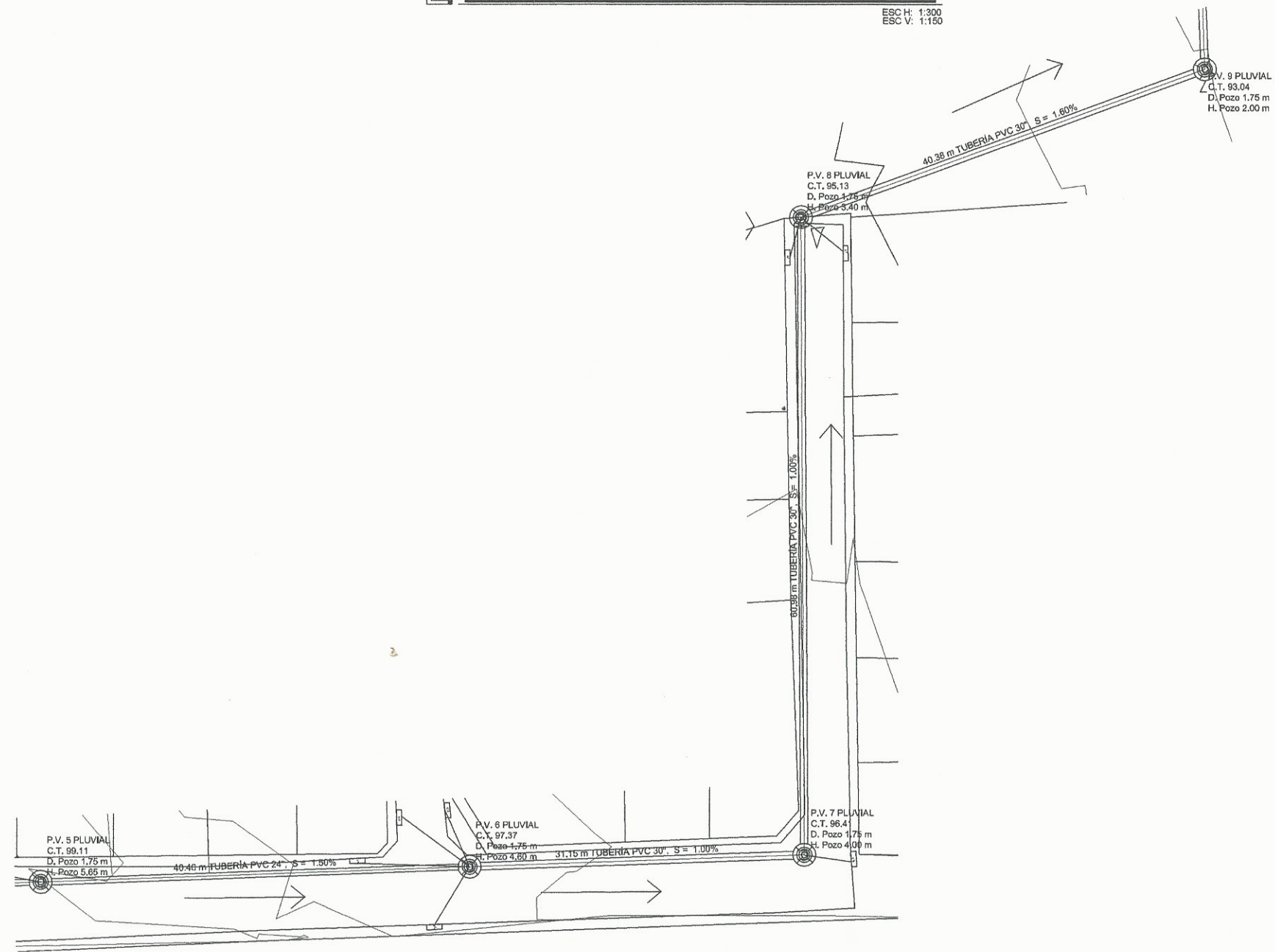
FECHA: ABRIL 2018
HOJA: 10

INGENIERO MARCELO MARTÍNEZ "ALLENTE"
CARNET: 2011-13936



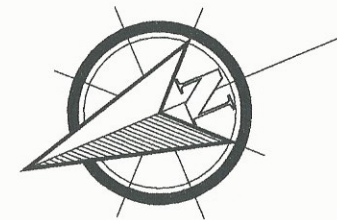
PERFIL DE POZO 5 A POZO 9

ESC H: 1:300
ESC V: 1:100



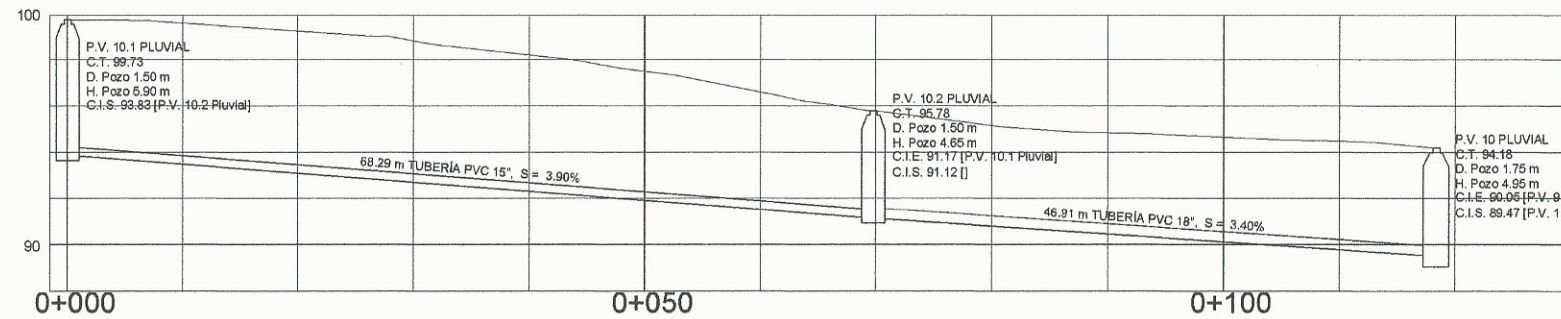
PLANTA DE POZO 5 A POZO 9

ESC H: 1:250



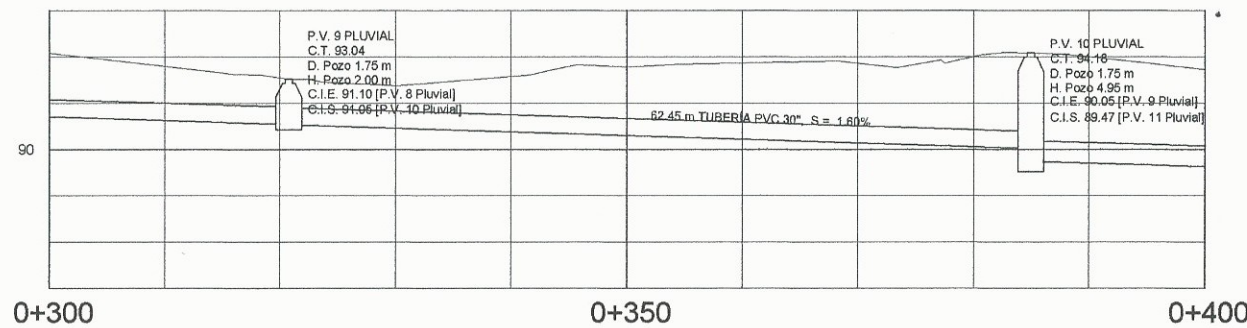
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
San Carlos de Guatemala EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO CALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y			
SALAZAR del Rosario Classon de Pinto			
INGENIERIA ASESORA SUPERVISORA DE EPS PLANTA DE INGENIERIA Y EPS			
INDICADA	FECHA	HORA	
2	2018	03	
FECHA	HORA		
ABRIL 2018	10		

INGA, ORFISTA CLASSON DE PINTO
INGA, ANJEL MARTINEZ "ALIENTE"
CARNET: 2011-1935



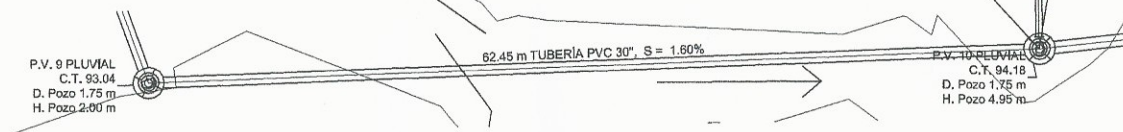
PERFIL DE POZO 10.1 A 10

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



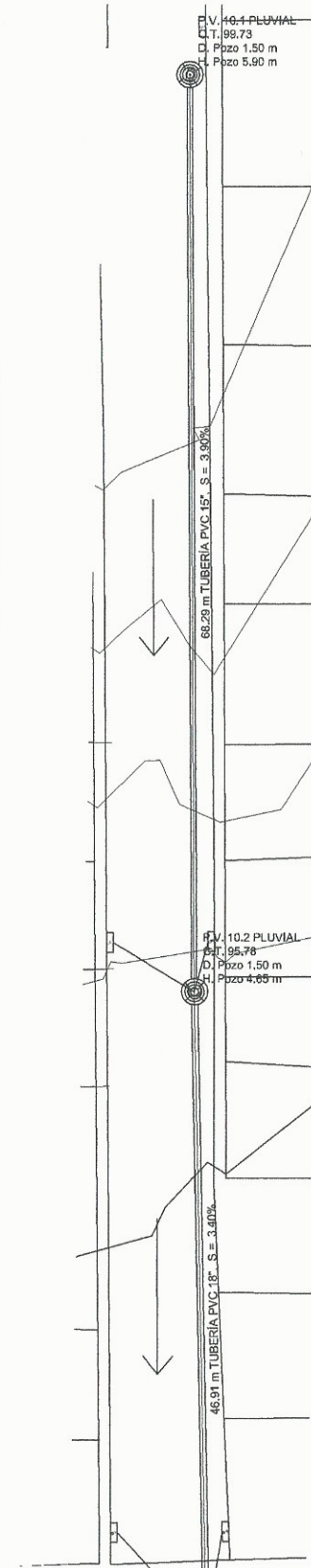
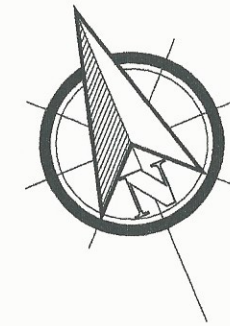
PERFIL DE POZO 9 A POZO 10

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

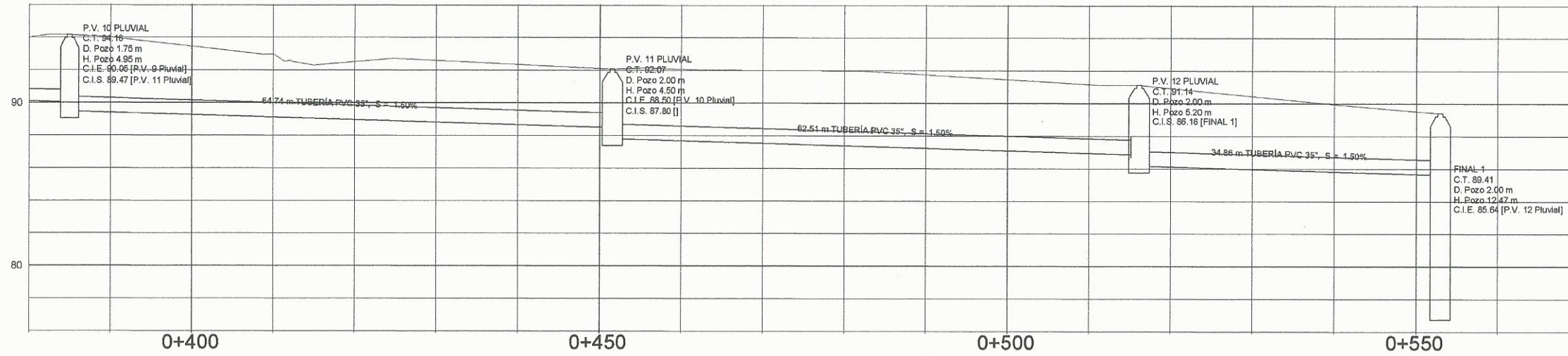


PLANTA DE POZO 9 A POZO 10

ESC H: 1:250

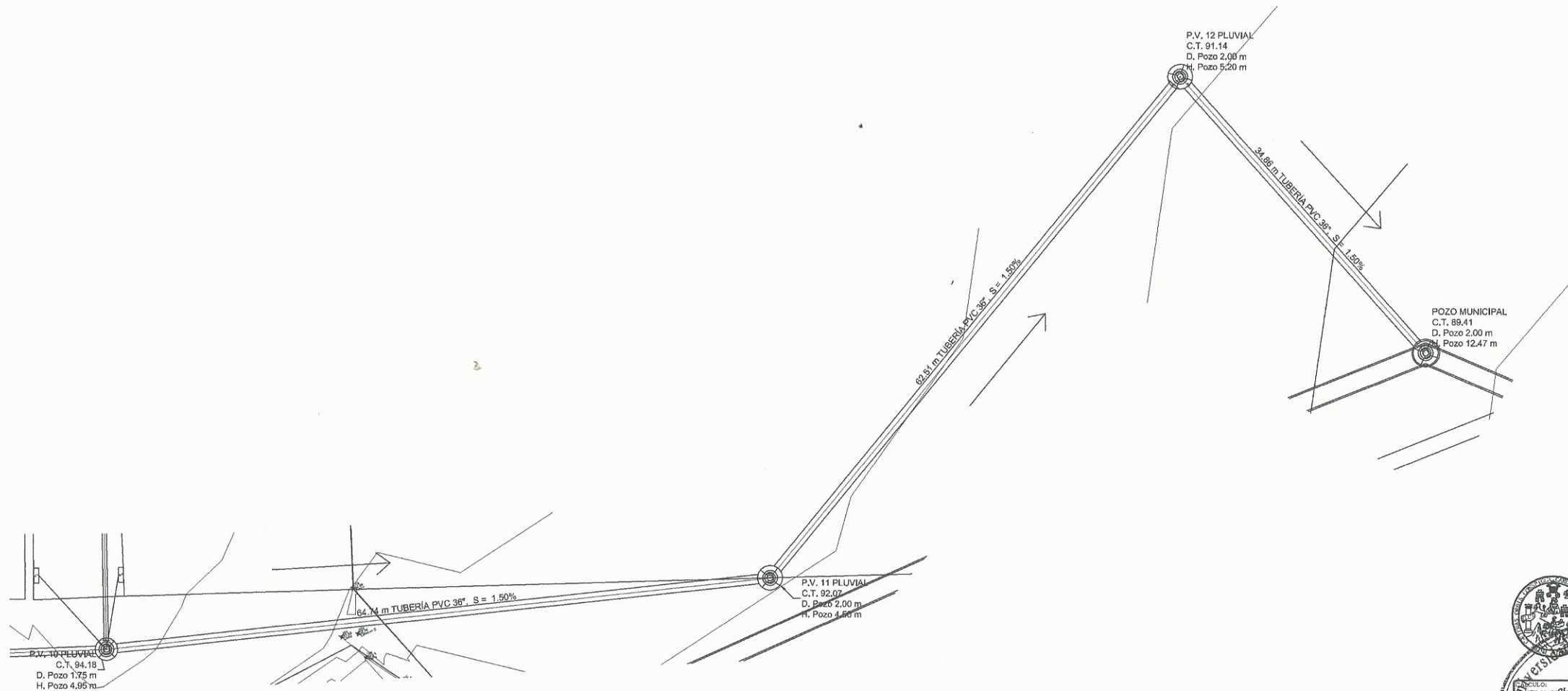
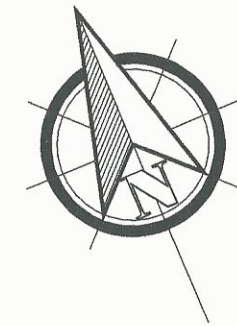


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
PROYECTO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR.			
ING. CRISTINA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO INGENIERA SUBSISTEMAS DE EPS UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS			
ESCALA INDICADA	HOJA		
2	04		
FECHA	HOJA		
ABRIL 2018	10		
ING. CRISTINA CLASSON DE PINTO		ING. MIGUEL ANGELO MARTINEZ YALIENTE CARNET: 2011-13035	



PERFIL DE POZO 9 A POZO 10

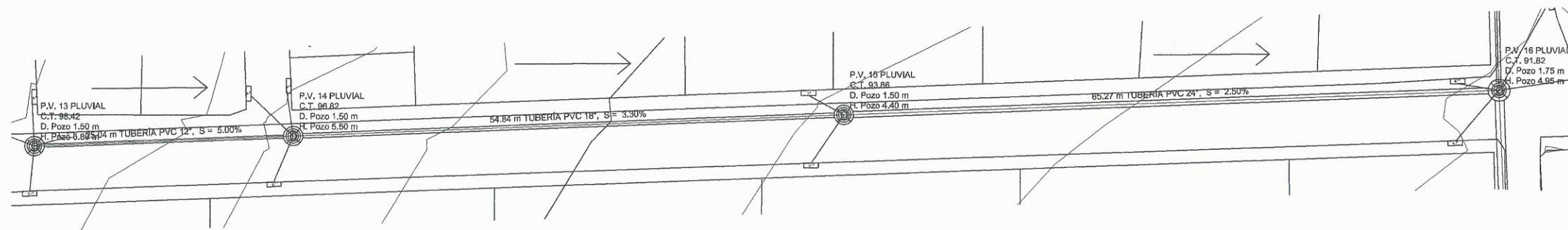
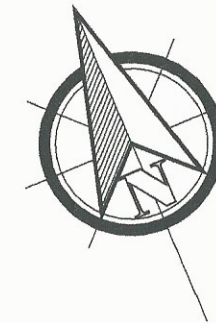
ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PLANTA DE POZO 10 A POZO MUNICIPAL

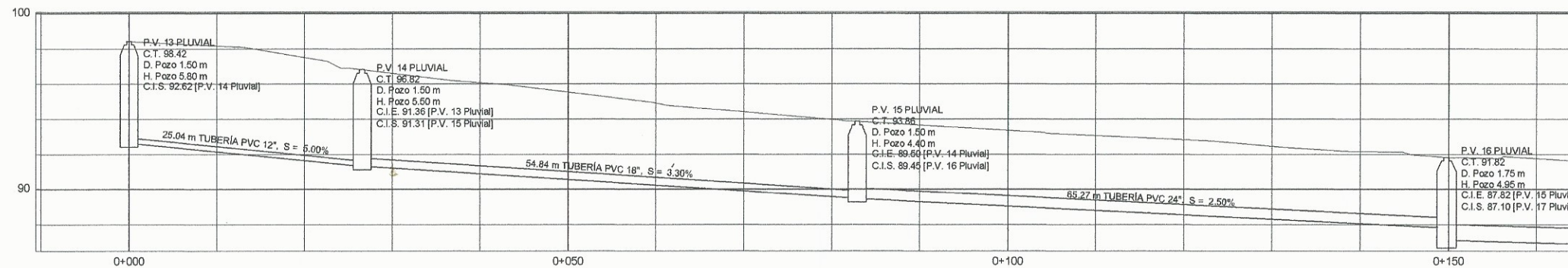
ESC H: 1:250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
San Carlos de Guatemala DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MONICA Y SALAZAR.			
PROYECTO: Ingeniero: Christina	ESCALA INDICADA 2	HOJA: 05	
ASESORA: Ingeniero: Classon de Pinto	ESCALA INDICADA 2	HOJA: 10	
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS Ingeniero: MARTINEZ VALIENTE	ESCALA INDICADA 2	HOJA: 10	



PLANTA DE POZO 13 A POZO 16

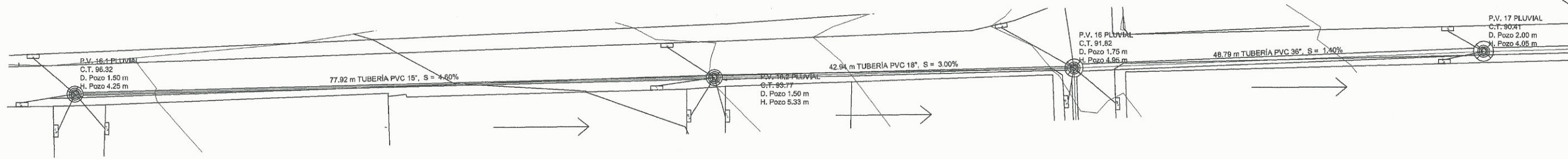
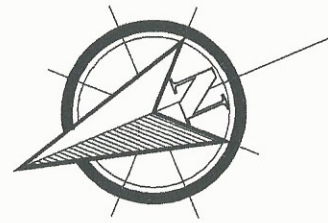
ESCH: 1:250



PERFIL DE POZO 13 A 16

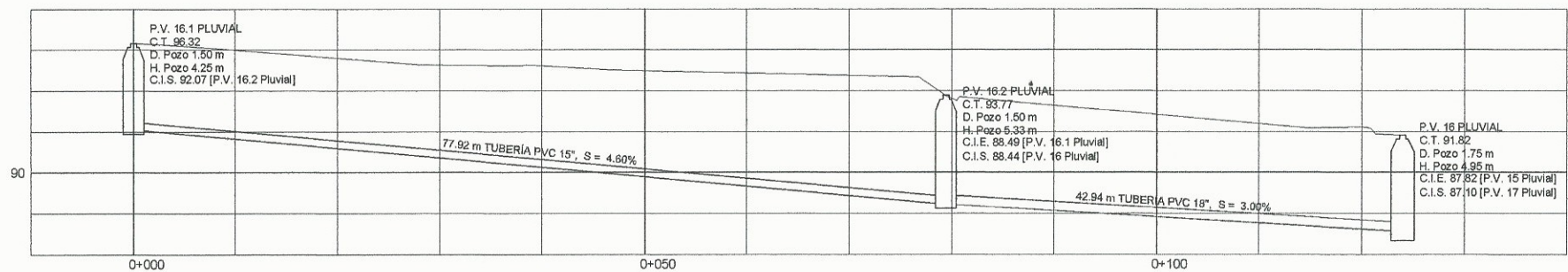
ESCH: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
SISTEMA DE COLECCION DE AGUA PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MONICA Y SALAZAR.			
 ROSA MARIA CLASSON DE PINTO SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	DIRECTORA MIGUEL MARTINEZ	ESCALA INDICADA 2	HOJA 06
INGRESO A LA PRACTICA DE INGENIERIA MARTINEZ "ALLENTE" INGENIERO EN INGENIERIA INGRESO: 2011-1995		FECHA ABRIL 2018	HOJA 10



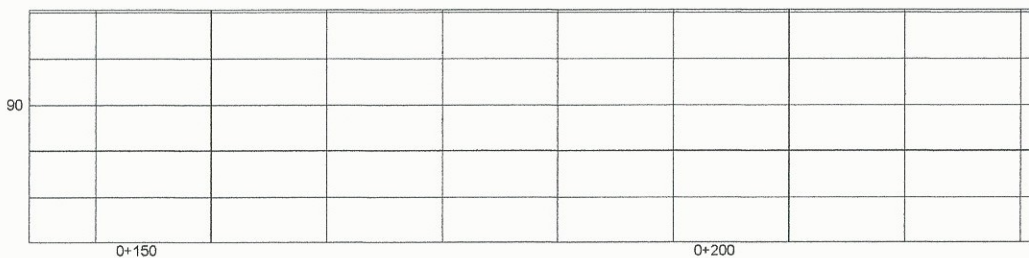
PLANTA DE POZO 16 A POZO 17

ESC H: 1:250



PERFIL DE POZO 16.1 A POZO 16

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150



PERFIL DE POZO 16 A POZO 17

ESC H: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

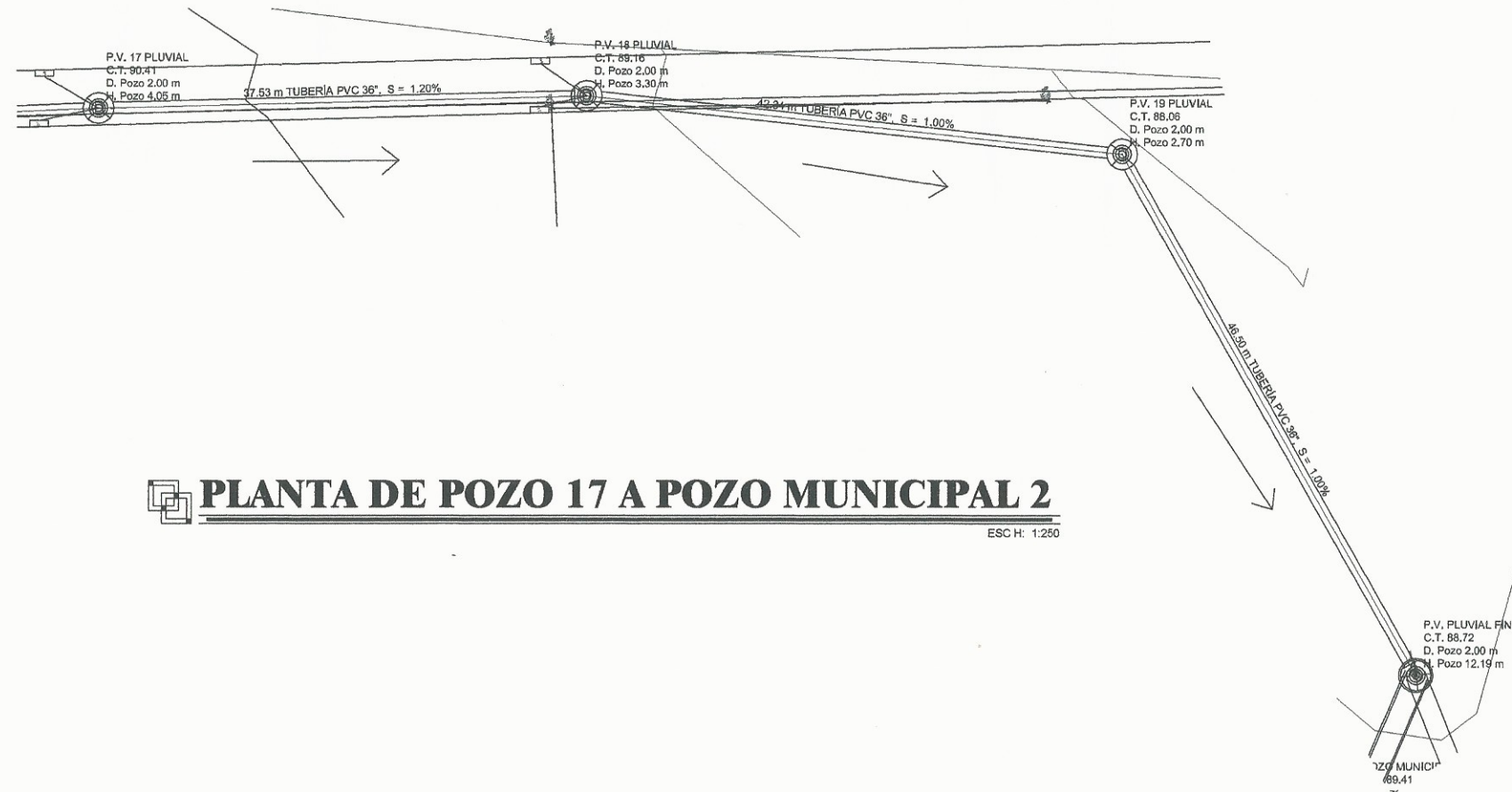
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

San Carlos de Guatemala
DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR.

del Rosario Closson de Parra
SUPERVISORA DE EPS

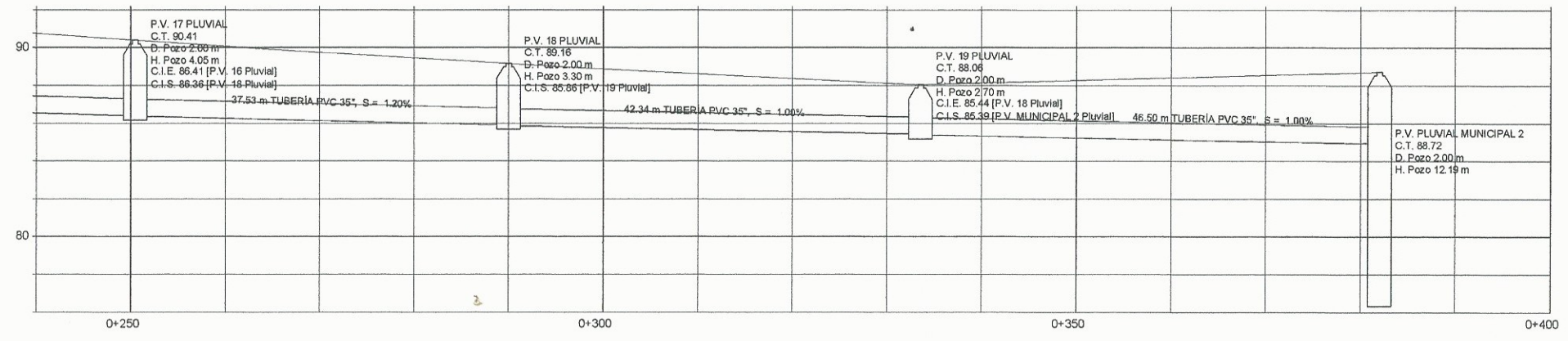
ING. CHRISTOPHER MARTINEZ YALIENTE
CARNET: 2011-13215

ESCALA INDICADA	HOJA
2	07
FECHA	HOJA
ABRIL 2018	10



PLANTA DE POZO 17 A POZO MUNICIPAL 2

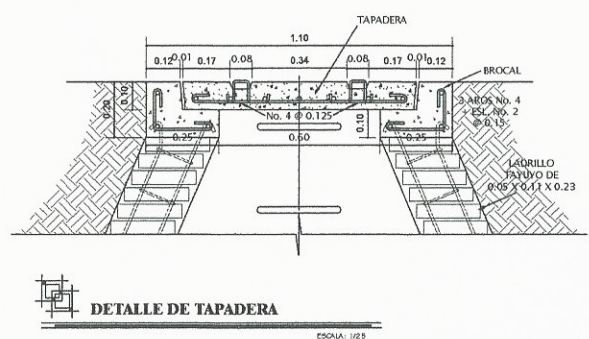
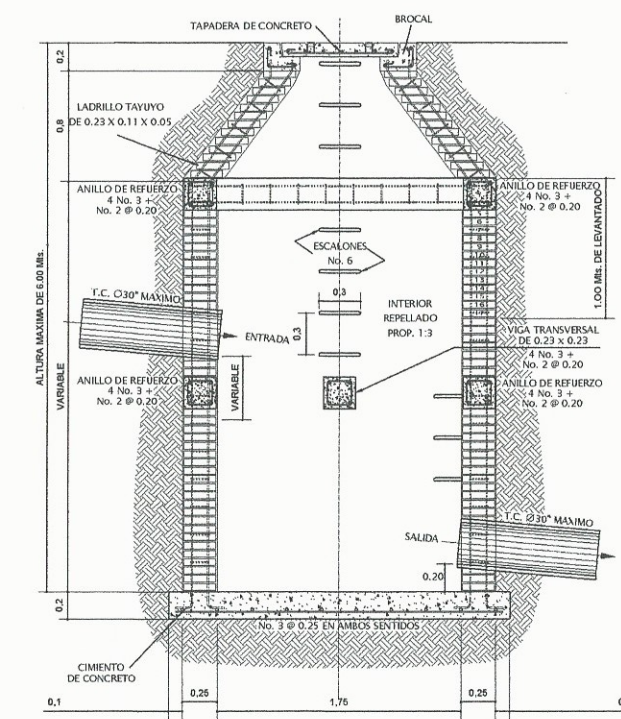
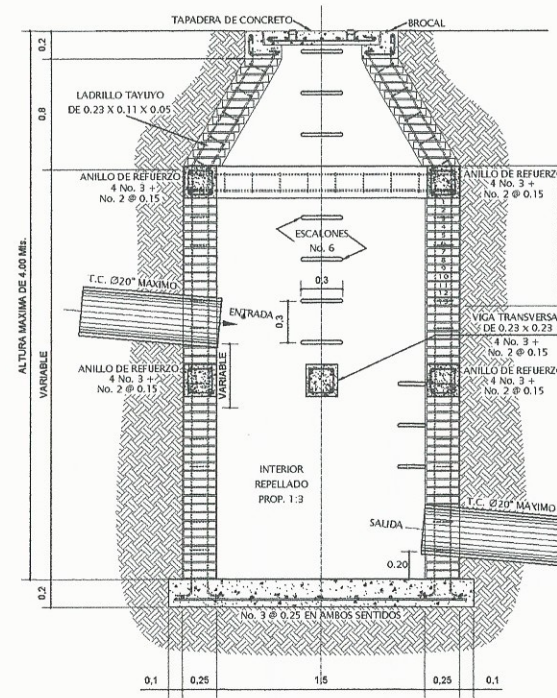
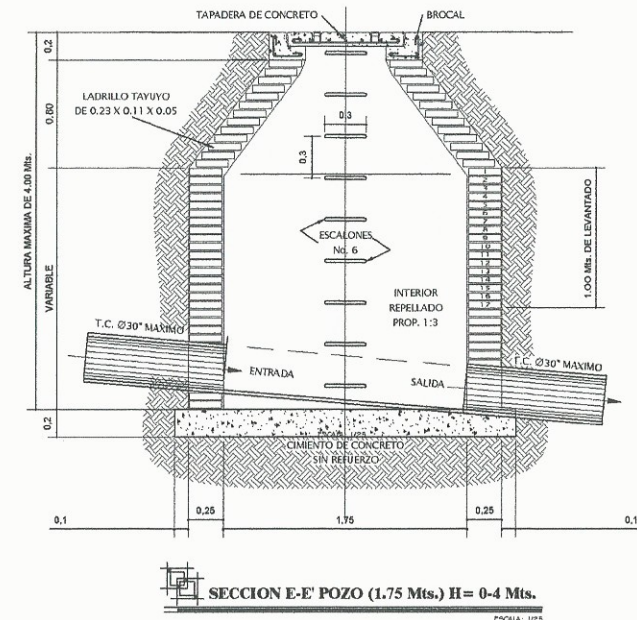
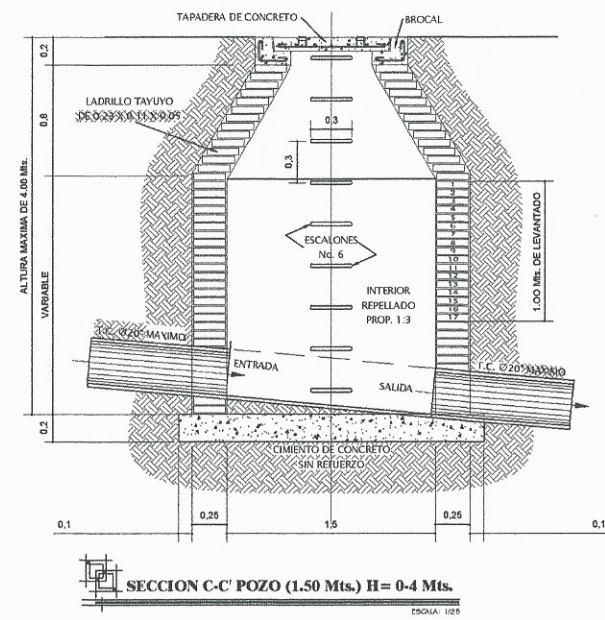
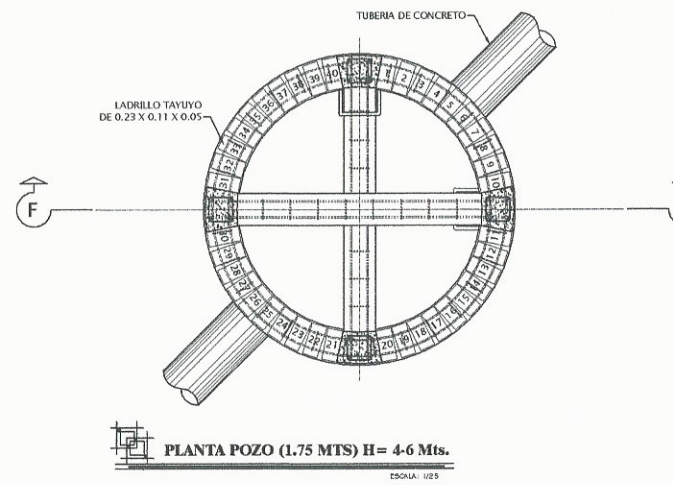
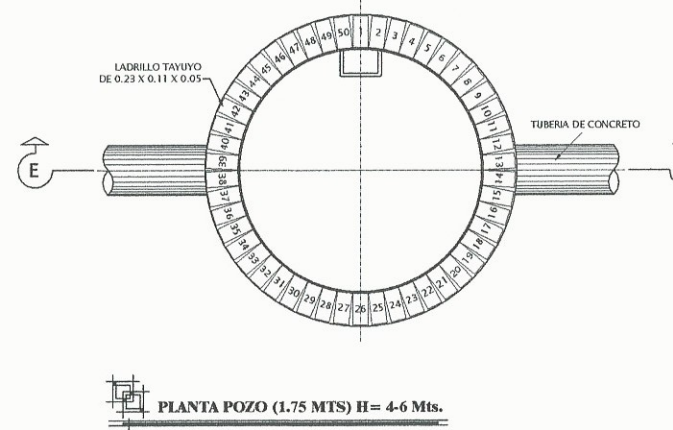
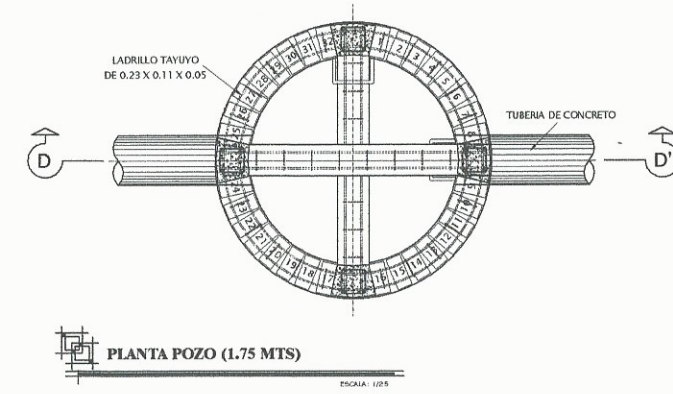
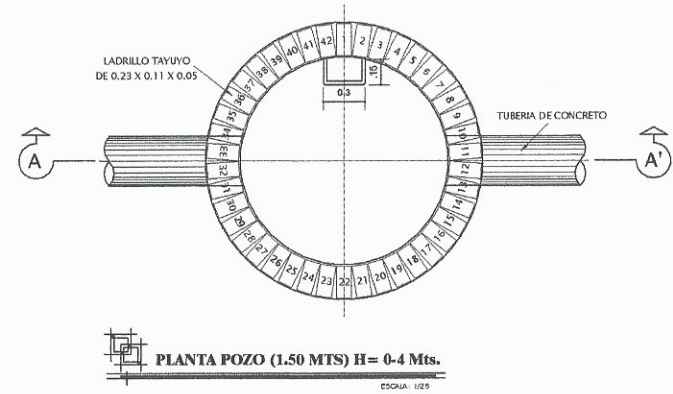
ESCH: 1:250



PERFIL DE POZO 17 A POZO MUNICIPAL 2

ESCH: 1:300
ESC V: 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
DISEÑO DE SERVIDOR PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR.			
		CARLOS DE PINTO ROS INGENIERO EN INGENIERIA DE EPS SUPERVISORA DE EPS	
ESCALA INDICADA	HOJA	FECHA	HOJA
2	08	ABRIL 2016	10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
UNIVERSIDAD DE VILLA NUEVA

San Carlos de Guatemala

PROYECTO: DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y SALAZAR.

PROFESOR: Ing. Christian Classon de Pinto

CONSEJERO SUPERVISOR DE EPS: Ing. Adolfo Martínez

ASISTENTE GENERAL DE EPS: Ing. Prácticas de Ingeniería

MODELO: Unidad de Prácticas de Ingeniería

ESCALA: INDICADA

HOJA: 09

FECHA: 2

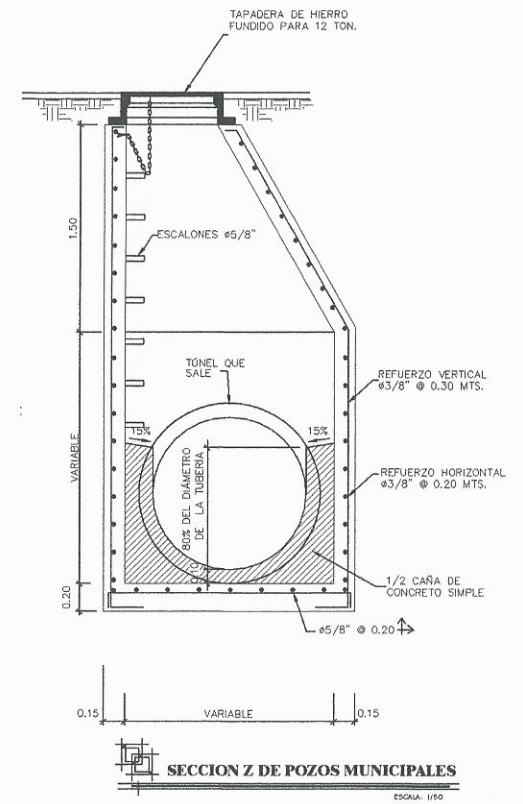
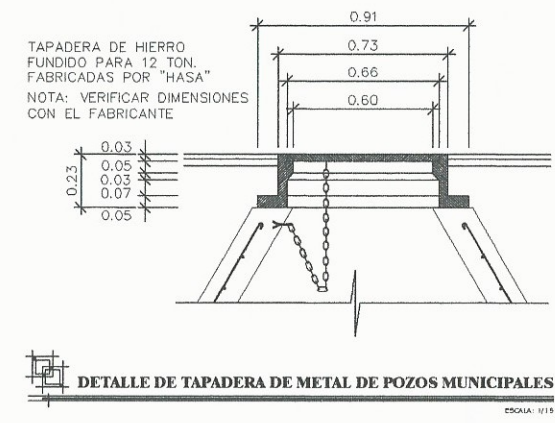
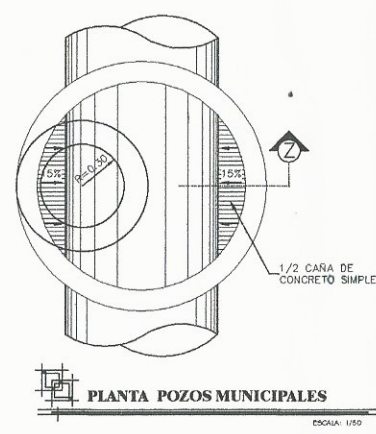
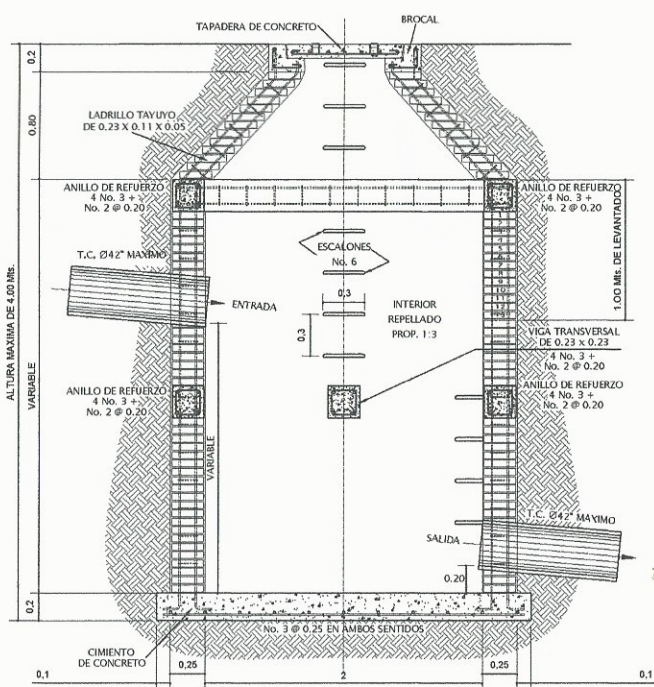
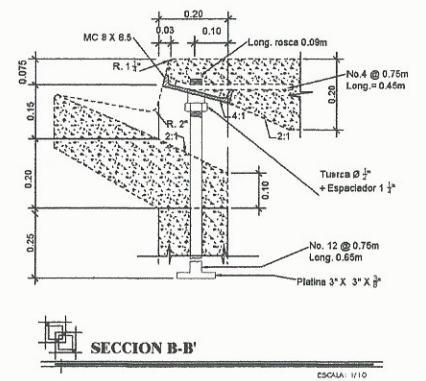
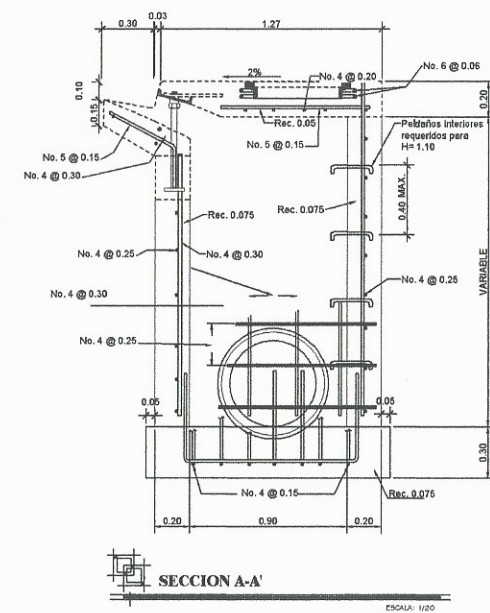
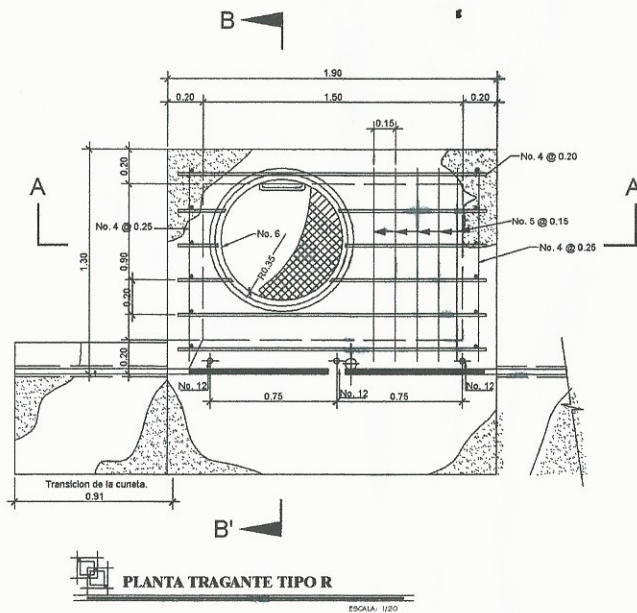
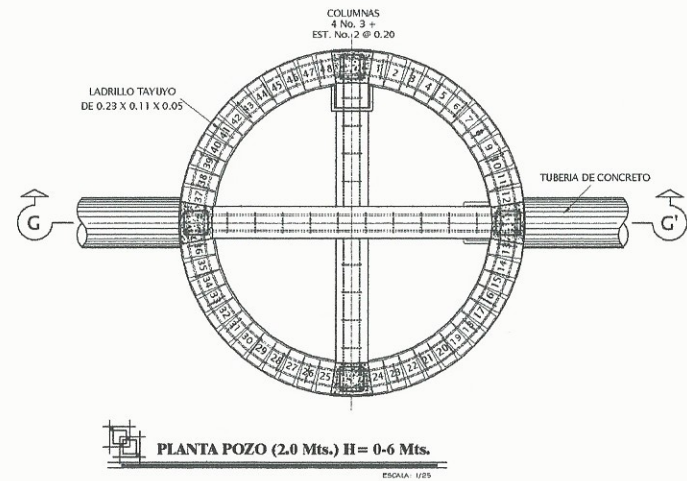
FECHA: ABRIL 2016

HOJA: 10

ING. CRISTINA CLASSON DE PINTO

ING. MICHEL ANGELO MARTÍNEZ VALIENTE

CARNET: 2011-10955



SECCION C-C POZO (1.50 Mts.) H= 0-4 Mts. ESCALA: 1:25

DIÁMETROS INTERNOS DE POZOS	
DIÁMETRO DE TUBERIA AFLUENTE MAYOR.	DIÁMETRO
TÚNEL 1.10 M	2.00 Mts.
TÚNEL 1.80 M	2.50 Mts.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:
DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL PARA LAS COLONIAS SANTA MÓNICA Y BALAZAR.

INGENIERO: Carlos de Guatimala
INGENIERO: Carlos de Guatimala
INGENIERO: Carlos de Guatimala

ESCALA INDICADA: 2
FOJA: 10

FECHA: ABRIL 2016
FOJA: 10

INGENIERO: ANGELO MARTINEZ VALIENTE
CARNET: 2011-13926

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de límites de Atterberg

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

INFORME No. 563 S.S. O.T.: 35,423 No. **4788**

Interesado: Miguel Angel Martinez Valiente

Proyecto: EPS "Diseño del Tramo Carretero del Kilómetro 17.5 Carretera CA-9 Sur al Centro de Bárcenas y un Sistema de Drenaje Sanitario y Pluvial para las Colonias Santa Monica y Salazar, Villa Nueva, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Villa Nueva, Guatemala

FECHA: martes, 03 de noviembre de 2015

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	30.6	11.2	CL	Arcilla Arenosa Color Café

(*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

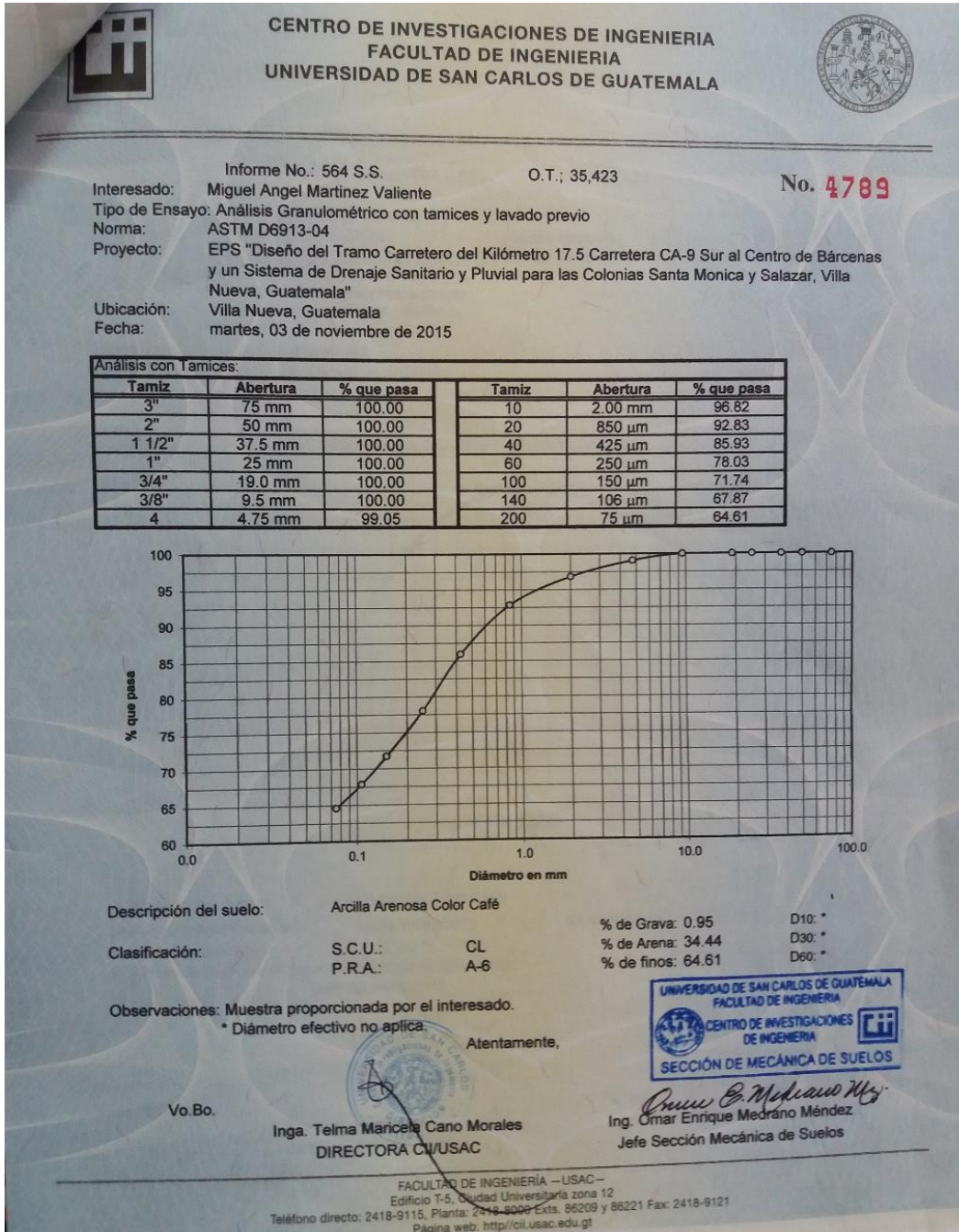

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Canio Morales
DIRECTORA CI/USAC


Ing. Omar Enrique Méndez Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Plantas: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
E-mail: ci@ci.usac.edu.gt

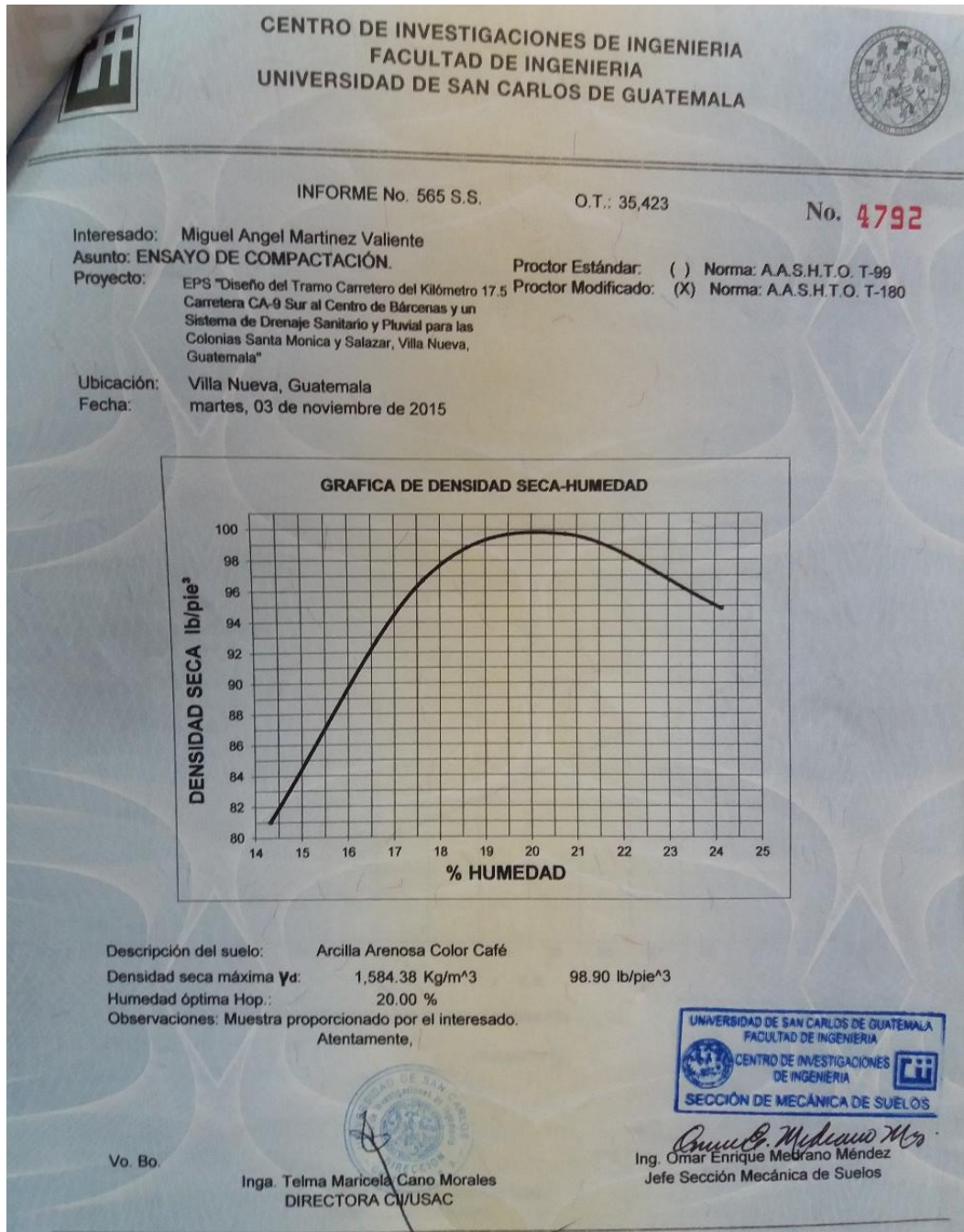
Fuente: CII, USAC. 2015.

Anexo 2. Ensayo de análisis granulométrico



Fuente: CII, USAC. 2015.


Anexo 3. Ensayo de compactación Proctor



Fuente: CII, USAC. 2015.

Anexo 4. Ensayo de C.B.R.

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

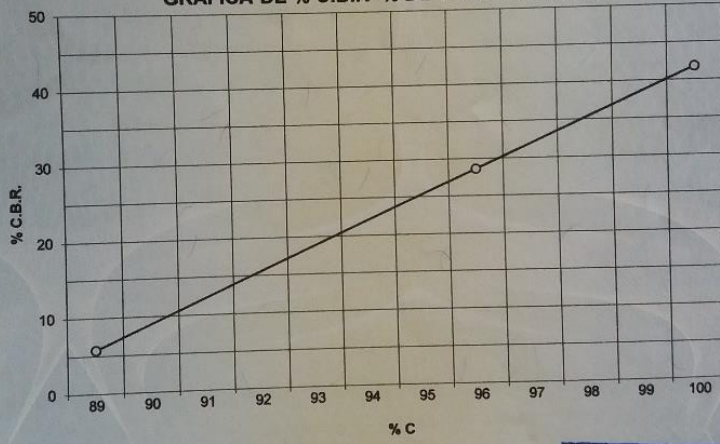


INFORME No. 566 S.S.
O.T. No. 35,423
No. 4793

Interesado: Miguel Angel Martinez Valiente
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño del Tramo Carretero del Kilómetro 17.5 Carretera CA-9 Sur al Centro de Bárcenas y un Sistema de Drenaje Sanitario y Pluvial para las Colonias Santa Monica y Salazar, Villa Nueva, Guatemala"
 Ubicación: Villa Nueva, Guatemala
 Descripción del suelo: Arcilla Arenosa Color Café
 Fecha: martes, 03 de noviembre de 2015

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ _d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	20.00	88.17	89.2	1.40	5.75
2	30	20.00	95.52	96.6	0.63	28.61
3	65	20.00	99.44	100.5	0.31	41.79


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




Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

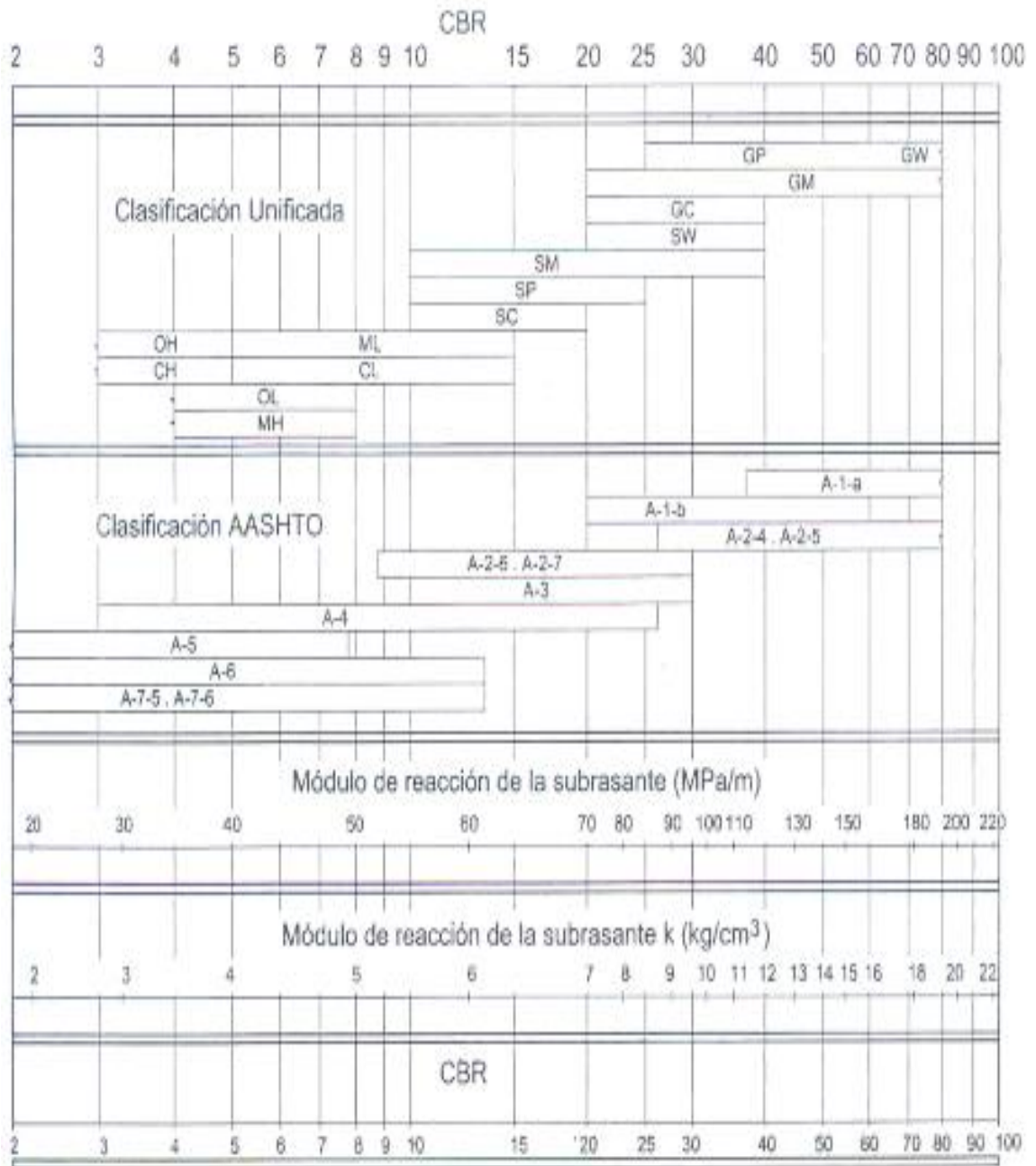


Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Fuente: CII, USAC. 2015.

Anexo 5. **Correlación del CBR y módulo de reacción de la subrasante K**



Fuente: Manual PCA, 1971.

Anexo 6. **Tabla de nivel de confiabilidad y desviación estándar, para diseño de pavimento rígido por el método AASHTO**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Camino de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: CII, USAC. 2015.

Anexo 7. Factores equivalentes de carga, para determinación de ejes equivalentes

Cargas por eje		Factores equivalentes de carga		
kN	Lbs	Eje simple	Eje tándem	Eje tridem
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.0	7.45
364.7	82,000		32.0	8.2
373.6	84,000		35.3	8.9
382.5	86,000		38.8	9.8
391.4	88,000		42.6	10.6

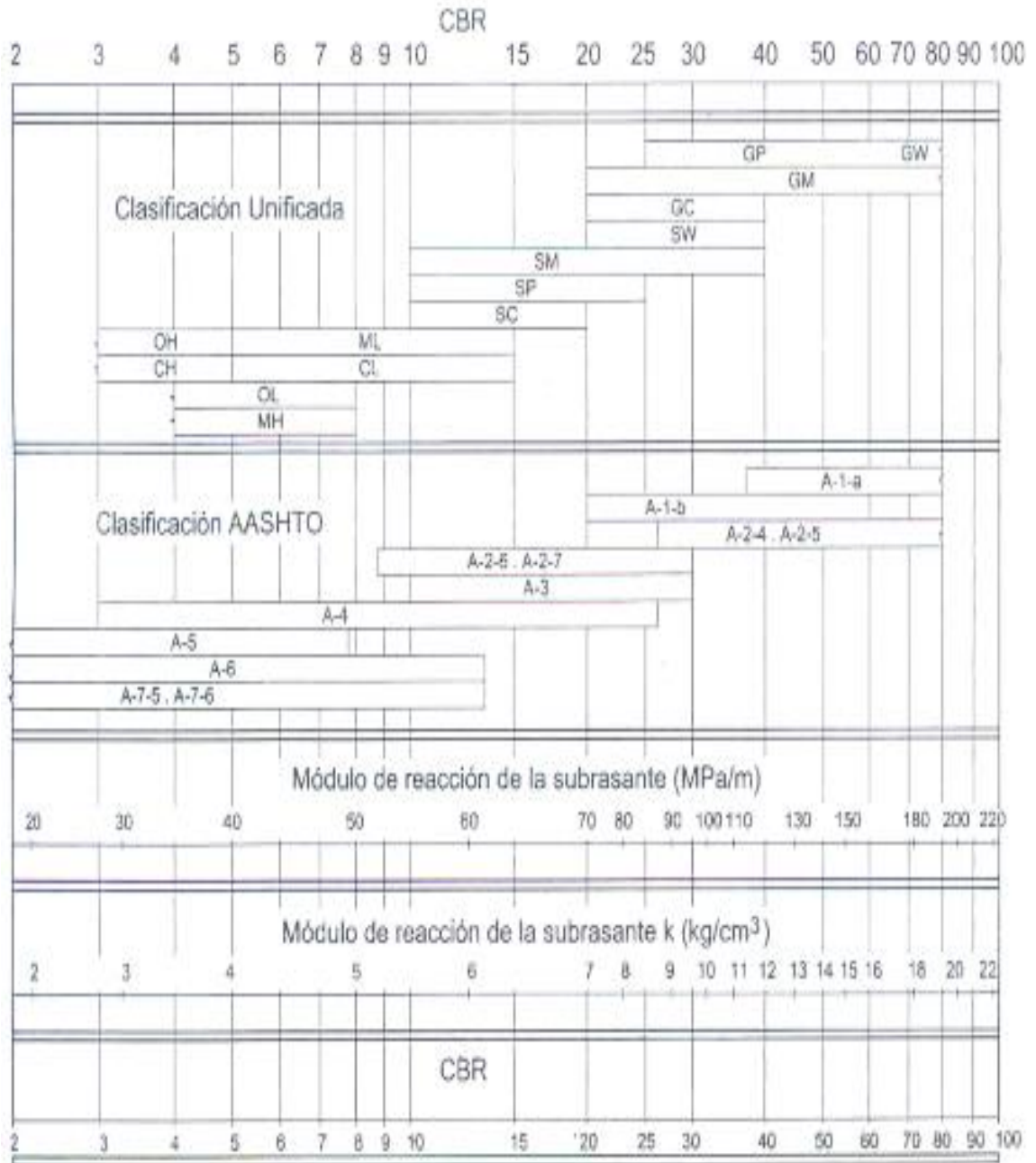
Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

Anexo 8. **Cuadro 2, Informe de Intensidad de Lluvias, Insivumeh**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
COBÁN								
A	1,302	2,770	46,840	39,560	39,060	38,020	36,470	35,420
B	12	16	45	45	45	45	45	45
n	0.868	0.968	1.43	1.385	1.381	1.374	1.362	1.353
R2	0.997	0.989	0.996	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
SAN JERÓNIMO								
A	2,040	930	1,510	1,285	1,273	1,265	1,250	1,243
B	20	6	8	7	7	7	7	7
n	0.9	0.717	0.79	0.747	0.742	0.739	0.733	0.729
R2	0.992	0.996	0.991	0.991	0.991	0.99	0.99	0.99
ALAMEDA ICTA								
A	21,810	105,300	639,800	319,800	311,660	302,850	290,500	283,480
B	35	45	70	65	65	65	65	65
n	1.451	1.701	1.954	1.819	1.812	1.805	1.794	1.787
R2	0.995	0.983	0.987	0.985	0.985	0.985	0.984	0.984
ESQUIPULAS								
A	3,300	2,060	1,280	1,230	1,225	1,222	1,213	1,205
B	20	11	6	6	6	6	6	6
n	0.962	0.836	0.721	0.7	0.696	0.694	0.69	0.686
R2	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
SABANA GRANDE								
A	4,485	6,145	33,770	31,550	31,330	31,110	30,760	30,070
B	25	30	40	40	40	40	40	40
n	0.973	0.986	1.292	1.273	1.271	1.268	1.264	1.257
R2	0.992	0.993	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989
PUERTO SAN JOSÉ								
A	3,033	10,863	403,800	145,300	139,600	136,555	127,530	125,200
B	35	60	140	140	140	140	140	140
n	0.87	1.05	1.595	1.383	1.374	1.369	1.354	1.349
R2	0.994	0.976	0.964	0.93	0.929	0.928	0.927	0.927
CAMANTULUL								
A	226,260	42,560	27,420	15,540	10,590	10,580	10,300	10,110
B	80	70	65	40	35	35	35	35
n	1.654	1.284	1.187	1.1	1.029	1.028	1.02	1.014
R2	0.96	0.984	0.966	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987
INSIVUMEH								
A	1,970	7,997	1,345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.958	1.161	0.791	0.637	0.656	0.65	0.66	0.649
R2	0.989	0.991	0.982	0.981	0.973	0.973	0.981	0.981

Fuente: Informe de Intensidad de Lluvias INSIVUMEH, 2005.

Anexo 9. **Detalle de cabezal protector**



Fuente: Manual PCA, 1971.

