

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS
COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18
Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN
MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUIMULA

GERALDO IVÁN PINEDA ROCA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS
COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18
Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN
MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

GERALDO IVÁN PINEDA ROCA

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL**



**RECTOR
Dr. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla
Representante de Profesores:	Ph.D. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. Heidy Jeaneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
Secretario:	Ing. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
M.Sc. Jorge Gustavo Velásquez Martínez
Ing. Elder Avildo Rivera López

Chiquimula, 16 de octubre de 2013

Señores:

Miembros del Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables señores:

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS
COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II,
MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de graduación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo.

Atentamente,



Geraldo Iván Pineda Roca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



EARL.01.13

Chiquimula, 04 de octubre de 2013.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)

Carrera de Ingeniería Civil

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, presentado por el estudiante **GERALDO IVÁN PINEDA ROCA**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Elder Avildo Rivera López
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



LFQF.02.13

Chiquimula, 07 de octubre de 2013.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)

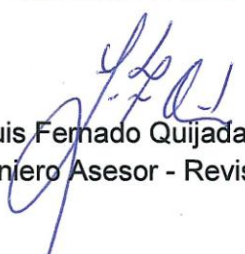
Carrera de Ingeniería Civil

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, presentado por el estudiante **GERALDO IVÁN PINEDA ROCA**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSIC.02.2013

Chiquimula, 09 de octubre de 2013.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC

Respetable Ingeniero Luis Quijada:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, elaborado por el estudiante **Geraldo Iván Pineda Roca**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Luis Fernando Quijada Beza e Ingeniero Elder Avildo Rivera López.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Geraldo Iván Pineda Roca, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Elder Avildo Rivera López
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Civil

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.02.13

Chiquimula, 14 de octubre de 2013.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingenierías

CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

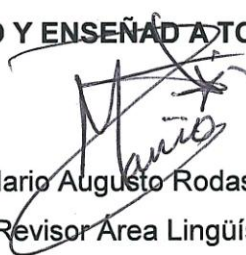
El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**; elaborado por el estudiante **Geraldo Iván Pineda Roca**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Mario Augusto Rodas Chactún
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



TGIC.02-2013

Chiquimula, 15 de octubre de 2013.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

Respetable MSc. Galdámez Cabrera:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen de los asesores-revisores Ingeniero Civil Luis Fernando Quijada Beza, e Ingeniero Civil Elder Avildo Rivera López y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil, el Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Mario Augusto Rodas Chactún, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante Geraldo Iván Pineda Roca, titulado: **“DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomendando la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC



C.c. archivo

D-TG-MyC-078/2013

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **GERALDO IVÁN PINEDA ROCA** titulado “**DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el veintitrés de octubre de dos mil trece.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdamez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por obsequiarme la oportunidad de cumplir una meta más en la vida y por todas las bendiciones que ha otorgado a la familia.

Mis padres

Por su esfuerzo y dedicación como maestros de la vida, guiarme por el buen camino y apoyarme siempre a lo largo de mi formación profesional.

Mis hermanas

Por todo su apoyo incondicional brindado, por compartir conmigo tantos momentos, bendiciones, alegrías y triunfos durante mi formación académica.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

En especial al Centro Universitario de Oriente, por ser mi casa de estudios, de aprendizaje y desarrollo profesional.

La carrera de Ingeniería Civil

Por todos los conocimientos otorgados durante el proceso de aprendizaje y formación profesional.

**La municipalidad de
Esquipulas**

En especial al personal de la Dirección Municipal de Planificación y a los compañeros de EPS, Mónica y Jerónimo, por su amistad y todo el apoyo brindado.

Mis amigos

Por su amistad otorgada y los buenos momentos convividos.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Edwin Arturo Pineda Hichos y Rosalinda Roca Sandoval, en honor a todo su esfuerzo y dedicación brindada a lo largo de mi vida, con gran amor dedicado a ustedes especialmente.

Mis hermanas

Emmy Fernanda Pineda Roca y María José Pineda Roca, con gran amor, por su apoyo y por ser mis mejores amigas; que este triunfo lo vean como ejemplo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIX
RESUMEN	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
OBJETIVOS	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspectos monográficos del municipio de Esquipulas, de la aldea Belén y de la colonia San Mateo II	1
1.1.1. Características socioeconómicas	3
1.1.2. Localización geográfica	3
1.1.3. Límites y localización	8
1.1.4. Vías de acceso	8
1.1.5. Condiciones climáticas	9
1.1.6. Aspectos topográficos	10
1.1.7. Actividades económicas	10
1.2. Calidad de vida y aspectos socioculturales	12
1.2.1. Servicios públicos existentes	12
1.2.2. Condiciones sanitarias	12
1.2.3. Población	14
1.2.4. Idioma	14
1.2.5. Organización social	15

2.	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, TRAMO CARRETERO DE LA CABECERA MUNICIPAL A SITIO TURÍSTICO LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, ALDEA BELÉN, KM 223+474.90 A KM 226+244.00, CARRETERA RN-18	17
2.1.	Descripción del proyecto	17
2.1.1.	Beneficiarios	17
2.2.	Levantamiento topográfico	18
2.2.1.	Planimetría y altimetría	19
2.3.	Diseño geométrico de la carretera	19
2.3.1.	Diseño en planta	20
2.3.2.	Diseño de perfil longitudinal	25
2.3.3.	Diseño transversal	33
2.4.	Movimiento de tierras	34
2.5.	Estudio de suelos para diseño y construcción de Pavimentos Rígidos	34
2.5.1.	Ensayos para la clasificación del suelo	35
2.5.1.1.	Análisis granulométrico	35
2.5.1.2.	Límites de Atterberg	38
2.5.2.	Ensayos para determinar la resistencia del suelo	40
2.5.2.1.	Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)	40
2.5.3.	Ensayos para el control de construcción de carretera	41
2.5.3.1.	Determinación del contenido de humedad	41
2.5.3.2.	Densidad máxima y humedad óptima (ensayo Proctor)	41
2.5.4.	Análisis de resultados	42

2.6.	Ancho de calzada	47
2.7.	Hombros	47
2.8.	Pendiente transversal	47
2.9.	Cunetas y contracunetas	48
2.10.	Pavimento	49
2.10.1.	Sub-rasante	51
2.10.2.	Sub-base	52
2.10.3.	Base granular	54
2.10.4.	Pavimento de concreto de cemento Portland	54
2.10.4.1.	Diseño de losas para pavimentos rígidos	55
2.10.4.1.1.	Diseño de mezcla de concreto	56
2.10.4.1.2.	Dimensionamiento del espesor de losas para pavimento rígido	66
2.10.4.1.3.	Diseño de juntas	78
2.11.	Drenajes transversales	86
2.12.	Análisis de impacto ambiental	97
2.13.	Análisis socioeconómico	102
2.13.1.	Valor actual neto	102
2.13.2.	Tasa interna de retorno	104
2.14.	Especificaciones técnicas y planos constructivos	104
2.14.1.	Especificaciones técnicas	104
2.14.2.	Planos constructivos	117
2.15.	Presupuesto de construcción	118
2.15.1.	Integración de precios unitarios	119
2.16.	Cronograma de ejecución física y financiera	128

3.	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II	131
3.1.	Descripción del proyecto	131
3.2.	Parámetros de diseño	131
3.2.1.	Integración de caudal de diseño	131
3.2.1.1.	Cálculo de población futura	131
3.2.1.2.	Cálculo de caudal domiciliar	133
3.2.1.3.	Cálculo de caudal por conexiones ilícitas	134
3.2.1.4.	Cálculo de caudal por infiltración	139
3.2.1.5.	Cálculo de caudal comercial	140
3.2.1.6.	Cálculo de caudal industrial	142
3.2.1.7.	Caudal medio	143
3.2.1.8.	Factor de caudal medio	143
3.2.1.9.	Factor de Harmon	144
3.2.1.10.	Factor de caudal máximo	145
3.2.1.11.	Caudal de diseño	146
3.2.2.	Cálculo de pendientes	147
3.2.3.	Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning	147
3.2.4.	Caudal a sección llena	149
3.2.5.	Relación hidráulica para tirante	149
3.2.6.	Relación hidráulica para velocidad	150
3.2.7.	Cotas invert	150
3.2.8.	Altura de pozos de visita	151
3.3.	Levantamiento topográfico	152
3.3.1.	Planimetría y altimetría	153
3.4.	Diseño hidráulico	153

3.4.1.	Tramo de PV1 a PV2	154
3.5.	Desfogue	158
3.6.	Excavación	160
3.7.	Análisis de impacto ambiental	161
3.8.	Análisis socioeconómico	165
3.8.1.	Valor actual neto	165
3.8.2.	Tasa interna de retorno	168
3.9.	Planos constructivos	168
3.10.	Presupuesto de construcción	169
3.10.1.	Integración de precios unitarios	170
3.11.	Cronograma de ejecución física y financiera	181
CONCLUSIONES		183
RECOMENDACIONES		185
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		187
BIBLIOGRAFÍA		193
APÉNDICE		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Esquipulas	4
2.	Mapa municipal de Esquipulas	5
3.	Localización de la carretera RN-18, que conduce de la ciudad de Esquipulas al sitio turístico La Piedra de los Compadres	6
4.	Localización de la colonia San Mateo II	7
5.	Partes de una curva horizontal	21
6.	Grado de curvatura (G)	22
7.	Partes de una curva vertical convexa y cóncava	26
8.	Correcciones por curva vertical simétrica	29
9.	Correcciones por curva vertical asimétrica	31
10.	Curva de distribución granulométrica, muestra de la sub-base	44
11.	Gráfica de %CBR – %Compactación, muestra de la sub-base	45
12.	Gráfica de Densidad Seca-%Humedad, muestra de la sub-base	46
13.	Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	50
14.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos	71
15.	Detalles de junta de contracción	86
16.	Tubería llena a 90 % de la sección	94

TABLAS

I.	Sistema unificado de clasificación de los suelos -SUCS-	36
II.	Sistema de clasificación de suelos AASHTO	37
III.	Análisis con tamices, muestra de la sub-base	43
IV.	Resultados del ensayo de límites de Atterberg, muestra la sub-base	44
V.	Resultados del ensayo razón soporte california (CBR), muestra de la sub-base	45
VI.	Resistencia promedio a la compresión requerida	61
VII.	Revenimientos recomendados	62
VIII.	Requisitos aproximados de agua y contenido de aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados	63
IX.	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua-cemento	64
X.	Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	64
XI.	Peso unitario de los agregados	65
XII.	Primer estimado del peso del concreto	65
XIII.	Valores de k para diseño sobre sub-base	70
XIV.	Módulo de reacción de diseño, para diferentes espesores de sub-base	72
XV.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados	72
XVI.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	76
XVII.	TPPD permisible, categoría de carga por eje No.1 Pavimentos con junta de trabe por agregados (no necesita pasajuntas)	77

XVIII.	Separación mínima entre ejes más distantes de vehículos	81
XIX.	Abreviaturas y definiciones de tipo de vehículos	82
XX.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía	88
XXI.	Parámetros a, b y N estación meteorológica Esquipulas	89
XXII.	Caudales de diseño para las quebradas	91
XXIII.	Valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)	93
XXIV.	Diámetro de tuberías de drenajes transversales	97
XXV.	Resumen, presupuesto Pavimento Rígido	119
XXVI.	Preliminares, presupuesto Pavimento Rígido	120
XXVII.	Movimiento de tierras, presupuesto Pavimento Rígido	121
XXVIII.	Reacondicionamiento de sub-rasante, presupuesto Pavimento Rígido	122
XXIX.	Capa de sub-base (espesor compactado = 0.10 m), presupuesto Pavimento Rígido	123
XXX.	Carpeta de rodadura (concreto espesor = 0.13 m), presupuesto Pavimento Rígido	124
XXXI.	Bordillos, presupuesto Pavimento Rígido	125
XXXII.	Obras de drenaje, presupuesto Pavimento Rígido	127
XXXIII.	Cronograma de ejecución, Pavimento Rígido	129
XXXIV.	Coeficientes de escorrentía para superficies	136
XXXV.	Parámetros a, b y N estación meteorológica Esquipulas	138
XXXVI.	Resumen, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	169
XXXVII.	Trabajos preliminares, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	170
XXXVIII.	Excavación, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	171
XXXIX.	Tubería PVC 6", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	172
XL.	Tubería PVC 8", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	173

XLII.	Tubería PVC 10", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	174
XLIII.	Conexiones domiciliarias, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	175
XLIV.	Pozos de visita (1.94 m de altura en promedio), presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	177
XLV.	Relleno, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	179
XLVI.	Compactación, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario	180
XLVII.	Cronograma de ejecución, Sistema de Alcantarillado Sanitario	181

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
a	Parámetro de ajuste que depende de las condiciones meteorológicas del lugar
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales)
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
ACPA	American Concrete Pavement Association (Asociación Americana de Pavimentos de Concreto)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
A_c	Área de la sección circular
A_p	Área parcial
A_t	Área de triángulo
b	Parámetro de ajuste que depende de las condiciones meteorológicas del lugar
C	Coeficiente de escorrentía
CA-10	Carretera centroamericana 10
CA-9	Carretera centroamericana 9
CBR	California Bearing Ratio (Valor soporte del suelo)
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda

CM	Cuerda máxima
cm	Centímetro
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
COMUDE	Consejo Municipal de Desarrollo
com/viv	Comercio por vivienda
CUNORI	Centro Universitario de Oriente
C_{is}	Cota invert de salida
C_{prom}	Coeficiente de escorrentía promedio
C_t	Cota de terreno
c'	Coeficiente de escorrentía parcial
D	Diámetro
d	Distancia entre pozos de visita considerados
DEMPAGUA	Departamento municipal de agua
DGC	Dirección General de Caminos
DMP	Dirección Municipal de Planificación
d/D	Relación hidráulica para tirante
e	External
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
e'	Espejo de agua
f	Período de diseño
FH	Factor de Harmon
FNE	Flujo neto de efectivo
FNE_{IngresoCom}	Ingreso comunitario anual
FNE_{mant}	Costos por mantenimiento anual
FQ_{med}	Factor de caudal medio
fr	Módulo de ruptura del concreto
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
f'cr	Resistencia promedio a la compresión del concreto
G	Grado de curvatura

gal	Galón
GTM	Guatemala Transversa de Mercator
H	Desnivel del cauce
ha	Hectárea
hab	Habitante
hab/viv	Habitantes por vivienda
H_{pozo}	Altura de pozo de visita
H₁	Profundidad del primer pozo de visita
H₂	Profundidad del segundo pozo de visita
i	Intensidad de lluvia
ind/viv	Industria por vivienda
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
IP	Índice de plasticidad
i_d	Tasa de descuento
K	Constante para el diseño de curvas verticales, que depende de la velocidad de diseño
k	Capacidad soporte del suelo
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo sobre centímetro cúbico
kg/m³	Kilogramo sobre metro cúbico
km	Kilómetro
km/h	Kilómetro por hora
km²	Kilómetro cuadrado
L	Litro
L/comercio/día	Litro por comercio al día

L/hab/día	Litro por habitante al día
L/hab/s	Litro por habitante por segundo
L/industria/día	Litro por industria al día
L/km/día	Litro por kilómetro al día
L/s	Litro por segundo
L1	Distancia del arco, desde el PCV al PIV
L2	Distancia del arco, desde el PTV al PIV
lb/pie³	Libra sobre pie cúbico
LC	Longitud de curva
Lcv	Longitud de curva vertical (m)
L_{ca}	Longitud del cauce
L_{min}	Longitud mínima de la curva vertical
m	Metro
ml	Metro lineal
mm	Milímetro
MPa/m	Megapascal sobre metro
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
mm/hr	Milímetro por hora
m.s.n.m.	Metro sobre el nivel del mar
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
N	Parámetro de ajuste que depende de las condiciones meteorológicas del lugar
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
No.	Número
OM	Ordenada media
P	Población a futuro
PC	Principio de curva

PCA	Portland Cement Association (Asociación de Cemento Portland)
PCI	Pound per Cubic Inch (libra sobre pulgada cúbica)
PCV	Principio de curva vertical
PI	Punto de intersección
Pi	Inversión inicial
PIV	Punto de intersección vertical
PSI	Pound per Square Inch (libra sobre pulgada cuadrada)
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PV	Pozo de visita
PV1	Pozo de visita 1
PV2	Pozo de visita 2
PVC	Polyvinyl Chloride (Policloruro de Vinilo)
P_{com}	Aporte comunitario inicial
P_o	Población actual
Q	Caudal
q	Caudal de diseño
q/Q	Relación hidráulica para caudal
Q_{c. ilícitas}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{com}	Caudal comercial
Q_{dom}	Caudal domiciliar
q_i	Factor de caudal máximo
Q_{ind}	Caudal industrial
Q_{max}	Caudal máximo
Q_{med}	Caudal medio
R	Radio
r	Tasa de crecimiento poblacional

RAS	Redes de Alcantarillado Simplificado
RN-18	Ruta Nacional 18
R_h	Radio hidráulico
S	Pendiente
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SINIT	Sistema Nacional de Información Territorial
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
t	Ancho de zanja
TAN	Subtangente
TPDA	Tránsito promedio diario anual
TPPD	Tránsito pesado promedio diario
t_c	Tiempo de concentración
t_e	Tiempo de entrada
t_f	Tiempo de flujo o corriente
Tr	Período de retorno
t_v	Período de vida útil del proyecto
USAC	Universidad de San Carlos
V	Velocidad
VAN	Valor actual neto
viv	Vivienda
Vol	Volumen
v/V	Relación hidráulica para velocidad
X	Longitud del arco para conocer la corrección vertical
X₁	Longitud del arco a partir del PCV al punto que se desea conocer la corrección vertical
X₂	Longitud del arco a partir del PTV al punto que se desea conocer la corrección vertical

Y	Corrección vertical
Y₁	Corrección vertical en el tramo desde el PCV al PIV
Y₂	Corrección vertical en el tramo desde el PTV al PIV
%	Porcentaje
%P1	Pendiente de la tangente de entrada
%P2	Pendiente de la tangente de salida
%_E	Porcentaje de esorrentía que se conecta ilícitamente
±	Más menos
<	Menor que
>	Mayor que
≤	Menor o igual que
≥	Mayor o igual que
β	Ángulo interno de triángulo
φ	Ángulo de la sección circular
γ	Peso específico
γ_{agregado grueso}	Peso específico del agregado grueso
γ_{agua}	Peso específico del agua
γ_{arena}	Peso específico de la arena
γ_{cemento}	Peso específico del cemento
Δ	Ángulo de intersección
Λ	Diferencia algebraica de pendientes
π	Pi
'	Pie
"	Pulgada
'	Minuto
''	Segundo
°	Grado

GLOSARIO

Agua residual	Tipo de agua que está contaminada con desechos procedentes de las viviendas, comercios o industrias.
Alcantarillado	Sistema de estructuras y tuberías, usado para conducción de las aguas residuales.
Balasto	Material clasificado que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Bordillo	Elemento de la sección transversal de la carretera que delimita el borde del pavimento y controla el drenaje del mismo.
Caminamiento	Se refiere a la distancia medida en planta, sobre el proyecto.
Carpeta de rodadura	Capa superior del pavimento sobre la que circulan los vehículos, durante la vida útil de la misma.
Conexión domiciliar	Conducto que lleva las aguas servidas desde una vivienda al alcantarillado.

Cuenca	Superficie que drena agua en un punto común, como un riachuelo, arroyo, río o lago cercano.
Descomposición anaeróbica	Transformación de materia orgánica por microorganismos, sin la presencia de oxígeno.
Escarificar	Proceso de rasgar la superficie de la sub-rasante.
Homogeneizar	Proceso para tornar uniforme la sub-rasante.
Organismos aeróbicos	Organismos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno.
Pozo de visita	Estructura que permite la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado.
Radio hidráulico	Parámetro utilizado para el dimensionamiento de obras hidráulicas.
Revenimiento	Ensayo que indica el nivel de consistencia o capacidad de flujo del concreto.
Sub-base	Capa destinada a soportar y transmitir las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento.
Sub-rasante	Capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento.

Trifinio

Punto geográfico donde convergen las fronteras de tres países o entidades subnacionales.

Zampeado

Recubrimiento de la superficie mediante mampostería de piedra o concreto hidráulico para protegerla de la erosión.

RESUMEN

En el presente documento se desarrolla la planificación de dos proyectos de infraestructura civil, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, de la carrera de Ingeniería Civil, del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, realizado en la Dirección Municipal de Planificación -DMP-, de la municipalidad de Esquipulas, departamento de Chiquimula.

Inicialmente se desarrolló una investigación monográfica a la aldea Belén y a la colonia San Mateo II, del municipio de Esquipulas, en donde se indican las características propias de los lugares; luego, la investigación técnica, donde se describen los aspectos y criterios utilizados para el cálculo que intervienen en el diseño de los proyectos.

El primer proyecto consiste en el diseño de la pavimentación para una carretera tipo “E”, con ancho de 5.50 m y longitud de 2,769.10 m, del tramo sobre la Ruta Nacional 18 (RN-18), km 223+474.90 a km 226+244.00, que conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres, en la aldea Belén, municipio de Esquipulas.

El segundo proyecto es el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia San Mateo II, de la ciudad de Esquipulas, que consta de 1,827.60 m de tubería PVC, para servir a 378 viviendas, población actual de 1,855 habitantes y futura de 3,363 habitantes, en un período de diseño de 20 años más 2 de gestión.

Para los proyectos diseñados se presentan los planos de construcción, presupuesto y cronograma de ejecución física y financiera, así como las conclusiones y recomendaciones propias para cada diseño.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, es importante planificar proyectos de infraestructura civil que aporten beneficios económicos y sociales a los habitantes; debido a esto, se desarrolló la planificación de dos proyectos en contribución al desarrollo de la aldea Belén y la colonia San Mateo II, del municipio de Esquipulas, Chiquimula.

El proyecto de pavimentación consiste en el diseño del pavimento rígido para el tramo carretero que conduce de la ciudad de Esquipulas hacia el sitio turístico La Piedra de los Compadres, en la aldea Belén, municipio de Esquipulas, Chiquimula, sobre la Ruta Nacional 18 (RN-18), km 223+474.90 a km 226+244.00; actualmente, la carpeta de rodadura del tramo en mención es de material balasto, por lo que el diseño proporcionará una carpeta de rodadura perdurable que mejorará el recorrido por la misma, beneficiando a los pobladores de la aldea Belén y a la municipalidad de Esquipulas, ya que el mantenimiento de una carretera construida de pavimento rígido es menor al de una carretera construida de material balasto.

El proyecto de alcantarillado sanitario consiste en el diseño de dicho sistema para la colonia San Mateo II, municipio de Esquipulas, Chiquimula, utilizando normas de alcantarillados sanitarios; debido a que actualmente la colonia cuenta con un sistema de drenaje sanitario que funciona de manera inadecuada, el diseño del sistema apropiado que evacúe las aguas residuales provenientes de las viviendas, es primordial para la salud de sus habitantes; el diseño del proyecto ayudará a gestionar un servicio de alcantarillado sanitario adecuado que beneficiará a los habitantes de la colonia San Mateo II.

En el capítulo I se desarrolla la investigación monográfica al municipio de Esquipulas, la aldea Belén y la colonia San Mateo II.

En los capítulos II y III, se desarrolla la investigación técnica para los proyectos: Pavimento Rígido para el tramo que de la ciudad de Esquipulas conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres, aldea Belén, Esquipulas, km 223+474.90 a km 226+244.00 sobre la Ruta Nacional 18 (RN-18) y Sistema de Alcantarillado Sanitario para la colonia San Mateo II de la ciudad de Esquipulas, respectivamente.

Al final del documento se presentan las conclusiones y recomendaciones, resultado de la investigación.

OBJETIVOS

- **General**

Contribuir con la aldea Belén y la colonia San Mateo II, del municipio de Esquipulas, en el diseño de los proyectos de pavimentación y sistema de alcantarillado sanitario, para el mejoramiento de la infraestructura social y económica.

- **Específicos**

1. Efectuar el diseño del pavimento rígido para el tramo carretero que de la ciudad de Esquipulas conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres, aldea Belén, Esquipulas, departamento de Chiquimula, km 223+474.90 a km 226+244.00, sobre la Ruta Nacional 18 (RN-18).
2. Realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia San Mateo II, ciudad de Esquipulas, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Aspectos monográficos del municipio de Esquipulas, la aldea Belén y la colonia San Mateo II

- **Reseña histórica**

DMP (2012)

Entre 1560 y 1570, Esquipulas fue fundada por los colonizadores españoles con categoría de villa y poblada en sus inicios por los toltecas, que dieron origen a los indígenas Ch'ortí'. Luego tras haberse asentado muchas familias españolas en valles del municipio, aumentó la población de mestizos y mulatos.

Por su importancia turística y religiosa a nivel de la región centroamericana, la ciudad de Esquipulas ostenta el título de *capital de la fe centroamericana*, sede del Trifinio y puerta abierta hacia la paz (p. 1).

- **Origen del nombre**

DMP (2012)

El nombre de Esquipulas, según la etimología que proporciona el cronista Francisco Fuentes y Guzmán, deriva del náhuatl, que significa “Tierras Floridas”. Antiguamente, según la lengua Ch'ortí', fue llamada Esquipula, cuyas raíces son kip-ur, se traduce en levantado o elevado; p'ur significa quemar,

mientras que las dos últimas sílabas del nombre también pudieron haber sido ora', o sea or, cabeza y ha', curso de agua, es decir, nacimiento de río (p. 1).

- **Aspectos antropológicos y sociales**

“Esquipulas fue al inicio un poblado netamente Ch'ortí', que con el correr del tiempo fue pasando por el proceso de mestizaje. En la actualidad sus habitantes son mestizos y ladinos; ya no se cuenta con la raza Ch'ortí'” (DMP, 2012, p. 1).

- **Tipo de vivienda**

En la ciudad de Esquipulas, las viviendas se encuentran concentradas en urbanizaciones, son en su mayoría casas formales y modernas edificadas de block reforzado y techos de losa de concreto armado o lámina de zinc, de una o dos plantas; además, existen viviendas antiguas construidas de adobe y con techo de tejas de barro, que son monumentos históricos de la ciudad.

En la aldea Belén, las viviendas están construidas de block reforzado y techos de lámina de zinc, de un nivel. En el sector existen propiedades privadas de grandes extensiones y también de bajos recursos que obedecen al estatus de los pobladores.

La colonia San Mateo II presenta en su mayoría, viviendas construidas de block reforzado y techos de losa de concreto armado o lámina de zinc, de una o dos plantas.

1.1.1. Características socioeconómicas

La mayor parte de la población del municipio de Esquipulas se dedica a la producción agrícola, pecuaria y turismo.

En la aldea Belén, el mayor porcentaje de pobladores se dedica a la agricultura y al turismo, además de trabajar como jornaleros en la ciudad de Esquipulas.

La mayor parte de habitantes de la colonia San Mateo II se dedica a laborar en empresas del sector público y privado, ubicadas en el centro de la ciudad, otro porcentaje se dedica a trabajar como jornaleros; en la colonia también existen varias tiendas de artículos de consumo básico.

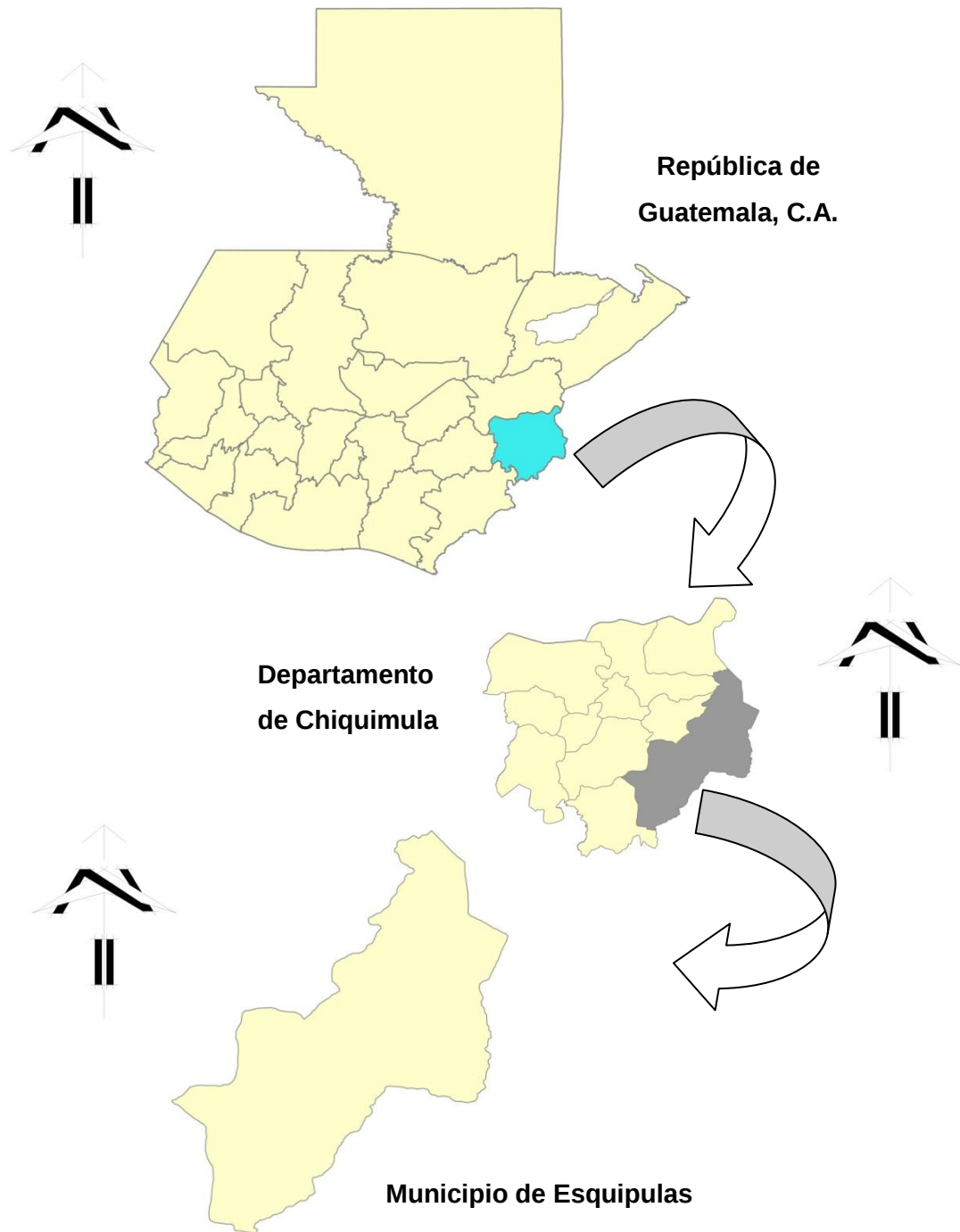
1.1.2. Localización geográfica

El municipio de Esquipulas está situado en la parte suroriental del departamento de Chiquimula, república de Guatemala, Centro América. Las coordenadas GTM al centro de la ciudad de Esquipulas son: longitud: 623,734.80 y latitud: 1,610,655.94.

La aldea Belén está situada a 3.5 km hacia el norte, con respecto al centro de la ciudad de Esquipulas, sus coordenadas GTM al centro del poblado corresponden a longitud: 622,883.73 y latitud: 1,613,992.33.

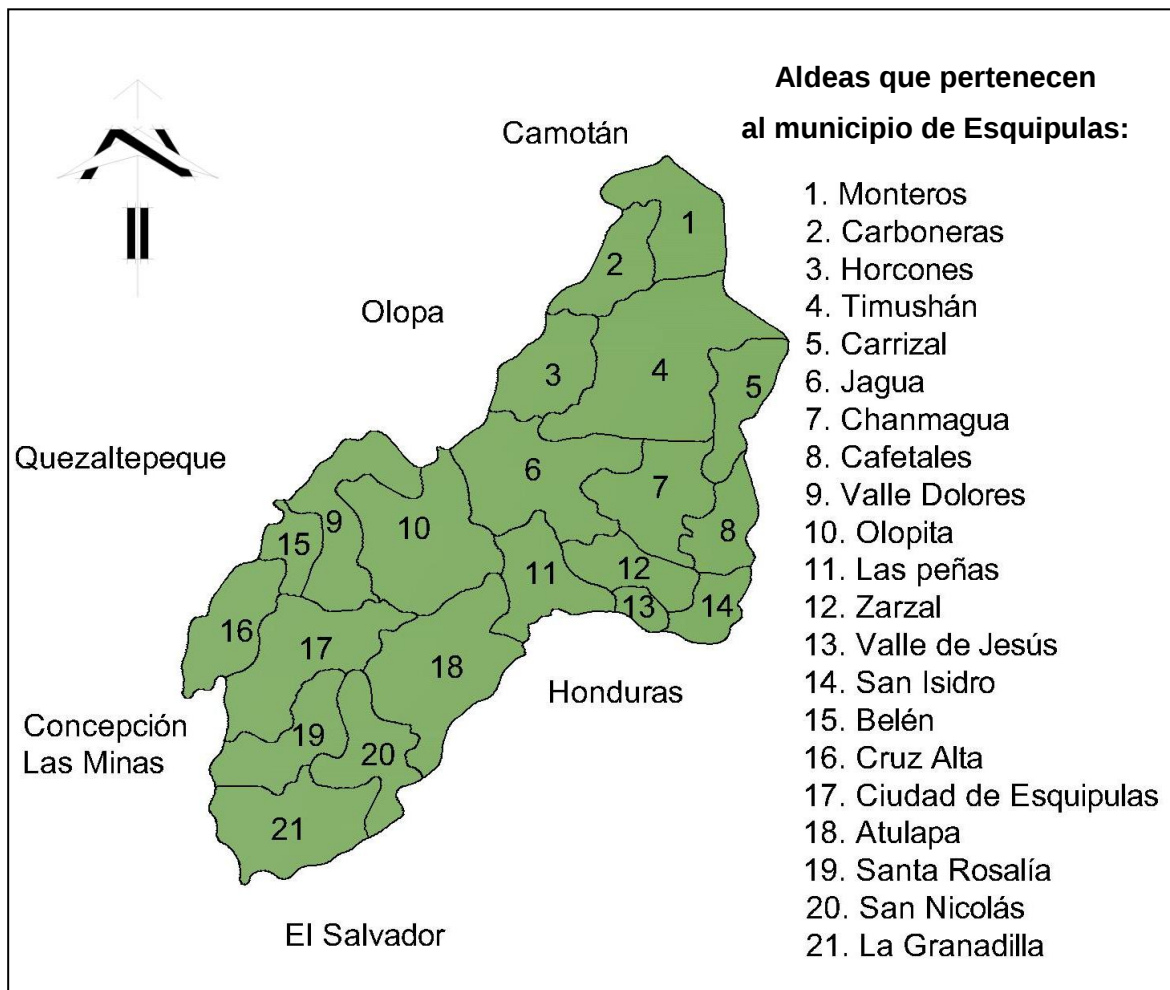
La colonia San Mateo II se encuentra ubicada en la zona 1 de la ciudad de Esquipulas, a 1.2 km hacia el este con respecto al centro de la ciudad. Las coordenadas GTM correspondientes al centro de la colonia son las siguientes: longitud: 624,331.46 y latitud: 1,611,261.96.

Figura 1. Localización del municipio de Esquipulas



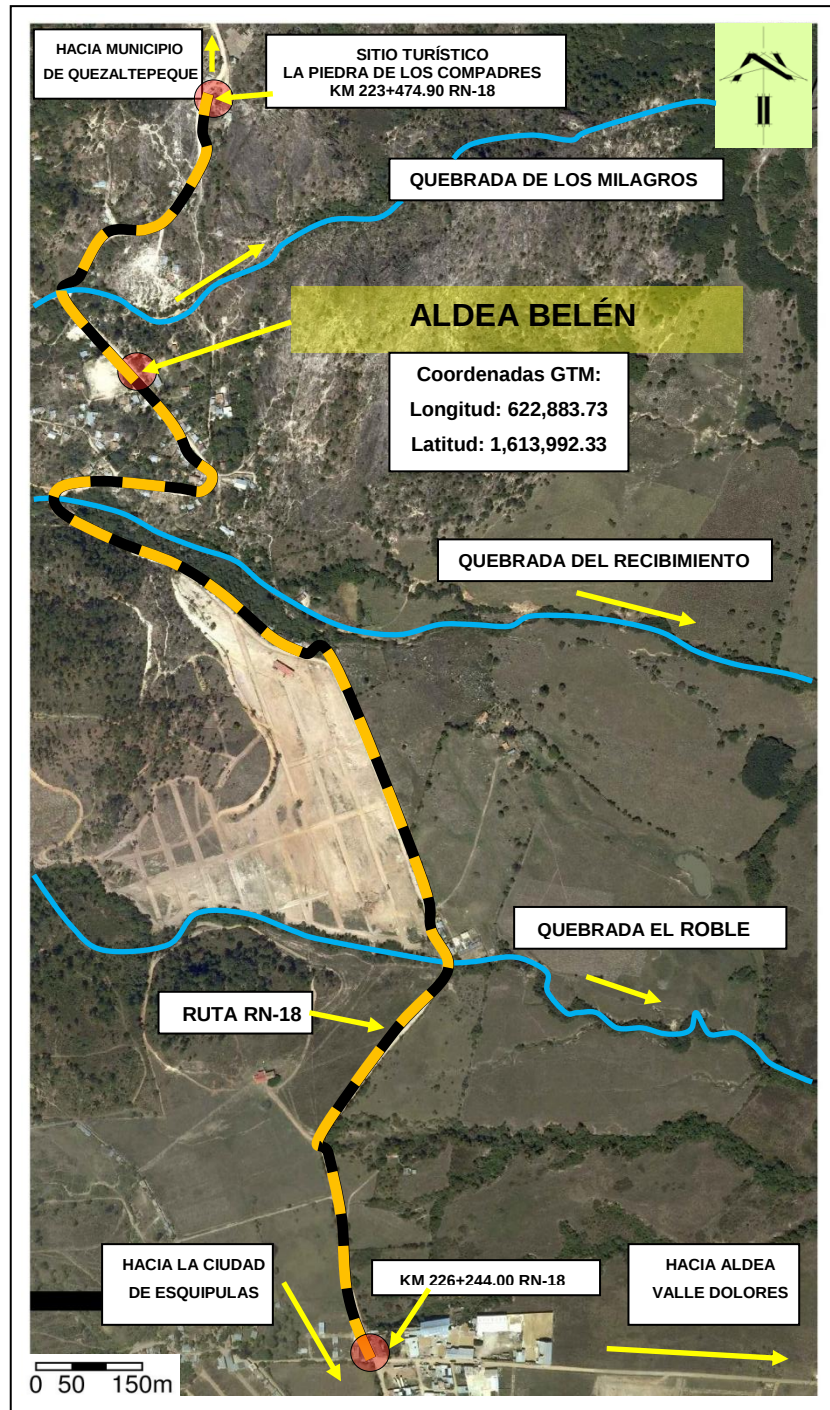
Fuente: Elaboración propia. Sin escala.

Figura 2. **Mapa municipal de Esquipulas**



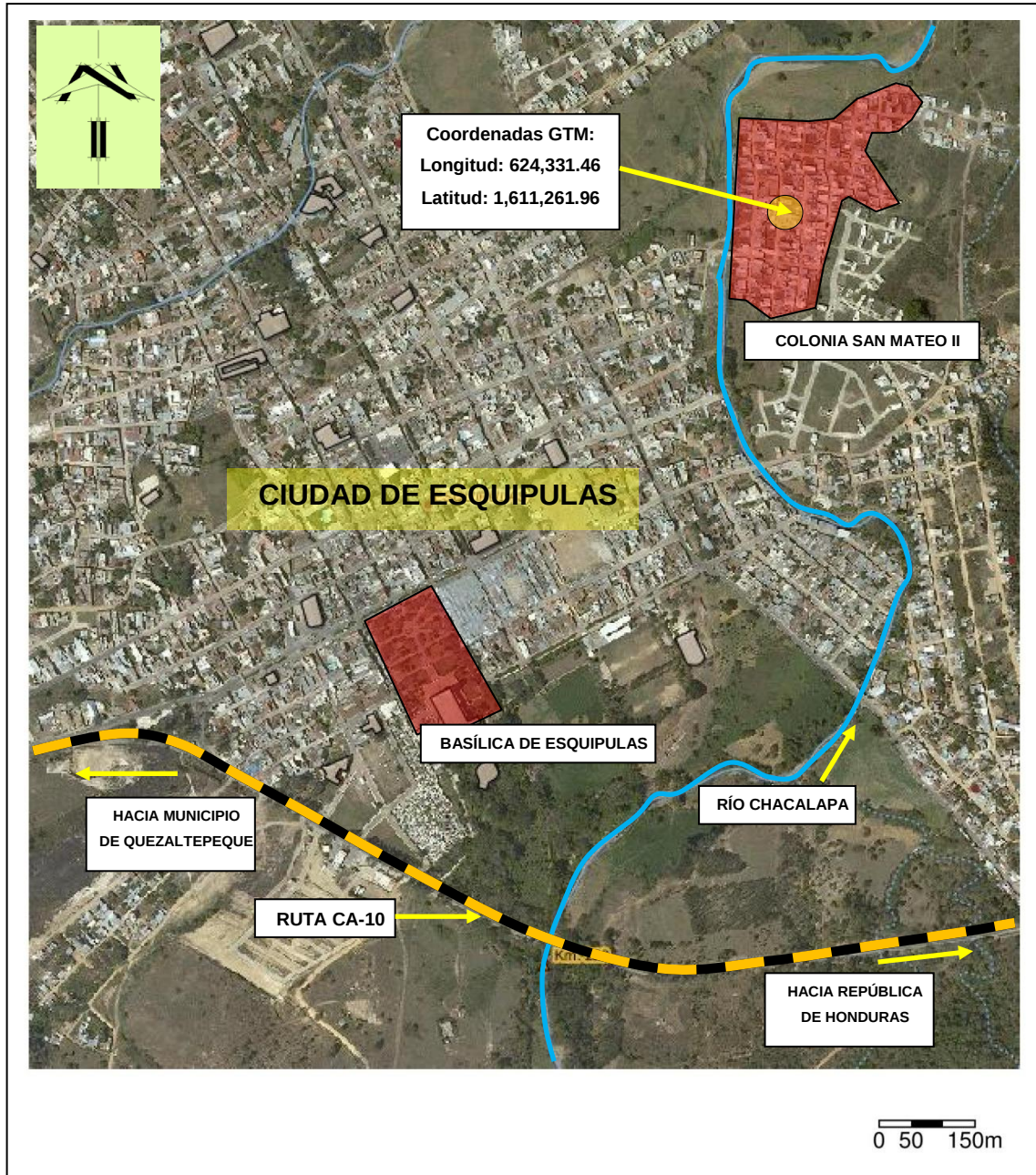
Fuente: Elaboración propia. Sin escala.

Figura 3. Localización de la carretera RN-18, que conduce de la ciudad de Esquipulas al sitio turístico La Piedra de los Compadres



Fuente: Elaboración propia. Escala numérica.

Figura 4. Localización de la colonia San Mateo II



Fuente: Elaboración propia. Escala numérica.

1.1.3. Límites y localización

DMP (2012)

El municipio de Esquipulas está ubicado en la Región III, en el departamento de Chiquimula, colinda al norte con los municipios de Olopa, Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula; al sur con el municipio de Metapán, república de El Salvador; al este con los departamentos de Copán y Ocotepeque, república de Honduras y al oeste con el municipio de Concepción Las Minas y Quezaltepeque, departamento de Chiquimula, Guatemala. El municipio cuenta con 1 ciudad, 20 aldeas y 119 caseríos; su extensión superficial es de 532 km².

La aldea Belén cuenta con cuatro caseríos: Chiramay, La Ruda, El Zapote y Agua Zarca; colinda al norte con el municipio de Quezaltepeque, al sur con la ciudad de Esquipulas, al este con aldea Valle Dolores, Esquipulas y al oeste con aldea Cruz Alta, Esquipulas. Su extensión territorial es de 10 km² (p. 3-4).

Catastro (2012)

La colonia San Mateo II colinda al norte y oeste con el río Chacalapa, al este con Residenciales San Pedro y al sur con Residenciales Barrio Nuevo. La colonia San Mateo II cuenta con 378 viviendas con un área promedio de 120 m² cada lote (p. 6).

1.1.4. Vías de acceso

Esquipulas se encuentra a 222 km de la ciudad capital; para llegar a la cabecera municipal desde la ciudad capital, se debe recorrer por la ruta CA-9 hacia el norte de la república, luego, en el km 136 en el municipio de Río

Hondo, departamento de Zacapa, se debe desviar a la ruta CA-10 y transitar sobre la misma hasta el km 222, que es donde se encuentra ubicada la ciudad de Esquipulas.

El acceso a la aldea Belén se realiza por medio de la carretera RN-18 que conduce al municipio de Quezaltepeque. El ingreso a la colonia San Mateo II se realiza directamente desde del centro de la ciudad, dirigiéndose hacia el este de la misma. El resto del municipio cuenta con carreteras y caminos sin pavimentación asfáltica, que conducen a aldeas y caseríos, de las cuales la mayoría únicamente son accesibles en época seca, ya que son caminos vecinales de terracería, a excepción de la carretera que conduce hacia aldea Chanmagua, la cual está pavimentada.

1.1.5. Condiciones climáticas

DMP (2012)

El clima del municipio en general es muy variable, cálido templado seco, su temperatura promedio es de 25 grados centígrados, bajando hasta 10 grados ocasionalmente. Especialmente en las montañas, la vegetación es muy boscosa y ocurren lluvias apacibles constantemente. Marzo y abril son los meses más calientes y los más fríos diciembre y enero. La época de lluvia es de mayo a octubre, habiendo semanas de chubascos en noviembre, diciembre y enero, que se conocen como lluvias temporales (p. 5).

1.1.6. Aspectos topográficos

“El tipo de terreno del municipio de Esquipulas es ondulado en la región urbana y montañoso en la rural, con altitudes que oscilan entre los 600 m.s.n.m. y 2,500 m.s.n.m. en las montañas más altas” (DMP, 2012, p. 4).

La aldea Belén cuenta con altitudes entre 950 m.s.n.m. y 1,800 m.s.n.m., la mayor parte de la aldea cuenta con terreno montañoso, con pendientes muy pronunciadas.

La colonia San Mateo II cuenta con un terreno relativamente plano, sus calles tienen pendientes longitudinales que van del 1 % al 3 % y en algunas partes del 7 % al 12 %; su altitud promedio es de 930 m.s.n.m.

1.1.7. Actividades económicas

- **Turismo**

En los últimos años, la ciudad de Esquipulas ha tenido un desarrollo comercial altamente estimulado por el turismo, generando fuertes ingresos económicos a este municipio. Debido a su importancia como centro turístico y religioso, la población del municipio se dedica mayormente al comercio. El turismo religioso ha tenido un gran auge, alentado por el gran número de peregrinos que visitan la Basílica de Esquipulas y otros sitios turísticos, creando una infraestructura hotelera, así como restaurantes y comedores, concentrados en el área urbana.

Uno de los sitios turísticos del municipio es “La Piedra de los Compadres”, principalmente visitado por indígenas provenientes del occidente de Guatemala;

se trata de dos piedras que generan atracción debido a que se encuentran una encima de otra, manteniendo el equilibrio y resistiendo el paso de los años en dicha posición; éste sitio se encuentra ubicado en la aldea Belén, en donde son comunes las actividades artesanales ya que los habitantes del lugar se dedican al comercio de artículos turísticos y religiosos.

- **Agricultura**

DMP (2012)

Una de las principales actividades agrícolas del municipio es el cultivo de café, produciendo una de las mejores variedades de más alta calidad a nivel nacional e internacional. Actualmente, el café de este municipio se exporta a 15 países en el mundo, entre los mayores consumidores: Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y Taiwán (p. 7).

El maíz y el frijol son los productos con más producción y demanda en el municipio después del café. Las actividades de siembra y cosecha de los distintos productos son realizadas principalmente por habitantes del área rural; en la aldea Belén el cultivo de café es considerado una actividad tradicional.

- **Producción pecuaria**

En el municipio se realiza la actividad pecuaria, mayormente en el área rural, dichas actividades corresponden a la cría de ganado equino, porcino, aves de corral y de ganado bovino, siendo ésta última la principal.

1.2. Calidad de vida y aspectos socioculturales

1.2.1. Servicios públicos existentes

En el municipio de Esquipulas, los servicios públicos existentes son variados y numerosos, los cuales cubren las necesidades y demandas de sus pobladores. Entre los principales servicios están: servicio de agua, energía eléctrica y alcantarillado sanitario, que cubren totalmente el área urbana, no así algunas comunidades del área rural.

El municipio cuenta también con servicio postal, centro de salud y varios puestos de salud distribuidos en las comunidades rurales, policía nacional, bomberos, mercado, telefonía domiciliar y celular, centros educativos, servicios de transporte, servicios religiosos, sistemas bancarios, servicio de recolección de desechos sólidos, entre otros.

La aldea Belén cuenta con servicio de agua y energía eléctrica, sin embargo éste último no cubre a todas las viviendas, además, no tiene sistemas de alcantarillado sanitario ni puestos de salud; la aldea cuenta con una escuela de educación primaria y una capilla religiosa.

La colonia San Mateo II cuenta con servicio de agua, alcantarillado sanitario, energía eléctrica, telefonía domiciliar y celular, servicio de recolección de desechos sólidos, entre otros.

1.2.2. Condiciones sanitarias

La fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Esquipulas es Río Frío, conducida por medio de tuberías a tanques de almacenamiento, ubicados

en el barrio Las Crucitas, de la ciudad de Esquipulas; luego de realizar la desinfección preventiva, previa al consumo para eliminar microorganismos, es distribuida a las viviendas de la ciudad. La mayor parte de redes de distribución de agua en comunidades rurales no cuentan con sistemas de desinfección.

La disposición de excretas en el municipio se realiza mediante alcantarillados que comúnmente desfogon directamente a ríos, sin recibir un tratamiento preventivo.

DMP (2012)

En el área urbana se utilizan alcantarillados para evacuar las aguas residuales provenientes de las viviendas, en el área rural únicamente cuentan con este servicio las aldeas Chanmagua, Ciracil, Loma Alta y El Zarzal. El único lugar que cuenta con sistemas de tratamiento de aguas servidas y disposición de lodos es la aldea Chanmagua (p. 7).

La recolección de desechos sólidos se realiza por medio del servicio de camiones de aseo municipal en el casco urbano, sin embargo no tiene cobertura en el área rural, debido a la dificultad de acceso de los camiones de recolección a comunidades.

Según SEGEPLAN (2002), en el municipio de Esquipulas el porcentaje de viviendas conectadas a sistemas de alcantarillado sanitario es de 43.03 %, viviendas conectadas a redes de distribución de agua es de 87.93 % y viviendas que utilizan el servicio municipal de extracción de desechos sólidos es de 45.20 %.

1.2.3. Población

La población del municipio de Esquipulas al año 2012 es de 56,258 habitantes, según estimaciones de la población total por municipio del Instituto Nacional de Estadística -INE-, dividido de la siguiente manera: 26,345 hombres y 29,913 mujeres, con tasa de crecimiento poblacional de 2.74 %, siendo la población urbana el 44.00 % y la rural el 56.00 %.

La población de la aldea Belén es de 802 habitantes al año 2012, según estimaciones propias utilizando una tasa de crecimiento poblacional de 2.74 % correspondiente al municipio de Esquipulas según el INE y basada en el censo realizado en el año 2001 por la oficina de Catastro de la municipalidad de Esquipulas.

La población de la colonia San Mateo II al año 2012 es de 1,855 habitantes, distribuidos en 378 viviendas, según censo realizado por la oficina de Catastro de la municipalidad de Esquipulas.

1.2.4. Idioma

En el municipio de Esquipulas, el español es el idioma de la población; antiguamente se hablaba el náhuatl y el Ch'ortí', de los cuales, sólo éste último es hablado por un pequeño grupo de habitantes.

1.2.5. Organización social

El municipio de Esquipulas está organizado por medio de un Consejo Municipal de Desarrollo -COMUDE- y 102 Consejos Comunitarios de Desarrollo -COCODES-.

Decreto legislativo 11-2002 (2002)

Los Consejos Municipales de Desarrollo se integran así

- El alcalde municipal, quien lo coordina
- Los síndicos y concejales que determine la corporación municipal
- Los representantes de los Consejos Comunitarios de Desarrollo, hasta un número de veinte (20), designados por los coordinadores de los Consejos Comunitarios de Desarrollo
- Los representantes de las entidades públicas con presencia en la localidad
- Los representantes de entidades civiles locales que sean convocados (p. 8).

Decreto legislativo 11-2002 (2002)

Los Consejos Comunitarios de Desarrollo se integran así

- La asamblea comunitaria, integrada por los residentes en una misma comunidad
- El órgano de coordinación integrado de acuerdo a sus propios principios, valores, normas y procedimientos o en forma supletoria, de acuerdo a la reglamentación municipal existente (p. 9).

La aldea Belén está organizada por cuatro COCODES: el de aldea Belén, caserío Chiramay, caserío La Ruda y caserío El Zapote, respectivamente, el caserío Agua Zarca no cuenta con uno; cada COCODE está conformado por el presidente, vicepresidente, secretario, tesorero, vocal primero y vocal segundo, de dicha organización.

Los pobladores de la colonia San Mateo II están organizados por medio de un COCODE, representado por el presidente, vicepresidente, secretario, tesorero, vocal primero y vocal segundo, de dicha organización.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, TRAMO CARRETERO DE LA CABECERA MUNICIPAL A SITIO TURÍSTICO LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, ALDEA BELÉN, KM 223+474.90 A KM 226+244.00, CARRETERA RN-18

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de 2,769.10 m de longitud de pavimento de concreto hidráulico, por medio del método simplificado para espesores de pavimentos rígido de la Portland Cement Association -PCA-, con un ancho de calzada de 5.50 m, correspondiente a una carretera tipo “E”, según las características geométricas de carreteras de la Dirección General de Caminos -DGC- (anexo A), para el tramo de carretera sobre la RN-18, km 223+474.90 a km 226+244.00, que de la ciudad de Esquipulas, conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres.

2.1.1. Beneficiarios

El proyecto: Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, al ser construido beneficiará directamente a los habitantes de la aldea Belén del municipio de Esquipulas, Chiquimula e indirectamente a las personas provenientes del interior de la república y de otros países que visitan el sitio turístico La Piedra de los Compadres.

La municipalidad de Esquipulas será beneficiada de igual manera, ya que el costo que representará el mantenimiento del proyecto una vez ejecutado, será menor al de la carretera que existe actualmente.

2.2. Levantamiento topográfico

Jiménez (2007)

La topografía es una ciencia aplicada que a partir de principios, métodos y con la ayuda de instrumentos permite representar gráficamente las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una parte de la superficie terrestre, como también determinar la posición relativa o absoluta de puntos sobre la Tierra (p. 1).

El estudio topográfico se realizó utilizando los siguientes instrumentos:

- Un teodolito marca DT 205C, con precisión de 5 segundos ($0^{\circ} 0' 5''$)
- Un trípode de aluminio
- Una cinta métrica de 50 m
- Una estadía de aluminio, de 5 m de altura
- Una plomada de topografía
- Estacas de madera
- Pintura
- Martillo
- Clavos

2.2.1. Planimetría y altimetría

- **Planimetría**

“La planimetría es la parte de la topografía que se refiere a la posición de puntos y su proyección sobre un plano horizontal” (Jiménez, 2007, p. 16).

Para el trabajo planimétrico, se utilizó el método de levantamiento por poligonal abierta con radiaciones, utilizando como método de orientación de estación a estación el de conservación del azimut; en el apéndice A se encuentra la libreta topográfica.

- **Altimetría**

“La altimetría es la parte de la topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno” (Jiménez, 2007, p. 17).

Para el proyecto se realizó el método de nivelación trigonométrica y se determinaron puntos intermedios entre las estaciones para conocer sus cotas; la cota de inicio utilizada en el levantamiento altimétrico se estimó en 100 m; en el apéndice A se encuentra la libreta topográfica.

2.3. Diseño geométrico de la carretera

Bañón y Beviá (2000)

Geométricamente, la carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular que se define mediante tres tipos de vistas: planta, perfil longitudinal y perfil

transversal. La planta, es la vista más importante de todas, sobre ella se representa la proyección horizontal de la carretera; en el perfil longitudinal, se sintetiza parte de la información necesaria para la construcción de la carretera, expresada tanto de forma gráfica como numérica y el perfil transversal, se obtiene seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje (cap. 10, p. 2).

2.3.1. Diseño en planta

El diseño en planta corresponde al alineamiento horizontal, que es la proyección sobre un plano horizontal del eje de proyecto de una carretera. Este se compone de tangentes horizontales y curvas circulares; las tangentes se definen por su longitud y rumbo, mientras que las curvas están definidas por su grado de curvatura y longitud.

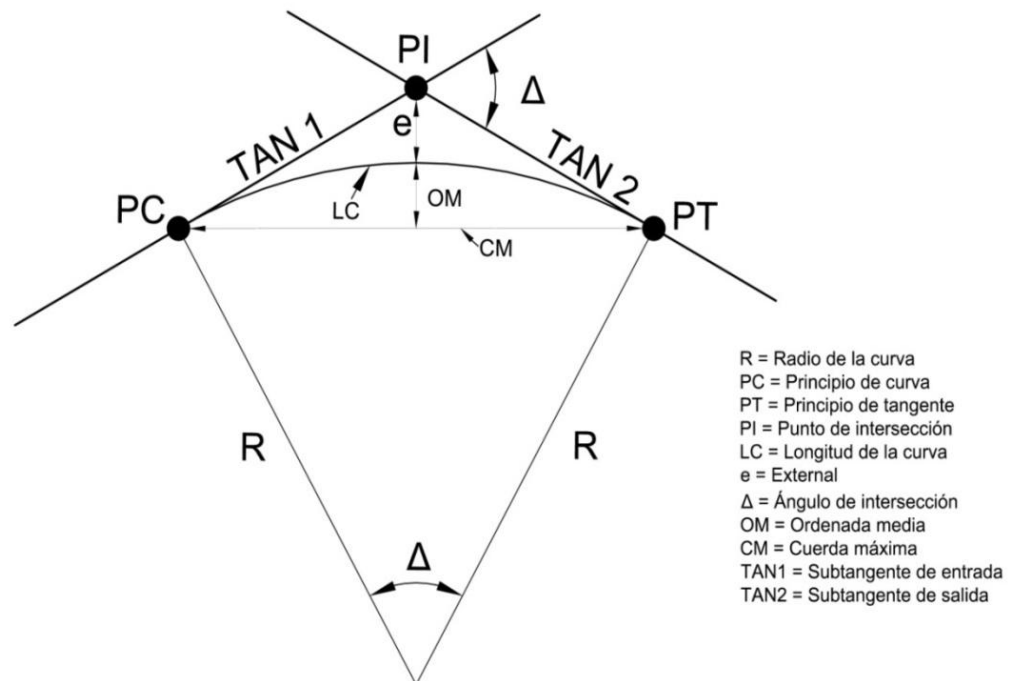
Para el proyecto, se diseñaron tangentes horizontales y curvas circulares que se aproximan a la forma actual de la carretera, debido a que existen propiedades privadas y algunas viviendas en los extremos que no permiten realizar modificaciones geométricas de gran magnitud.

El radio mínimo de una carretera tipo “E” en terreno montañoso es 30 m, según la tabla de características geométricas para diseño de carreteras de la DGC (anexo A), sin embargo, en algunas curvas fue imposible utilizar este radio, como en la curva No. 17 sobre el caminamiento 1+680.00, curva No. 20 sobre el caminamiento 1+940.00 y en la curva No. 22 sobre el caminamiento 2+280.00, ya que algunos puntos obligados no lo permiten.

- **Cálculo de elementos de curvas horizontales**

A continuación se presentan los elementos que deben ser calculados para el diseño geométrico de curvas horizontales.

Figura 5. **Partes de una curva horizontal**



Fuente: Elaboración propia.

- **Grado de curvatura (G)**

El grado de curvatura (G) se define como “el ángulo subtendido por un arco de 20 m” (Secretaría de Comunicaciones y Transporte -SCT-, 1991, p. 298)

Según Leclair (2004), para los países centroamericanos, que se rigen por el sistema métrico, como Guatemala, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo de G:

$$G / 20 = 360^\circ / (2 * \pi * R)$$

Despejando y simplificando

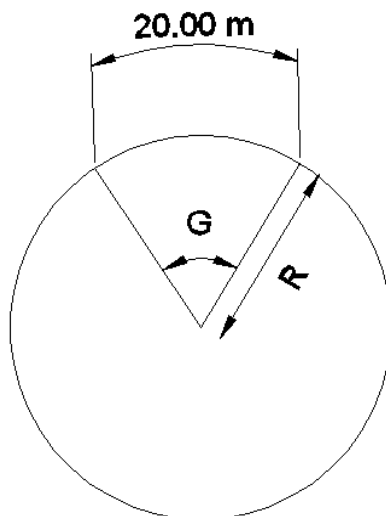
$$G = 1,145.92 / R$$

Donde

G = Grado de curvatura

R = Radio de la curva (m)” (SCT, 1991, p. 298).

Figura 6. **Grado de curvatura (G)**



Fuente: Elaboración propia.

- **Longitud de curva (LC)**

SCT (1991)

Es la longitud del arco entre el PC y el PT, se representa como LC. Depende del ángulo de intersección (Δ) y del grado de curvatura (G), se calcula con la siguiente expresión:

$$LC = (20 * \Delta) / G$$

Donde

LC = Longitud de curva (m)

Δ = Ángulo de intersección

G = Grado de curvatura (p. 298).

- **Subtangente (TAN)**

SCT (1991)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI) o entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT), medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como TAN y se calcula con la siguiente fórmula:

$$TAN = R * \tan(\Delta / 2)$$

Donde

TAN = Subtangente (m)

R = Radio de la curva (m)

Δ = Ángulo de intersección (p. 298).

- **External (e)**

“Es la distancia entre el punto de intersección (PI) y la curva. Se calcula de la forma siguiente:

$$e = R * (\text{Sec}(\Delta / 2) - 1)$$

Donde

e = External (m)

R = Radio de la curva (m)” (SCT, 1991, p. 298).

- **Cuerda máxima (CM)**

“Es la recta comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT). Se calcula con la siguiente expresión:

$$CM = 2 * R * \text{Sen}(\Delta / 2)$$

Donde

CM = Cuerda máxima (m)

R = Radio de la curva (m)” (SCT, 1991, p. 300).

- **Ordenada media (OM)**

SCT (1991)

Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula:

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

Donde

OM = Ordenada media (m)

R = Radio de la curva (m) (p. 300).

2.3.2. Diseño de perfil longitudinal

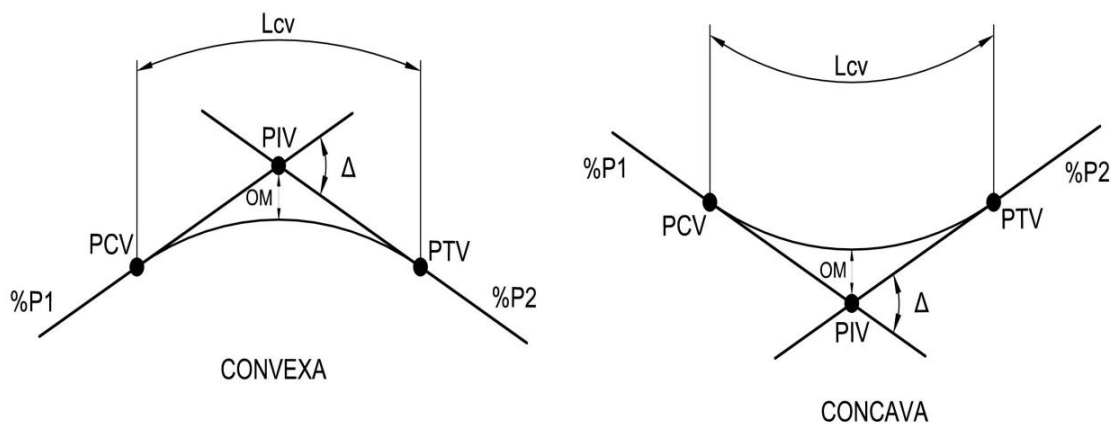
En el perfil longitudinal de una carretera, la sub-rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Un alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas verticales, las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas y las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

La velocidad de diseño para una carretera tipo “E” es de 30 km/h y la pendiente longitudinal máxima es 10 %, según las características geométricas para diseño de carreteras de la DGC (anexo A); para el proyecto, se diseñaron alineamientos y curvas verticales que se aproximan a la forma actual de la carretera, evitando cortes de grandes dimensiones, esto debido, como se dijo anteriormente, a que existen terrenos privados y algunas viviendas construidas a los extremos de la misma.

- **Cálculo de curvas verticales**

Al momento de diseñar curvas verticales, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles, con el objeto de evitar su traslape y dejar la mejor visibilidad posible a los conductores. La longitud de curvas verticales debe cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como de apariencia, seguridad, drenaje adecuado y comodidad, dichos criterios se describen a continuación.

Figura 7. **Partes de una curva vertical convexa y cóncava**



Lcv = Longitud de curva vertical
 PCV = Principio de curva vertical
 PIV = Punto de intersección
 PTV = Principio de la tangente
 %P1 = Pendiente de la tangente de entrada
 %P2 = Pendiente de la tangente de salida
 Δ = Ángulo de intersección
 OM = Ordenada media

Fuente: Elaboración propia.

- **Criterio de apariencia**

SCT (1991)

Se aplica únicamente a curvas cóncavas, para evitar al conductor del vehículo, la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = L_{cv} / \lambda \geq 30$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

L_{cv} = Longitud de curva vertical (m)

λ = Diferencia algebraica de pendientes (%) (p. 358).

- **Criterio de comodidad**

SCT (1991)

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

$$K = L_{cv} / \lambda \geq V^2 / 395$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

L_{cv} = Longitud de curva vertical (m)

Λ = Diferencia algebraica de pendientes (%)

V = Velocidad de diseño (km/s) (p. 358).

- **Criterio de drenaje**

SCT (1991)

Se aplica a curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = L_{cv} / \Lambda \leq 43$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

L_{cv} = Longitud de curva vertical (m)

Λ = Diferencia algebraica de pendientes (%) (p. 358).

- **Criterio de seguridad**

SCT (1991)

Se aplica a curvas convexas y cóncavas. La longitud de la curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase (pp. 358-361).

$$L_{min} = K * \Lambda$$

Donde

$L_{\min}$ = Longitud mínima de la curva vertical (m)

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

Δ = Diferencia algebraica de pendientes (%)

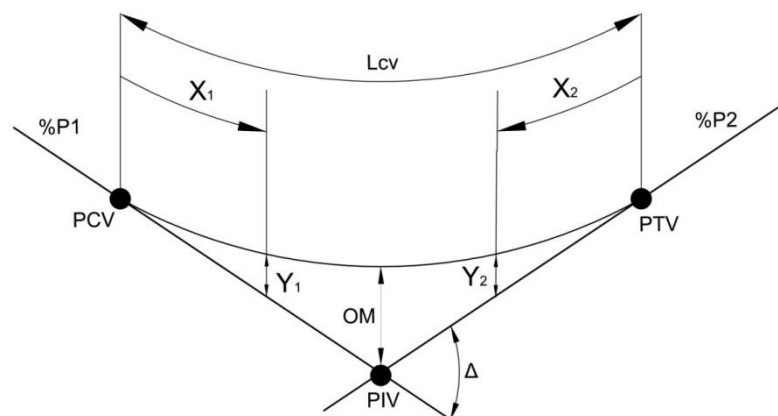
En el anexo B, se muestra la tabla de diferentes valores de la constante K para el criterio de seguridad, según la DGC.

- **Cálculo de correcciones por curva vertical**

Las curvas pueden ser de dos tipos: simétricas o asimétricas, para cada una se necesita corregir las cotas en los caminamientos que conforman las curvas verticales, puesto que debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y salida.

- **Cálculo de correcciones de curvas simétricas**

Figura 8. **Correcciones por curva vertical simétrica**



Fuente: Elaboración propia.

- **Ordenada media (OM)**

SCT (1991)

Es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente. Se calcula con la siguiente expresión:

$$OM = L_{cv} * \Lambda / 800$$

Donde

OM = Ordenada media (m)

Lcv = Longitud de curva vertical (m)

Λ = Diferencia algebraica de pendientes (%) (pp. 364-365).

- **Corrección (Y)**

SCT (1991)

Las correcciones se calculan del PCV al PIV y del PTV al PIV, utilizando la siguiente fórmula:

$$Y = X * (OM) / (L_{cv} / 2)^2$$

Donde

Y = Corrección vertical (m)

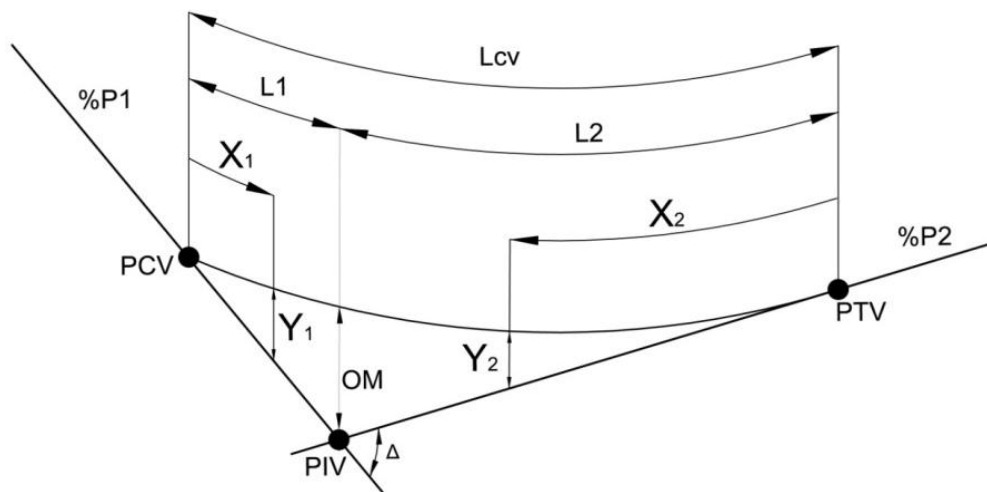
OM = Ordenada media (m)

X = Longitud del arco a partir del PCV o PTV, al punto que se desea conocer la corrección vertical (m)

Lcv = Longitud de curva vertical (m) (pp. 364-365).

- **Cálculo de correcciones de curvas asimétricas**

Figura 9. **Correcciones por curva vertical asimétrica**



Fuente: Elaboración propia.

- **Ordenada media (OM)**

SCT (1991)

Es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente. La forma de calcularla es con la siguiente expresión:

$$OM = L1 * L2 * \Delta / (200 * Lcv)$$

Donde

OM = Ordenada media (m)

L1 = Distancia del arco, desde el PCV al PIV (m)

L2 = Distancia del arco, desde el PTV al PIV (m)

Δ = Diferencia algebraica de pendientes (%)

Lcv = Longitud de curva vertical (m) (pp. 364-365).

▪ **Corrección (Y)**

SCT (1991)

Las correcciones se calculan del PCV al PIV y del PTV al PIV, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Y_1 = OM * (X_1)^2 / (L1)^2$$

$$Y_2 = OM * (X_2)^2 / (L2)^2$$

Donde

Y_1 = Corrección vertical en el tramo desde el PCV al PIV (m)

Y_2 = Corrección vertical en el tramo desde el PTV al PIV (m)

OM = Ordenada media (m)

X_1 = Longitud del arco a partir del PCV al punto que se desea conocer la corrección vertical (m)

X_2 = Longitud del arco a partir del PTV al punto que se desea conocer la corrección vertical (m)

L1 = Longitud del arco, desde el PCV al PIV (m)

L2 = Longitud del arco, desde el PTV al PIV (m) (pp. 364-365).

2.3.3. Diseño transversal

SCT (1991)

La sección transversal de una carretera, en un punto cualquiera de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural (p. 367).

Con la sección transversal, se define la rasante y el ancho de la carpeta de rodadura que ocupará la futura carretera y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover.

Para conocer las dimensiones de ancho y niveles de la sección transversal del proyecto, se utilizó el método taquimétrico, tomando datos de puntos ubicados en los extremos de la carretera.

Al analizar los resultados obtenidos del estudio topográfico, se optó por utilizar un ancho de calzada de 5.50 m correspondiente a una carretera tipo “E” según las características geométricas de carreteras de la DGC (anexo A), a excepción del tramo que comprende del caminamiento 1+820.00 al 2+120.00 del proyecto, ya que existen viviendas construidas a los extremos que redujeron las dimensiones de la sección transversal, por lo que para este trayecto se utilizó un ancho de calzada con longitud variable.

2.4. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es la actividad de corte, excavación y relleno que se realiza en el terreno, con el fin de llegar a la cota de sub-rasante propuesta del proyecto, para la construcción de la carretera. El movimiento de tierras deberá ser lo más económico, dentro de los requerimientos que el tipo de carretera fije, tratando de tener un balance en el movimiento de tierras.

Se localizó un banco de material para utilizarlo en el proceso de construcción de la sub-base del pavimento, ubicado a 12 km del proyecto a diseñar, en el km 230 de la carretera CA-10, sus coordenadas GTM corresponden a las siguientes: longitud: 630,281.76 y latitud: 1,609,031.54.

2.5. Estudio de suelos para diseño y construcción de Pavimentos Rígidos

Los ensayos de suelos que se realizaron, se llevaron a cabo de acuerdo a la división siguiente

- a. Clasificación del tipo de suelo
- b. Determinar la resistencia del suelo
- c. Control de la construcción

Se tomó una muestra representativa de la sub-rasante del proyecto, para conocer sus propiedades; la extracción se realizó tomando una muestra del tipo alterada, excavando 70 cm debajo de la rasante actual de la carretera; también se tomó una muestra alterada del banco de material para conocer sus propiedades.

2.5.1. Ensayos para la clasificación del suelo

2.5.1.1. Análisis granulométrico

“El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada” (Hernández, 2008, p. 73).

El análisis granulométrico se realizó según la norma AASHTO T-27 y los resultados fueron representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica. Los suelos se clasificaron en base a los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO (tabla I y tabla II respectivamente).

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, la muestra tomada de la sub-rasante posee 0 % de grava, 57.61 % de arena y 42.39 % de finos, describiendo el suelo como arena limosa color beige (anexo C-1).

La muestra del banco de material para la elaboración de la sub-base posee 0 % de grava, 79.51 % de arena y 20.49 % de finos, describiendo el suelo como arena limosa color gris con presencia de pómez (tabla III).

Tabla I. Sistema unificado de clasificación de los suelos (SUCS)

Divisiones Mayores			Símbolo de Grupo		Nombres Típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares	
Suelos de grano grueso Si menos del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Gravas Si menos del 50% de la fricción gruesa pasa por el tamiz No. 4)	Gravas limpias (pocos o ningún fino)	GW		Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	Cu = D60/D10 > 4 Cc = 1 < D2 30/D10 x D60 < 3	
			GP		Gravas pobremente gradadas, mezclas grava arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	d/u	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP < 4	A los materiales sobre la línea A con 4<IP<7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC		Gravas arcillosas, mezclas gravo-areno-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o IP > 7	
	Arenas (Si más del 50% de la fricción gruesa pasa por el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW		Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu = D60/D10 > 6 Cc = 1 < D2 30/D10 x D60 < 3	
			SP		Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	d/u	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP<4	Si el material está en la zona sombreada con 4 ≤ IP ≤ 7 se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o IP>7	
Suelos de grano fino Si más del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Limos y arcillas (Límite Líquido LL < 50)	ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz No. 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% --- GW, GP, SW, SP Más del 12% --- GM, GC, SM, SC De 5 a 12% --- Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras			
		OL		Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limos y arcillas (Límite Líquido LL > 50)	MH		Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH		Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos altamente orgánicos	Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: Hernández. 2008. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. p. 133.

Tabla II. Sistema de clasificación de suelos AASHTO

GRUPO SUB-GRUPO	Suelos Granulares: 35% o menos pasa malla # 200						Suelos Arcillosos y Limosos: Más de 35% pasa malla # 200			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				
Porcentaje de material que pasa el tamiz										
No. 10	50max									
No. 40	30max	50max	51min	35max			36min		36min	36min
No. 200	15max	10max	10max							
Plasticidad										
Pasa la malla # 40										
LL										
IP	6max		NP	40max 10max	41min 10max	40max 11min	40max 10max	41min 10max	40max 11min	41min 11min
Índice de Grupo*	0		0	0		4max	8max	12max	16max	20max
Materiales Constructivos	Fragmentos de Piedra, grava y Arena		Arena Fina	Grava y/o Arena limosa		Grava y/o Arena arcillosa	Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calidad (Sub-rasante)	Excelente a Buena						Regular a Mala			

*A-7-5: IP menor o igual a LL - 30 *A-7-6: IP mayor que LL-30
Índice de Grupo = $IG = (F_{200} - 35) (0.2 + 0.005 (LL-40)) + 0.01 (F_{200} - 15)(IP - 10)$

Fuente: Hernández. 2008. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. p. 125.

2.5.1.2. Límites de Atterberg

“Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se define la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo” (Hernández, 2008, p. 47).

Para el proyecto se realizó el ensayo de límites de Atterberg según las normas AASHTO T-89 y T-90.

- **Límite líquido**

Hernández (2008)

El límite líquido está definido, como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico para pasar al estado líquido o semilíquido, en donde el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión (p. 48).

Para el proyecto se realizó el ensayo de límite líquido según la norma AASHTO T-89.

- **Límite plástico**

“El límite plástico está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico” (Hernández, 2008, p. 63).

Para el proyecto se realizó el ensayo de límite líquido según la norma AASHTO T-90.

- **Índice de plasticidad**

Hernández (2008)

Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. El cual representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico.

Cuando no es posible determinar uno de los dos límites o si el índice de plasticidad (IP) es menor o igual a cero, el suelo se clasifica como no plástico; cuando IP es menor de 7, el suelo tiene baja plasticidad; cuando está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico y cuando el suelo presenta un índice de plasticidad mayor de 17 se dice que es altamente plástico (p. 69).

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, la muestra tomada de la sub-rasante posee un índice plástico de 7.45 %, el suelo se encuentra clasificado en medianamente plástico y se cataloga como SM y A-4, en la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente (anexo C-2); la muestra tomada del banco de material para la elaboración de la sub-base no posee límites, por lo que el índice plástico es de 0.00 % y se clasifica como no plástico, catalogado como SM y A-2-4, en la clasificación SUCS y AASHTO en orden (tabla IV).

2.5.2. Ensayos para determinar la resistencia del suelo

2.5.2.1. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

El ensayo de valor soporte del suelo es conocido como CBR por sus siglas en idioma inglés (California Bearing Ratio).

Hernández (2008)

Se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilizarlos como base y sub-rasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas.

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 patrón de piedra triturada bien graduada. El CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento (pp. 15-18).

Para el proyecto, se realizó el ensayo de razón soporte California (CBR) conforme a la norma AASHTO T-193. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, para la muestra obtenida del suelo de la sub-rasante, el CBR al 95 % de compactación es de 8.40 (anexo C-3) y para la muestra obtenida del banco de material para la elaboración de la sub-base, el CBR al 95 % de compactación es de 46.45 % (tabla V y figura 11).

2.5.3. Ensayos para el control de construcción de carretera

2.5.3.1. Determinación del contenido de humedad

Mejía (1996)

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentaje. En otras palabras no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo (p. 14).

2.5.3.2. Densidad máxima y humedad óptima (ensayo Proctor)

“La compactación de suelos en general es el método más económico de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en mejorar las propiedades físicas del suelo para obtener una óptima estructura, resistente al corte y relación de vacíos deseable” (Mejía, 1996, p. 14).

Hernández (2008)

El ensayo Proctor es un método dinámico de compactación que se utiliza para obtener la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo. En la actualidad se utiliza el ensayo Proctor Modificado ya que tiene mayores beneficios que el Proctor Estándar para la compactación (p. 4).

Para el proyecto se realizó el método Proctor Modificado según la norma AASHTO T-180; según los ensayos en laboratorio, la muestra que fue tomada de la sub-rasante, el suelo tiene una densidad seca máxima de $1,748 \text{ kg/m}^3$ y

una humedad óptima 12.40 % (anexo C-4) y para la muestra que fue tomada del banco de material para la elaboración de la sub-base, el suelo tiene una densidad seca máxima de 1,315.74 kg/m³ y una humedad óptima de 27.50 % (figura 12).

2.5.4. Análisis de resultados

De los resultados de laboratorio de la muestra obtenida del suelo de sub-rasante y del banco de material para elaboración de la sub-base, dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido.

Con base a los ensayos realizados (anexo C), se presenta el resumen de resultados de la muestra obtenida de la sub-rasante.

Clasificación P.R.A. = A – 4

Clasificación S.C.U. = SM

Descripción del suelo = Arena limosa color beige

Límite líquido = 30.67 %

Índice plástico = 7.45 %

Densidad seca máxima = 1,748 kg/m³

Humedad óptima = 12.40 %

C.B.R. = al 95 % de compactación es de 8.40 %

Con base a los ensayos realizados en laboratorio, se presenta el resumen de resultados de la muestra de suelo tomada del banco de material para la elaboración de la sub-base.

Clasificación P.R.A. = A – 2 – 4

Clasificación S.C.U. = SM

Descripción del suelo = Arena limosa color gris con presencia de pómez

Límite líquido = No presenta límites

Índice plástico = 0.00

Densidad seca máxima = 1,315.74 kg/m³

Humedad óptima = 27.50 %

C.B.R. = al 95 % de compactación es de 46.45 %

A continuación, se presentan los resultados y gráficas de la muestra obtenida del banco de material para la elaboración de la sub-base.

Tabla III. **Análisis con tamices, muestra de la sub-base**

Análisis con tamices		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.00	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	100.00
10	2.00	68.02
40	0.42	38.47
200	0.074	20.49

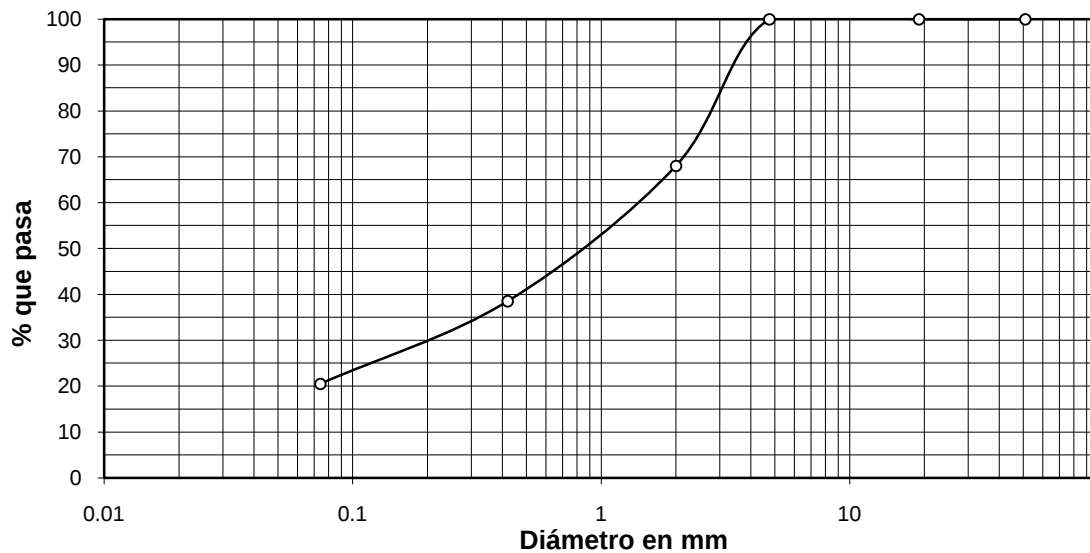
% de Grava: 0.00

% de Arena: 79.51

% de Finos: 20.49

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

Figura 10. **Curva de distribución granulométrica, muestra de la sub-base**



Descripción del suelo: arena limosa con presencia de pómez color gris

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A – 2 – 4

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

Tabla IV. **Resultados del ensayo de límites de Atterberg, muestra de la sub-base**

Ensayo No.	Muestra No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U.*	Descripción del suelo
1	1	N.P.	0.00	SM	Arena limosa color gris con presencia de pómez

(*) C.S.U. = clasificación sistema unificado

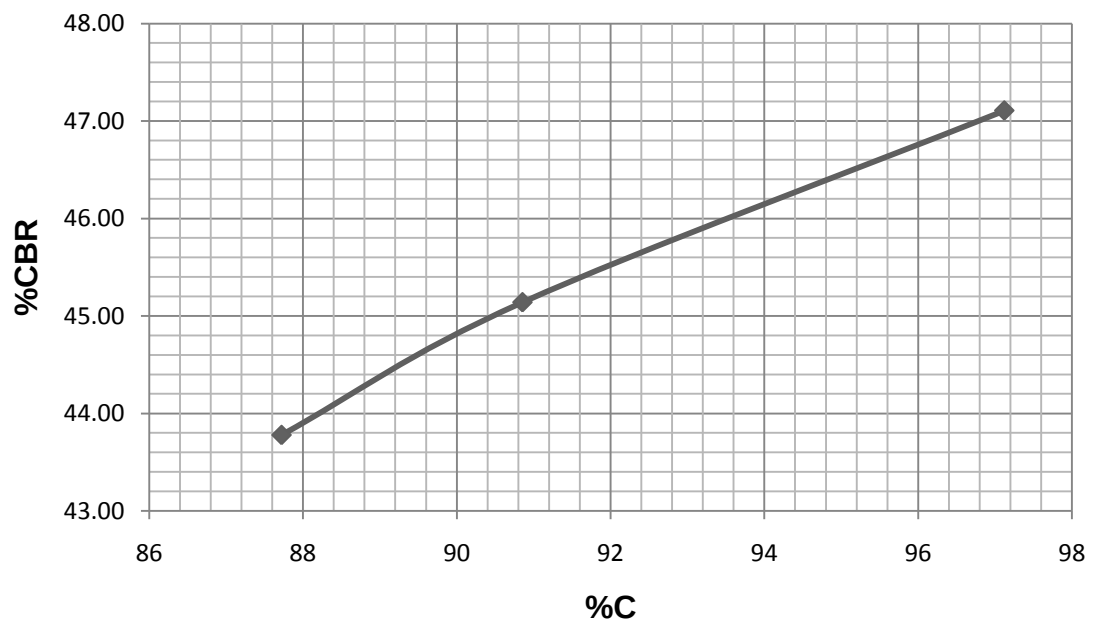
Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

Tabla V. **Resultados del ensayo razón soporte california (CBR),
Muestra de la sub-base**

Probeta	Golpes	A la compactación		C	Expansión	CBR
No.	No.	H (%)	Yd (lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	26.10	71.80	88.00	0.04	43.78
2	30	26.10	74.36	91.00	0.04	45.14
3	65	26.10	79.49	97.00	-0.13	47.11

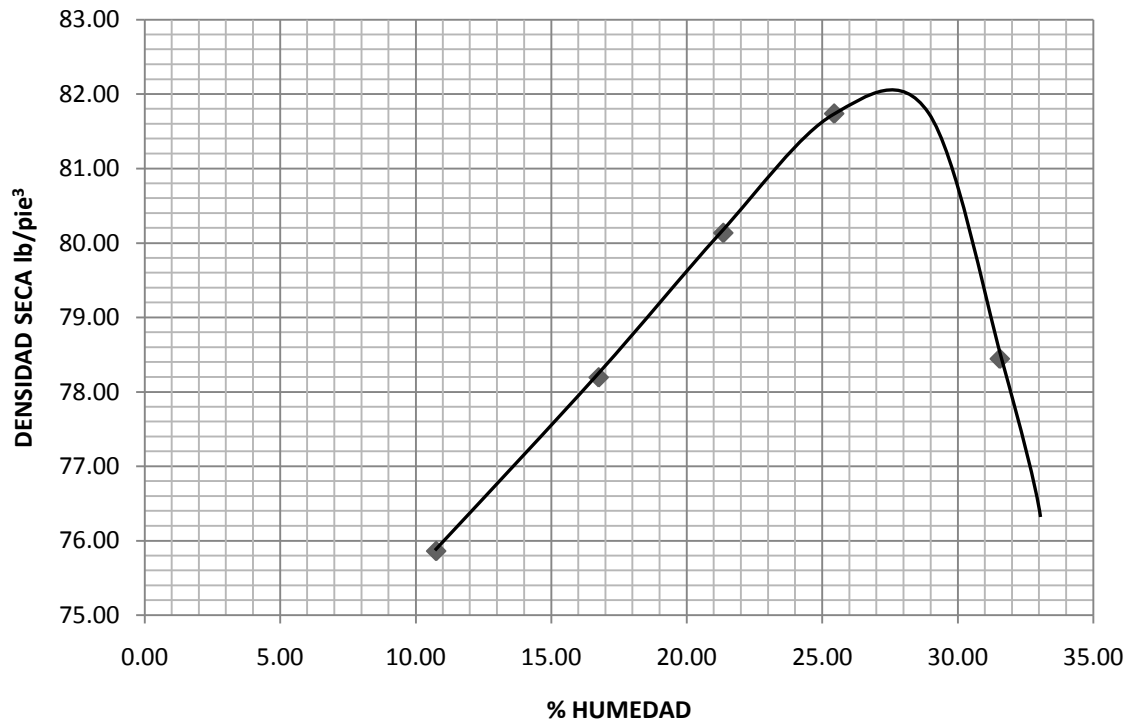
Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

Figura 11. **Gráfica de %CBR – %Compactación, muestra de la sub-base**



Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

Figura 12. **Gráfica de Densidad Seca–%Humedad, muestra de la. sub-base**



Descripción del suelo: arena limosa color gris con presencia de pómez

Densidad seca máxima yd: 1,315.74 kg/m³ 82.03 lb/pie³

Humedad óptima Hop.: 27.50 %

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en laboratorio de la muestra del banco de material.

2.6. Ancho de calzada

El ancho de calzada es la luz libre para la circulación de los vehículos; debido a las características geométricas que presenta la carretera, se utilizó un ancho de calzada de 5.50 m, correspondiente a una carretera tipo “E”, según la tabla de características geométricas para diseño de carreteras de la DGC (anexo A).

2.7. Hombros

Leclair (2004)

Los hombros son las franjas de carretera ubicadas adyacente a los carriles de circulación, se utilizan para proveer espacios a los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, para dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento, para permitir los movimientos peatonales y para proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito (cap. 4, p. 7).

Para el diseño del proyecto, no se utilizaron hombros debido a que las características geométricas de la sección transversal de la carretera no lo permiten.

2.8. Pendiente transversal

Es la pendiente de la corona de la carretera, en el eje perpendicular a ésta. Leclair (2004), establece que la pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles debe ser del 2 %; para carreteras con superficie

de calidad intermedia la pendiente transversal puede variar entre 1.5 % y 3 %; mientras que para carreteras con superficie de rodamiento de baja calidad, el rango de pendiente transversal puede ser entre 2 % y 4 %; para el diseño se fijó en 2 % la pendiente transversal.

2.9. Cunetas y contracunetas

“Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que pertenecen a la sección transversal de la carretera” (SCT, 1991, p. 386).

Leclair (2004)

Las cunetas son obras de drenaje que se construyen a los extremos de la carretera para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes; así como alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización y las contracunetas se construyen sobre el terreno natural, adyacente y a lo largo del borde superior de los taludes en corte, con el propósito de interceptar las aguas que fluyen hacia la parte principal de la carretera y desviarlas hacia las cunetas o alcantarillas (cap. 4, p. 13).

Debido a las limitaciones geométricas que presenta la carretera en su sección transversal, el tipo de drenaje utilizado fue por medio de bordillos a los extremos, los cuales estarán contruidos de concreto sin refuerzo y resistencia de 4,000 PSI (280 kg/cm²) a los 28 días de fraguado, por lo que la construcción de cunetas y contracunetas no se contemplan en el diseño.

2.10. Pavimento

“Es la estructura multicapa que se coloca sobre la sub-rasante de una carretera, integrada principalmente por la sub-base, la base y la carpeta de rodadura. Los pavimentos pueden ser según la carpeta de rodadura: flexibles, rígidos y semi-rígidos” (Hernández, 1997, p. 1).

- **Pavimento rígido**

Barrios (2007)

Se compone de losas de concreto hidráulico o cemento Portland que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su período de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de dilatación entre losas (p. 9).

- **Pavimento flexible**

Barrios (2007)

Los pavimentos flexibles son elaborados a partir de la mezcla de áridos y cemento asfáltico, resultan más económicos en su construcción inicial que los rígidos, tiene un período de vida entre 10 y 20 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y la sub-base (p. 10).

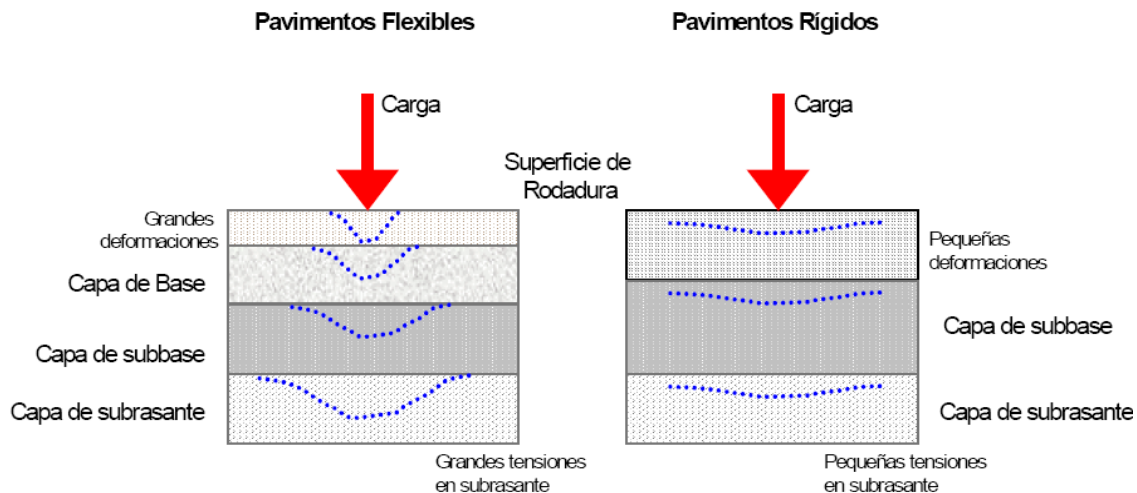
- **Pavimento semi-rígido**

En términos amplios, un pavimento semi-rígido o semi-flexible, es aquel en el cual se combinan diferentes tipos de pavimentos.

Hernández (1997)

El adoquín, en nuestro medio es un ejemplo de los materiales comúnmente usado en pavimentos semi-rígidos, ya que aunque cada adoquín es un bloque de concreto rígido, es a la vez una unidad independientes de los que los rodean; al recibir cada adoquín una carga concentrada, ésta se distribuye por contacto de partícula a partícula como en un pavimento flexible (p. 1).

Figura 13. **Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos**



Fuente: Coronado. 2002. Manual centroamericano para diseño de pavimentos. cap. 5. p. 1.

Para el diseño del proyecto se especificó utilizar pavimento rígido, debido a que el mantenimiento que requiere es menor que el flexible y el período de vida es mayor, además, el concreto hidráulico absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible, este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores y necesita una sub-rasante con CBR alto.

Coronado (2002), establece que los pavimentos rígidos no utilizan capa de base, ya que basan su capacidad portante en la losa de concreto hidráulico, más que en la capacidad de la sub-rasante, distribuyendo mejor las cargas hacia la estructura de pavimento, por lo que las capas que constituyen un pavimento rígido son: sub-rasante (como fundación del pavimento), capa de sub-base y carpeta de rodadura, como lo indica la figura 13.

2.10.1. Sub-rasante

“Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto” (DGC, 2001, sec. 301, p. 1).

La sub-rasante debe cumplir con ciertos requisitos establecidos por la DGC, los cuales se presentan a continuación.

- **Materiales inadecuados para sub-rasante**

DGC (2001)

- a. Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M-145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente

carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Además basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.

- b. Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de sub-rasante (sec. 301, p. 1).

- **Materiales adecuados para sub-rasante**

“Son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T-193 (CBR)” (DGC, 2001, sec. 301, p. 1).

2.10.2. Sub-base

DGC (2001)

La sub-base está definida como la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar.

La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las disposiciones especiales o lo ordenado por el delegado residente con autorización previa del Ingeniero de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

La capa de sub-base común, debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

- a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, AASHTO T-180.
- b. Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de 1/2 espesor de la capa. El material de sub-base no debe tener más del 50 % en peso de partículas que pasen el tamiz 0.425 mm, ni más del 25 % en peso de partículas que pasen el tamiz 0.075 mm.
- c. Plasticidad y cohesión. El material de sub-base debe tener las características siguientes:
 1. Plasticidad. La porción que pasa el tamiz 0.425 mm, no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T-90 mayor de 6 ni un límite líquido AASHTO T-89 mayor de 25, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo AASHTO T-146. Cuando las

disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

2. Equivalente de arena. No debe ser menor de 25, determinado por el método AASHTO T-176.
- d. Impurezas. El material de sub-base debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base puedan causar fallas en el pavimento (sec. 303, pp. 1-2).

2.10.3. Base granular

“Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento” (DGC, 2001, sec. 304, p. 1).

Para el proyecto, no se contempla la utilización de la capa de base granular en el diseño del pavimento, ya que como se dijo antes, Coronado (2002), establece que los pavimentos rígidos no utilizan esta capa.

2.10.4. Pavimento de concreto de cemento Portland

DGC (2001)

Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito. Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en: pavimentos

de concreto simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero

Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos: pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia y pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros (sec. 501, p. 1).

Para el diseño, se utilizó el tipo de pavimento rígido de concreto simple con juntas sin barras de transferencia de carga.

Coronado (2002)

La transmisión de cargas para pavimentos con juntas sin barras de transferencia, se logra a través del esfuerzo de corte proporcionado por los agregados situados en las caras agrietadas que se forman por el corte de la junta entre losas contiguas; para que ésta transferencia sea efectiva es necesario que la longitud de las losas sean cortas (cap. 7, p. 67).

2.10.4.1. Diseño de losas para pavimentos rígidos

Mejía (1996)

El diseño de losas de concreto para un pavimento rígido debe incluir en su cálculo el espesor que deben tener según las características del suelo, calidad del concreto y el tránsito previsto. Así mismo incluyen detalles constructivos especiales para soportar el peso de las cargas móviles que actuarán sobre ellas, transmitir los momentos actuantes y a la vez proteger el suelo de fundación (p. 23).

2.10.4.1.1. Diseño de mezcla de concreto

Nawy (1988)

La teoría de la relación agua-cemento (relación a-c) establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia manejable), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua a cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad es también esencialmente fija, mientras la mezcla sea elástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos. Mientras que la resistencia depende de la relación a-c, la economía depende del porcentaje de agregado presente el cual dará una mezcla manejable. Entre más baja sea la relación a-c, mayor será la resistencia del concreto. Uno de los objetivos del diseño de la mezcla es el de producir un concreto manejable que sea fácil de colocar en moldes (pp. 26-29).

Para el diseño de la mezcla del pavimento se utilizó el método de American Concrete Institute -ACI-.

- **Memoria de cálculo para el diseño de la mezcla de concreto hidráulico**
 - La resistencia a compresión (f'_c) de la mezcla del pavimento a los 28 días de fraguado es de 4,000 PSI (280 kg/cm^2).

“El concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión (f'_{cr}). El concreto debe producirse de manera que se

minimice la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a f'_c " (ACI, 2008, p. 67).

Para calcular la resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}), ACI (2008), establece que debe determinarse por medio de la tabla VI.

- La resistencia promedio a la compresión (f'_{cr}) que se utilizó en el diseño de la mezcla del pavimento es

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + 83 \text{ (tabla VI)} \\ &= 363 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- El revenimiento para pavimentos es de 7.5 cm como máximo (tabla VII).
- El concreto no incluirá aire en la mezcla, debido a que el municipio de Esquipulas tiene una temperatura promedio de 25 grados centígrados, bajando hasta 10 grados ocasionalmente (sección 1.1.5), por lo que el agua no llega al punto de congelamiento, lo que no hace necesario incluir aditivos inclusores de aire. "Los aditivos inclusores de aire, se usan principalmente para incrementar la resistencia del concreto al congelamiento y derretimiento" (McCormac, 2010, p. 10).
- "El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a
 - 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
 - 1/3 de la altura de la losa

- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de tendones o ductos” (ACI, 2008, p. 46).

Para la mezcla se utilizó agregado grueso con tamaño nominal de 1" de diámetro.

- La cantidad de agua por volumen de concreto es de 195 kg/m^3 para un revenimiento de 7.5 cm y tamaño máximo de agregado de 1" (tabla VIII).
- La relación agua-cemento para una resistencia de 363 kg/cm^2 se estima que es de 0.46 (interpolando datos de la tabla IX).
- El contenido de cemento es

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de cemento} &= \text{cantidad de agua} / \text{relación agua-cemento} \\ &= 195 \text{ kg/m}^3 / 0.46 \\ &= 423.91 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- El módulo de finura de la arena se estimó en 2.6, ya que según la norma ASTM C-33, el módulo de finura es una medida de la granulometría del agregado fino que se usa principalmente en el diseño de mezcla de concreto de cemento Portland, el cual debe estar entre 2.3 y 3.1.
- Para un módulo de finura de 2.6 y un agregado grueso de 1", el volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto es de 0.69 (tabla X).

- Utilizando un peso volumétrico seco compactado de $1,600 \text{ kg/m}^3$ para el agregado grueso, el contenido de agregado grueso es

$$\begin{aligned}\text{Contenido de agregado grueso} &= (0.69) * 1,600 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,104 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- El peso volumétrico estimado del concreto fresco para un tamaño máximo de agregado de 1" es de $2,406 \text{ kg/m}^3$ (tabla XII).

$$\begin{aligned}\text{Peso de la arena} &= \text{peso del concreto fresco} - \text{pesos del (agua +} \\ &\quad \text{cemento + agregado grueso)} \\ &= 2,406 \text{ kg/m}^3 - (195 \text{ kg/m}^3 + 423.91 \text{ kg/m}^3 + 1,104 \text{ kg/m}^3) \\ &= 683.09 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- La arena se estima que absorbe 2 % de su peso en humedad, por lo que el peso neto de la arena es

$$\begin{aligned}\text{Peso neto de la arena} &= 1.02 * 683.09 \text{ kg/m}^3 \\ &= 696.75 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- El peso del agregado grueso incrementa en 3 % debido a la absorción de humedad, de modo que

$$\begin{aligned}\text{Peso neto del agregado grueso} &= 1.03 * 1,104 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,137.12 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- A la cantidad de agua se le restan los porcentajes de humedad que absorbe la arena y el agregado grueso, de modo que

$$\begin{aligned}\text{Peso neto del agua para la mezcla} &= 195 \text{ kg/m}^3 - (0.02 * 683.09 \text{ kg/m}^3) - \\ &\quad (0.03 * 1,104 \text{ kg/m}^3) \\ &= 148.22 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Proporciones finales para 1 m³ de concreto

- Cemento = 423.91 kg
- Arena = 696.75 kg
- Agregado grueso = 1,137.12 kg
- Agua = 148.22 kg

Podemos verificar que la suma de todos los materiales es igual al peso estimado de 1 m³ de concreto (2,406 kg) para agregado grueso de 1" (tabla XII).

- Proporcionamiento relativo (proporción en peso)

$$\begin{aligned}\text{Cemento/Cemento : Arena/Cemento : AgregadoGrueso/Cemento : Agua/Cemento} \\ 1 : 1.64 : 2.68 : 0.35\end{aligned}$$

Estas proporciones están dadas en unidad de peso, pero en campo se dificultaría utilizarlas, por lo que se manejan unidades volumétricas para las proporciones de la mezcla, las cuales se calculan a continuación.

Utilizando el peso específico (γ) de cada material, se realiza la conversión a unidades volumétricas.

- $\gamma_{\text{cimento}} = 1,507.74 \text{ kg/m}^3$
- $\gamma_{\text{arena}} = 1,600 \text{ kg/m}^3$

- $\gamma_{\text{agregado grueso}} = 1,600 \text{ kg/m}^3$
- $\gamma_{\text{agua}} = 1,000 \text{ kg/m}^3$

Resolviendo las conversiones, tenemos que para 1 m^3 de concreto se necesitan las siguientes cantidades de materiales

$$\text{Cemento} = 0.28 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = 0.44 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.71 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.15 \text{ m}^3$$

- Proporcionamiento relativo (proporción en volumen)

El proporcionamiento en unidad de volumen de la mezcla para el pavimento es

Cemento/Cemento : Arena/Cemento : AgregadoGrueso/Cemento : Agua/Cemento

$$1 : 1.57 : 2.54 : 0.54$$

Tabla VI. **Resistencia promedio a la compresión requerida**

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm^2	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm^2
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 83$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 50$

Fuente: ACI. 2008. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario. p. 72.

Tabla VII. **Revenimientos recomendados**

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas simples, compuertas y muros de subestructura	7.5	2.5
Viga y muros reforzados	10	2.5
Columnas de edificio	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto macizo	5	2.5

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 29.

Tabla VIII. Requisitos aproximados de agua y contenido de aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados

Reveni- miento (cm)	Agua (kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de los agregados indicados)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
de 2.5 a 5	210	201	189	180	165	156	132	114
de 7.5 a 10	231	219	204	195	180	171	147	126
de 15 a 18	246	231	216	204	189	180	162	-
Cantidad de aire atrapado en el concreto sin aire incluido (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
de 2.5 a 5	183	177	168	162	150	144	123	108
de 7.5 a 10	204	195	183	177	165	159	135	120
de 15 a 18	219	207	195	186	174	168	156	-
Contenido de aire total promedio recomendado (por ciento por nivel de exposición)								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 30.

Tabla IX. **Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua-cemento**

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua-cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
414	0.41	-
345	0.48	0.40
276	0.57	0.48
207	0.68	0.59
138	0.82	0.74

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 32.

Tabla X. **Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto**

Tamaño máximo del agregado (pulgadas)	Volumen del agregado grueso seco compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
1/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 32.

Tabla XI. **Peso unitario de los agregados**

Tipo	Peso unitario del agregado seco compactado (kg/m ³)		Peso unitario del concreto (kg/m ³)	
Concretos aislados (perlita, vermiculita, etc.)	240.30	- 801.00	320.40	- 1,441.80
Ligero estructural	640.80	- 1,121.40	1,441.80	- 1,762.20
Normal	1,121.40	- 1,762.20	2,082.60	- 2,563.20
Pesado	> 2,162.70		2,883.60	- 6,087.60

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 19.

Tabla XII. **Primer estimado del peso del concreto**

Tamaño máximo del agregado (pulgadas)	Primer estimado del peso del concreto (kg/m ³)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
1/8	2,304	2,214
1/2	2,334	2,256
3/4	2,376	2,304
1	2,406	2,340
1 1/2	2,442	2,376
2	2,472	2,400
3	2,496	2,424
6	2,538	2,472

Fuente: Nawy. 1988. Concreto reforzado, un enfoque básico. p. 34.

2.10.4.1.2. Dimensionamiento del espesor de losas para pavimento rígido

La PCA ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar la carga de tránsito de carreteras: el método de capacidad y el método simplificado.

Mejía (1996)

El método de capacidad es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución carga-eje del tránsito. El método simplificado de diseño, es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, usando tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles (p. 34).

El método simplificado de la PCA para el diseño de espesores de pavimento rígido es el método que se utilizó para el diseño del espesor del pavimento.

- **Etapas de diseño del pavimento rígido usando el método simplificado de la PCA**
 - a. Diseño de sub-rasante
 - b. Establecer el tipo de junta entre losas
 - c. Determinar si se utilizan o no, hombros o bordillos
 - d. Definir la resistencia a flexión del concreto (módulo de ruptura)
 - e. Capacidad soporte de la sub-rasante o de la sub-base (k)
 - f. Tránsito pesado promedio diario (TPPD)
 - g. Determinar la categoría de tráfico

- h. Definir el período de diseño
- i. Encontrar el espesor de losas de concreto hidráulico, según la tabla de diseño determinada con los parámetros anteriores

a. Diseño de sub-rasante

Según los resultados en laboratorio para la muestra obtenida de la sub-rasante (anexo C) y comparándolos con las especificaciones de la DGC en cuanto a los requisitos que debe cumplir la sub-rasante (sección 2.10.1.), se determina que las características que presenta dicha muestra, cumplen con los requisitos de materiales adecuados para la elaboración de sub-rasante, por lo que ésta es adecuada para la construcción del pavimento.

La sub-rasante se debe escarificar, ajustar y conformar efectuando cortes y rellenos en un espesor de 20 cm, como se indica en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la DGC.

b. Tipo de junta

Las tablas de diseño del método simplificado de la PCA incluyen dos tipos de junta, del tipo dovela (con varillas de transferencia) y del tipo trabe por agregado (sin varillas de transferencia).

La junta seleccionada para el diseño, es del tipo trabe por agregado sin barras de transferencia, ya que resulta aceptable para vías de bajo tránsito pesado.

c. Bordillos

“El bordillo integrado provee un espaciamiento del borde del pavimento que disminuye sus flexiones y tensiones y mejora su capacidad estructural, con lo cual se reduce el espesor de la losa de un pavimento determinado entre 1 a 1/2 pulgada” (Hernández, 1997, p. 66).

El diseño contempla la integración de bordillos, lo cual ayudará a disminuir el espesor de las losas.

d. Resistencia a flexión del concreto (módulo de ruptura)

Coronado (2002)

Este valor se utiliza en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamiento en el pavimento.

La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa. La relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que afecta el espesor de la losa. De lo anterior se deduce que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son factores principales a considerar en el diseño de pavimentos rígidos (cap. 7, p. 69).

Con base a las especificaciones del código ACI, el módulo de ruptura del concreto (f_r) se estimó como el 15 % de la resistencia a compresión del

concreto (f'_c) debido a que “la resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión (módulo de ruptura) es una propiedad más variable que la resistencia a la compresión y es aproximadamente de 10 a 15 por ciento de la resistencia a la compresión” (ACI, 2008, p. 138).

$$f'_c = 4,000 \text{ PSI} = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 15 \% * f'_c$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0.15 * 280 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 42 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

e. Capacidad soporte de la sub-rasante o de la sub-base (k)

Coronado (2002)

La capacidad soporte, es el valor del módulo de reacción (k) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto. Este valor se puede estimar por la correlación con el CBR ya que no es necesariamente indispensable tener un valor exacto de k, variaciones mayores de este valor no afectan los espesores de diseño (cap. 7, p. 70).

Para determinar el módulo de reacción de la capa de apoyo del pavimento, se utiliza la figura 14; el CBR al 95 % de compactación de la sub-rasante es 8.4 (sección 2.5.3.), utilizando la figura mencionada, se obtiene que el módulo de reacción para éste dato es 5.13 kg/cm^3 (51.30 MPa/m); sin embargo, en el diseño se contempla el uso de sub-base y ésta aumenta el valor de k.

“Las sub-bases son necesarias con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa” (Coronado, 2002, cap. 7, p. 71).

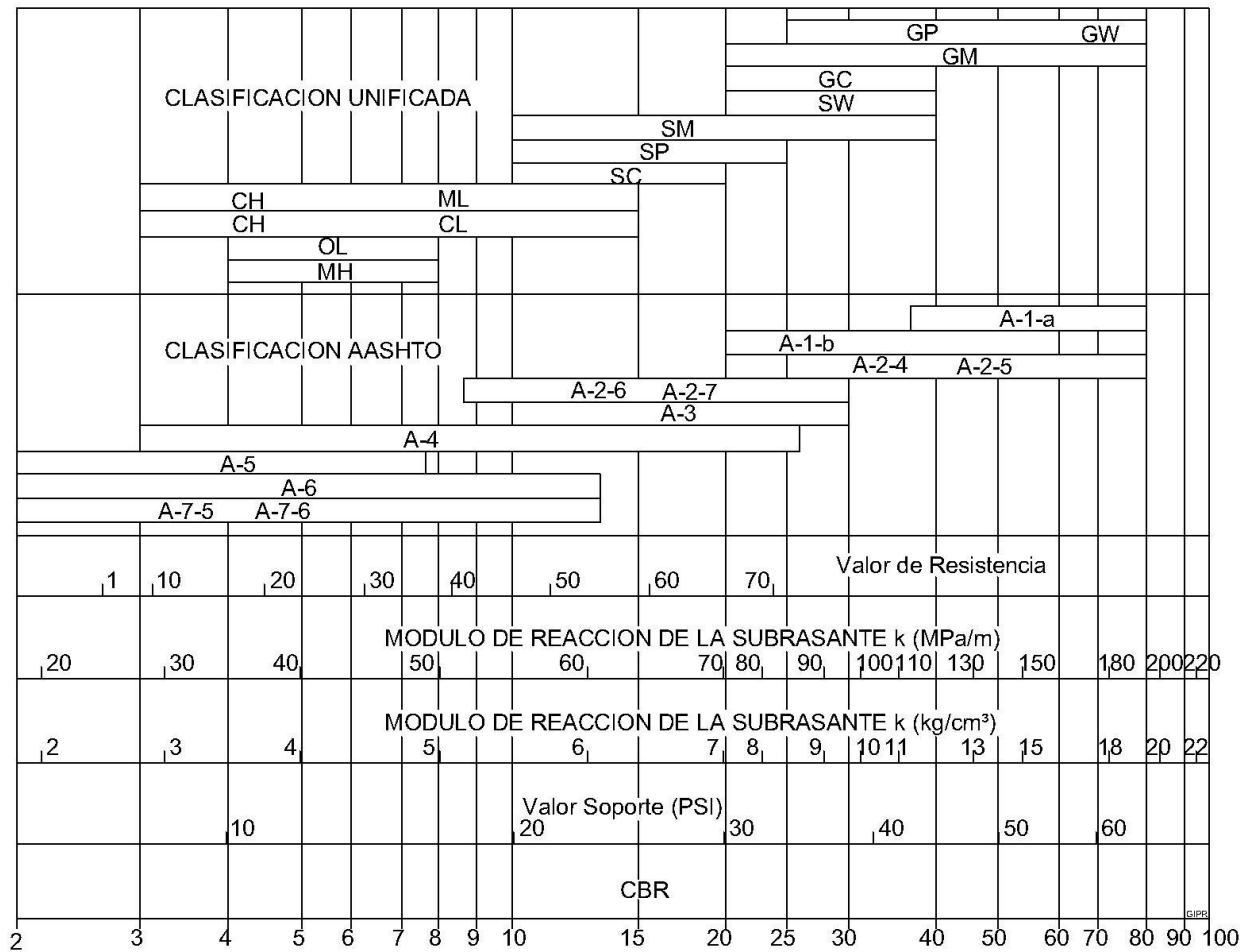
La tabla XIII indica el módulo de reacción de diseño utilizando sub-base, éste depende del espesor de la misma y del módulo de reacción de la sub-rasante.

Tabla XIII. **Valores de k para diseño sobre sub-base**

Valor de k para sub-rasante		Valor de k para sub-base							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: Coronado. 2002. Manual centroamericano para diseño de pavimentos. Cap. 7, p. 71.

Figura 14. **Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos**



Fuente: Coronado. 2002. Manual centroamericano para diseño de pavimentos. Cap. 4, p. 6.

Para establecer el tamaño del espesor de la sub-base, utilizando la tabla XIII se determinó por interpolación el módulo de reacción para espesores entre 100 y 300 milímetros de la misma.

Tabla XIV. **Módulo de reacción de diseño, para diferentes espesores de sub-base**

Módulo de reacción (k) de la sub-rasante = 5.13 kg/m ³	Espesor de la sub-base	Módulo de reacción (k) para sub-base kg/cm ³
	100 mm	5.57
	150 mm	5.86
	225 mm	6.77
	300 mm	7.96

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la tabla XV se verifica el rango en el que se encuentra el módulo de reacción y se establece la condición de apoyo del pavimento.

Tabla XV. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción en kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2.0 – 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3.6 – 4.7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5.0 – 6.0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6.9 – 11.0

Fuente: Salazar. 1997. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 149.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo del banco de material es mejor que el suelo de la sub-rasante en cuanto a resistencia (sección 2.5.4.), por conveniencia, con el fin de reducir costos en el proceso de elaboración de la sub-base y siguiendo las especificaciones de la DGC para los espesores máximos y mínimos, se establece como 100 mm el espesor de la misma.

Utilizando un espesor de sub-base de 100 mm se obtiene un módulo de reacción de 5.57 kg/cm^3 (tabla XIV), con este dato, según la tabla XV, la condición de apoyo es Alto, catalogando al tipo de suelo como arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos.

f. Tránsito pesado promedio diario (TPPD)

Estimar el tránsito pesado promedio diario, TPPD, es el factor más importante en el diseño de espesores de pavimento. En el método simplificado propuesto por la PCA, no es tan determinante el número de vehículos que circula por la vía, sino el de vehículos pesados, “este valor excluirá todos los vehículos ligeros, camiones de cuatro llantas de dos ejes” (Salazar, 1997, p. 149).

“El TPPD incluye solamente camiones de seis llantas o más y unidades simples o combinadas de tres ejes o más. No se incluyen paneles, pick ups o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas” (Hernández, 1997, p. 66).

En el anexo D se encuentra el aforo vehicular del tramo que conduce a la aldea Belén, sobre la carretera RN-18, datos obtenidos por parte de la Policía Municipal de Tránsito -PMT- de la municipalidad de Esquipulas; en dicho aforo se puede observar que en los meses de octubre a enero, el TPPD incrementa

considerablemente, ya que ésta época del año corresponde a la producción del café.

La ruta es de tipo turístico y agrícola, siendo ésta última la de mayor importancia con relación al tránsito pesado, por lo que se tomaron en cuenta estas consideraciones para obtener el TPPD más crítico, el cual es de 23 (anexo D).

g. Categoría de tráfico

Conociendo que el tránsito promedio diario anual (TPDA) es de 258 (anexo D), se cataloga la vía como categoría 1, según la tabla XVI, por lo que el tramo queda definido como: calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio).

h. Período de diseño

Salazar (1997)

Los valores que aparecen en las tablas del método simplificado de la PCA, son para un período de análisis de 20 años. Para otro lapso se deberán multiplicar los valores de TPPD por un factor de ajuste para obtener un valor corregido de las tablas.

Por ejemplo, si se desea obtener el diseño para 30 años en lugar de 20 años, entonces el resultado de las tablas se deberá multiplicar por el factor correctivo de proporcionalidad de 30/20 (p. 155).

El período utilizado para el diseño del espesor de losas de concreto hidráulico del proyecto, es de 20 años.

i. Espesor de losas de concreto hidráulico

Tomando en cuenta los parámetros anteriores y utilizando la tabla XVII, se obtiene que el espesor de la losa de concreto es de 12.5 cm, por conveniencia se aproximó a 13 cm.

- **Espesores finales**

Finalmente, las dimensiones de los espesores propuestos de las capas del pavimento que se obtuvieron con base al diseño previo, son las siguientes:

- Sub-rasante: 20 cm
- Sub-base: 10 cm
- Losas de concreto hidráulico: 13 cm

Tabla XVI. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría de ejes		Tráfico				
		TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales Caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras Caminos rurales y secundarios (altos*) Arterias principales y caminos principales (bajos*)	700 - 5,000	5 - 18	40 - 1,000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*) Viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles 3,000 - 50,000 4 carriles	8 - 30	500 - 1,000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*) Carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3,000 - 20,000 2 carriles 3,000 - 150,000+ 4 carriles más	8 - 30	1,500 - 8,000+	34	60

*La descripción de bajo, medio y alto corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino: es decir, "bajo" para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de "bajo" para un camino secundario.

Fuente: Salazar. 1997. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 148.

Tabla XVII. **TPPD permisible, categoría de carga por eje No.1 Pavimentos con junta de trabe por agregados (no necesita pasajuntas)**

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillos			
Espesor de losa cm		Apoyo del terreno o de la sub-base			Espesor de losa cm	Apoyo del terreno o de la sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
MR = 46 kg/cm²					10		0.2	0.9
	11.5			0.1	11.5	2	8	25
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14	3	15	45	14.5	320		
	15	40	160	430				
	16.5	330						
MR = 42 kg/cm²	12.5		0.1	0.4	10			0.1
	14.0	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15.0	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15	610		
MR = 39 kg/cm²	14	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15	1	6	18	12.5	0,8	4	13
	16.5	13	60	160	14	13	57	150
	17.8	110	400		15	130	480	
	19	620						

Nota: El diseño controla el análisis por fatiga.

Nota: Una fracción del TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero sólo pocos vehículos pesados por semana (TPPD de 0.3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: Salazar. 1997. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 149.

2.10.4.1.3. Diseño de juntas

Morales (2006)

Las juntas son detalles constructivos que controlan las grietas longitudinales y transversales surgidas de los efectos combinados de la retracción por secado del concreto, causados por los cambios de temperatura y humedad, la fricción entre la losa y la base, debido a las cargas aplicadas por el tránsito y de las características propias del concreto (p. 2).

- **Tipos de juntas**

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto hidráulico son los siguientes.

- **Juntas transversales de contracción**

DGC (2001)

Estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciadas, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento (sec. 501, p. 9).

Las juntas transversales de contracción, a su vez pueden ser de dos tipos

- a. De trabe por agregados o fricción
- b. De dovelas o pasajuntas

- **Juntas transversales de construcción**

DGC (2001)

Las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día o cuando surge cualquier interrupción de la colocación (sec. 501, p. 9).

- **Juntas de expansión o aislamiento**

“Se colocan en localizaciones que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo” (DGC, 2001, sec. 501, p. 9).

- **Juntas longitudinales de contracción**

“Dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo” (DGC, 2001, sec. 501, p. 10).

- **Juntas longitudinales de construcción**

“Estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas” (DGC, 2001, sec. 501, p. 10).

- **Tipo de junta a utilizar**

Para el proyecto, se estipuló la utilización de juntas de contracción del tipo de trabe por agregados (por fricción).

Según el diseño del espesor de las losas de pavimento hidráulico que se realizó (sección 2.10.4.1.2.), para la categoría 1 de tráfico en función de cargas por eje (tabla XVI), “se contempla sólo tránsito ligero y no establece diferenciación entre pasajuntas o fricción. Para este tránsito rige normalmente el criterio de fatiga y no se requieren pasajuntas, ya que el rango de pesos por eje en esta categoría es bajo” (Salazar, 1997, p. 158).

- **Distancia entre juntas**

Para la separación que tendrán las juntas en las losas de concreto, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

“En pavimentos de concreto sin refuerzo, el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4.50 metros, para que las losas tengan un buen comportamiento” (Coronado, 2002, cap. 7, p. 68).

La American Concrete Pavement Association -ACPA- recomienda un espaciamiento máximo de 24 veces el espesor de la losa, cuando la fricción entre la sub-base y el pavimento corresponde a valores normales y un espaciamiento máximo de 21 veces el espesor de la losa, cuando existe mayor fricción entre la sub-base y el pavimento de concreto, como en bases estabilizadas.

La ACPA también especifica que la forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo no siempre es posible tener las losas perfectamente cuadradas, por lo que se considera cierto grado de rectangularidad. La relación entre largo y ancho de un tablero de losas no deberá estar fuera de estos límites: 0.71 a 1.4.

$$0.71 < \frac{\text{Distancia entre juntas transversales}}{\text{Distancia entre juntas longitudinales}} < 1.40$$

Otro factor a tomar en cuenta a fin de reducir los esfuerzos y las deflexiones en las juntas, es el de evitar que todos los ejes de un vehículo pesado circulen por la misma losa de concreto, en el mismo instante; para conocer estas dimensiones, el reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda -CIV- de Guatemala, indica las longitudes mínimas aceptables entre los ejes más distantes de los vehículos que circulan en el país (tabla XVIII).

Tabla XVIII. **Separación mínima entre ejes más distantes de vehículos**

Tipo de vehículo	Separación permisible p/circulación (metros)
C-2	2.40
C-3	3.00
C-4	3.50

Fuente: CIV. 2010. Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones. p. 8.

Tabla XIX. **Abreviaturas y definiciones de tipo de vehículos**

Tipo de vehículo	Descripción
C-2	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción)
C-3	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o tándem (eje de tracción)
C-4	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción)

Fuente: CIV. 2010. Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones. p. 5.

Se consideró que las juntas transversales de contracción deben efectuarse a cada 2.00 m, ya que el vehículo C-2 corresponde al tipo de vehículo de tránsito pesado con la menor separación entre ejes más distantes, ésta no puede ser menor a 2.40 m (tablas XVIII y XIX); con esto se evita que todos los ejes de dicho vehículo circulen simultáneamente sobre la misma losa, para reducir los esfuerzos en las juntas.

Debido a que la carretera es de dos carriles y el ancho de calzada de 5.50 m, las juntas longitudinales de contracción se estipularon realizarlas únicamente en el eje central de la vía, por lo que las dimensiones finales de las losas de concreto son 2.00 m * 2.75 m, con estas dimensiones las losas tienen una relación entre largo y ancho de 0.73, que indica que está dentro de los límites permitidos.

- **Formación de juntas**

Los métodos utilizados para la formación de juntas son los siguientes:

- a. Formadas por inserción de tiras o fajas premoldeadas
- b. Inducidas en el concreto fresco
- c. Conformadas con formaleta
- d. Aserradas en el concreto endurecido

Para la formación de juntas transversales y longitudinales de contracción, se estipuló utilizar el método de aserradas en concreto endurecido.

DGC (2001)

El método de juntas aserradas en concreto endurecido consiste en producir ranuras en la superficie del pavimento, con una sierra para concreto. El corte con sierra debe hacerse cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para posibilitar dicho corte, sin causar roturas o desportillamientos en los bordes y antes de que se produzcan grietas de contracción no controladas, pero en ningún caso deben transcurrir más de 24 horas después de la colocación del concreto (sec. 501, pp. 10-11).

El ancho de este corte será de $1/8"$ y la profundidad de $D/3$, donde D es el espesor de la losa de concreto, por lo que la profundidad del corte de las juntas será $13 \text{ cm} / 3 = 4.33 \text{ cm}$, por conveniencia la profundidad utilizada es de 5 cm.

- **Sellado de juntas**

“Su propósito es minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes. Así como, la entrada de materiales incompresibles que puedan ocasionar desportilamientos y daños mayores” (Coronado, 2002, cap. 7, p. 101).

“Cuando las juntas deban ser selladas, normalmente se hace posteriormente un ensanche de la ranura para formar la caja de sello o bien se realiza un corte de discos abrasivos de ancho suficiente para realizar los cortes más anchos de una sola pasada” (DGC, 2001, sec. 501, p. 11)

Luego de realizar la caja de sello se coloca el cordón de respaldo y sobre el mismo el material sellador.

Morales (2006)

El mercado ofrece una basta gama de materiales sellantes, tanto moldeados en campo, sello líquido, como preformados, por compresión. El éxito de los selladores líquidos, depende de que la adherencia a las paredes de las juntas se mantenga por largo plazo y el de los selladores preformados depende del rechazo lateral a largo plazo (p. 17).

Para el proyecto, se optó por la utilización de sellante líquido de un solo componente a base de silicón.

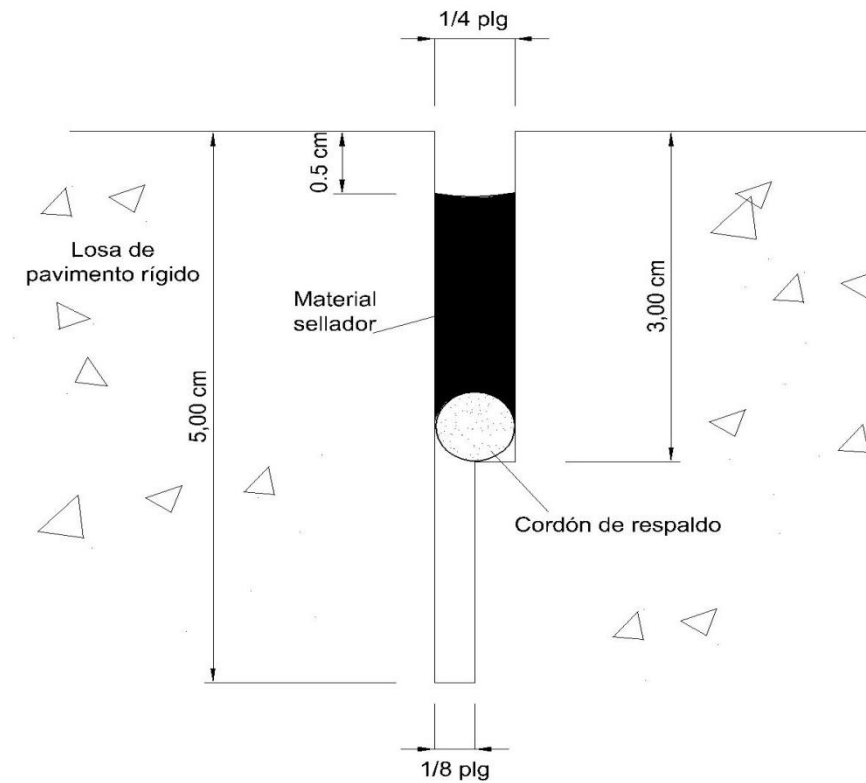
Morales (2006)

El sellante líquido de un solo componente a base de silicón, no requiere de mezcla ni calentamiento y al ser aplicado, seca en 30 minutos, complementándose con la humedad del aire, aunque también este proceso se ve afectado por las condiciones ambientales y especificaciones del fabricante, tales como no ser aplicada cuando llueve o con temperaturas bajo el punto de rocío. Estos selladores son adecuados para climas con grandes diferencias de temperatura. La mayoría tiene un módulo elástico bajo, que permite una buena recuperación de las deformaciones de tracción y compresión; soportando, por lo menos, un 100 % de extensión y un 50 % de compresión sin sufrir daños.

Los cordones de respaldo impiden que el sello líquido fluya hasta el fondo de la junta, evitando la adhesión del sello con el fondo de la caja. Incrementan las tensiones en el sellador y ayudan a definir el factor forma, optimizando la cantidad de sellador usado (Morales, 2006, pp. 20-22).

Para el proyecto se estableció utilizar cordón de respaldo de espuma de polietileno de 1/4" de diámetro, "este no absorbe el agua y es moderadamente compresible. Es adecuado para los selladores de vertido en frío, ya que podría derretirse al contacto con los materiales de vertido en caliente" (Morales, 2006, p. 22).

Figura 15. **Detalles de junta de contracción**



Fuente: Elaboración propia. Sin escala.

2.11. Drenajes transversales

Los drenajes transversales se construyen para reanudar la continuidad de cauces o arroyos, permitiendo su paso bajo la carretera. En su diseño influyen factores hidráulicos y otros que se derivan de las características del cauce para determinan sus dimensiones.

Existen tres quebradas que cruzan la carretera en estudio, para las cuales se diseñaron drenajes transversales con tubería de concreto, además de

aletones y cabezales de concreto ciclópeo; el nombre de las quebradas y su localización son las siguientes:

1. El Roble, en el caminamiento 0+695.00 del proyecto
2. Del Recibimiento, en el caminamiento 1+692.00 del proyecto
3. De Los Milagros, en el caminamiento 2+310.00 del proyecto

- **Estudio hidrológico e hidráulico**

Sitaví (2012)

Son fundamentales para el diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca sustentada por la obra en examen; la operación optimizada del uso de los recursos hídricos en un sistema complejo de obras hidráulicas, sobre todo si son de usos múltiples.

El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos, para prever un correcto diseño de infraestructura vial, como caminos, carreteras, puentes, etc. (p. 15).

- **Caudal de diseño (Q)**

Para conocer el caudal de diseño se utilizó el método racional, según el INSIVUMEH (2002) la fórmula es la siguiente:

$$Q = C * i * A / 360$$

Donde

Q = Caudal (m^3/s)

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia (mm/hr), con una duración igual a t_c

A = Área de la cuenca tributaria (Ha)

t_c = Tiempo de concentración de la cuenca (minutos).

▪ Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía se estima en base a las características hidrogeológicas de las cuencas, en donde se toma en cuenta el tipo de suelo, pendiente del terreno y la capacidad de infiltración; para el diseño se clasificó el suelo como tierra agrícola y capacidad de infiltración media, ya que los suelos en la región se caracterizan por ser utilizados para cultivos.

Tabla XX. Valores indicativos del coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C				
Tipo de suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alta (suelos arenosos)	Media (suelos francos)	Baja (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potreros	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: INSIVUMEH. 2002. Informe de intensidad de lluvia en Guatemala. p. 11.

▪ **Intensidad de lluvia (i)**

Para determinar la intensidad de lluvia, se utilizó el método estándar de cálculo recomendado por el INSIVUMEH, que está dada por la siguiente fórmula:

$$i = a / (b + t_c)^N$$

Donde

i = Intensidad de lluvia en mm/hr, asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr)

t_c = Tiempo de concentración (minutos)

a, b y N = Parámetros de ajuste obtenidos de la estación meteorológica de la localidad

Tabla XXI. **Parámetros a, b y N estación meteorológica Esquipulas**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
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	0.700	0.696	0.694	0.690	0.686

Tr=período de retorno (años).

Fuente: INSIVUMEH. 2002. Informe de intensidad de lluvia en Guatemala. p. 5.

Utilizando la tabla XXI, se obtiene que la intensidad de lluvia para Esquipulas utilizando un período de retorno de 30 años es

$$i = 1,222 / (6 + t_c)^{0.694}$$

- **Tiempo de concentración (t_c)**

INSIVUMEH (2002)

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

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

Donde

t_c = Tiempo de concentración (minutos)

L_{ca} = Longitud del cauce (m)

H = Desnivel del cauce (m) (p. 10).

- **Área (A)**

El área de cuenca correspondiente a cada quebrada, se determinó utilizando hojas cartográficas del lugar, proporcionadas por el Sistema Nacional de Información Territorial -SINIT-, obteniendo los datos siguientes

1. El Roble = 50.55 ha
2. Del Recibimiento = 241.91 ha
3. De Los Milagros = 36.23 ha

En el apéndice B, se encuentra la hoja cartográfica con la delimitación de las cuencas para cada quebrada; en la tabla XXII se indican los datos utilizados para encontrar el caudal de diseño correspondiente a cada quebrada.

Tabla XXII. **Caudales de diseño para las quebradas**

Quebrada	A(Ha)	L(m)	H(m)	P(%)	C	tc(minutos)	i(mm/hr)	Q(m ³ /s)
El Roble	50.55	1,265.53	115.00	9.09	0.60	11.86	165.29	13.93
Del Recibimiento	204.76	3,289.00	903.00	27.46	0.70	16.26	141.88	56.49
De Los Milagros	36.23	1,000.00	140.00	14.00	0.70	8.40	191.98	13.52

Fuente: Elaboración propia.

○ **Diseño de diámetros**

El diámetro de la tubería de los drenajes transversales se diseñó para que trabaje al 90 % de la sección llena, este parámetro es “muy importante a tomar en cuenta durante el diseño hidráulico de drenajes transversales, por ello, no deben ser diseñados para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica” (MTC, 2011, p. 79).

Para calcular el diámetro de la tubería se utilizó la fórmula de Manning, que con la ecuación de la continuidad de Bernoulli se puede emplear para calcular los caudales de diseño.

“La fórmula de Manning es la siguiente:

$$V = R_h^{2/3} * S^{1/2} / n$$

Donde

V = Velocidad (m/s)

R_h = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la tubería” (MTC, 2011, p. 86).

La ecuación de la continuidad de Bernoulli es la siguiente:

$$Q = A \cdot V$$

Donde

Q = Caudal de flujo a sección llena de la tubería (m^3/s)

V = Velocidad a sección llena de la tubería (m/s)

A = Área de la sección transversal de la tubería (m^2)

Sustituyendo la ecuación de la continuidad de Bernoulli en la ecuación de Manning, se obtiene la ecuación para caudal de diseño.

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

Donde

Q = Caudal (m/s)

V = Velocidad (m/s)

R_h = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la tubería (tabla XXIII).

Tabla XXIII. **Valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)**

Tipo de conducto cerrado con escurrimiento parcialmente lleno	Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)
Bronce	0.01
Acero	
Soldado	0.012
Con remaches	0.016
Acero corrugado	
Subdrenaje	0.019
Drenaje para agua de lluvias	0.024
Concreto	
Tubo recto libre de basuras	0.013
Tubo de alcantarillado con cámaras, entradas	0.013

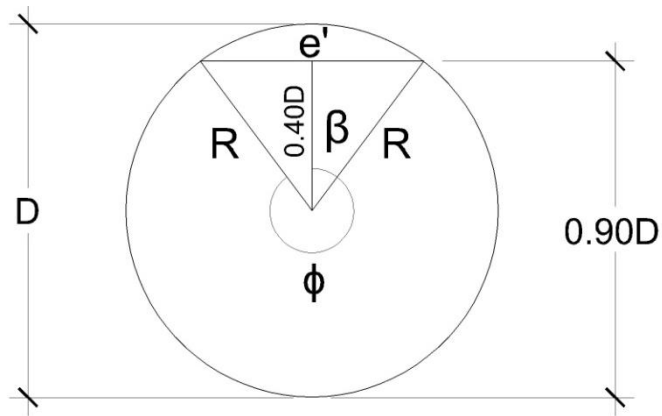
Fuente: MTC. 2011. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. p. 75.

El radio hidráulico se calculó con la siguiente expresión:

$$R_h = \frac{\text{Área mojada}}{\text{Perímetro mojado}}$$

La tubería trabaja al 90 % de su sección, partiendo de éste parámetro se calcula el R_h .

Figura 16. **Tubería llena a 90 % de la sección**



Fuente: Elaboración propia

Sabiendo que $R = D / 2$, donde R es el radio de la tubería y D el diámetro, por trigonometría se obtiene el espejo de agua (e') en función del diámetro.

$$\begin{aligned} e' / 2 &= (R^2 - (0.4D)^2)^{1/2} \\ &= ((D^2 / 4) - (0.16D^2))^{1/2} \\ e' / 2 &= 0.3D \\ e' &= 0.6D \end{aligned}$$

Por medio de trigonometría es posible calcular los ángulos β y ϕ .

$$\begin{aligned} \cos(\beta) &= 0.4D / R \\ &= 0.4D / 0.5D \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

Despejando

$$\begin{aligned}\beta &= \cos^{-1}(0.80) \\ &= 36^{\circ} 52' 11.63''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi &= 360^{\circ} - (2\beta) \\ &= 286^{\circ} 15' 36.74''\end{aligned}$$

- **Área mojada**

Área del triángulo

$$\begin{aligned}A_t &= 1/2 * e' * 0.4D \\ &= 0.12 * D^2\end{aligned}$$

Área de la sección circular

$$\begin{aligned}A_c &= \pi * R^2 * \phi / 360^{\circ} \\ &= 624.523 * 10^{-3} * D^2\end{aligned}$$

$$\text{Área mojada} = A_t + A_c = 744.523 * 10^{-3} * D^2$$

- **Perímetro mojado**

Perímetro mojado = Perímetro de la sección circular

$$\begin{aligned}&= \pi * D * \phi / 360^{\circ} \\ &= 2.498 * D\end{aligned}$$

- **Radio hidráulico**

$$R_h = \text{Área mojada} / \text{Perímetro mojado} \\ = 298.048 * 10^{-3} * D$$

- **Fórmula para encontrar el diámetro**

Sustituyendo R_h en la ecuación de Manning para encontrar el caudal y despejando, la ecuación del diámetro de la tubería trabajando al 90 % de su sección es la siguiente:

$$D = 1.4817 * (Q * n / S^{1/2})^{3/8}$$

Donde

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal (m^3/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la tubería (tabla XXIII)

S = Pendiente de la tubería (m/m)

En la tabla XXIV se muestra la cantidad de tubos y el diámetro que se requiere para cada una de las quebradas.

Tabla XXIV. **Diámetro de tuberías de drenajes transversales**

Quebrada	P tubo(%)	Material	Diámetro (pulgadas)	No. de tubos
El Roble	3.00	Concreto	48	2
Del Recibimiento	6.00	Concreto	60	3
De Los Milagros	6.00	Concreto	48	2

Fuente: Elaboración propia.

2.12. Análisis de impacto ambiental

El análisis de impacto ambiental, se utiliza para evaluar los impactos negativos y positivos que los proyectos de infraestructura generan sobre el medio ambiente y se proponen las medidas de mitigación para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.

- **Factores que pueden causar impacto ambiental y sus obras de mitigación**
 - **Suelo**
 - **Impacto**

Durante el proceso de movimiento de tierras, el reacondicionamiento de la sub-rasante y elaboración de la sub-base, se pueden dar procesos erosivos y alteraciones de las propiedades físicas del suelo, tanto en el lugar del proyecto como en los bancos de materiales, además pueden ocurrir derrames de combustibles e hidrocarburos.

- **Medidas de mitigación**

Prevención de la erosión durante la construcción, utilizando mecanismos de estabilización física (compactación mecánica o manual). No se depositará material fuera del área del proyecto sino en lugares autorizados.

El tránsito del personal como de maquinaria, se realizará por sectores destinados para ello.

Manejo de combustibles e hidrocarburos en lugares especialmente habilitados.

- **Aire**

- **Impacto**

Aumento en la concentración de partículas atmosféricas, que puede darse por la utilización de maquinaria con emisiones de CO₂, partículas de polvo durante el movimiento de tierras y de materiales utilizados durante la elaboración de carpeta de rodadura.

- **Medida de mitigación**

Uso de equipos y maquinaria con niveles máximos de emisión certificados por el fabricante y en cumplimiento con las normas de emisión y circulación vigentes. Con esta medida se busca mantener el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos en niveles mínimos y que cumplan con la normativa nacional.

Riego periódico de caminos no pavimentados, con el objeto de mantener húmeda la calzada y así minimizar el polvo en suspensión que se produce por el tránsito de vehículos asociados al proyecto.

Las excavaciones y acopios de material deberán permanecer con una humedad adecuada a fin de evitar polvo en suspensión. En los sectores donde se realicen excavaciones o movimientos de material, se dispondrá de un sistema de humectación para minimizar la emisión de polvo.

Restricción de velocidad a vehículos en los caminos interiores, indicada a través de señales. La velocidad de los vehículos será controlada aleatoriamente en las diferentes vías de acceso y de trabajo utilizadas por el proyecto, para minimizar las partículas suspendidas de materiales utilizados en la construcción del pavimento.

- **Hidrología**

- **Impacto**

Alteración temporal de la red hidrológica a nivel local, alteración del drenaje superficial, contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.

- **Medidas de mitigación**

Delimitación de áreas de trabajo para minimizar la intervención en los sectores aledaños al proyecto. Construcción durante estación seca de los drenajes transversales y depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce de riachuelos.

- **Vegetación y flora**

- **Impacto**

Pérdida temporal y permanente de vegetación.

- **Medidas de mitigación**

Delimitación de las áreas de trabajo para minimizar la destrucción de vegetación en las áreas de obras del proyecto. Prohibición de corta de vegetación fuera de las áreas delimitadas y autorizadas para ese fin.

No se permitirá que residuos sólidos, líquidos o cualquier otro elemento contaminante, sea vertido en áreas con presencia de formaciones vegetales.

Prohibición del uso de fuego.

- **Fauna terrestre**

- **Impacto**

Pérdida temporal y alteración del hábitat para especies de fauna.

- **Medidas de mitigación**

Delimitación de las áreas de trabajo y tránsito de personal. El objetivo de su implementación es asegurar la no intervención en áreas mayores a las requeridas durante la fase de construcción de la carretera y evitar los impactos por interacción de las personas con la fauna.

Se prohibirán fogatas y quemas en el área del proyecto, evitando la ocurrencia de accidentes asociados a la pérdida y deterioro de ambientes para la fauna.

Prohibición de lavado o enjuague de equipos cerca de cuerpos de agua. Con esta medida se evita la contaminación de suelos y cuerpos de agua con elementos contaminantes derivados del lavado de vehículos y maquinarias que pueden afectar a la fauna del lugar.

- **Medio socioeconómico**

- **Impacto**

El proyecto proporcionará una carpeta de rodadura perdurable que mejorará el recorrido por la misma, facilitando el transporte de personas y mercaderías, beneficiando a los pobladores del lugar.

Generación de empleo a la población de las comunidades aledañas al proyecto.

- **Medidas de mitigación**

Participación en el programa de contratación de mano de obra local en conjunto con la municipalidad de Esquipulas.

2.13. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico se utiliza para evaluar las características económicas que afectan a la población de la aldea Belén con la ejecución del proyecto de pavimentación al tramo carretero que conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres.

2.13.1. Valor actual neto

El Valor Actual Neto -VAN- es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo; es una medida del beneficio que rinde un proyecto a través de toda su vida útil, se utiliza para determinar si una inversión cumple con el objetivo de maximizarla.

Baca (2007)

En otras palabras, el VAN simplemente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del VAN, se dice que se utiliza una tasa de descuento (p. 89).

La tasa de descuento es la tasa de costo alternativo del capital que se invertirá. No obstante, debido a la dificultad práctica para calcular dicha tasa, generalmente se usa la tasa de interés de mercado; la tasa de descuento que se utilizó para calcular el VAN es la tasa de interés líder actual, de 5.25 %, correspondiente al Banco de Guatemala.

La fórmula que se utiliza para el VAN es la siguiente:

$$VAN = \frac{FNE}{(1 + i_d)^n} - P_i$$

Donde

FNE = Flujo neto de efectivo de cada período t_v

P_i = Inversión inicial

i_d = Tasa de descuento (%)

t_v = Período de vida útil del proyecto

Si $VAN > 0$, el proyecto es rentable

Si $VAN < 0$, el proyecto no es rentable

Si $VAN = 0$, no se producen ni ganancias ni pérdidas

Para el cálculo del VAN del proyecto de pavimentación del tramo que conduce al sitio turístico La Piedra de los Compadres, se utilizó el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, siendo los datos los siguientes:

- Aporte comunitario inicial (P_{com}) = + Q 0.00
- Ingreso comunitario anual ($FNE_{IngresoCom}$) = + Q 0.00
- Costos por mantenimiento anual (FNE_{mant}) = – Q 5,000.00
- Inversión inicial (P_i) = – Q 6,996,976.50
- Período de vida útil del proyecto (t_v) = 20 años
- Tasa de descuento (i_d) = 5.25 %

Utilizando la fórmula tenemos que

$$\begin{aligned}
 VAN &= + P_{\text{com}} + \frac{FNE_{\text{IngresoCom}}}{(1 + i_d)^{tv}} - \frac{FNE_{\text{mant}}}{(1 + i)^{tv}} - P_i \\
 &= + Q 0.00 + \frac{Q 0.00}{(1 + 5.25 \%)^{20}} - \frac{Q 5,000.00}{(1 + 5.25 \%)^{20}} - Q 6,996,976.50 \\
 &= - Q 6,998,773.42
 \end{aligned}$$

El VAN de este proyecto es negativo, es decir que no produce utilidad alguna, debido a que el proyecto es de carácter social y su objetivo principal es promover el desarrollo en la comunidad de la aldea Belén y no las ganancias.

2.13.2. Tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno -TIR-, es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los ingresos y los egresos generados por una inversión; es la ganancia anual que se tendrá, expresada como una tasa de rendimiento, dicha tasa se encuentra cuando el VAN es igual a cero.

2.14. Especificaciones técnicas y planos constructivos

2.14.1. Especificaciones técnicas

A continuación se presentan las especificaciones técnicas para el proyecto Pavimento Rígido tramo que conduce a sitio turístico La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, con base a las

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

- **Limpia, chapeo y destronque**

Consiste en quitar la vegetación dentro de los límites del derecho de vía o en el ancho en que trabajará la carretera, así como en las áreas designadas para bancos de préstamo. Este trabajo, incluirá la eliminación de rótulos, postes, zampeados, alcantarillas menores a 3 m de luz y todos los elementos que puedan obstaculizar los trabajos en la carretera.

Los troncos, raíces y otros materiales, deberán ser quitados en una profundidad no menor de 60 cm por debajo del nivel de la sub-rasante terminada.

- **Trazo**

El trazo del camino se hará conforme a lo que indiquen los planos, siguiendo la línea central, así como los datos de rasante, pendientes, curvas horizontales y verticales, entre otros.

Al ejecutar la obra, se deberá hacer el replanteo en detalle a cada 20m, colocando las estacas de construcción; además, se deberá correr una nivelación a lo largo del trazo de la calle a pavimentar, para marcar todas las cotas de sub-rasante contenidas en los planos.

- **Movimiento de tierras**

Este trabajo consiste en la excavación, remoción, retiro, construcción, conformación, compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería. El trabajo también incluye el retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes; excavación de bancos de préstamo aprobados, transportación del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación del mismo a la obra.

- **Reacondicionamiento de sub-rasante existente**

Consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de la carretera existente, para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, a fin de regularizar y mejorar las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura del pavimento.

Se debe escarificar el suelo de sub-rasante hasta una profundidad de 20 cm, eliminando las rocas mayores de 10 cm, se debe ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 20 cm.

El suelo de sub-rasante en el área de reacondicionamiento, deberá tener una humedad dentro de un rango de $\pm 3 \%$ de la humedad óptima, hasta lograr el 95 % de compactación respecto a la densidad máxima, además, se establece una deflexión máxima para la capa de sub-rasante reacondicionada de 3 mm.

- **Sub-base**

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de sub-base. El banco de material a explotar está ubicado en el kilómetro 230 de la carretera CA-10, sus coordenadas GTM corresponden a las siguientes: longitud: 630,281.76 y latitud: 1,609,031.54. Se pueden elegir otros bancos de materiales que llenen los requisitos de calidad establecidos. La sub-base debe tener un espesor compactado de 10 cm, según lo indicado en los planos.

Se deberá colocar el material sobre la sub-rasante preparada, a través de camiones de volteo o con motoniveladora, de forma que se distribuya en una capa de material uniforme y sin segregación, no menor de 3 m de ancho. La capa de material colocado nunca deberá ser menor a 10 cm. La distancia máxima a que puede ser colocado el material, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 kilómetros.

Luego se homogeneizará el material empleando una motoniveladora, agregando la cantidad de agua necesaria, para poder conformar y compactar el material hasta que alcance su densidad máxima, ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de la pavimentación.

Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, determinada por el método AASHTO T-180.

- **Carpeta de rodadura**

Las losas de concreto deben ser construidas sobre la sub-base preparada, debiendo estar la superficie nivelada, de acuerdo a la sección típica de pavimentación y sin baches, de existir éstos, deberán ser llenados con material de sub-base y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto.

Las losas de la carpeta de rodadura, deben ser elaboradas de concreto hidráulico y tener una resistencia a la compresión de 4,000 PSI a los 28 días de fraguado; la proporción volumétrica de materiales debe ser 1:1.57:2.54:0.54 (cemento:arena:piedrín:agua); el piedrín a utilizar debe ser de 1", la arena debe ser de río y estar libre de materia orgánica, el agua a utilizar de estar limpia.

- **Formaleta de la carpeta de rodadura**

Deberán colocarse en cantidad suficiente, debiendo ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la sub-base con pines de hierro a no más de 1 m, debiendo colocar un perno en el extremo de cada pieza, a cada lado de la junta, de modo que soporten, sin deformación o movimiento, la colocación y el vibrado del concreto.

Además, deben estar limpias y engrasadas, previo a la colocación del concreto y no deben desviarse respecto al eje de colocación en cualquier punto y dirección más de 3 mm por cada 3 m.

Las formaleas deberán de permanecer hasta que la orilla del pavimento no requiera más la protección de las formaleas, pero en ningún caso se quitarán antes de 24 horas de haber colocado el concreto.

- **Concreto**

Es el producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos en las proporciones adecuadas. El trabajo consiste en la fabricación, el suministro en el lugar de la obra, el manejo, la colocación, el curado y el acabado del concreto para el pavimento, de conformidad con el trazado, alineación y niveles requeridos en los planos.

Los materiales para la elaboración del concreto de cemento hidráulico para el pavimento rígido, deben llenar los requisitos siguientes

- Cemento hidráulico. Este cemento debe ser cemento tipo Portland, ajustándose a las normas AASHTO M-85, ASTM C-150 ó COGUANOR NG-41005, con resistencia de 4,000 PSI a los 28 días de fraguado.
- Agregado fino. Debe ser arena de río, sin presencia de materia orgánica. El módulo de finura no debe ser menor de 2.3, ni mayor de 3.1, ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto. El agregado fino, deberá tener un equivalente de arena mínimo de 75 cuando sea ensayado de acuerdo con lo establecido en AASHTO T-176, alternativa 2. El módulo de finura de un agregado se determina, de la suma de los porcentajes por masa acumulados retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, dividida entre 100: 75 mm (3"),

38.1 mm (1½"), 19 mm (¾"), 9.5 mm (⅜"), 4.75 mm (No. 4), 2.36 mm (No. 8), 1.18 mm (No. 16), 0.600 mm (No. 30), 0.300 mm (No. 50), 0.150 mm (No. 100).

- Agregado grueso. Debe ser de 1" y cumplir con los requisitos de AASHTO M-80 y ASTM C-33. El porcentaje de partículas planas (relación de ancho a espesor mayor de 3) y de partículas alargadas (relación de largo a ancho mayor de 3), o alternativamente, el porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor de 3), no debe sobrepasar de 15 % en masa.
- Agua. El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados, debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.
- Aditivos. Los aditivos para concreto, se deben emplear con la aprobación previa del delegado residente y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de

concreto reforzado o preesforzado, o concretos que contengan elementos galvanizados o de aluminio. Previa a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo, utilizando los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado muy rápido del concreto.

El proporcionamiento volumétrico de los materiales para el concreto hidráulico de las losas de la carpeta de rodadura y bordillos, debe ser: 1:1.57:2.54:0.54 (cemento:arena:piedrín:agua) y tener una resistencia a la compresión de 4,000 PSI a los 28 días de fraguado.

Para otras estructuras (aletones, cabezales, zampeado, cajas de entrada y de salida de los drenajes transversales), el proporcionamiento volumétrico de los materiales para la elaboración del concreto, debe ser: 1:2:2 (cemento:arena:piedrín) y tener una resistencia a la compresión de 3,000 PSI a los 28 días de fraguado.

- **Colocación del concreto**

Todo el concreto usado debe ser fresco, no permitiéndose el reblandamiento de cualquier concreto que haya fraguado parcialmente, además, no debe mostrar mal proporcionamiento de materiales, exceso o falta de agua, o consistencia inadecuada.

La mezcla de concreto debe ser trabajable y tener un revenimiento determinado entre 2.50 cm y 7.50 cm.

Se debe producir y suministrar concreto en forma tal, que permita una fundición continua, sin que ninguna porción adyacente de concreto fragüe antes. Los métodos de transporte, manejo y colocación del concreto deben minimizar la remanipulación del concreto y prevenir daños a la estructura, que se está fundiendo o colando. Debe ser distribuido uniformemente entre las formaletas tan pronto como sea colocado y si es necesario mover el concreto ya colocado, deberá hacerse con palas y no con rastrillos, para evitar que los agregados gruesos, sean conducidos a un solo punto. Tampoco se debe permitir transportarlo con la acción del vibrador de inmersión.

El concreto debe colocarse previniendo la segregación, debiendo ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, a través de vibradores adecuados, sin permitir el contacto de éstos con las formaletas. Las depresiones observadas, deben llenarse de inmediato con concreto fresco.

El concreto debe de ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa, de acuerdo a la sección típica mostrada en los planos, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradores de rodillos, preferiblemente montados sobre ruedas, para aplicar la vibración directamente sobre todo el ancho de la losa de concreto, y no sobre las formaletas.

- **Construcción de juntas**

Consiste en producir ranuras en la superficie del pavimento con una sierra para concreto. El ancho de la ranura debe ser de 1/8" y la profundidad de 5 cm. Las juntas transversales de contracción deben estar separadas a cada 2.00 m y las juntas longitudinales, deben realizarse únicamente al centro de la calzada.

La junta ya cortada y la superficie adyacente del concreto deben limpiarse adecuadamente. El corte con sierra debe hacerse cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para posibilitar dicho corte sin causar roturas o desportillamientos en los bordes y antes que se produzcan grietas de contracción no controladas, pero en ningún caso deben transcurrir más de 24 horas después de la colocación del concreto. Generalmente se recomienda iniciar los cortes a partir del momento en que los equipos de corte no produzcan huellas en la superficie del concreto.

El relleno y sellado de las juntas, debe efectuarse antes de abrir el pavimento al tráfico de vehículos, incluyendo los de la construcción. Los cortes de sierra adicionales en las ranuras de las juntas, para formar las canaletas o cajas para el sello, deben realizarse hasta 72 horas después de haber colocado el concreto, el ancho de la ranura del corte adicional debe ser de 1/4" y 3 cm de profundidad.

Antes de aplicar el material de relleno y selladores, deben limpiarse y secarse todas las ranuras.

El sellador a utilizar debe ser sellador de silicona vertido en frío, debe ser de bajo coeficiente de alargamiento, de acuerdo a ASTM C-920 o del tipo recomendado por los fabricantes.

El cordón de respaldo debe ser de espuma de polietileno (backer rod) del tipo 1, de acuerdo a ASTM D-3204 o del tipo recomendado por los fabricantes de los selladores; debe ser de 1/4" de diámetro. La longitud del respaldo a instalar debe ser limitada a la que puede ser sellada el mismo día.

Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. No debe usarse arena u otro material como material de cubrimiento del sello.

- **Acabado**

El objetivo del acabado de la superficie, es mejorar las cualidades antideslizantes del pavimento, en particular cuando se encuentra mojado. El acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua, estando el concreto aún en estado plástico.

El acabado final de las losas de concreto debe ser elaborado con escobillas de cerdas de metal u otro material que realice el acabado de rastrillado.

- **Curado**

El curado debe realizarse aplicando compuestos líquidos formadores de membrana de curado que se ajusten a lo prescrito en AASHTO M-148 (ASTM C-309)

Cuando se empleen pavimentadoras de formaleta deslizante, como complemento del equipo mecánico de rociado del tren de pavimentación, deben

utilizarse equipos de rociado manual en aquellos tramos irregulares donde no pueda usarse la pavimentadora y para los lados de las losas de pavimento expuestas al remover las formaletas. El compuesto de curado, no debe aplicarse durante tiempo lluvioso.

El compuesto de curado, se aplicará a presión en la proporción de un litro por 3 metros cuadrados de pavimento de concreto hidráulico, mediante distribuidores mecánicos. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos siguientes a la aplicación.

Todo equipo de distribución debe ser del tipo atomizador, equipado con agitador de tanque y una protección contra el viento. Se debe mezclar el compuesto con el pigmento antes de su uso. La mezcla debe agitarse continuamente durante la aplicación por medio de medios mecánicos efectivos.

Se debe asegurar el curado adecuado en las juntas cortadas con sierra durante por lo menos 72 horas y para evitar la penetración de material extraño en la junta antes de terminar el sellado. Si la película se dañara debido a cualquier causa dentro de las 72 horas del período de curado, el contratista debe reparar las partes dañadas inmediatamente empleando compuesto adicional.

- **Bordillos**

Serán elaborados de concreto simple, con una resistencia a la compresión $f'_c = 4,000$ PSI a los 28 días de fraguado; el proporcionamiento de los materiales para la elaboración del concreto, debe ser 1:1.57:2.54:0.54 (cemento:arena:piedrín:agua). Los bordillos deben tener las dimensiones y

formas como lo indican los planos. Se deben construir por medios manuales y se deben realizar juntas de dilatación a cada 10 metros como máximo, de un espesor máximo de 15 milímetros, éstas deben coincidir con las del pavimento.

- **Concreto ciclópeo**

Se usará concreto ciclópeo para la construcción de aletones, cabezales, zampeado, cajas de entrada y de salida de los drenajes transversales, el proporcionamiento debe ser 70 % concreto + 30 % piedra.

El concreto simple a utilizar para la elaboración del concreto ciclópeo, debe tener una resistencia a la compresión de 3,000 PSI a los 28 días de fraguado y proporcionamiento volumétrico de 1:2:2 (cemento:arena:piedrín).

El piedrín a utilizar debe ser de 1", la arena debe ser de río y estar libre de materia orgánica y el agua a utilizar debe ser limpia.

La piedra a utilizar para el concreto ciclópeo, puede ser piedra partida o de canto rodado, de buena calidad, de preferencia en su estado natural, limpia, dura, sana, durable, libre de segregaciones, fracturas, grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie; no debe ser mayor de 30 cm. Debe colocarse cuidadosamente, de preferencia a mano, sin dejarla caer o tirarla, para no causar daño a las formaletas o tuberías transversales. Toda la piedra antes de ser colocada, debe limpiarse y mojarse con agua limpia, a modo de evitar que la piedra absorba agua del concreto.

Cada piedra debe estar rodeada de por lo menos 8 cm de concreto y no debe colocarse ninguna a menos de 25 cm de cualquier superficie superior, ni a

menos de 8 cm de cualquier otra superficie de la estructura que se está construyendo.

Si se interrumpe la fundición, en la junta de construcción debe dejarse piedras sobresaliendo no menos de 10 cm para formar llave. Antes de continuarse la fundición, debe limpiarse la superficie donde se colocará el concreto fresco y mojarse la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se debe usar en estructuras cuya altura sea menor de 60 cm o en las que el espesor sea menor de 30 cm.

2.14.2. Planos constructivos

Los planos constructivos para el proyecto Pavimento Rígido tramo que conduce a sitio turístico La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, se encuentran en el apéndice C; a continuación se presenta el listado de los mismos.

1. Plano de localización
2. Plano de ubicación
3. Planta topográfica 1
4. Planta topográfica 2
5. Planta de curvas de nivel 1
6. Planta de curvas de nivel 2
7. Perfil y planta del proyecto 1
8. Perfil y planta del proyecto 2
9. Perfil y planta del proyecto 3
10. Perfil y planta del proyecto 4
11. Perfil y planta del proyecto 5

12. Perfil y planta del proyecto 6
13. Secciones transversales 1
14. Secciones transversales 2
15. Secciones transversales 3
16. Secciones transversales 4
17. Secciones transversales 5
18. Secciones transversales 6
19. Secciones transversales 7
20. Detalles de pavimento
21. Detalles de drenajes transversales 1
22. Detalles de drenajes transversales 2
23. Detalles de drenajes de agua pluvial de la calzada

2.15. Presupuesto de construcción

El costo total del proyecto Pavimento Rígido tramo que conduce a sitio turístico La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, es Q 6,996,976.50 (seis millones, novecientos noventa y seis mil, novecientos setenta y seis quetzales con cincuenta centavos). El resumen del presupuesto se muestra en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Resumen, presupuesto Pavimento Rígido**

No	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL
1	Preliminares	2,769.10	ml	Q 17.83	Q 49,373.05
2	Movimiento de tierras	5,151.50	m ³	Q 110.49	Q 569,189.24
3	Reacondicionamiento de sub-rasante	16,060.78	m ²	Q 12.98	Q 208,468.92
4	Capa de sub-base (espesor compactado = 0.10 m)	1,606.08	m ³	Q 482.30	Q 774,612.38
5	Carpeta de rodadura (concreto espesor = 0.13 m)	15,230.05	m ²	Q 275.66	Q 4,198,315.58
6	Bordillos	5,538.20	ml	Q 110.91	Q 614,241.76
7	Obras de drenaje	1.00	global	Q 582,775.57	Q 582,775.57
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 6,996,976.50

Fuente: Elaboración propia.

2.15.1. Integración de precios unitarios

A continuación se presenta la integración de los precios unitarios por renglones del proyecto Pavimento Rígido tramo que conduce a sitio turístico La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18.

Tabla XXVI. **Preliminares, presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Preliminares	Unidad ml	Cantidad 2,769.10
---------------------------------	---------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Hilo de nylon	6	rollo	Q 25.00	Q 150.00
Madera de pino rústica de 2"x3"x10' para hacer estacas	200	pie tabla	Q 4.50	Q 900.00
Cal hidratada	20	saco	Q 35.00	Q 700.00
Pintura	2	gal	Q 50.00	Q 100.00
Clavo de 3"	60	libra	Q 8.00	Q 480.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 2,330.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Limpia, chapeo y destronque	0.55	ha	Q10,000.00	Q 5,500.00
Replanteo topográfico	2.77	km	Q 5,000.00	Q 13,850.00
Trazo y estaqueado	2,769.10	ml	Q 5.00	Q 13,845.50
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 33,195.50
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 35,525.50

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 3,552.55
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 1,776.28
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 1,776.28
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q 2,486.79
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 4,263.06
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 13,854.96

PRECIO UNITARIO	Q 17.83
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 49,373.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXVII. **Movimiento de tierras, presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Movimiento de tierras	Unidad m³	Cantidad 5,151.50
--	--------------------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tractor bulldozer	210.00	hora	Q 600.00	Q 126,000.00
Cargador frontal	210.00	hora	Q 450.00	Q 94,500.00
Motoniveladora	210.00	hora	Q 600.00	Q 126,000.00
Camión de volteo 12 m ³	210.00	hora	Q 300.00	Q 63,000.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 409,500.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 409,500.00

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 40,950.00
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 20,475.00
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 20,475.00
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q 28,665.00
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 49,140.00
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 159,705.00

PRECIO UNITARIO	Q 110.49
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 569,189.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Reacondicionamiento de sub-rasante, presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Reacondicionamiento de sub-rasante		Unidad m²		Cantidad 16,060.78	
Material		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
SUBTOTAL DE MATERIALES Q -					
Mano de obra		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Motoniveladora		120.00	hora	Q 600.00	Q 72,000.00
Rodillo vibrocompactador		120.00	hora	Q 350.00	Q 42,000.00
Camión cisterna 3,000 L		120.00	hora	Q 300.00	Q 36,000.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA Q 150,000.00					
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXIX. **Capa de sub-base (espesor compactado = 0.10 m), presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Capa de sub-base (espesor compactado = 0.10 m)	Unidad m³	Cantidad 1,606.08
---	--------------------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Material para sub-base	2,248.51	m ³	Q 150.00	Q 337,276.50
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 337,276.50
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Motoniveladora	80.00	hora	Q 600.00	Q 48,000.00
Rodillo vibrocompactador	80.00	hora	Q 350.00	Q 28,000.00
Camión de volteo 12 m ³	240.00	hora	Q 300.00	Q 72,000.00
Camión cisterna 3,000 L	80.00	hora	Q 300.00	Q 24,000.00
Excavadora	80.00	hora	Q 600.00	Q 48,000.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 220,000.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 557,276.50

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 55,727.65
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 27,863.83
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 27,863.83
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q 39,009.36
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 66,873.18
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 217,337.85

PRECIO UNITARIO	Q 482.30
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 774,612.38

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXX. **Carpeta de rodadura (concreto espesor = 0.13 m),
presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Carpeta de rodadura (concreto espesor = 0.13 m)		Unidad m²	Cantidad 15,230.05	
--	--	--------------------------------	------------------------------	--

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento tipo portland 4000 PSI	21,518.00	saco	Q 73.00	Q 1,570,814.00
Arena de río	1,046.00	m ³	Q 165.00	Q 172,590.00
Piedrín de 1" triturado	1,687.00	m ³	Q 190.00	Q 320,530.00
Cordón de respaldo de polietileno de Ø1/4"	11,426.00	ml	Q 0.90	Q 10,283.40
Sellador de silicón para juntas	508.00	gal	Q 506.00	Q 257,048.00
Perfil metálico tipo "C" de 2"x6"x20' para formaleta	30.00	unidad	Q 200.00	Q 6,000.00
Aditivo para curado del concreto (Antisol)	805.00	gal	Q 120.00	Q 96,600.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 2,433,865.40
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Colocación y nivelación de formaleta	2,769.10	ml	Q 6.00	Q 16,614.60
Renta de camión mezclador 8 m ³	300.00	hora	Q 500.00	Q 150,000.00
Camión cisterna 3,000 L	300.00	hora	Q 300.00	Q 90,000.00
Colocación de concreto	2,178.00	m ³	Q 65.00	Q 141,570.00
Vibrador para concreto	820.00	hora	Q 50.00	Q 41,000.00
Acabado final de pavimento	15,230.05	m ²	Q 3.25	Q 49,497.66
Aplicación de aditivo para curado del concreto (Antisol)	15,230.05	m ²	Q 1.25	Q 19,037.56
Remoción de formaleta	2,769.10	ml	Q 3.00	Q 8,307.30
Corte y sellado de juntas	11,426.00	ml	Q 5.50	Q 62,843.00
Limpieza general	15,230.05	m ²	Q 0.50	Q 7,615.03
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 586,485.15
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 3,020,350.55

Fuente: Elaboración propia.

Continuación tabla XXX

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q	302,035.06
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q	151,017.53
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q	151,017.53
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q	211,424.54
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q	362,442.07
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q	1,177,936.73

PRECIO UNITARIO	Q	275.66
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q	4,198,315.58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXI. **Bordillos, presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón:	Unidad	Cantidad
Bordillos	ml	5,538.20

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento tipo portland 4000 PSI	3,815.00	saco	Q 73.00	Q 278,495.00
Arena de río	186.00	m ³	Q 165.00	Q 30,690.00
Piedrín de 1" triturado	300.00	m ³	Q 190.00	Q 57,000.00
Perfil metálico tipo "C" de 2"x6"x20' para formaleta	30.00	unidad	Q 200.00	Q 6,000.00

SUBTOTAL DE MATERIALES Q 372,185.00

Fuente: Elaboración propia.

Continuación tabla XXXI

Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Camión cisterna 3,000 L	80.00	hora	Q 300.00	Q 24,000.00
Colocación y nivelación de formaleta	5,538.20	ml	Q 2.00	Q 11,076.40
Concretera	80.00	hora	Q 50.00	Q 4,000.00
Colocación de concreto	386.00	m ³	Q 65.00	Q 25,090.00
Remoción de formaleta	5,538.20	ml	Q 1.00	Q 5,538.20
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 69,704.60
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 441,889.60

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 44,188.96
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 22,094.48
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 22,094.48
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q 30,932.27
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 53,026.75
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 172,336.94

PRECIO UNITARIO	Q 110.91
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 614,241.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXII. **Obras de drenaje, presupuesto Pavimento Rígido**

Renglón: Obras de drenaje	Unidad global	Cantidad 1.00
-------------------------------------	-------------------------	-------------------------

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento tipo portland 4000 PSI	1,905.00	saco	Q 73.00	Q 139,065.00
Arena de río	122.00	m ³	Q 165.00	Q 20,130.00
Piedrín de 1"	118.00	m ³	Q 190.00	Q 22,420.00
Piedra bola no mayor de 30 cm	90.00	m ³	Q 165.00	Q 14,850.00
Tubo de concreto de Ø30" (longitud de tubo 1.00m)	78.00	unidad	Q 600.00	Q 46,800.00
Tubo de concreto de Ø48" (longitud de tubo 0.50m)	64.00	unidad	Q 470.00	Q 30,080.00
Tubo de concreto de Ø60" (longitud de tubo 0.50m)	48.00	unidad	Q 590.00	Q 28,320.00
Alambre de amarre	60.00	libra	Q 6.50	Q 390.00
Clavo de 3"	100.00	libra	Q 8.00	Q 800.00
Tablas de madera de pino rústica de 1"x12"x10' para formaleta	1,300.00	pie tabla	Q 4.50	Q 5,850.00
Tablas de madera de pino rústica de 1"x12"x12' para formaleta	1,944.00	pie tabla	Q 4.50	Q 8,748.00
Material para relleno	300.00	m ³	Q 150.00	Q 45,000.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 362,453.00
Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Retroexcavadora	20.00	hora	Q 350.00	Q 7,000.00
Colocación y nivelación de formaleta	400.00	m ²	Q 20.00	Q 8,000.00
Concretera	60.00	hora	Q 50.00	Q 3,000.00
Colocación de concreto ciclópeo	180.00	m ³	Q 75.00	Q 13,500.00
Instalación de tubería de Ø30"	78.00	unidad	Q 55.00	Q 4,290.00

Fuente: Elaboración propia.

Continuación tabla XXXII

Instalación de tubería de Ø48"	64.00	unidad	Q 65.00	Q 4,160.00
Instalación de tubería de Ø60"	48.00	unidad	Q 75.00	Q 3,600.00
Relleno	300.00	m ³	Q 25.00	Q 7,500.00
Vibroapisonador	16.00	hora	Q 110.00	Q 1,760.00
Remoción de formaleta	400.00	m ²	Q 10.00	Q 4,000.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 56,810.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 419,263.00

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 41,926.30
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 20,963.15
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 20,963.15
Utilidades 7% (sobre costo directo)	Q 29,348.41
Impuestos 12% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 50,311.56
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 163,512.57

PRECIO UNITARIO	Q 582,775.57
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 582,775.57

Fuente: Elaboración propia.

2.16. Cronograma de ejecución física y financiera

En la tabla XXXIII se presenta el cronograma de ejecución del proyecto Pavimento Rígido tramo que conduce a sitio turístico La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18.

La ejecución del proyecto en base a su diseño se estima para un tiempo de 4 meses calendario o 120 días; estimando un tiempo óptimo libre de lluvias o cualquier fenómeno natural.

Tabla XXXIII. Cronograma de ejecución, Pavimento Rígido

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR REGLON	% POR ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	Preliminares	2769.10	ml	Q 17.83	Q 49,373.05	0.71%				
2	Movimiento de tierras	5151.50	m³	Q 110.49	Q 569,189.24	8.13%				
3	Reacondicionamiento de sub-rasante	16060.78	m²	Q 12.98	Q 208,468.92	2.98%				
4	Capa de sub-base (espesor compactado = 0.10 m)	1606.08	m³	Q 482.30	Q 774,612.38	11.07%				
5	Carpeta de rodadura (concreto espesor = 0.13 m)	15230.05	m²	Q 275.66	Q4,198,315.58	60.00%				
6	Bordillos	5538.20	ml	Q 110.91	Q 614,241.76	8.78%				
7	Obras de drenaje	1.00	global	Q582,775.57	Q 582,775.57	8.33%				
TOTAL					Q6,996,976.50	100.00%				

Fuente: Elaboración propia.

3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO.II

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia San Mateo II de la ciudad de Esquipulas. La longitud total del colector es 1,827.60 metros, distribuido de la siguiente manera: 1,387.37 m de tubería PVC de 6" de diámetro, 150.42 m de tubería PVC de 8" y 289.81 m de tubería PVC de 10"; diseñado para servir a 378 viviendas, con población actual de 1,855 habitantes y futura de 3,363 habitantes, en un período de diseño de 20 años más 2 de gestión.

3.2. Parámetros de diseño

3.2.1. Integración de caudal de diseño

3.2.1.1. Cálculo de población futura

La población que tributará caudales al sistema de alcantarillado al final del período de diseño, se estima utilizando métodos de cálculo poblacional; para Guatemala se utiliza el método de incremento geométrico, el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$P = P_0 * (1 + r)^f$$

Donde

P = Población futura

P₀ = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

f = Período de diseño

Del inciso 1.2.3., se tiene que la población de la colonia San Mateo II al año 2012 es de 1,855 habitantes distribuidos en 378 viviendas, con tasa de crecimiento poblacional para el municipio de Esquipulas de 2.74 %. El período de diseño es de 20 años más 2 de gestión; conociendo estos datos y utilizando la fórmula de incremento geométrico, se obtiene la población futura.

$$\begin{aligned} P &= P_0 * (1 + r)^f \\ &= 1,855 * (1 + 2.74\%)^{20+2} \\ &= 3,363 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

Otro dato que se debe determinar es la densidad de población, que determina el número de habitantes por vivienda.

$$\begin{aligned} \text{Densidad poblacional} &= \text{Población actual} / \text{viviendas actuales} \\ &= 1,855 \text{ hab} / 378 \text{ viv} \\ &= 4.91 \text{ hab/viv} \end{aligned}$$

3.2.1.2. Cálculo de caudal domiciliar

Cabrera (1989)

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir, que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro de agua potable. Se calcula afectando la dotación de agua potable por un factor que varía entre 0.70 y 0.98 (p. 41).

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{dom}} = \text{Dotación} * \text{No. habitantes} * \text{Factor} / 86,400$$

Donde

Q_{dom} = Caudal domiciliar (L/s)

No. habitantes = Número de habitantes

Dotación = Dotación de agua (L/hab/día)

Factor = Factor de residuos domésticos

El factor de residuos domésticos utilizado en el diseño fue de 0.75. La dotación está en función de la categoría de la población que será servida y varía de 60 a 400 litros diarios por habitante, la dotación de agua para la ciudad de Esquipulas es 150 L/hab/día, según el departamento municipal de agua -DEMPAGUA- de la municipalidad de Esquipulas, Chiquimula.

Se procede a calcular el caudal domiciliar

$$\begin{aligned}Q_{\text{dom}} &= \text{Dotación} * \text{No. habitantes} * \text{Factor} / 86,400 \\Q_{\text{dom}} &= 150 \text{ L/hab/día} * 3,363 \text{ hab} * 0.75 / 86,400 \\&= 4.3789 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3.2.1.3. Cálculo de caudal por conexiones ilícitas

Cabrera (1989)

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede considerar estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar de 0.5 % a 2.5 %.

Como el cómputo de caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, para su cómputo se utiliza la fórmula dada por el Método Racional.

En el Método Racional la escorrentía es relacionada con la intensidad de lluvia, mediante la fórmula:

$$Q_{\text{c.ilícitas}} = (C * i * A / 360) * \%E$$

En la cual $Q_{\text{c.ilícitas}}$ es el caudal en m^3/s ; C es el coeficiente de escorrentía que depende de las características del área a drenar; i es la intensidad de lluvia del lugar, en mm/hr; A es el área que es factible conectar ilícitamente, en hectáreas; y $\%E$ es el porcentaje de escorrentía que se conecta ilícitamente, puede variar de 0.5 % a 2.5 % (pp. 42-47).

Para el cálculo del caudal por conexiones ilícitas se utilizó el 2 % del caudal de escorrentía ($\%_E = 2 \%$).

- **Área**

Como se indicó en la sección 1.1.3., cada lote de la colonia San Mateo II tiene 120 m² de superficie en promedio, de los cuales se estimó que el 60 % es área de techos y el 40 % área de patios.

Se calculan las áreas de techo y patios

- Área total de techos = Área por vivienda * viviendas totales * %
= 120 m² * 378 viv * 60 %
= 27,216 m²
= 2.7216 ha
- Área total de patios = Área por vivienda * viviendas totales * %
= 120 m² * 378 viv * 40 %
= 18,144 m²
= 1.8144 ha
- Área total = 4.5360 ha

- **Coeficiente de escorrentía**

Cabrera (1989)

El coeficiente de escorrentía C, es la variable del método racional menos susceptible a determinación precisa. Su uso en la fórmula implica una relación

de arreglo para cualquier área de drenaje dada, considerando que en realidad el coeficiente explica la abstracción o pérdidas entre lluvia y escorrentía, los caudales pueden variar para un área de drenaje dada, siendo influenciada por las diferencias climatológicas y las condiciones estacionales (pp. 50-51).

Tabla XXXIV. **Coeficientes de escorrentía para superficies**

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Techos	0.70 – 0.90
Pavimentos	
Concreto y asfalto	0.85 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera (malas condiciones)	0.75 – 0.85
Piedra, ladrillo o madera (buenas condiciones)	0.40 – 0.70
Calles	
Terracería	0.25 – 0.60
De arena	0.15 – 0.30
Parques, jardines, prados, etc.	0.05 – 0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01 – 0.20

Fuente: Cabrera. 1989. Apuntes de ingeniería sanitaria 2. p. 51.

Se tomó el coeficiente de escorrentía promedio correspondiente al área tributaria, de esa forma se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$C_{\text{prom}} = \frac{\sum (c' * A_p)}{\sum A}$$

Donde

C_{prom} = Coeficiente de escorrentía promedio del área a drenar

c' = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

A_p = Área parcial (ha)

A = Área total (ha)

Los coeficientes de escorrentía utilizados en el proyecto son: $c' = 0.70$ para área de techos y $c' = 0.15$ para área de patios.

Se procede a calcular el coeficiente de escorrentía promedio

$$C_{\text{prom}} = (0.70 * 2.7216 \text{ ha} + 0.15 * 1.8144 \text{ ha}) / 4.5360 \text{ ha} \\ = 0.48$$

- **Intensidad de lluvia**

Para determinar la intensidad de lluvia se utilizó el método estándar de cálculo recomendado por el INSIVUMEH, que está dada por la siguiente fórmula:

$$i = a / (b + t_c)^N$$

Donde

i = Intensidad de lluvia en mm/hr, asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr)

t_c = Tiempo de concentración

a , b y N = Parámetros de ajuste obtenidos de la estación meteorológica de la localidad

Tabla XXXV. **Parámetros a, b y N estación meteorológica Esquipulas**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
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	0.700	0.696	0.694	0.690	0.686

Tr=período de retorno (años).

Fuente: INSIVUMEH. 2002. Informe de intensidad de lluvia en Guatemala. p. 5.

- **Tiempo de concentración**

Cabrera (1989)

El tiempo de concentración se puede definir como el tiempo necesario para que se produzca el máximo caudal y es igual al requerido para que una gota de agua circule desde un punto límite de la zona de recogida de agua, hasta aquel en que se determina el caudal, es decir, el tiempo de concentración (en minutos) se integra mediante la expresión:

$$t_c = t_e + t_f$$

Donde

t_c = Tiempo de concentración

t_e = Tiempo de entrada

t_f = Tiempo de flujo o corriente

En tramos iniciales el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos (pp. 49-50).

Utilizando los parámetros de la tabla XXXIV para un período de retorno $T_r = 30$ años y sustituyendo en la ecuación para intensidad de lluvia, se obtiene que la intensidad de lluvia, utilizando $t_c = 12$ minutos, es

$$\begin{aligned} i &= a / (b + t)^N \\ &= 1,222 / (6 + 12)^{0.694} \\ &= 164.40 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

Obteniendo los datos anteriores, se procede a calcular el caudal por conexiones ilícitas.

$$\begin{aligned} Q_{c.\text{ilícitas}} &= (C_{\text{prom}} * i * A / 360) * \%E \\ &= (0.48 * 164.40 \text{ mm/hr} * 4.5360 \text{ ha} / 360) * 2 \% \\ &= 0.0198858 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 19.8858 \text{ L/s} \end{aligned}$$

3.2.1.4. Cálculo de caudal por infiltración

Cabrera (1989)

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en las tuberías y la calidad de mano de obra y supervisión con que se cuenta durante la construcción (p. 42).

$$Q_{\text{inf}} = \text{Factor inf.} * (m \text{ de tubería} + \text{No. Casas} * 6 \text{ m}) / (1,000 * 86,400)$$

Donde

Q_{inf} = Caudal de infiltración (L/s)

Factor inf. = Factor de infiltración (L/km/día)

m de tubería= Longitud de la tubería (m)

No. Casas = Número de viviendas

El factor de infiltración se estimó en 1,250 L/km/día, ya que el agua puede infiltrarse por medio de los empaques de las juntas de la tubería y en las conexiones domiciliarias.

Se procede a calcular el caudal por infiltración de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Q_{inf} &= \text{Factor inf.} * (\text{m de tubería} + \text{No. Casas} * 6 \text{ m}) / (1,000 * 86,400) \\ &= 1,250 \text{ L/km/día} * (1,827.60 \text{ m} + 378 \text{ viv} * 6 \text{ m}) / (1,000 * 86,400) \\ &= 0.0593 \text{ L/s} \end{aligned}$$

3.2.1.5. Cálculo de caudal comercial

“Como su nombre lo dice, es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, etc. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3,000 L/comercio/día” (Cabrera, 1989, p. 41).

Para calcularlo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{com} = \text{Dotación com.} * \text{No. de comercios} / 86,400$$

Donde

Q_{com} = Caudal comercial (L/s)

Dotación com. = Dotación comercial (L/comercio/día)

No. de comercios = Número de comercios

Se estimó 1 comercio por cada 100 viviendas (0.01 com/viv) y dotación comercial de 600 L/comercio/día.

Se procede a calcular el caudal comercial de la siguiente manera:

Utilizando la población futura y la densidad de población (sección 3.2.1.1.), se calcula el número de viviendas supuestas a futuro

- Población futura = 3,363 hab
- Densidad de población = 4.91 hab/viv

$$\begin{aligned}\text{Viviendas supuestas a futuro} &= 3,363 \text{ hab} / 4.91 \text{ hab/viv} \\ &= 684.93 \\ &\approx 685 \text{ viv}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Número de comercios} &= 0.01 \text{ com/viv} * 685 \text{ viv} \\ &= 6.85 \\ &\approx 7 \text{ comercios}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{com} &= 600 \text{ L/comercio/día} * 7 \text{ comercios} / 86,400 \\ &= 0.0486 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3.2.1.6. Cálculo de caudal industrial

“Como su nombre lo dice, es el agua de desecho de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, etc. Se puede estimar dependiendo el tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 L/industria/día” (Cabrera, 1989, pp. 41-42).

Para calcularlo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{ind} = \text{Dotación ind.} \cdot \text{No. de industrias} / 86,400$$

Donde

Q_{ind} = Caudal industrial (L/s)

Dotación ind. = Dotación industrial (L/industria/día)

No. de industrias = Número de industrias

Se estimó 1 industria por cada 200 viviendas (0.005 ind/viv) y dotación industrial de 1,000 L/industria/día.

Se procede a calcular el caudal industrial de la siguiente manera:

Utilizando la población futura y la densidad de población (sección 3.2.1.1.), calculamos el número de viviendas supuestas a futuro

- Población futura = 3,363 hab
- Densidad de población = 4.91 hab/viv

$$\begin{aligned}\text{Viviendas supuestas a futuro} &= 3,363 \text{ hab} / 4.91 \text{ hab/viv} \\ &= 684.93 \\ &\approx 685 \text{ viv}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Número de industrias} &= 0.005 \text{ ind/viv} * 685 \text{ viv} \\ &= 3.43 \\ &\approx 3 \text{ industrias}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{ind}} &= 1,000 \text{ L/industria/día} * 3 \text{ industrias} / 86,400 \\ &= 0.0347 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3.2.1.7. Caudal medio

El caudal medio para el sistema de alcantarillado sanitario, está integrado por el domiciliar, el producido por las conexiones ilícitas, el de infiltraciones, comercial e industrial.

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{c.ilícitas}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{med}} &= 4.3789 + 19.8858 + 0.0593 + 0.0486 + 0.0347 \\ &= 24.4073 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3.2.1.8. Factor de caudal medio

Cabrera (1989)

Una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio (Q_{med}) del área a drenar, que a su vez al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor de caudal medio

(FQ_{med}), el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005 L/hab/s; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$FQ_{med} = Q_{med} / \text{No. habitantes}$$

$$0.002 \leq FQ_{med} \leq 0.005, \text{ para Guatemala (p. 43)}$$

Se procede a calcular el factor de caudal medio de la siguiente manera:

$$FQ_{med} = Q_{med} / \text{No. habitantes}$$

$$FQ_{med} = 24.4073 / 3,363$$

$$= 0.0073$$

$$\text{Usar } FQ_{med} = 0.005 \text{ L/hab/s}$$

3.2.1.9. Factor de Harmon

Es un factor de seguridad que se aplica al caudal medio y se utiliza para determinar el caudal máximo que fluye por las tuberías en las horas pico o de mayor utilización del drenaje, “suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población” (Cabrera, 1989, p. 43).

$$FH = \frac{18 + (P)^{1/2}}{4 + (P)^{1/2}}$$

$$1.5 \leq FH \leq 4.5$$

Donde

FH = Factor de Harmon

P = Población en miles

Se procede a calcular el factor de Harmon de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} FH &= \frac{18 + (3.363)^{1/2}}{4 + (3.363)^{1/2}} \\ &= 3.3998 \end{aligned}$$

3.2.1.10. Factor de caudal máximo

Una vez obtenido el factor del caudal medio y el factor de Harmon, se obtiene el factor del caudal máximo; este valor se utiliza para encontrar el caudal de diseño en cada tramo de tubería.

$$q_i = FQ_{med} * FH$$

Donde

q_i = Factor de caudal máximo

FQ_{med} = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmon

Se procede a calcular el factor de caudal máximo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} q_i &= 0.005 \text{ L/hab/s} * 3.3998 \\ &= 0.016999 \text{ L/hab/s} \end{aligned}$$

3.2.1.11. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado (Q_{dis}), cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante; se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{dis} = q_i * \text{No. habitantes}$$

Donde

Q_{dis} = Caudal de diseño (L/s)

q_i = Factor de caudal máximo

No. habitantes = Número de habitantes por tramo

- **Caudal máximo**

El caudal máximo es el caudal total de diseño que conducirá el sistema de alcantarillado. A continuación se presenta el cálculo del caudal máximo actual y futuro.

- **Actual**

$$Q_{max} = q_i * \text{No. habitantes}$$

$$\begin{aligned} Q_{max} &= 0.016999 \text{ L/hab/s} * 1,855 \text{ hab} \\ &= 31.5331 \text{ L/s} \end{aligned}$$

- Futuro

$$Q_{\max} = q_i * \text{No. habitantes}$$

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= 0.016999 \text{ L/hab/s} * 3,363 \text{ hab} \\ &= 57.1676 \text{ L/s} \end{aligned}$$

3.2.2. Cálculo de pendientes

La pendiente de la tubería se debe verificar para que las velocidades y el tirante cumpla con las normas, si no las cumple, se debe incrementar o reducir la misma una vez que la topografía y la ubicación de los desfuegos lo permitan; de preferencia, la pendiente debe ser la misma que tiene el terreno para evitar excavaciones excesivas.

“La pendiente mínima recomendada para el flujo del desagüe en las redes de alcantarillado simplificado -RAS-, es de 0.50 % y la pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible” (OPS, 2005, pp. 33-34).

3.2.3. Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning

La velocidad de una tubería a sección llena se determina por medio de la “fórmula de Manning:

$$V = R_h^{2/3} * S^{1/2} / n$$

Donde

V = Velocidad (m/s)

R_h = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la tubería” (Mejía, 1993, pp. 3-4).

Partiendo de la fórmula de Manning, se desarrolla una ecuación que permite calcular la velocidad independientemente del radio hidráulico, sabiendo que el radio hidráulico se calcula de la siguiente manera:

$$R_h = \text{Área de la sección mojada} / \text{Perímetro de la sección mojada}$$

Sustituyendo valores para una tubería a sección llena, se obtiene que el radio hidráulico es

$$\begin{aligned} R_h &= (\pi * R^2) / (2\pi * R) \\ &= R / 2 \\ &= D / 4 \end{aligned}$$

Donde

R_h = Radio hidráulico

R = Radio de la tubería

D = Diámetro de la tubería

Sustituyendo R_h en la ecuación de Manning, la velocidad a sección llena se determina con la siguiente expresión:

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

Donde

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de la tubería (pulgadas)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la tubería

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) utilizado es de “n = 0.009 correspondiente a tubos de PVC” (Cabrera, 1989, p. 9).

3.2.4. Caudal a sección llena

El caudal a sección llena de la tubería, se determina por medio de “la ecuación de la continuidad de Bernoulli:

$$Q = A * V$$

Donde

Q = Caudal de flujo a sección llena de la tubería (m³/s)

V = Velocidad a sección llena de la tubería (m/s)

A = Área de la sección transversal de la tubería (m²)” (PNUD, 1987, p. 30).

3.2.5. Relación hidráulica para tirante

Una vez obtenidos los datos de caudal de diseño (q) y caudal a sección llena (Q), se procede a determinar la relación hidráulica para el tirante (d/D), este valor se obtiene al buscar la relación q/Q en las tablas de relaciones hidráulicas que se encuentran en el apéndice D.

El alcantarillado se calcula para transportar el caudal de diseño con una altura de flujo máximo del 80 % del diámetro de la tubería, con esto se evita que la alcantarilla trabaje a presión y mínimo de 10 % para evitar el azolvamiento del fluido.

$$0.1 \leq d/D \leq 0.8$$

3.2.6. Relación hidráulica para velocidad

Con las tablas de relaciones hidráulicas (apéndice D), se obtiene la relación hidráulica para la velocidad (v/V) y luego, utilizando la velocidad a sección llena (V), se determina la velocidad de diseño (v).

Cabrera (1989)

Los proyectos de alcantarillas de aguas negras deben diseñarse de modo que la velocidad mínima del flujo, trabajando a cualquier sección debe ser 0.60 m/s. No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos, en tales casos, se proporcionará una pendiente que dé la velocidad mínima de 0.60 m/s a la descarga máxima estimada y una velocidad no menos de 0.40 m/s durante escurrimientos bajos, así como una velocidad máxima de 3 m/s (p. 15).

3.2.7. Cotas invert

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

3.2.8. Altura de pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Se utilizan generalmente en la unión de tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. Comúnmente se construyen de tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra.

Para determinar la altura de los pozos de visita, es necesario conocer la cota del terreno donde está ubicado el pozo de visita y la cota invert de salida.

$$H_{\text{pozo}} = C_t - C_{is}$$

Donde

H_{pozo} = Altura de pozo de visita

C_t = Cota de terreno

C_{is} = Cota invert de salida

Los pozos de visita del proyecto, serán contruidos de tabique de ladrillo tayuyo de dimensiones 0.065 * 0.11 * 0.23 m cada ladrillo; la altura mínima de los pozos de visita para tuberías de 6" de diámetro es 1.15 m, para pozos con tuberías de 8" de diámetro es 1.20 m y para pozos con tuberías de 10" es 1.25 m, esto debido a que "la profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno debe ser de 1.00 m" (INFOM, 2001, p. 12).

Debido a las presiones laterales actuantes, se recomienda construir pozos de visita de ladrillo tayuyo hasta una profundidad máxima de 4.00 m, cuando se

necesita construir pozos de visita más profundos, se deben elaborar de concreto armado.

Para el proyecto, se tomó conservadoramente como 3.80 m la profundidad máxima a la cual es seguro construir pozos de visita de ladrillo tayuyo; para pozos con profundidades superiores, tomando en cuenta el factor económico, se consideró elaborar de concreto armado únicamente la parte inferior de sus paredes, para que soporte las presiones existentes debajo de los 3.80 m de profundidad y la parte superior de las mismas, de ladrillo tayuyo.

3.3. Levantamiento topográfico

Jiménez (2007)

La topografía es una ciencia aplicada que a partir de principios, métodos y con la ayuda de instrumentos permite representar gráficamente las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una parte de la superficie terrestre, como también determinar la posición relativa o absoluta de puntos sobre la Tierra (p. 1).

El estudio topográfico se realizó utilizando los siguientes instrumentos:

- Un teodolito marca DT 205C, con precisión de 5 segundos ($0^{\circ} 0' 5''$)
- Un trípode de aluminio
- Una cinta métrica de 50 m
- Una estadía de aluminio, de 5 m de altura
- Una plomada de topografía
- Estacas de madera
- Pintura

- Martillo
- Clavos

3.3.1. Planimetría y altimetría

- **Planimetría**

“La planimetría es la parte de la topografía que se refiere a la posición de puntos y su proyección sobre un plano horizontal” (Jiménez, 2007, p. 16).

Para el trabajo planimétrico, se utilizó el método de conservación del azimut con vuelta de campana y el método por radiaciones. En el apéndice E, se presenta la libreta topográfica.

- **Altimetría**

“La altimetría es la parte de la topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno” (Jiménez, 2007, p. 17).

Para el proyecto se utilizó el método de nivelación geométrica, la cual se realizó a distancias no mayores de 20 metros. En el apéndice E, se presenta la libreta topográfica.

3.4. Diseño hidráulico

A continuación se presenta el diseño hidráulico para el tramo de pozo de visita 1 a pozo de visita 2; el diseño hidráulico completo del Sistema de

Alcantarillado Sanitario para la colonia San Mateo II, se encuentra en el apéndice F.

3.4.1. Tramo de PV1 a PV2

- Datos
 - Cota de terreno inicial: 102.66
 - Cota de terreno final: 101.86
 - Longitud del tramo: 60.69 m
 - Pendiente de terreno: 1.32 %
 - Número de viviendas: 19 viv

1) Población

- Actual

Del inciso 3.2.1.1., se tiene que la densidad de población de la colonia San Mateo II es 4.91 hab/viv, por lo que la población actual es la siguiente:

$$\begin{aligned}P_0 &= 4.91 \text{ hab/viv} * 19 \text{ viv} \\ &= 94 \text{ hab}\end{aligned}$$

- Futuro

$$\begin{aligned}P &= P_0 * (1 + r)^f \\ &= 94 * (1 + 2.74\%)^{20+2} \\ &= 171 \text{ hab}\end{aligned}$$

2) Caudal de diseño

- Actual

$$\begin{aligned}q &= q_i * \text{No. habitantes actual} \\&= 0.016999 \text{ L/hab/s} * 94 \text{ hab} \\&= 1.5979 \text{ L/s}\end{aligned}$$

- Futuro

$$\begin{aligned}q &= q_i * \text{No. habitantes futuro} \\&= 0.016999 \text{ L/hab/s} * 171 \text{ hab} \\&= 2.9068 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3) Pendiente

Para este tramo, la pendiente de la tubería será la misma que la del terreno.

$$\text{Pendiente de tubería} = 1.32 \%$$

4) Velocidad a sección llena

Por tratarse de un tramo inicial, el caudal es pequeño, por lo que se utilizará diámetro mínimo, luego se verifica si cumple con los requerimientos, de no hacerlo se procede a aumentar el diámetro. “El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 6" para tubos de PVC” (INFOM, 2001, p. 11).

Con la fórmula de Manning se obtiene la velocidad a sección llena (V) de la tubería.

$$\begin{aligned} V &= 0.03429 \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2} / n \\ &= 0.03429 \cdot (6")^{2/3} \cdot (1.32 \%)^{1/2} / 0.009 \\ &= 1.4454 \text{ m/s} \end{aligned}$$

5) Caudal a sección llena

$$\begin{aligned} Q &= AV \\ &= (0.018241 \text{ m}^2) \cdot 1.4454 \text{ m/s} \\ &= 0.0263655 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 26.3655 \text{ L/s} \end{aligned}$$

6) Relación hidráulica para caudal

- Actual

$$\begin{aligned} q/Q &= q / Q_{\text{sección llena}} \\ &= 1.5979 \text{ L/s} / 26.3655 \text{ L/s} \\ &= 0.0606 \end{aligned}$$

- Futuro

$$\begin{aligned} q/Q &= q / Q_{\text{sección llena}} \\ &= 2.9068 \text{ L/s} / 26.3655 \text{ L/s} \\ &= 0.11025 \text{ L/s} \end{aligned}$$

7) Verificación de tirante

En las tablas de relaciones hidráulicas del apéndice D se localiza la relación de caudales q/Q para obtener la relación de tirante d/D .

- Actual

$$d/D = 0.167$$

Debido a que $0.10 \leq d/D \leq 0.80$ el tirante cumple

- Futuro

$$d/D = 0.224$$

Debido a que $0.10 \leq d/D \leq 0.80$ el tirante cumple

8) Verificación de velocidad

En las tablas de relaciones hidráulicas (apéndice D), se localiza la relación de velocidad (v/V) correspondiente a la relación para caudal (q/Q) que se obtuvo anteriormente, luego se despeja la velocidad de diseño (v).

- Actual

$$v/V = 0.551845$$

Despejando

$$v = 0.551845 \cdot V$$

$$= 0.551845 * 1.4454 \text{ m/s}$$

$$= 0.80 \text{ m/s}$$

La velocidad está dentro del rango permitido ($0.40 \text{ m/s} \leq v \leq 3 \text{ m/s}$), por lo tanto el diseño es correcto.

- Futuro

$$v/V = 0.65756$$

Despejando

$$v = 0.65756 * V$$

$$= 0.65756 * 1.4454 \text{ m/s}$$

$$= 0.95 \text{ m/s}$$

El diseño es correcto ya que la velocidad cumple con los requerimientos ($0.40 \text{ m/s} \leq v \leq 3 \text{ m/s}$).

3.5. Desfogue

Para el desfogue del sistema de alcantarillado de la colonia San Mateo II, se propone que la municipalidad de Esquipulas realice la construcción de una planta de tratamiento, por medio del contrato de una empresa con experiencia en el tema; dicha planta debe tener proceso de tratamiento primario y secundario, para tratar las aguas residuales provenientes de la colonia.

Cabrera (1989)

Una planta de tratamiento de aguas negras se diseña para retirar la cantidad suficiente de sólidos orgánicos e inorgánicos que puedan eliminarse, sin infringir los objetivos propuestos. Los dispositivos para el tratamiento solamente localizan y limitan estos procesos a un área adecuada, restringida y controlada, y proporcionan las condiciones favorables para la aceleración de las condiciones físicas y biológicas.

Después de evacuar el efluente de una planta de tratamiento, quedan aún en ella los sólidos y el agua contenidos en los lodos, que han sido separados de las aguas negras, los cuales tienen que eliminarse también en forma segura y sin producir molestias; además, puede también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o destruir organismos patógenos.

- **Tratamiento primario**

Por este tratamiento se separan o eliminan aproximadamente 40 a 60 % de los sólidos suspendidos en las aguas negras mediante el proceso físico de asentamiento en el tanque de sedimentación. En estos tanques se logra la descomposición anaeróbica de los lodos.

- **Tratamiento secundario**

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas negras todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado. El tratamiento secundario

depende principalmente de los organismos aeróbicos, para la descomposición de los sólidos orgánicos, hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables (pp. 62-64).

3.6. Excavación

Cabrera (1989)

Consiste en el volumen de tierra que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería y se calcula en base al volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente

$$\text{Vol} = ((H_1 + H_2) / 2) * d * t$$

Donde

Vol = Volumen de excavación (m³)

H₁ = Profundidad del primer pozo de visita (m)

H₂ = Profundidad del segundo pozo de visita (m)

d = Distancia entre los dos pozos de visita considerados (m)

t = Ancho de la zanja (m) (pp. 35-36).

Debido a que se estipuló el uso de maquinaria para realizar los trabajos de excavación, se utilizó el ancho de zanja como t = 0.80 m, ya que esta dimensión tiene el cucharón de una retroexcavadora.

3.7. Análisis de impacto ambiental

El análisis de impacto ambiental se utiliza para evaluar los impactos negativos y positivos que los proyectos de infraestructura generan sobre el medio ambiente y se proponen las medidas de mitigación para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.

- **Factores que pueden causar impacto ambiental y sus obras de mitigación**

- **Suelo**

- **Impacto**

Durante el proceso de excavación, relleno y compactación se pueden dar procesos erosivos y alteraciones de las propiedades físicas del suelo, además pueden ocurrir derrames de combustibles e hidrocarburos.

- **Medidas de mitigación**

Prevención de la erosión durante la construcción utilizando mecanismos de estabilización física (compactación mecánica o manual).

El tránsito del personal como de las maquinarias, se realizará por sectores destinados para ello.

Manejo de combustibles e hidrocarburos en lugares especialmente habilitados.

- **Aire**

- **Impacto**

Aumento en la concentración de partículas atmosféricas, que puede darse por la utilización de maquinaria con emisiones de CO₂, partículas de polvo durante el movimiento de tierras y de materiales utilizados durante la elaboración de obras de arte del alcantarillado.

- **Medidas de mitigación**

Uso de equipos y maquinaria con niveles máximos de emisión certificados por el fabricante y en cumplimiento con las normas de emisión y circulación vigentes. Con esta medida se busca mantener el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos en niveles mínimos.

Riego periódico de caminos no pavimentados, con el objeto de mantener húmeda la calzada y así minimizar el polvo en suspensión que se produce por el tránsito de vehículos asociados al proyecto.

Las excavaciones y acopios de material deberán permanecer con una humedad adecuada a fin de evitar polvo en suspensión. En los sectores donde se realicen excavaciones, se dispondrá de un sistema de humectación para minimizar la emisión de polvo.

Restricción de velocidad a vehículos en los caminos interiores indicada a través de señales, para minimizar las partículas suspendidas de materiales utilizados en la construcción de las obras de arte del alcantarillado.

- **Hidrología**

- **Impacto**

Alteración temporal de la red hidrológica a nivel local, alteración del drenaje superficial y contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.

Posible contaminación, a causa del derrame de las aguas residuales durante el proceso de construcción del sistema de alcantarillado. Contaminación de ríos a causa del desfogue de las aguas residuales.

- **Medidas de mitigación**

Delimitación de áreas de trabajo, para minimizar la intervención en los sectores aledaños a la instalación de la tubería. Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce de ríos.

Durante la construcción se debe tener sumo cuidado para no derramar las aguas residuales en la superficie; se debe construir una planta de tratamiento para el desfogue, dicha planta debe tener proceso de tratamiento primario y secundario, para tratar las aguas residuales provenientes de la colonia y así evitar la contaminación de ríos.

- **Vegetación y flora**

- **Impacto**

Pérdida de vegetación debido al derrame de residuos sólidos, líquidos o cualquier otro elemento contaminante.

- **Medidas de mitigación**

No se permitirá que residuos sólidos, líquidos o cualquier otro elemento contaminante sea vertido en áreas con presencia de formaciones vegetales. Prohibición del uso de fuego.

- **Fauna terrestre**

- **Impacto**

Pérdida temporal y alteración del hábitat para especies de fauna.

- **Medidas de mitigación**

Delimitación de las áreas de trabajo y tránsito de personal. El objetivo de su implementación es asegurar la no intervención en áreas mayores a las requeridas durante la fase de construcción y evitar los impactos por interacción de las personas con la fauna.

Se prohibirán fogatas y quemas en el área del proyecto, evitando la ocurrencia de accidentes asociados a la pérdida y deterioro de ambientes para la fauna.

Prohibición de lavado o enjuague de equipos cerca de cuerpos de agua. Con esta medida se evita la contaminación de suelos y cuerpos de agua con elementos contaminantes derivados del lavado de vehículos y maquinarias que pueden afectar a la fauna del lugar.

- **Medio socioeconómico**

- **Impacto**

El proyecto proporcionará un sistema que evacúe las aguas residuales provenientes de las viviendas, que contribuirá en el saneamiento ambiental, beneficiará a los pobladores de la colonia y generará oportunidades de empleo en la población local.

- **Medidas de mitigación**

Participación en el programa de contratación de mano de obra local en conjunto con la municipalidad de Esquipulas.

3.8. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico se utiliza para evaluar las características económicas que afectan a la población de la colonia San Mateo II, con la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario para dicha colonia.

3.8.1. Valor actual neto

El Valor Actual Neto -VAN- es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo; es una medida del beneficio que rinde un

proyecto a través de toda su vida útil, se utiliza para determinar si una inversión cumple con el objetivo de maximizarla.

Baca (2007)

En otras palabras, el VAN simplemente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del VAN, se dice que se utiliza una tasa de descuento (p. 89).

La tasa de descuento es la tasa de costo alternativo del capital que se invertirá. No obstante, debido a la dificultad práctica para calcular dicha tasa, generalmente se usa la tasa de interés de mercado; la tasa de descuento que se utilizó para calcular el VAN es la tasa de interés líder actual, de 5.25 %, correspondiente al Banco de Guatemala.

La fórmula que se utiliza para el VAN es la siguiente:

$$VAN = \frac{FNE}{(1 + i_d)^n} - P_i$$

Donde

VAN = Valor actual neto

FNE = Flujo neto de efectivo de cada período t_v

P_i = Inversión inicial

i_d = Tasa de descuento (%)

t_v = Período de vida útil del proyecto

Si $VAN > 0$, el proyecto es rentable

Si $VAN < 0$, el proyecto no es rentable

Si $VAN = 0$, no se producen ni ganancias ni pérdidas

Para el cálculo del VAN del proyecto de alcantarillado sanitario para la colonia San Mateo II, se utilizó el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, siendo los datos los siguientes:

- Aporte comunitario inicial (P_{com}) = + Q 0.00
- Ingreso comunitario anual ($FNE_{IngresoCom}$) = + Q 0.00
- Costos por mantenimiento anual (FNE_{mant}) = – Q 5,000.00
- Inversión inicial (P_i) = – Q 1,584,810.15
- Período de vida útil del proyecto (t_v) = 20 años
- Tasa de descuento (i_d) = 5.25 %

Utilizando la fórmula tenemos que

$$\begin{aligned} VAN &= + P_{com} + \frac{FNE_{IngresoCom}}{(1 + i_d)^{t_v}} - \frac{FNE_{mant}}{(1 + i_d)^{t_v}} - P_i \\ &= + Q 0.00 + \frac{Q 0.00}{(1 + 5.25 \%)^{20}} - \frac{Q 5,000.00}{(1 + 5.25 \%)^{20}} - Q 1,584,810.15 \\ &= - Q 1,586,607.07 \end{aligned}$$

El VAN de este proyecto es negativo, es decir que no produce utilidad alguna, debido a que el proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia

San Mateo II, es de carácter social y su objetivo principal es promover el desarrollo y no las ganancias.

3.8.2. Tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno -TIR-, es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los ingresos y los egresos generados por una inversión; es la ganancia anual que se tendrá, expresada como una tasa de rendimiento, dicha tasa se encuentra cuando el VAN es igual a cero.

3.9. Planos constructivos

Los planos constructivos del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula, se encuentran en el apéndice G; a continuación se presenta el listado de los mismos.

1. Plano de localización
2. Plano de ubicación
3. Planta topográfica
4. Plano de curvas de nivel
5. Red general del alcantarillado
6. Perfiles longitudinales 1
7. Perfiles longitudinales 2
8. Perfiles longitudinales 3
9. Perfiles longitudinales 4
10. Perfiles longitudinales 5
11. Perfiles longitudinales 6
12. Detalles de conexión domiciliar
13. Detalles de pozos de visita 1

14. Detalles de pozos de visita 2
15. Detalles de pozos de visita 3

3.10. Presupuesto de construcción

El costo total del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula, es Q 1,584,810.15 (un millón, quinientos ochenta y cuatro mil, ochocientos diez quetzales, con quince centavos). El resumen del presupuesto se muestra en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. **Resumen, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

No	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL
1	Trabajos preliminares	1,827.60	m	Q 5.88	Q 10,746.29
2	Excavación	3,898.40	m ³	Q 33.90	Q 132,155.76
3	Tubería PVC 6"	1,387.37	m	Q 151.31	Q 209,922.95
4	Tubería PVC 8"	150.42	m	Q 246.90	Q 37,138.70
5	Tubería PVC 10"	289.81	m	Q 339.11	Q 98,277.47
6	Conexiones domiciliarias	378.00	unidad	Q 1,354.87	Q 512,140.86
7	Pozos de visita (1.94m de altura en promedio)	34.00	unidad	Q 10,822.44	Q 367,962.96
8	Relleno	3,425.00	m ³	Q 25.09	Q 85,933.25
9	Compactación	2,596.10	m ²	Q 50.28	Q 130,531.91
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 1,584,810.15

Fuente: Elaboración propia.

3.10.1. Integración de precios unitarios

A continuación se presenta el presupuesto por renglones del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II.

Tabla XXXVII. **Trabajos preliminares, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Trabajos preliminares	Unidad m	Cantidad 1,827.60
--	--------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Hilo de nylon	2	rollo	Q 15.00	Q 30.00
Madera de pino rústica de 2"x3"x10'	500	pie tabla	Q 4.50	Q 2,250.00
Cal hidratada	40	saco	Q 35.00	Q 1,400.00
Pintura	1	gal	Q 75.00	Q 75.00
Clavo de 3"	40	libra	Q 8.00	Q 320.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 4,075.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Replanteo topográfico	1.83	km	Q 1,000.00	Q 1,827.60
Trazo y estaqueado	1,827.60	m	Q 1.00	Q 1,827.60
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 3,655.20
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 7,730.20

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 773.02
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 386.51
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 386.51
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 541.11
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 927.62
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 3,014.77

PRECIO UNITARIO	Q 5.88
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 10,746.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Excavación, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Excavación	Unidad m³	Cantidad 3,898.40
-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tabla de 1"x12"x10' (para estabilizadores del suelo)	300.00	pie tabla	Q 4.50	Q 1,350.00
Parales de 2"x3"x10' (para estabilizadores del suelo)	100.00	pie tabla	Q 4.50	Q 450.00
Clavo de 3"	60.00	libra	Q 8.00	Q 480.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 2,280.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavación (maquinaria más piloto y ayudante)	110.00	hora	Q 500.00	Q 55,000.00
Excavación (manual)	945.00	m ³	Q 40.00	Q 37,800.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 92,800.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 95,080.00

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 9,508.00
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 4,754.00
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 4,754.00
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 6,655.60
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 11,409.60
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 37,081.20

PRECIO UNITARIO	Q 33.90
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 132,155.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Tubería PVC 6", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Tubería PVC 6"	Unidad m	Cantidad 1,387.37
-----------------------------------	--------------------	-----------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tubo PVC Ø6" NOVAFORT Norma ASTM F949	232.00	tubo	Q 610.00	Q 141,520.00
Manteca vegetal como lubricante para juntas	1.00	kg	Q 13.00	Q 13.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 141,533.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Nivelación de zanja	1,109.90	m ²	Q 5.00	Q 5,549.48
Instalación de tubería PVC Ø6"	232.00	tubo	Q 17.00	Q 3,944.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 9,493.48
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 151,026.48

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 15,102.65
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 7,551.32
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 7,551.32
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 10,571.85
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 18,123.18
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 58,900.32

PRECIO UNITARIO	Q 151.31
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 209,922.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XL. **Tubería PVC 8", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Tubería PVC 8"	Unidad m	Cantidad 150.42
-----------------------------------	--------------------	---------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tubo PVC Ø8" NOVAFORT Norma ASTM F949	26.00	tubo	Q 984.00	Q 25,584.00
Manteca vegetal como lubricante para juntas	1.00	kg	Q 13.00	Q 13.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 25,597.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Nivelación de zanja	120.34	m ²	Q 5.00	Q 601.68
Instalación de tubería PVC Ø8"	26.00	tubo	Q 20.00	Q 520.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 1,121.68
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 26,718.68

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 2,671.87
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 1,335.93
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 1,335.93
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 1,870.31
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 3,206.24
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 10,420.28

PRECIO UNITARIO	Q 246.90
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 37,138.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLI. **Tubería PVC 10", presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Tubería PVC 10"	Unidad m	Cantidad 289.81
------------------------------------	--------------------	---------------------------

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tubo PVC Ø10" NOVAFORT Norma ASTM F949	49.00	tubo	Q 1,394.00	Q 68,306.00
Manteca vegetal como lubricante para juntas	1.00	kg	Q 13.00	Q 13.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 68,319.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Nivelación de zanja	231.85	m ²	Q 5.00	Q 1,159.24
Instalación de tubería PVC Ø10"	49.00	tubo	Q 25.00	Q 1,225.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 2,384.24
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 70,703.24

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 7,070.32
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 3,535.16
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 3,535.16
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 4,949.23
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 8,484.39
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 27,574.26

PRECIO UNITARIO	Q 339.11
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 98,277.47

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLII. **Conexiones domiciliarias, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Conexiones domiciliarias	Unidad unidad	Cantidad 378.00
---	-------------------------	---------------------------

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tubo de concreto de Ø12"	378.00	tubo	Q 70.50	Q 26,649.00
Tubo PVC Ø4" NOVAFORT Norma ASTM F948	390.00	tubo	Q 289.00	Q 112,710.00
Codo a 90° PVC Ø4" inyectado NOVAFORT Norma ASTM F948	75.00	unidad	Q 59.00	Q 4,425.00
Silleta Yee PVC Ø6"x4" NOVAFORT Norma ASTM F949	320.00	unidad	Q 232.00	Q 74,240.00
Silleta Yee PVC Ø8"x4" NOVAFORT Norma ASTM F949	31.00	unidad	Q 436.00	Q 13,516.00
Silleta Yee PVC Ø10"x4" NOVAFORT Norma ASTM F949	27.00	unidad	Q 478.00	Q 12,906.00
Cabo transformador Ø4"XØ3"	378.00	unidad	Q 75.00	Q 28,350.00
Adhesivo para instalar silletas	6.00	L	Q 450.00	Q 2,700.00
Pegamento PVC	4.00	gal	Q 510.00	Q 2,040.00
Cemento tipo portland	130.00	saco	Q 73.00	Q 9,490.00
Arena de río	8.00	m ³	Q 165.00	Q 1,320.00
Piedrín triturado de 1/2"	8.00	m ³	Q 190.00	Q 1,520.00
Acero No. 2 (1/4") Grado 40	215.00	varilla	Q 13.00	Q 2,795.00
Alambre de amarre	60.00	libra	Q 6.50	Q 390.00
Madera de pino rústica para formaleta	230.00	pie tabla	Q 4.50	Q 1,035.00
Clavo de 3"	40.00	libra	Q 8.00	Q 320.00

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 294,406.00**

Fuente: Elaboración propia.

Continuación tabla XLII.

Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Instalación de tubería y accesorios	378.00	unidad	Q 70.00	Q 26,460.00
Elaboración de armadura de tapaderas y brocales	378.00	unidad	Q 35.00	Q 13,230.00
Formaleteado de tapaderas y brocales	378.00	unidad	Q 25.00	Q 9,450.00
Instalación de candela	378.00	unidad	Q 40.00	Q 15,120.00
Elaboración y fundición de concreto	30.00	m ³	Q 200.00	Q 6,000.00
Desencofrado	378.00	unidad	Q 10.00	Q 3,780.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 74,040.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 368,446.00

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 36,844.60
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 18,422.30
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 18,422.30
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 25,791.22
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 44,213.52
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 143,693.94

PRECIO UNITARIO	Q 1,354.87
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 512,140.86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLIII. **Pozos de visita (1.94 m de altura en promedio), presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Pozos de visita (1.94m de altura en promedio)	Unidad unidad	Cantidad 34.00
--	-------------------------	--------------------------

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Ladrillo tayuyo (0.065x0.11x0.23)	28,266.00	unidad	Q 4.50	Q 127,197.00
Cemento tipo portland	551.00	saco	Q 73.00	Q 40,223.00
Cal hidratada	180.00	saco	Q 35.00	Q 6,300.00
Arena de río	42.00	m3	Q 165.00	Q 6,930.00
Piedrín triturado de 1/2"	17.00	m3	Q 190.00	Q 3,230.00
Acero No. 2 (1/4") Grado 40	66.00	varilla	Q 13.00	Q 858.00
Acero No. 3 (3/8") Grado 40	34.00	varilla	Q 33.00	Q 1,122.00
Acero No. 4 (1/2") Grado 40	183.00	varilla	Q 58.00	Q 10,614.00
Tubo PVC ø6" NOVAFORT Norma ASTM F949	7.00	tubo	Q 610.00	Q 4,270.00
Tubo PVC ø8" NOVAFORT Norma ASTM F949	1.00	tubo	Q 984.00	Q 984.00
Tee PVC ø6" NOVAFORT Norma ASTM F949	7.00	unidad	Q 508.00	Q 3,556.00
Tee PVC ø8" NOVAFORT Norma ASTM F949	1.00	unidad	Q 540.00	Q 540.00
Codo a 90° PVC ø6" NOVAFORT Norma ASTM F949	7.00	unidad	Q 442.00	Q 3,094.00
Codo a 90° PVC ø8" NOVAFORT Norma ASTM F950	1.00	unidad	Q 515.00	Q 515.00
Pegamento PVC	0.25	gal	Q 510.00	Q 127.50
Empaque ø8" para tubería NOVAFORT Norma ASTM F949	3.00	unidad	Q 19.00	Q 57.00
Manteca vegetal como lubricante para juntas	1.00	kg	Q 13.00	Q 13.00

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 209,630.50**

Fuente: Elaboración propia.

Continuación tabla XLIII.

Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Levantado de pared de ladrillo	212.00	m ²	Q 195.50	Q 41,446.00
Formaleteado de tapaderas y brocales	34.00	unidad	Q 30.00	Q 1,020.00
Formaleteado de bases para pozo mayor de 3.80m de profundidad	3.00	unidad	Q 60.00	Q 180.00
Elaboración de armadura de tapaderas y brocales	34.00	unidad	Q 40.00	Q 1,360.00
Armadura de bases para pozo mayor de 3.80m de profundidad	3.00	unidad	Q 135.00	Q 405.00
Elaboración e instalación de escalones	153.00	unidad	Q 20.00	Q 3,060.00
Elaboración y fundición de concreto	34.00	m ³	Q 200.00	Q 6,800.00
Instalación de tubería para bajada mayor a 0.70m y accesorios	8.00	unidad	Q 60.00	Q 480.00
Desencofrado	34.00	unidad	Q 10.00	Q 340.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 55,091.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 264,721.50

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 26,472.15
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 13,236.08
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 13,236.08
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 18,530.51
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 31,766.58
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 103,241.40

PRECIO UNITARIO	Q 10,822.44
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 367,962.96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLIV. **Relleno, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón:	Unidad	Cantidad
Relleno	m³	3,425.00

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Material selecto puesto en obra	205	m ³	Q 55.00	Q 11,275.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 11,275.00
Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Relleno	3,370.00	m ³	Q 15.00	Q 50,550.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 50,550.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 61,825.00

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 6,182.50
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 3,091.25
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 3,091.25
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 4,327.75
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 7,419.00
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 24,111.75

PRECIO UNITARIO	Q 25.09
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 85,933.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLV. **Compactación, presupuesto Sistema de Alcantarillado Sanitario**

Renglón: Compactación	Unidad m²	Cantidad 2,596.10
---------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Material	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tablas de 1"x12"x10' para elaboración de apizonadores	100	pie tabla	Q 4.50	Q 450.00
Parales de 3"x3"x6' para elaboración de apizonadores	40	pie tabla	Q 4.50	Q 180.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 630.00
Mano de obra	cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Compactación a cada 0.15m de espesor	1,774.00	m ³	Q 26.00	Q 46,124.00
Compactación material selecto	205.00	m ³	Q 25.00	Q 5,125.00
Apisonamiento hasta 0.15m sobre tubo	2,977.00	m ²	Q 4.25	Q 12,652.25
Retiro de sobrante	534.00	m ³	Q 55.00	Q 29,370.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 93,271.25
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q 93,901.25

Gastos administrativos 10% (sobre costo directo)	Q 9,390.13
Imprevistos 5% (sobre costo directo)	Q 4,695.06
Dirección de campo 5% (sobre costo directo)	Q 4,695.06
Utilidades 7% (IVA, ISR, ISO, sobre costo directo)	Q 6,573.09
Impuestos 12% (sobre costo directo)	Q 11,268.15
TOTAL COSTO INDIRECTO	Q 36,621.49

PRECIO UNITARIO	Q 50.28
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN	Q 130,531.91

Fuente: Elaboración propia.

3.11. Cronograma de ejecución física y financiera

En la tabla XLVI se presenta el cronograma de ejecución del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario, colonia San Mateo II.

Tabla XLVI. Cronograma de ejecución, Sistema de Alcantarillo Sanitario

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR RENGLON	% POR ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	Trabajos preliminares	1,827.60	m	Q 5.88	Q 10,746.29	0.68%				
2	Excavación	3,898.40	m³	Q 33.90	Q 132,155.76	8.34%				
3	Tubería PVC 6"	1,387.37	m	Q 151.31	Q 209,922.95	13.25%				
4	Tubería PVC 8"	150.42	m	Q 246.90	Q 37,138.70	2.34%				
5	Tubería PVC 10"	289.81	m	Q 339.11	Q 98,277.47	6.20%				
6	Conexiones domiciliare	378.00	unidad	Q 1,354.87	Q 512,140.86	32.32%				
7	Pozos de visita (1.94m de altura en promedio)	34.00	unidad	Q10,822.44	Q 367,962.96	23.22%				
8	Relleno	3,425.00	m³	Q 25.09	Q 85,933.25	5.42%				
9	Compactación	2596.10	m²	Q 50.28	Q 130,531.91	8.24%				
TOTAL					Q1,584,810.15	100.00%				

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La planificación de los proyectos Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18 y Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, realizados como parte del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, de la carrera de Ingeniería Civil, del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, contribuye con el desarrollo social y económico de la aldea Belén y la colonia San Mateo II, del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, ya que al ejecutar la construcción de los proyectos, los pobladores del lugar recibirán beneficios que ayudaran a cubrir necesidades básicas causadas a falta de infraestructura civil.
2. Se efectuó el diseño del proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, presentando la solución técnica adecuada a la carpeta de rodadura, que mejorará las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito, beneficiando directamente a 802 personas que residen en la aldea Belén, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula.
3. El diseño del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, se realizó con base a normas del Instituto de Fomento Municipal -INFOM- y de Redes de Alcantarillado Simplificado -RAS-, con que se obtuvo el sistema adecuado de disposición de aguas residuales provenientes de las viviendas de la colonia San Mateo II, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, diseñado para tener utilidad

durante 20 años, que al ejecutarse dicho proyecto beneficiará a 1,855 habitantes.

RECOMENDACIONES

1. Darle prioridad y realizar las gestiones correspondientes a los proyectos de infraestructura civil diseñados, ya que aportan beneficios que contribuyen con el desarrollo social y económico de la aldea Belén y la colonia San Mateo II, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula.
2. Implementar un plan de mantenimiento y limpieza para el proyecto de pavimentación, antes y después de la época lluviosa del año, el cual debe consistir en limpiar las obras de drenaje de la carretera, para evitar la acumulación de desechos sólidos que pueden afectar la vida útil del pavimento.
3. Darle tratamiento a las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia San Mateo II, antes de evacuarlas; la municipalidad de Esquipulas debe gestionar la construcción de una planta de tratamiento y garantizar que el desfogue de las aguas servidas, no afecte al cuerpo receptor.
4. Al construir los proyectos, se deben seguir estrictamente las especificaciones técnicas y planos constructivos, además de garantizar que los materiales a utilizar sean de buena calidad y que las supervisiones técnicas las realicen profesionales en la rama de la Ingeniería Civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Concrete Institute -ACI-. (2008). Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario. U.S.A.
2. Baca Urbina, Gabriel, (2007). Fundamentos de Ingeniería Económica. Cuarta edición. México.
3. Bañón Blázquez, Luis; Beviá García, José Francisco, (2000). Manual de carreteras. Alicante.
4. Barrios Bolaños, Walter Raúl, (2007). Guía Teórica y Práctica del Curso de Pavimentos y Mantenimiento de Carreteras. (Trabajo de graduación de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
5. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio, (1989). Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
6. Catastro, (2012). Censo Municipal 2001. (Fotocopia). Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula. Guatemala.
7. Coronado Iturbide, Jorge, (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala.

8. Decreto legislativo 11-2002, (2002). Ley de los consejos de desarrollo urbano y rural. Guatemala.
9. Departamento municipal de agua -DEMPAGUA-, (2012). Dotaciones de agua a las viviendas del municipio de Esquipulas. Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula. Guatemala.
10. Dirección General de Caminos -DGC-, (2001). Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala.
11. Dirección Municipal de Planificación -DMP-, (2012). Información del municipio de Esquipulas. (Fotocopia). Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula. Guatemala.
12. Dirección Municipal de Planificación -DMP- y Policía Municipal de Tránsito -PMT-, (2013). Aforo vehicular tramo carretera RN-18 que conduce a aldea Belén, Esquipulas. Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula, Guatemala.
13. Hernández Canales, Juan Carlos, (2008). Características Físicas y Propiedades Mecánicas de Los Suelos y sus Métodos de Medición. (Trabajo de graduación de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
14. Hernández Monzón, Jorge Mynor, (1997). Consideraciones Generales para el Diseño de los diferentes tipos de Pavimentos. (Tesis de Ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.

15. Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, (2001). Normas Generales para Diseño de Alcantarillados. Guatemala.
16. Instituto Nacional de Estadística -INE-, (2008). Estimaciones de la Población total por municipio, período 2008-2020. Guatemala.
17. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, (2002). Informe de Intensidades de Lluvia Guatemala. Guatemala.
18. Jiménez Cleves, Gonzalo, (2007). Topografía para ingenieros civiles. Universidad del Quindío. Colombia.
19. Leclair, Raúl, (2004). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. Guatemala.
20. McCormac, Jack C, (2010). Diseño de Concreto Reforzado. México.
21. Mejía Gómez, Hugo Abad, (1996). Diseño del Pavimento Rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. (Trabajo de graduación de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
22. Mejía Ruiz, Roberto, (1993). Redes de Alcantarillado Simplificado. Universidad de Antioquia. Colombia.
23. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda -CIV-, (2010). Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones. Guatemala.

24. Ministerio de Transporte y Comunicaciones -MTC-, (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Perú.
25. Morales Ramírez, Amalia Xiomara, (2006). Control de Calidad en el Material Sellante para Juntas en Pavimentos de Concreto Hidráulico. (Trabajo de graduación de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
26. Nawy, Edward G, (1988). Concreto Reforzado, Un enfoque básico. México.
27. Organización Panamericana de La Salud -OPS-, (2005). Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado. Perú.
28. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, (1987). Manual de Saneamiento: Redes de Alcantarillado Simplificadas -RAS-. Brasil.
29. Salazar Rodríguez, Aurelio, (1997). Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos. México.
30. Secretaría de Comunicaciones y Transportes -SCT-, (1991). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. México.
31. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-, (2002). Total de Hogares por Tipo de Servicio de Agua, Tipo de Servicio Sanitario y Forma de Disposición de Desechos Sólidos. Guatemala.

32. Sistema Nacional de Información Territorial -SINIT-, (2010). Hojas Cartográficas de Guatemala a escala 1:50,000 Producidas por el Instituto Geográfico Nacional -IGN-. Guatemala.
33. Sitaví Tuyúc, Leonel Amílcar, (2012). Guía Práctica Para Supervisión y Control de Calidad en la Construcción de Puentes para Carreteras de Primer Orden. (Trabajo de graduación de Ingeniería Civil) Universidad de San Carlos. Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Fundamentos de Ingeniería Económica*. Cuarta edición. México: Mc Graw Hill, 2007. 593 p.
2. BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GARCÍA, José Francisco. *Manual de carreteras*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 1.
3. BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GARCÍA, José Francisco. *Manual de carreteras*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2.
4. BARRIOS BOLAÑOS, Walter Raúl. *Guía Teórica y Práctica del Curso de Pavimentos y Mantenimiento de Carreteras*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.
5. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria* 2. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989.
6. CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: USAID y SIECA, 2002.

7. CRISTO NEGRO. *Historia de la ciudad de Esquipulas*. Página Web. Consultado el 26 de octubre de 2012. Disponible en: <http://cristonegro.esquipulas.com.gt/historia>.
8. CURSO INGENIERÍA SANITARIA II. *Diseño de Alcantarillados Sanitarios*. Apuntes de clase. Carreras de Ingeniería, Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, Chiquimula, 2012. Manuscrito.
9. CURSO VÍAS TERRESTRES I. *Diseño Geométrico de Carreteras*. Apuntes de clase. Carreras de Ingeniería, Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, Chiquimula, 2011. Manuscrito.
10. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS -DGC-. *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala: DGC, 2001.
11. HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. *Características Físicas y Propiedades Mecánicas de Los Suelos y sus Métodos de Medición*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008.
12. HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones Generales para el Diseño de los diferentes tipos de Pavimentos*. Tesis de Ingeniería civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997.
13. INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-. *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados*. Guatemala: INFOM y EMPAGUA, 2001.

14. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA -INSIVUMEH-. *Informe de Intensidades de Lluvia Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH, 2002.
15. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA -INSIVUMEH-. *Método estándar de cálculo de curvas de duración-intensidad-frecuencia, Informe Técnico No. 4-88*. Guatemala: INSIVUMEH, 1988.
16. LECLAIR, Raúl. *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. 2da edición. Guatemala: SIECA, 2004.
17. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES -MTC-. *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Perú: MTC, 2011.
18. MEJÍA GÓMEZ, Hugo Abad. *Diseño del Pavimento Rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996.
19. MEJÍA RUIZ, Roberto. *Redes de Alcantarillado Simplificado*. Universidad de Antioquia, Colombia, 1993.
20. MORALES RAMÍREZ, Amalia Xiomara. *Control de Calidad en el Material Sellante para Juntas en Pavimentos de Concreto Hidráulico*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.

21. NAWY, Edward G. *Concreto Reforzado, Un enfoque básico*. México: Pentice Hall Hispanoamericana, 1988. 743 p.
22. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD -OPS-. *Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Perú: BVSDE, 2005.
23. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO -PNUD-. *Manual de Saneamiento: Redes de Alcantarillado Simplificadas (RAS)*. Office for Projects Execution: Brasil, 1987.
24. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos*. México: imcyc, 1997. 207 p.
25. SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES -SCT-. *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México: SCT, 1991. 4ª reimpresión.
26. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN TERRITORIAL -SINIT-. *Hojas Cartográficas de Guatemala a escala 1:50,000 Producidas por el Instituto Geográfico Nacional -IGN-*. Guatemala: Infraestructura de Datos espaciales, SEGEPLAN.
27. SITAVÍ TUYÚC, Leonel Amílcar. *Guía Práctica Para Supervisión y Control de Calidad en la Construcción de Puentes para Carreteras de Primer Orden*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.

APÉNDICE

APÉNDICE A	Libreta topográfica, proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, Esquipulas, Chiquimula
APÉNDICE B	Hoja cartográfica, delimitación área de cuenca de quebradas: El Roble, del Recibimiento y de Los Milagros
APÉNDICE C	Planos constructivos, proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, Esquipulas, Chiquimula
APÉNDICE D	Tablas de relaciones hidráulicas
APÉNDICE E	Libreta topográfica, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula
APÉNDICE F	Diseño hidráulico, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula
APÉNDICE G	Planos constructivos, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula

APÉNDICE A

Tabla A1. Libreta topográfica, proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, Esquipulas, Chiquimula

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-0				98.78
	1	55.06	340° 30' 30''	99.54
	2	56.05	333° 39' 30''	99.67
	E-1	55.50	338° 8' 5''	99.65
E-1	3	55.60	154° 18' 40''	98.78
	4	54.51	161° 16' 20''	98.94
	E-2	38.88	342° 44' 5''	100.00
E-2	5	24.10	352° 40' 50''	100.28
	6	25.30	333° 35' 50''	99.95
	E-3	23.97	342° 28' 20''	100.07
E-3	7	35.12	354° 42' 25''	100.54
	8	34.78	341° 36' 45''	100.51
	E-4	34.61	349° 22' 40''	100.16
E-4	9	109.95	353° 13' 15''	100.79
	10	108.92	348° 29' 50''	100.79
	E-5	109.53	351° 11' 55''	100.95
E-5	11	74.03	347° 59' 10''	100.54
	12	73.68	341° 20' 35''	101.05
	E-6	73.79	345° 0' 0''	100.93
E-6	E-7	25.72	355° 7' 0''	100.80
E-7	13	147.57	37° 19' 50''	96.98
	14	148.15	34° 27' 50''	97.31
	E-8	147.77	36° 3' 50''	97.21
E-8	15	30.12	44° 47' 5''	96.15
	16	30.46	31° 37' 5''	96.38
	E-9	58.30	41° 0' 5''	95.26

Continuación tabla A1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-9	17	33.27	46° 59' 50''	93.52
	18	34.58	37° 12' 30''	93.48
	E-10	33.45	42° 55' 0''	93.65
E-10	19	60.52	36° 34' 10''	90.45
	20	59.53	29° 59' 5''	90.19
	E-11	60.18	33° 20' 0''	90.42
E-11	E-12	35.47	13° 49' 0''	90.27
E-12	21	37.31	337° 52' 35''	91.93
	22	37.62	327° 11' 50''	91.95
	E-13	37.29	332° 32' 5''	91.92
E-13	23	41.67	347° 38' 20''	95.18
	24	42.66	337° 49' 45''	94.88
	25	136.25	342° 16' 30''	99.90
	26	136.66	339° 18' 25''	99.79
	E-14	166.25	341° 10' 10''	101.35
E-14	27	108.73	342° 55' 0''	106.52
	28	109.68	339° 20' 20''	106.66
	E-15	108.71	341° 6' 50''	106.62
E-15	E-16	135.42	337° 7' 45''	116.25
E-16	29	36.40	338° 58' 35''	118.45
	30	33.56	328° 6' 20''	118.11
	E-17	34.86	333° 51' 15''	118.33
E-17	31	25.11	301° 36' 50''	119.73
	32	24.43	293° 35' 45''	119.61
	E-18	24.31	285° 14' 35''	119.95
E-18	33	76.92	292° 7' 0''	125.02
	34	78.23	287° 1' 45''	124.79
	E-19	77.43	289° 38' 5''	124.98
E-19	35	73.05	314° 1' 5''	130.05
	36	72.21	308° 9' 40''	129.82
	E-20	73.16	311° 11' 15''	130.21
E-20	37	48.91	317° 54' 0''	135.25
	38	49.25	309° 42' 10''	135.11
	E-21	48.40	313° 50' 10''	135.28

Continuación tabla A1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-21	39	57.41	314° 54' 30''	138.45
	40	56.60	307° 55' 30''	138.61
	E-22	56.97	311° 22' 40''	138.72
E-22	41	37.31	293° 11' 5''	141.46
	42	36.73	282° 17' 30''	141.53
	E-23	37.58	287° 50' 15''	141.52
E-23	43	22.43	297° 20' 30''	142.02
	44	22.62	279° 35' 45''	141.79
	E-24	22.26	288° 37' 50''	142.17
E-24	45	32.58	300° 53' 40''	144.65
	46	33.55	288° 58' 30''	144.73
	E-25	32.68	294° 57' 25''	144.63
E-25	47	36.51	307° 40' 0''	146.49
	48	36.15	296° 41' 35''	146.45
	E-26	36.23	302° 3' 15''	146.64
E-26	49	49.97	293° 53' 35''	148.44
	50	50.80	285° 41' 30''	148.44
	E-27	50.83	290° 4' 40''	148.42
E-27	51	22.78	311° 48' 55''	149.15
	52	23.48	294° 38' 40''	149.18
	E-28	22.93	303° 29' 20''	149.23
E-28	53	21.39	328° 12' 15''	150.06
	54	23.13	310° 29' 40''	150.37
	E-29	21.18	318° 46' 15''	150.19
E-29	55	9.13	12° 39' 5''	151.49
	56	13.27	342° 0' 5''	151.52
	E-30	10.46	352° 18' 40''	151.60
E-30	57	34.42	76° 24' 30''	152.23
	58	34.51	65° 0' 35''	152.10
	E-31	34.39	70° 37' 20''	152.09

Continuación tabla A1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-31	59	59.90	79° 22' 10''	152.08
	60	61.08	72° 45' 50''	152.17
	E-32	60.27	76° 2' 25''	152.23
E-32	61	106.39	101° 5' 35''	153.37
	62	106.15	98° 30' 20''	153.67
	E-33	106.79	99° 41' 55''	153.62
E-33	63	21.15	97° 41' 20''	154.29
	64	19.60	84° 52' 35''	154.28
	E-34	20.49	91° 37' 20''	154.31
E-34	65	22.96	64° 29' 5''	155.40
	66	20.96	50° 36' 50''	155.35
	E-35	21.93	57° 45' 35''	155.51
E-35	67	21.26	42° 51' 55''	157.18
	68	18.24	28° 1' 35''	157.16
	E-36	19.99	35° 15' 50''	157.22
E-36	69	18.35	342° 17' 45''	157.33
	70	17.69	322° 37' 30''	157.58
	E-37	17.80	331° 11' 20''	157.55
E-37	71	92.72	323° 55' 25''	159.21
	72	91.83	320° 51' 20''	159.35
	E-38	91.75	322° 31' 10''	159.40
E-38	73	75.70	324° 27' 45''	163.50
	74	76.27	319° 48' 30''	163.47
	E-39	76.14	322° 2' 45''	163.53
E-39	75	36.39	326° 21' 15''	164.82
	76	35.89	317° 28' 20''	164.81
	E-40	35.86	322° 17' 45''	164.84
E-40	77	27.71	322° 27' 50''	163.77
	78	28.00	309° 30' 25''	163.69
	E-41	27.51	315° 44' 10''	163.81
E-41	79	29.35	322° 21' 55''	160.25
	80	28.33	310° 39' 45''	160.71
	E-42	28.31	316° 44' 45''	160.56

Continuación tabla A1.

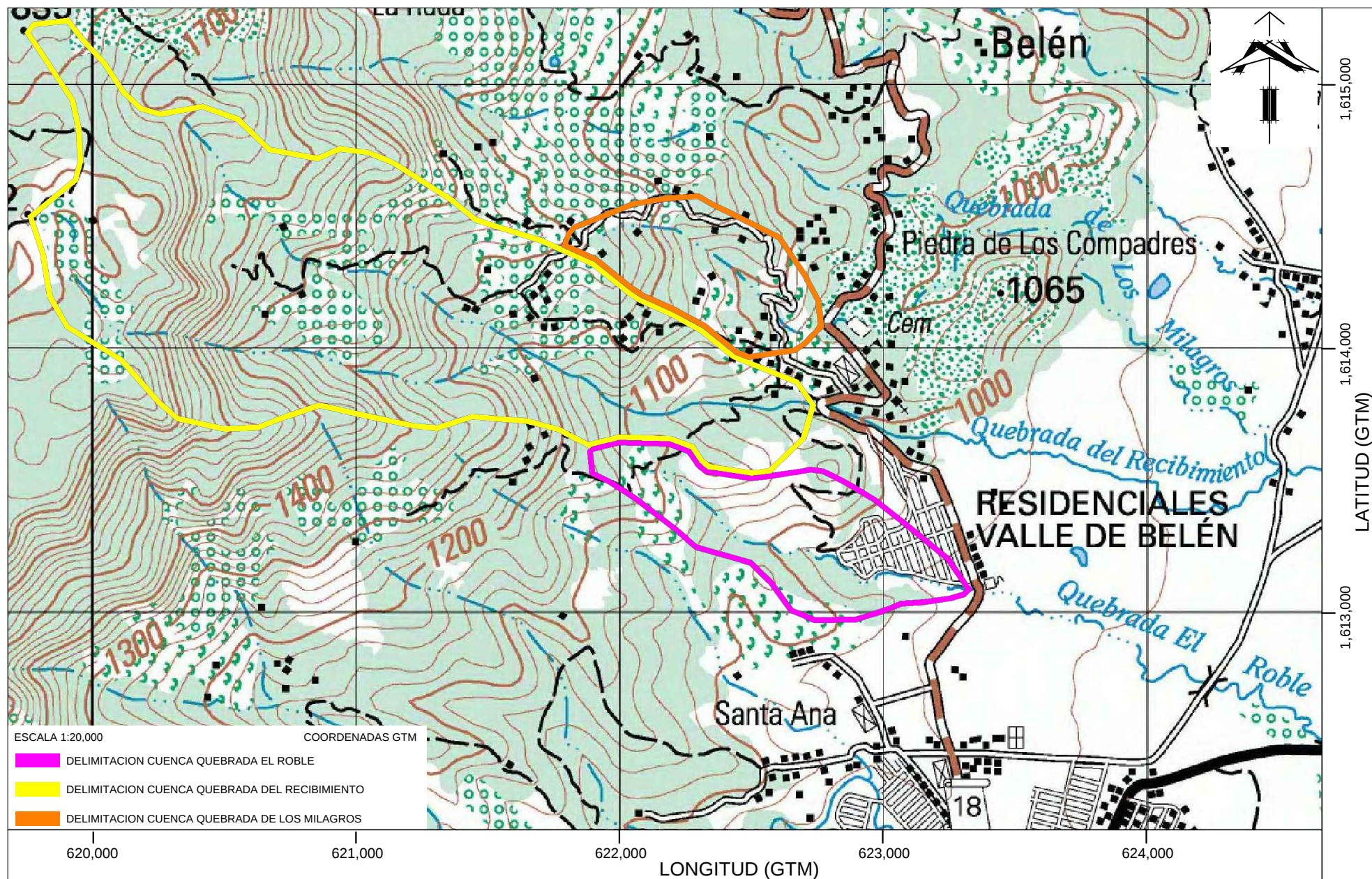
EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-42	81	50.21	314° 39' 40''	154.66
	82	50.40	307° 21' 55''	154.76
	E-43	50.03	311° 0' 45''	154.71
E-43	83	20.03	331° 47' 5''	154.32
	84	23.92	316° 17' 15''	154.37
	E-44	21.76	323° 39' 5''	154.36
E-44	85	28.93	30° 18' 20''	154.88
	86	29.59	17° 37' 35''	154.93
	E-45	28.83	24° 28' 0''	154.96
E-45	87	25.72	40° 12' 20''	157.15
	88	25.31	24° 37' 55''	157.21
	E-46	25.18	32° 28' 40''	157.21
E-46	89	26.78	40° 31' 5''	158.02
	90	26.87	25° 52' 45''	158.18
	E-47	26.54	33° 18' 5''	158.19
E-47	91	29.64	40° 13' 25''	158.25
	92	30.32	27° 14' 30''	158.33
	E-48	29.28	33° 39' 45''	158.29
E-48	93	13.31	69° 49' 20''	157.72
	94	14.54	39° 30' 10''	158.17
	E-49	13.46	56° 32' 45''	158.02
E-49	95	32.61	88° 10' 20''	158.20
	96	32.47	75° 40' 55''	158.25
	E-50	32.28	82° 15' 25''	158.25
E-50	97	21.56	88° 33' 50''	159.09
	98	18.96	68° 56' 40''	158.81
	E-51	19.21	79° 37' 35''	159.08
E-51	99	29.99	67° 27' 15''	160.17
	100	27.83	54° 11' 50''	160.15
	E-52	28.71	60° 50' 15''	160.19
E-52	101	41.26	42° 3' 10''	159.70
	102	40.58	32° 20' 20''	159.76
	E-53	40.61	37° 7' 25''	159.85

Continuación tabla A1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-53	103	69.87	32° 2' 45''	158.34
	104	68.24	26° 31' 40''	158.32
	E-54	69.16	29° 9' 5''	158.43
E-54	105	30.71	8° 29' 0''	157.96
	106	29.53	355° 33' 10''	157.99
	E-55	29.98	1° 51' 15''	157.93
E-55	107	16.22	3° 51' 15''	157.85
	108	15.66	338° 34' 45''	157.97
	E-56	15.78	351° 19' 30''	157.99
E-56	109	31.72	6° 47' 20''	157.78
	110	33.15	356° 7' 30''	157.91
	E-57	32.24	1° 41' 20''	157.93
E-57	111	35.42	23° 40' 10''	158.66
	112	37.43	14° 0' 25''	158.88
	E-58	35.48	18° 41' 25''	158.89
E-58	113	27.72	53° 31' 20''	161.58
	114	25.38	39° 3' 5''	161.29
	115	26.28	46° 35' 15''	161.30

APÉNDICE B

**Hoja cartográfica, delimitación área de cuenca de quebradas: El Roble, del
Recibimiento y de Los Milagros**

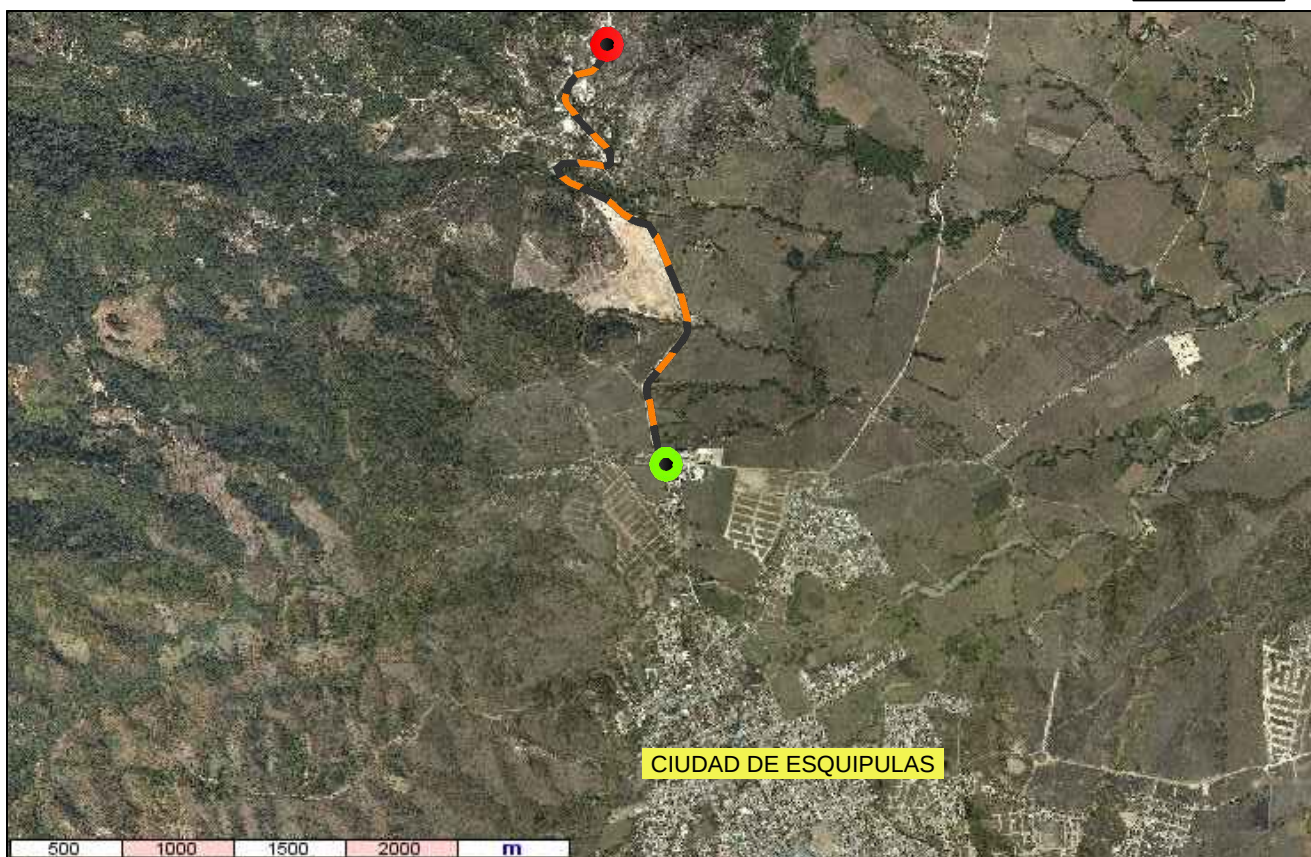
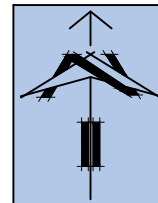


Fuente: Elaboración propia, utilizando hojas cartográficas proporcionadas por el Sistema Nacional de Información Territorial –SINIT–.

APÉNDICE C

Planos constructivos, proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18, Esquipulas, Chiquimula

- C-1. Plano de localización
- C-2. Plano de ubicación
- C-3. Planta topográfica 1
- C-4. Planta topográfica 2
- C-5. Planta de curvas de nivel 1
- C-6. Planta de curvas de nivel 2
- C-7. Perfil y planta del proyecto 1
- C-8. Perfil y planta del proyecto 2
- C-9. Perfil y planta del proyecto 3
- C-10. Perfil y planta del proyecto 4
- C-11. Perfil y planta del proyecto 5
- C-12. Perfil y planta del proyecto 6
- C-13. Secciones transversales 1
- C-14. Secciones transversales 2
- C-15. Secciones transversales 3
- C-16. Secciones transversales 4
- C-17. Secciones transversales 5
- C-18. Secciones transversales 6
- C-19. Secciones transversales 7
- C-20. Detalles de pavimento
- C-21. Detalles de drenajes transversales 1
- C-22. Detalles de drenajes transversales 2
- C-23. Detalles de drenajes de agua pluvial de la calzada



ESCALA



TRAMO A PAVIMENTAR



INICIO DE TRAMO
COORDENADAS GTM:
LONGITUD = 623,259.92
LATITUD = 1,612,460.82
KM 226+244.00, RN-18



FIN DE TRAMO
COORDENADAS GTM:
LONGITUD = 623,011.93
LATITUD = 1,614,428.91
KM 223+474.90, RN-18



PROYECTO: **PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18**

DEPARTAMENTO: **CHIKIMULA**

MUNICIPIO: **ESQUIPULAS**

UBICACIÓN EXACTA: **ALDEA BELEN, ESQUIPULAS**

CONTENIDO DEL PLANO: **PLANO DE LOCALIZACIÓN**

ESCALA: **NUMÉRICA**

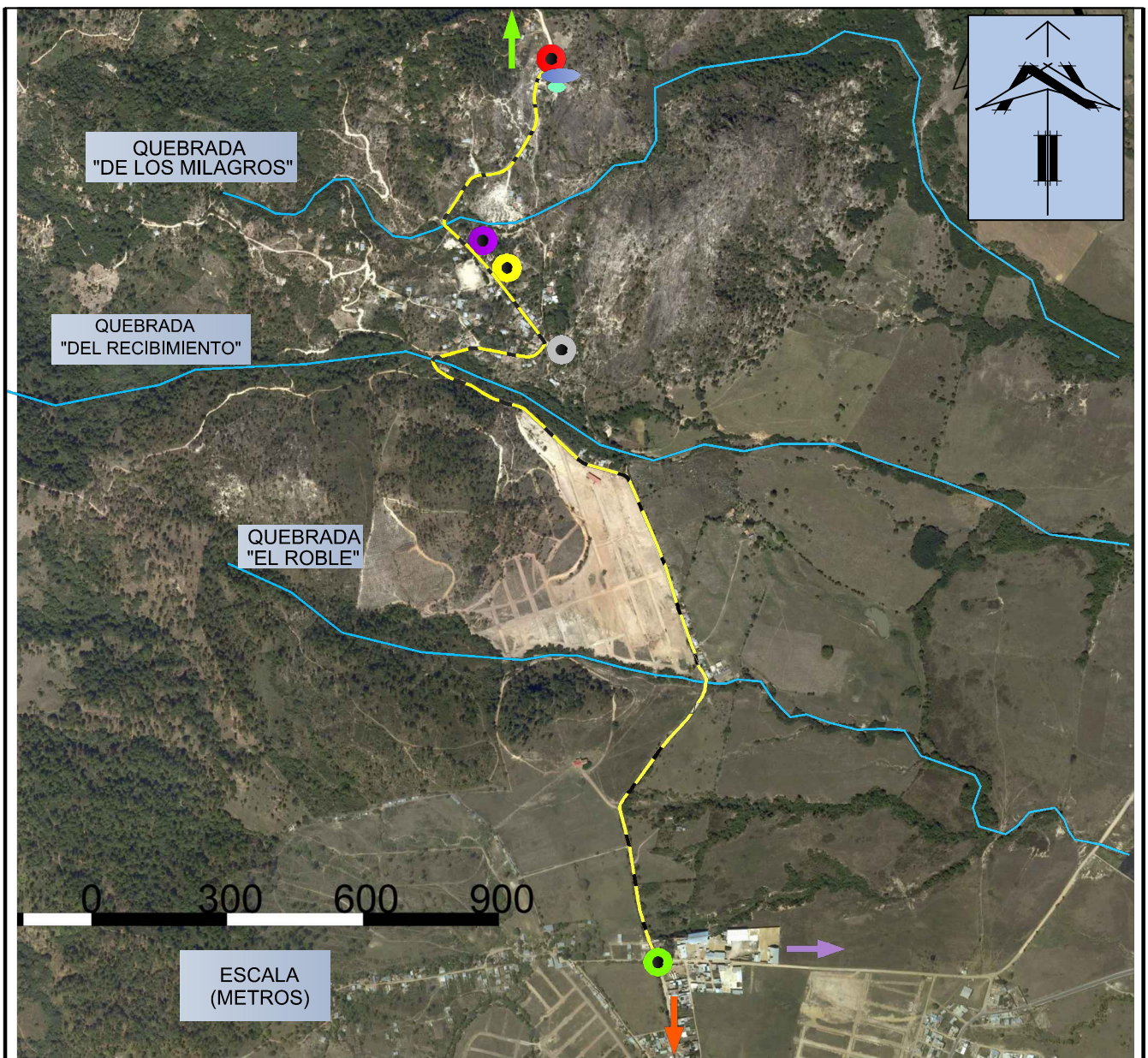
DISEÑO: **Geraldo I. Pineda R.**

CÁLCULO: **Geraldo I. Pineda R.**

DIBUJO: **Geraldo I. Pineda R.**

HOJA:

1
23



TRAMO
A PAVIMENTAR



● INICIO DE TRAMO
COORDENADAS GTM:
LONGITUD = 623,259.92
LATITUD = 1,612,460.82
KM 226+244.00, RN-18

● FIN DE TRAMO
COORDENADAS GTM:
LONGITUD = 623,011.93
LATITUD = 1,614,428.91
KM 223+474.90, RN-18

● CAPILLA RELIGIOSA

● ESCUELA "BELEN"

● CEMENTERIO

● SITIO TURISTICO
"LA PIEDRA DE
LOS COMPADRES"

↓ HACIA CIUDAD DE
ESQUIPULAS

→ HACIA ALDEA
VALLE DOLORES

↑ HACIA MUNICIPIO DE
QUEZALTEPEQUE



PROYECTO: **PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18**

DEPARTAMENTO: **CHIKIMULA**

MUNICIPIO: **ESQUIPULAS**

UBICACIÓN EXACTA: **ALDEA BELEN, ESQUIPULAS**

CONTENIDO DEL PLANO: **PLANO DE UBICACIÓN**

ESCALA: **NUMÉRICA**

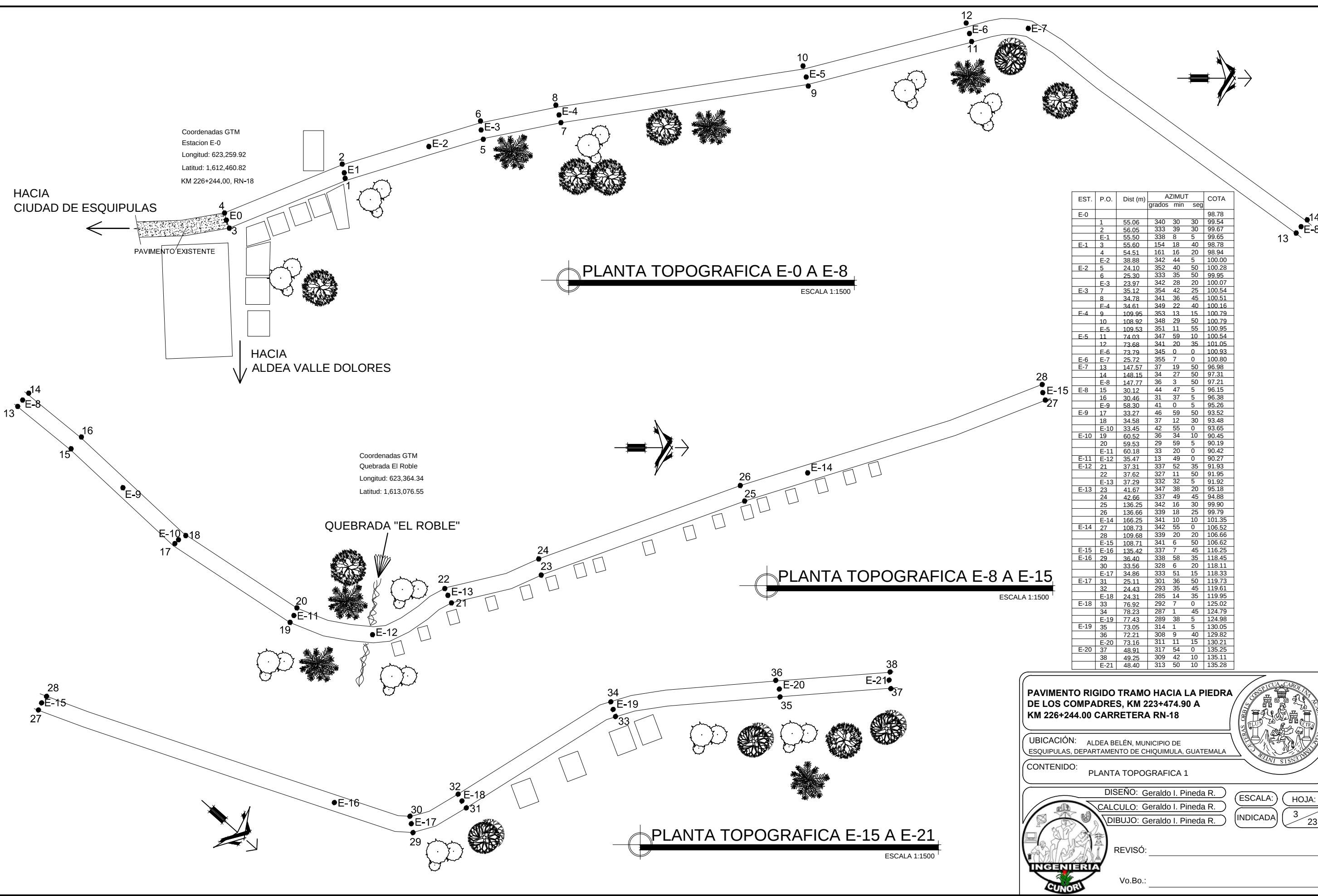
DISEÑO: **Geraldo I. Pineda R.**

CÁLCULO: **Geraldo I. Pineda R.**

DIBUJO: **Geraldo I. Pineda R.**

HOJA:

2
23



EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT			COTA
			grados	min	seg	
E-0	1	55.06	340	30	30	98.78
	2	56.05	333	39	30	99.67
	E-1	55.50	338	8	5	99.65
	3	55.60	154	18	40	98.78
E-1	4	54.51	161	16	20	98.94
	E-2	38.88	342	44	5	100.00
	5	24.10	352	40	50	100.28
	6	25.30	333	35	50	99.95
E-2	E-3	23.97	342	28	20	100.07
	7	35.12	354	42	25	100.54
	8	34.78	341	36	45	100.51
	E-4	34.61	349	22	40	100.16
E-3	9	109.95	353	13	15	100.79
	10	108.92	348	29	50	100.79
	E-5	109.53	351	11	55	100.95
	11	74.03	347	59	10	100.54
E-4	12	73.68	341	20	35	101.05
	E-6	73.79	345	0	0	100.93
	E-7	25.72	355	7	0	100.80
	13	147.57	37	19	50	96.98
E-5	14	148.15	34	27	50	97.31
	E-8	147.77	36	3	50	97.21
	15	30.12	44	47	5	96.15
	16	30.46	31	37	5	96.38
E-6	E-9	58.30	41	0	5	95.26
	17	33.27	46	59	50	93.52
	18	34.58	37	12	30	93.48
	E-10	33.45	42	55	0	93.65
E-7	19	60.52	36	34	10	90.45
	20	59.53	29	59	5	90.19
	E-11	60.18	33	20	0	90.42
	E-12	35.47	13	49	0	90.27
E-8	21	37.31	337	52	35	91.93
	22	37.62	327	11	50	91.95
	E-13	37.29	332	32	5	91.92
	23	41.67	347	38	20	95.18
E-9	24	42.66	337	49	45	94.88
	25	136.25	342	16	30	99.90
	26	136.66	339	18	25	99.79
	E-14	166.25	341	10	10	101.35
E-10	27	108.73	342	55	0	106.52
	28	109.68	339	20	20	106.66
	E-15	108.71	341	6	50	106.62
	E-16	135.42	337	7	45	116.25
E-11	29	36.40	338	58	35	118.45
	30	33.56	328	6	20	118.11
	E-17	34.86	333	51	15	118.33
	31	25.11	301	36	50	119.73
E-12	32	24.43	293	35	45	119.61
	E-18	24.31	285	14	35	119.95
	33	76.92	292	7	0	125.02
	34	78.23	287	1	45	124.79
E-13	E-19	77.43	289	38	5	124.98
	35	73.05	314	1	5	130.05
	36	72.21	308	9	40	129.82
	E-20	73.16	311	11	15	130.21
E-14	37	48.91	317	54	0	135.25
	38	49.25	309	42	10	135.11
	E-21	48.40	313	50	10	135.28

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA TOPOGRAFICA 1



DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA: HOJA:
INDICADA 3 23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

PLANTA TOPOGRAFICA E-21 A E-42

ESCALA 1:1500

Coordenadas GTM
Quebrada del Recibimiento
Longitud: 622,766.60
Latitud: 1,613,777.77

QUEBRADA
"DEL RECIBIMIENTO"

ESCUELA
"BELEN"

Coordenadas GTM
Escuela Belen
Longitud: 622,919.34
Latitud: 1,613,980.15

Coordenadas GTM
Capilla Religiosa
Longitud: 623,052.56
Latitud: 1,613,811.38

CAPILLA
RELIGIOSA

QUEBRADA
"DE LOS MILAGROS"

Coordenadas GTM
Quebrada de Los Milagros
Longitud: 622,786.44
Latitud: 1,614,086.90

CEMENTERIO

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT			COTA
			grados	min	seg	
E-21	39	57.41	314	54	30	138.45
	40	56.60	307	55	30	138.61
E-22	42	56.97	311	22	40	138.72
	41	37.31	293	11	5	141.46
	42	36.73	282	17	30	141.53
E-23	43	37.58	287	50	15	141.52
	43	22.43	297	20	30	142.02
	44	22.62	279	35	45	141.79
E-24	46	22.26	288	37	50	142.17
	45	32.58	300	53	40	144.65
	46	33.55	288	58	30	144.73
E-25	47	32.68	294	57	25	144.63
	47	36.51	307	40	0	146.49
	48	36.15	296	41	35	146.45
E-26	49	36.23	302	3	15	146.64
	49	49.97	293	53	35	148.44
	50	50.80	285	41	30	148.44
E-27	51	50.83	290	4	40	148.42
	51	22.78	311	48	55	149.15
	52	23.48	294	38	40	149.18
E-28	53	22.93	303	29	20	149.23
	53	21.39	328	12	15	150.06
	54	23.13	310	29	40	150.37
E-29	55	21.18	318	46	15	150.19
	55	9.13	12	39	5	151.49
	56	13.27	342	0	5	151.52
E-30	57	10.46	352	18	40	151.60
	57	34.42	76	24	30	152.23
	58	34.51	65	0	35	152.10
E-31	59	34.39	70	37	20	152.09
	59	59.90	79	22	10	152.08
	60	61.08	72	45	50	152.17
E-32	61	60.27	76	2	25	152.23
	61	106.39	101	5	35	153.37
	62	106.15	98	30	20	153.67
E-33	63	106.79	99	41	55	153.62
	63	21.15	97	41	20	154.29
	64	19.60	84	52	35	154.28
E-34	65	20.49	91	37	20	154.31
	65	22.96	64	29	5	155.40
	66	20.96	50	36	50	155.35
E-35	67	21.93	57	45	35	155.51
	67	21.26	42	51	55	157.18
	68	18.24	28	1	35	157.16
E-36	69	19.99	35	15	50	157.22
	69	18.35	342	17	45	157.33
	70	17.69	322	37	30	157.58
E-37	71	17.80	331	11	20	157.55
	71	92.72	323	55	25	159.21
	72	91.83	320	51	20	159.35
E-38	73	91.75	322	31	10	159.40
	73	75.70	324	27	45	163.50
	74	76.27	319	48	30	163.47
E-39	75	76.14	322	2	45	163.53
	75	36.39	326	21	15	164.82
	76	35.89	317	28	20	164.81
E-40	77	35.86	322	17	45	164.84
	77	27.71	322	27	50	163.77
	78	28.00	309	30	25	163.69
E-41	79	27.51	315	44	10	163.81
	79	29.35	322	21	55	160.25
	80	28.33	310	39	45	160.71
E-42	81	28.31	316	44	45	160.56

PLANTA TOPOGRAFICA E-42 A E-58

ESCALA 1:1500

HACIA MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE

Coordenadas GTM
Punto 115
Longitud: 623,011.93
Latitud: 1,614,428.91
KM 223+474.90, RN-18

SITIO TURISTICO
"LA PIEDRA DE LOS
COMPADRES"

Coordenadas GTM
La Piedra de Los Compadres
Longitud: 623,010.24
Latitud: 1,614,411.98

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT			COTA
			grados	min	seg	
E-42	81	50.21	314	39	40	154.66
	82	50.40	307	21	55	154.76
E-43	83	50.03	311	0	45	154.71
	83	20.03	331	47	5	154.32
	84	23.92	316	17	15	154.37
E-44	85	21.76	323	39	5	154.36
	86	29.59	30	18	20	154.88
E-45	87	25.72	17	37	35	154.93
	88	25.31	24	37	55	157.21
E-46	89	25.18	32	28	40	157.21
	90	26.87	40	31	5	158.02
E-47	91	26.54	25	52	45	158.18
	91	29.64	33	18	5	158.19
	92	30.32	40	13	25	158.25
E-48	93	30.32	27	14	30	158.33
	93	29.28	33	39	45	158.29
E-49	94	13.31	69	49	20	157.72
	94	14.54	39	30	10	158.17
E-50	95	13.46	56	32	45	158.02
	95	32.61	88	10	20	158.20
E-51	96	32.47	75	40	55	158.25
	96	32.28	82	15	25	158.25
E-52	97	21.56	88	33	50	159.09
	97	18.96	68	56	40	158.81
E-53	98	19.21	79	37	35	159.08
	98	29.99	67	27	15	160.17
E-54	99	27.83	54	11	50	160.15
	100	28.71	60	50	15	160.19
E-55	101	41.26	42	3	10	159.70
	102	40.58	32	20	20	159.76
E-56	103	40.61	37	7	25	159.85
	103	69.87	32	2	45	158.34
E-57	104	68.24	26	31	40	158.32
	104	69.16	29	9	5	158.43
E-58	105	30.71	8	29	0	157.96
	106	29.53	355	33	10	157.99
	106	29.98	1	51	15	157.93
E-59	107	16.22	3	51	15	157.85
	108	15.66	338	34	45	157.97
E-60	109	15.78	351	19	30	157.99
	109	31.72	6	47	20	157.78
E-61	110	33.15	356	7	30	157.91
	110	32.24	1	41	20	157.93
E-62	111	37.43	14	0	25	158.88
	111	35.42	23	40	10	158.66
E-63	112	37.43	14	0	25	158.88
	112	35.48	18	41	25	158.89
E-64	113	27.72	53	31	20	161.58
	113	25.38	39	3	5	161.29
E-65	114	26.28	46	35	15	161.30
	115	26.28	46	35	15	161.30

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA TOPOGRAFICA 2

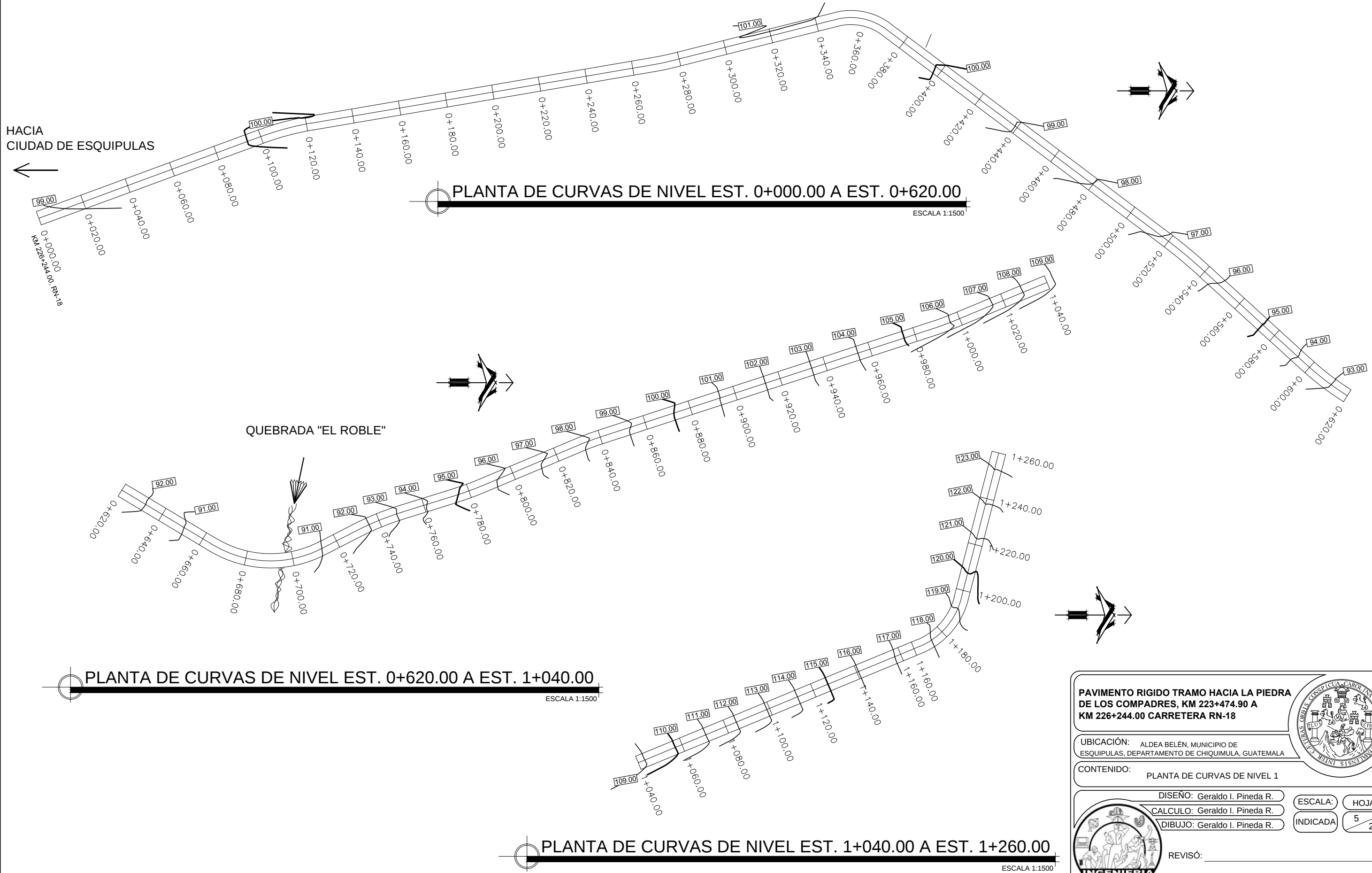
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



ESCALA: HOJA:
INDICADA 4 23

REVISÓ:

Vo.Bo.:



HACIA
CIUDAD DE ESQUIPULAS

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL EST. 0+000.00 A EST. 0+620.00

ESCALA 1:1500

QUEBRADA "EL ROBLE"

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL EST. 0+620.00 A EST. 1+040.00

ESCALA 1:1500

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL EST. 1+040.00 A EST. 1+260.00

ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL 1

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA:

HOJA:

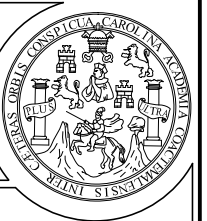
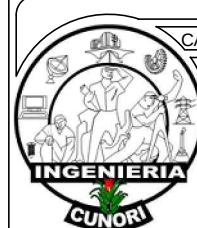
INDICADA

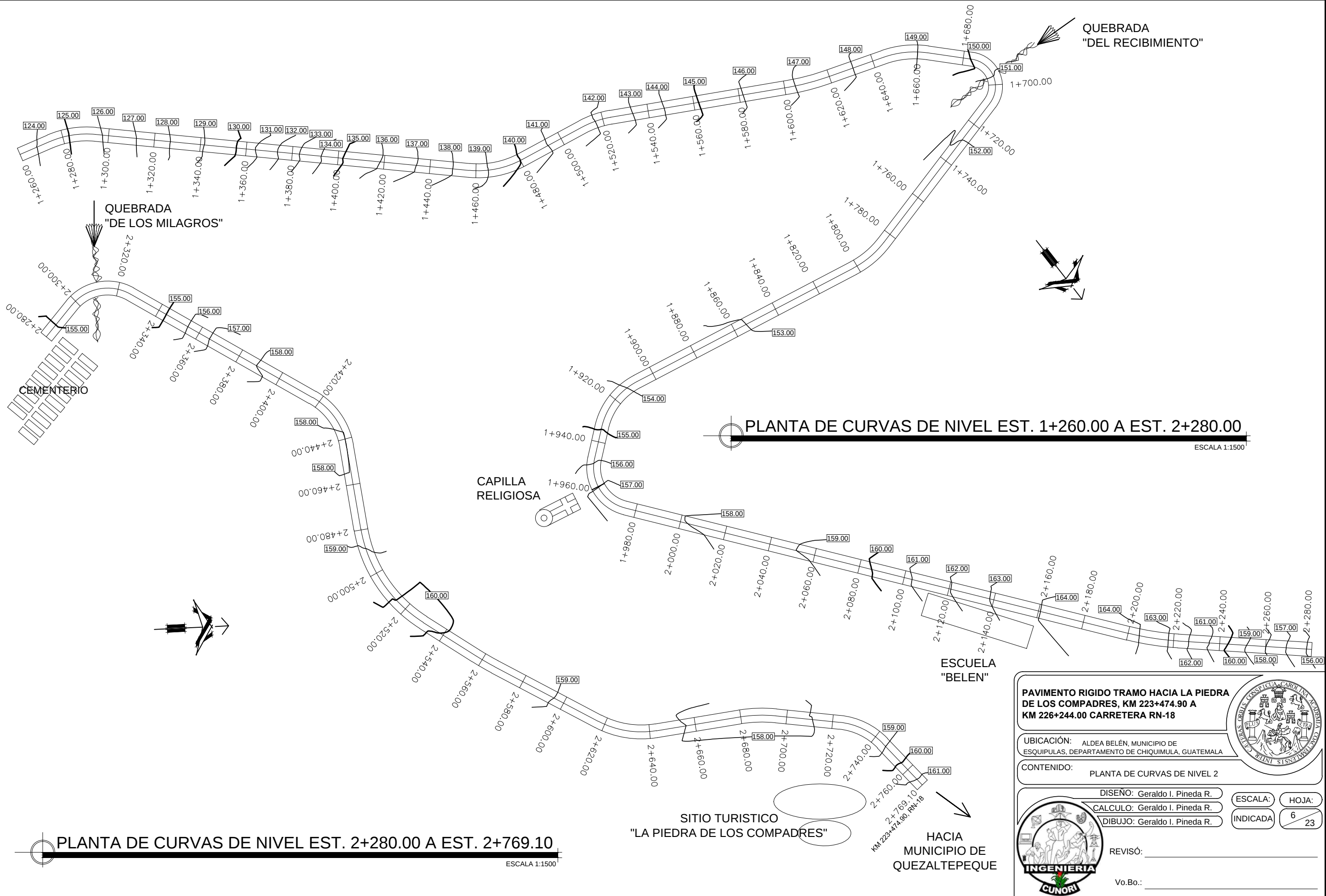
5

23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____





PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL 2

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

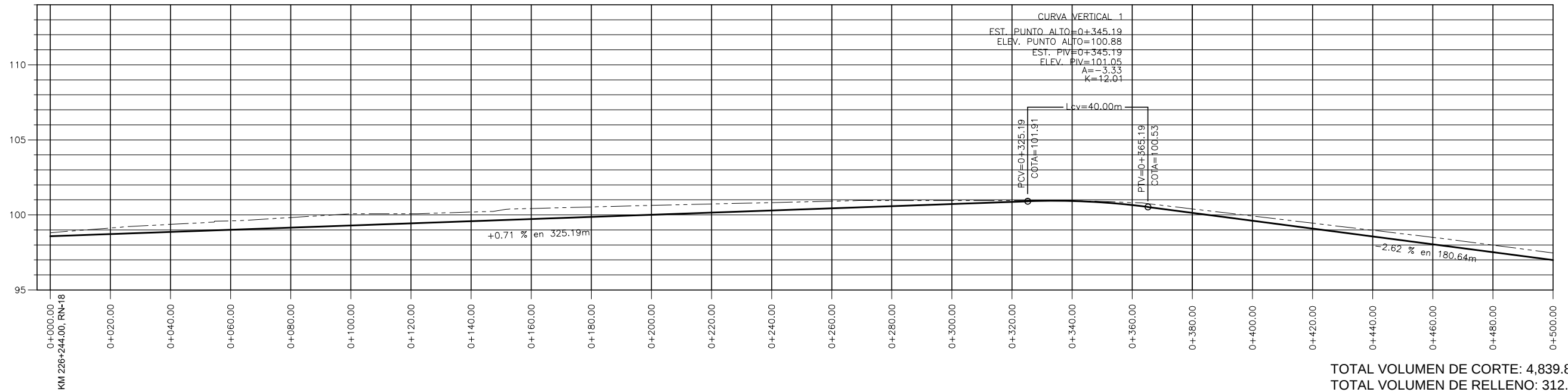


ESCALA: HOJA:
INDICADA 6 23

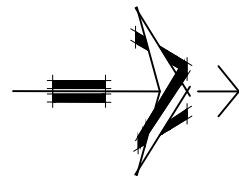
REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

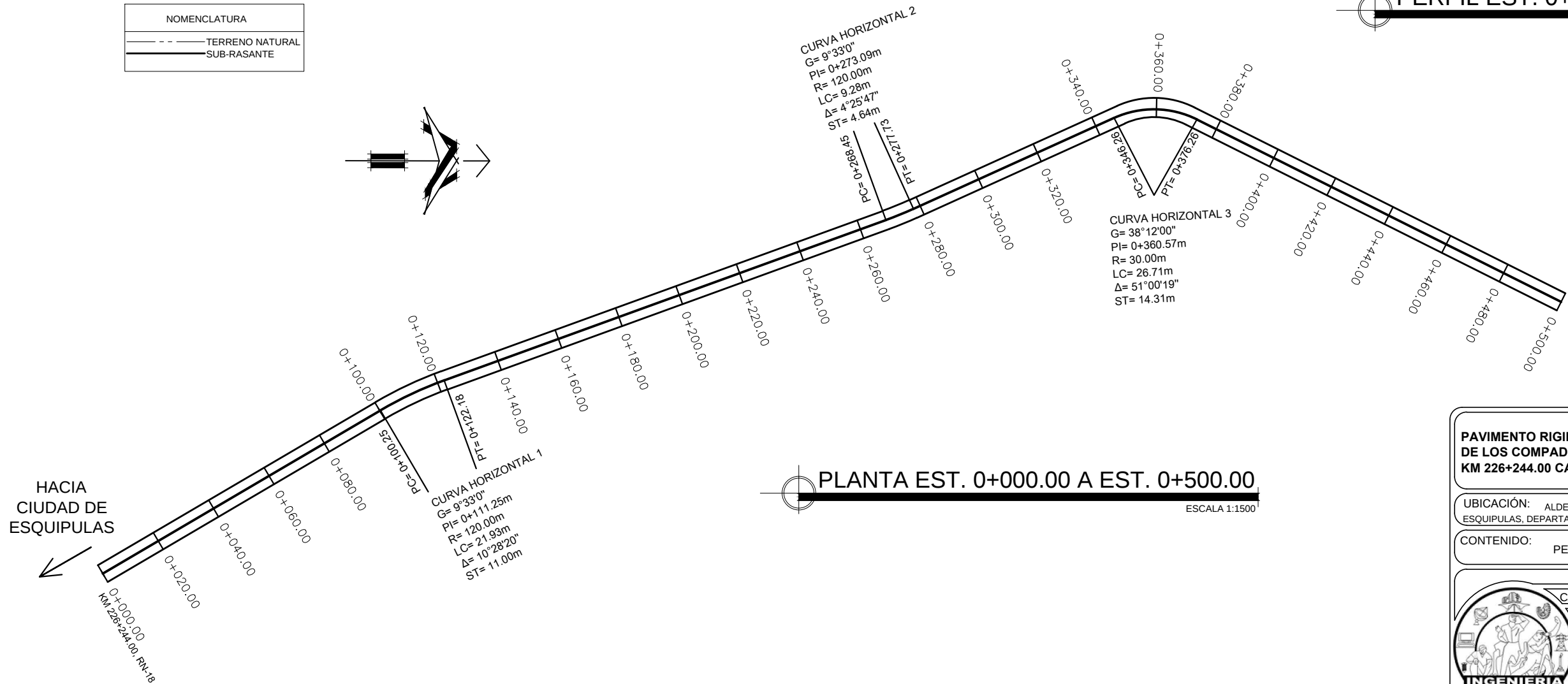




NOMENCLATURA	
---	TERRENO NATURAL
—	SUB-RASANTE



PERFIL EST. 0+000.00 A EST. 0+500.00
ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300



PLANTA EST. 0+000.00 A EST. 0+500.00
ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 1



DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA:

HOJA:

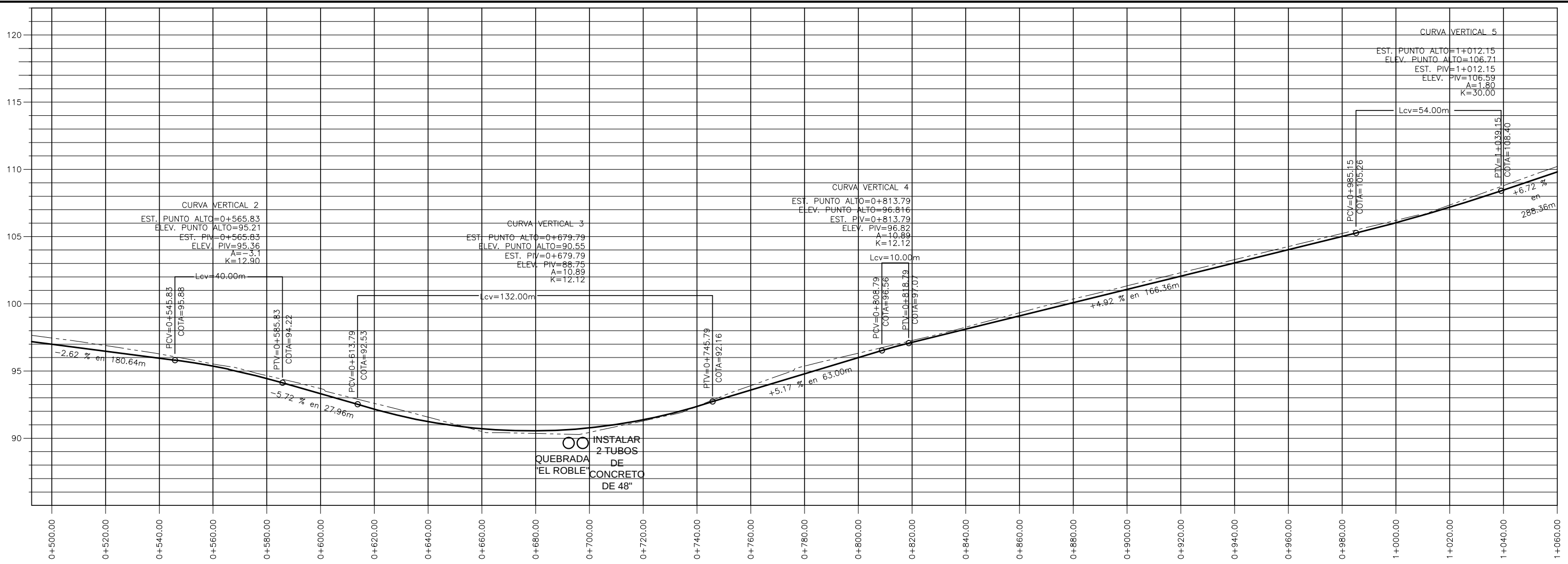
INDICADA

7

23

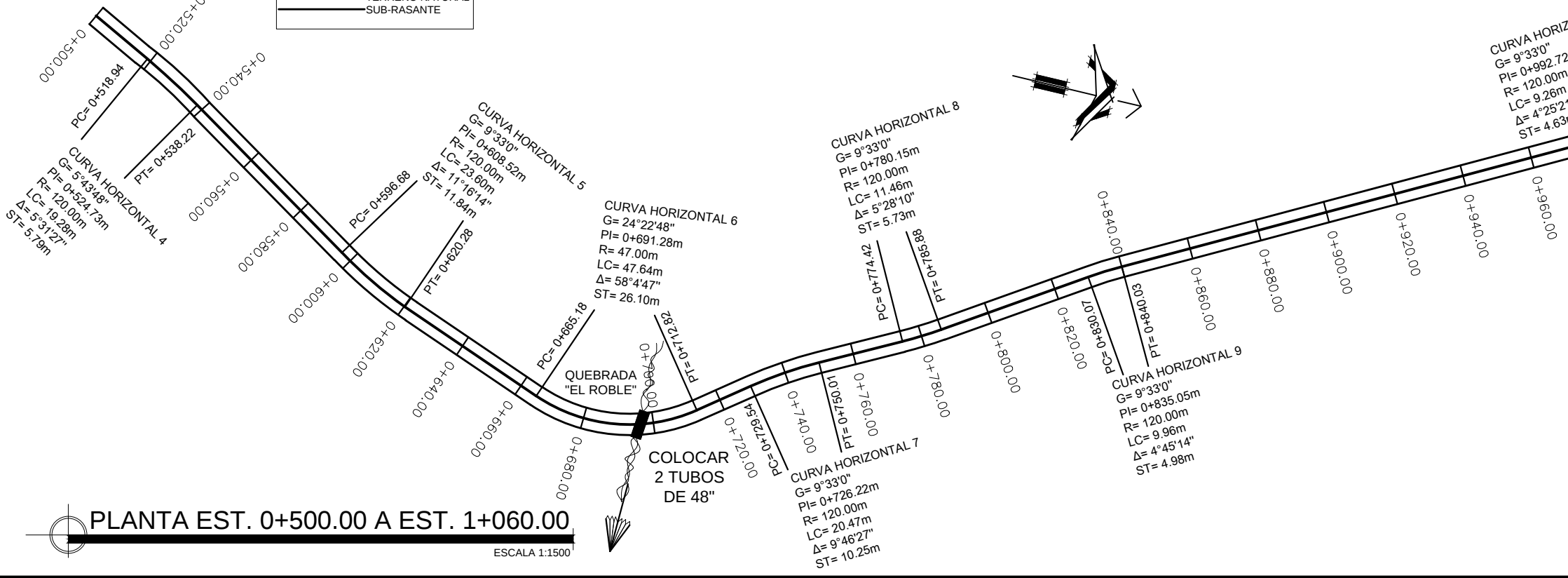
REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



NOMENCLATURA	
	TERRENO NATURAL
	SUB-RASANTE

PERFIL EST. 0+500.00 A EST. 1+060.00
ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300



PLANTA EST. 0+500.00 A EST. 1+060.00
ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 2

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____

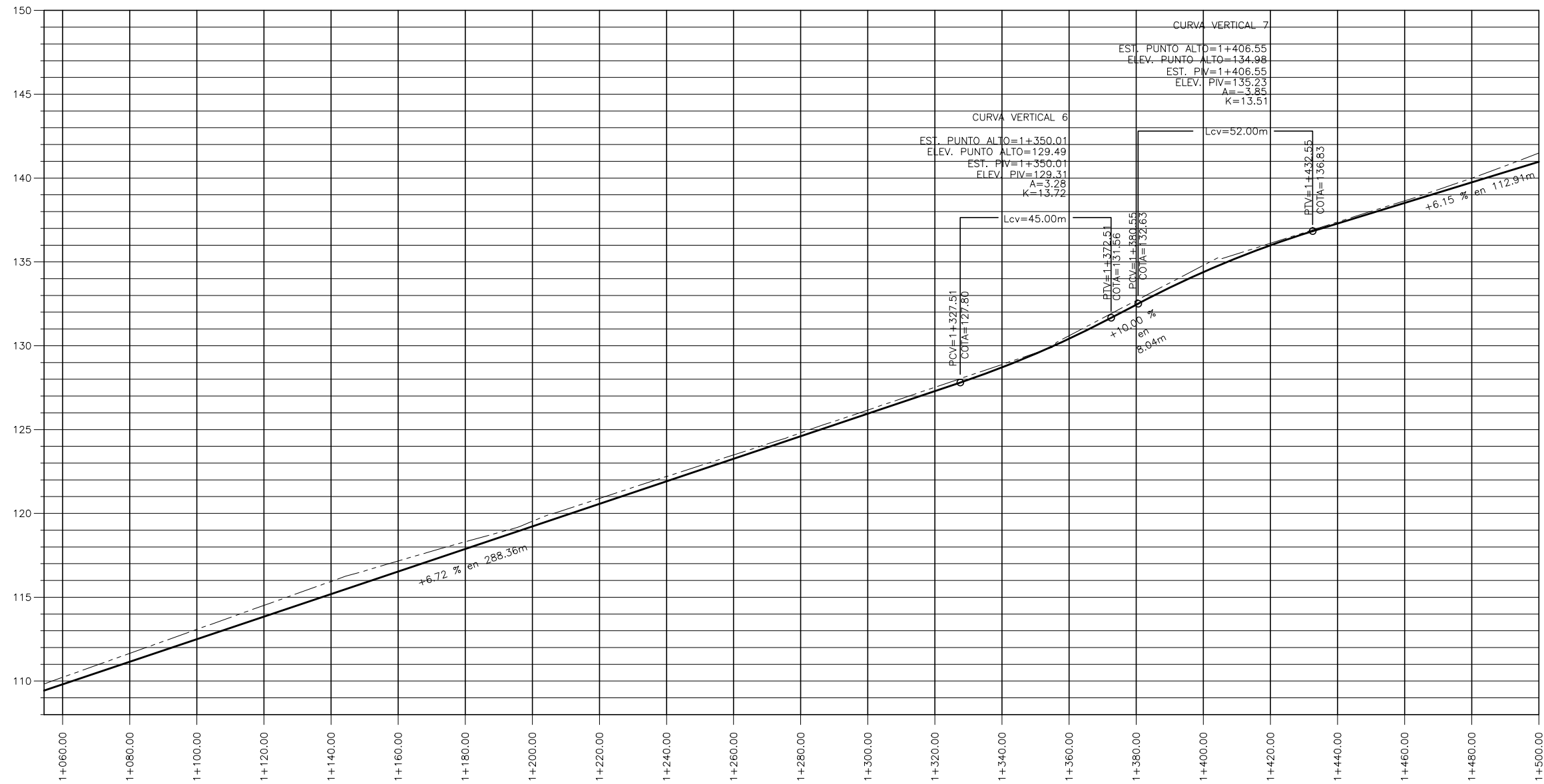
Vo.Bo.: _____

ESCALA: _____

INDICADA

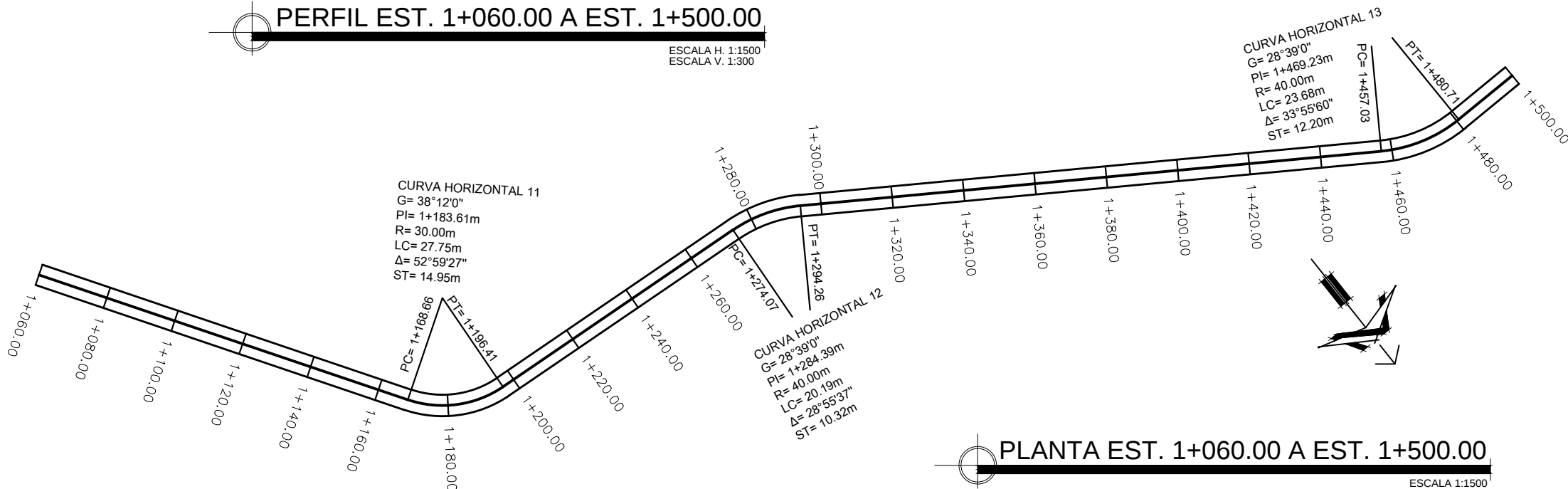
HOJA: 8

23



NOMENCLATURA	
---	TERRENO NATURAL
—	SUB-RASANTE

PERFIL EST. 1+060.00 A EST. 1+500.00
ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300



PLANTA EST. 1+060.00 A EST. 1+500.00
ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

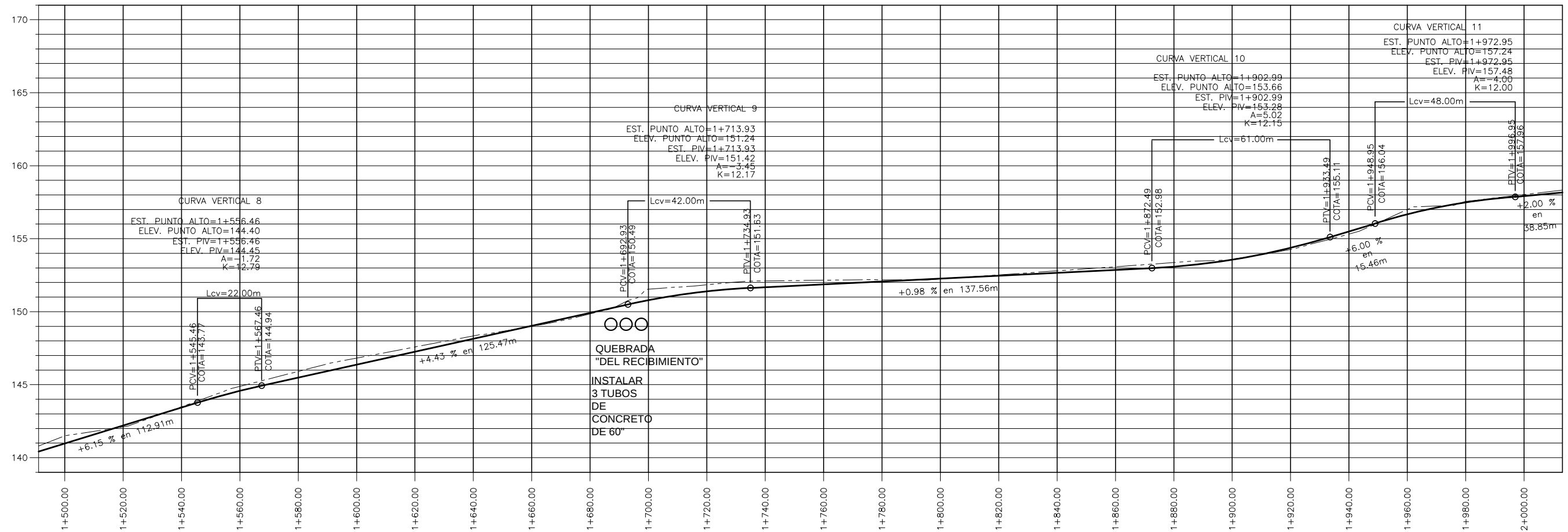
UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 3

REVISÓ: _____

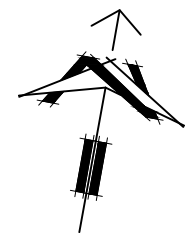
Vo.Bo.: _____

DISENO: Geraldo I. Pineda R.	ESCALA:	HOJA:
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.	INDICADA	9
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.		23



NOMENCLATURA	
	TERRENO NATURAL
	SUB-RASANTE

PERFIL EST. 1+500.00 A EST. 2+000.00
ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300



QUEBRADA
"DEL RECIBIMIENTO"
COLOCAR
3 TUBOS DE 60"

CURVA HORIZONTAL 17
G= 95°29'24"
PI= 1+654.12m
R= 12.00m
LC= 24.95m
Δ= 119°6'56"
ST= 20.42m

CURVA HORIZONTAL 16
G= 28°39'0"
PI= 1+634.88m
R= 40.00m
LC= 19.32m
Δ= 27°40'30"
ST= 9.85m

CURVA HORIZONTAL 15
G= 11°27'36"
PI= 1+610.41m
R= 100.00m
LC= 17.19m
Δ= 9°5'10"
ST= 8.62m

CURVA HORIZONTAL 18
G= 28°39'0"
PI= 1+793.27m
R= 40.00m
LC= 17.46m
Δ= 25°0'11"
ST= 8.87m

CURVA HORIZONTAL 19
G= 38°12'0"
PI= 1+921.60m
R= 30.00m
LC= 25.95m
Δ= 49°33'12"
ST= 13.85m

CURVA HORIZONTAL 20
G= 63°39'36"
PI= 1+965.05m
R= 18.00m
LC= 27.89m
Δ= 88°46'54"
ST= 17.62m

PLANTA EST. 1+500.00 A EST. 2+000.00

ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 4

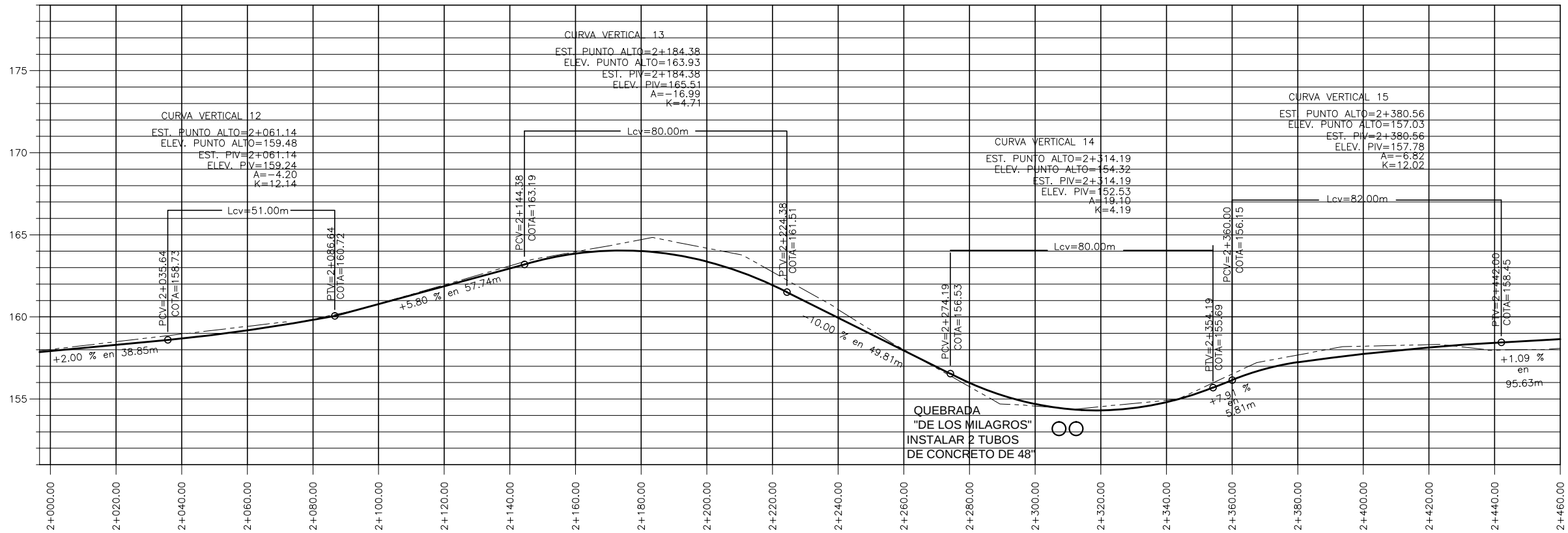


DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA: HOJA:
INDICADA 10 23

REVISÓ: _____

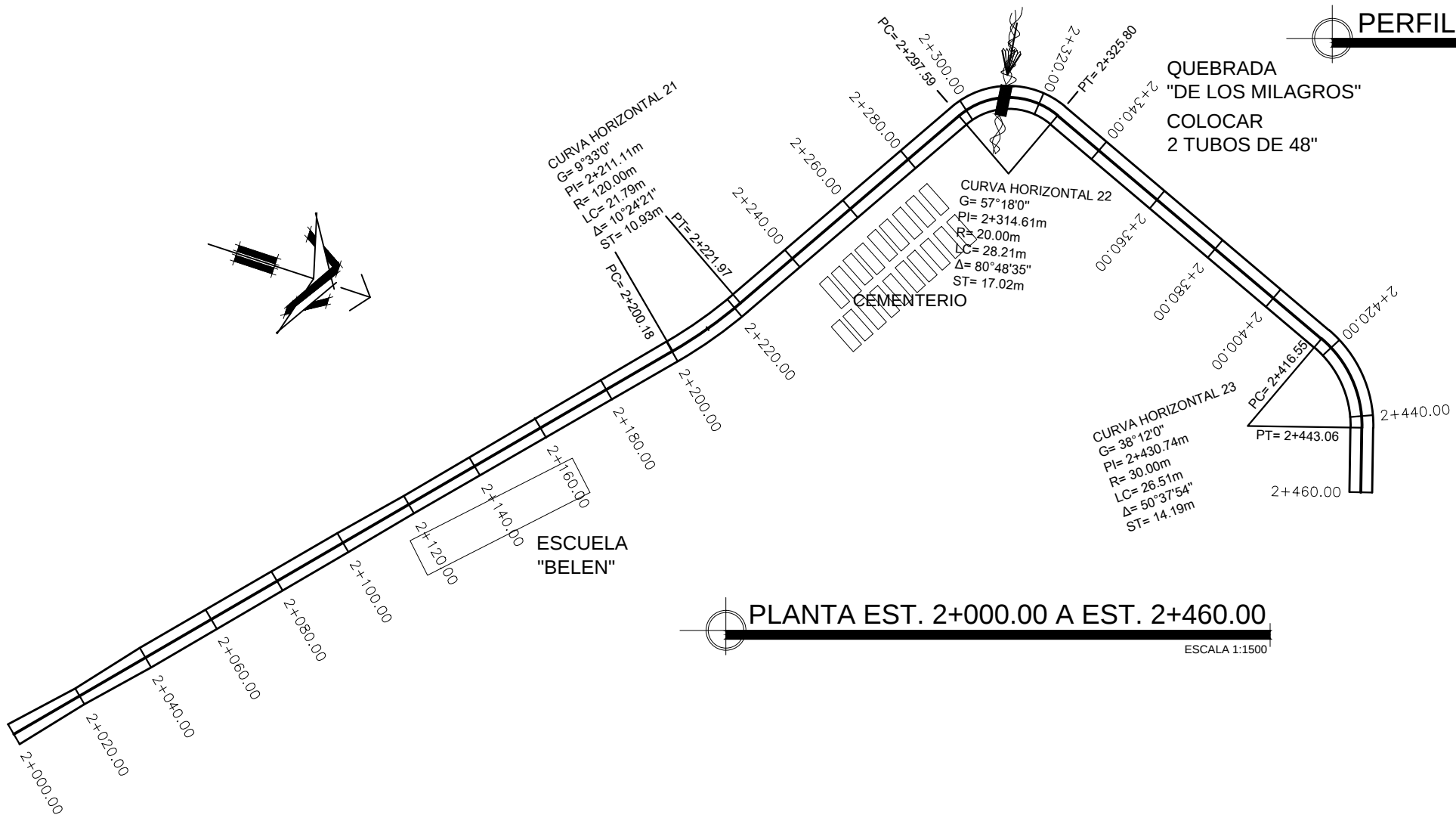
Vo.Bo.: _____



NOMENCLATURA	
	TERRENO NATURAL
	SUB-RASANTE

PERFIL EST. 2+000.00 A EST. 2+460.00

ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300



PLANTA EST. 2+000.00 A EST. 2+460.00

ESCALA 1:1500

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 5



DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

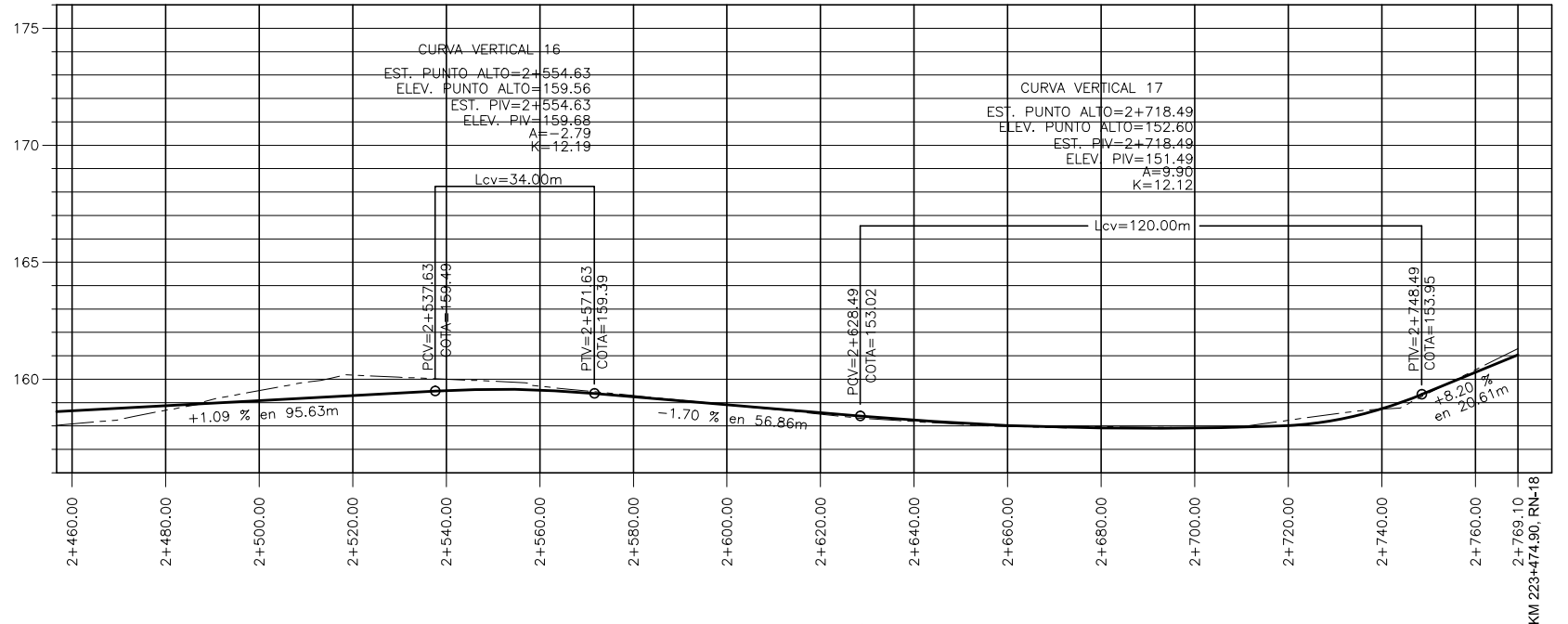
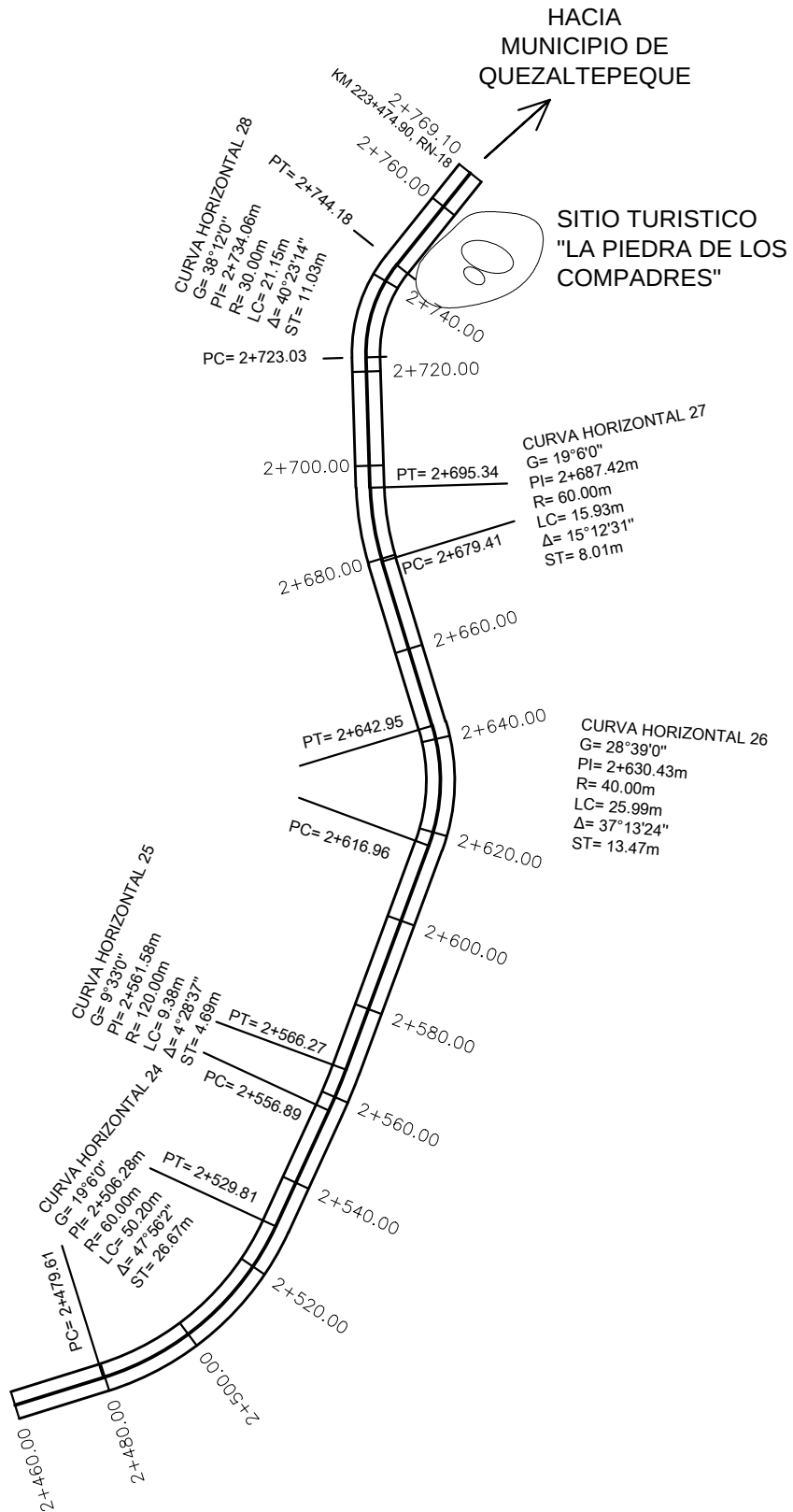
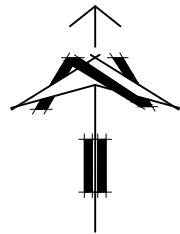
ESCALA: HOJA:
INDICADA 11 23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

PLANTA EST. 2+460.00 A EST. 2+769.10

ESCALA 1:1500



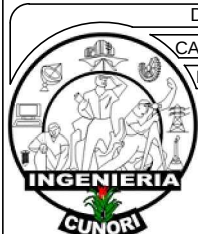
PERFIL EST. 2+460.00 A EST. 2+769.10

ESCALA H. 1:1500
ESCALA V. 1:300

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA DEL PROYECTO 6



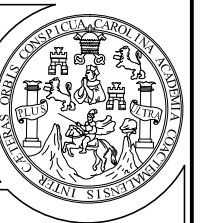
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____

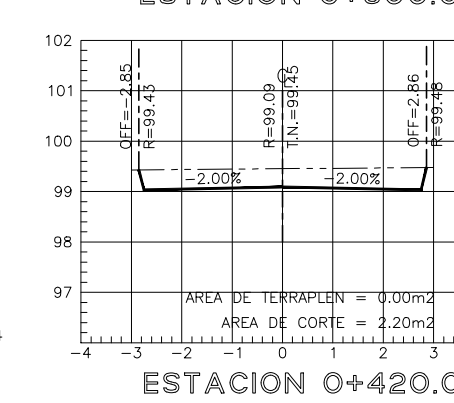
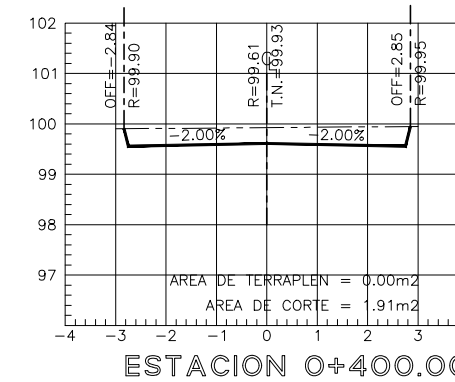
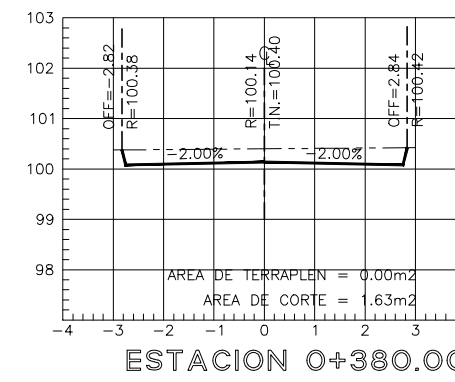
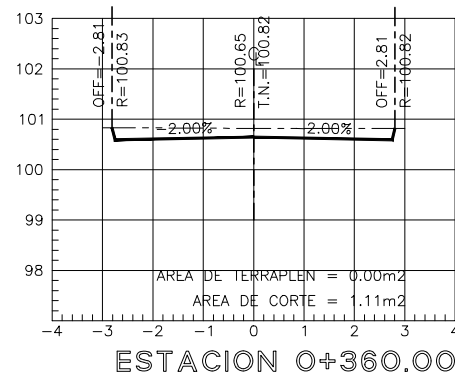
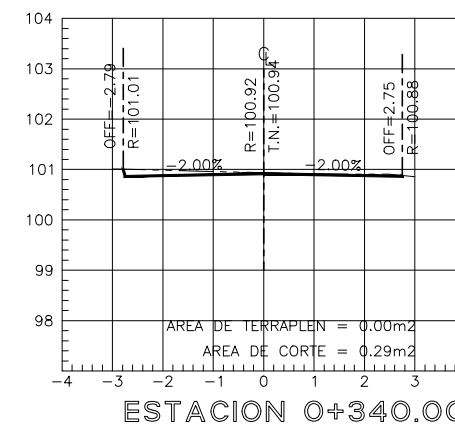
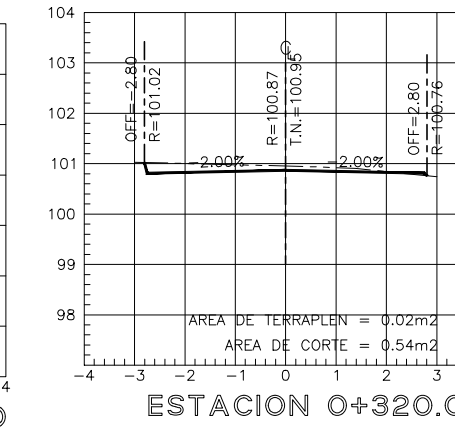
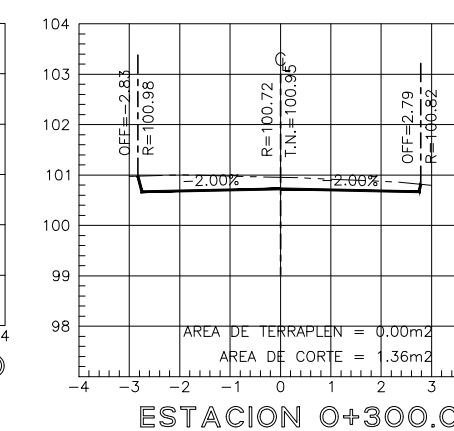
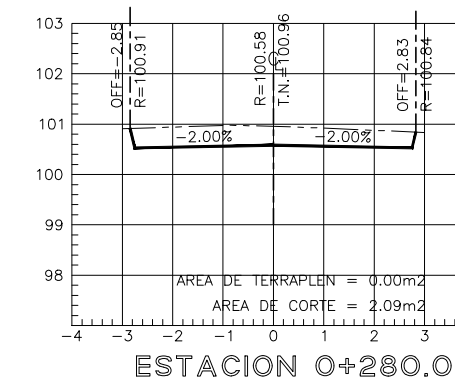
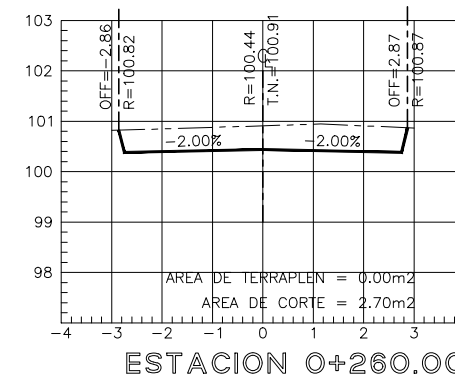
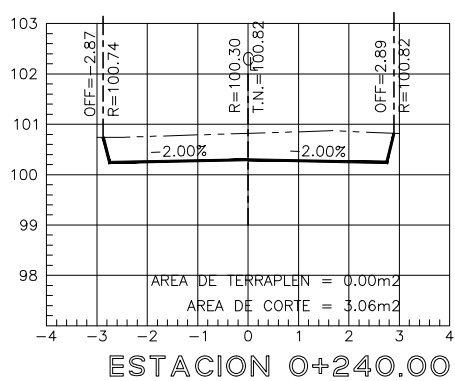
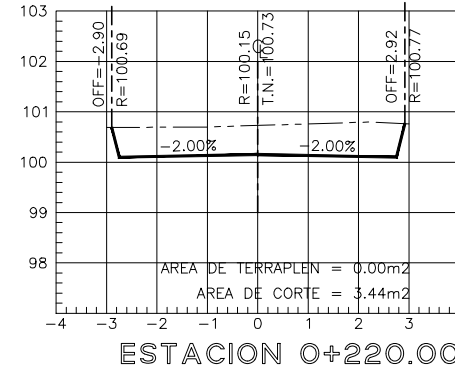
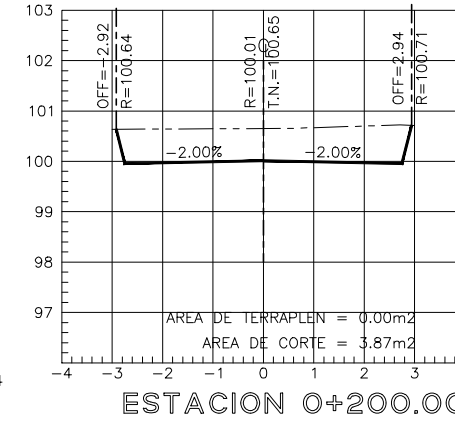
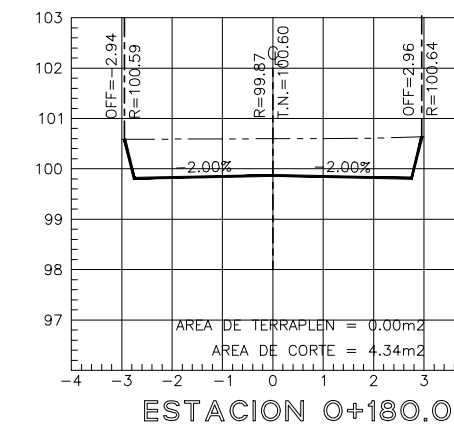
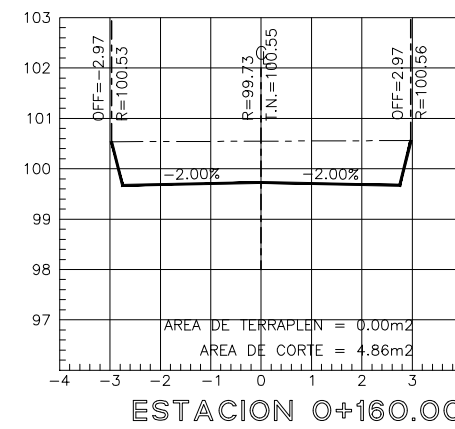
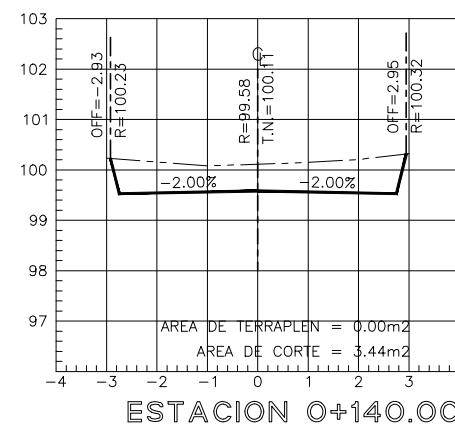
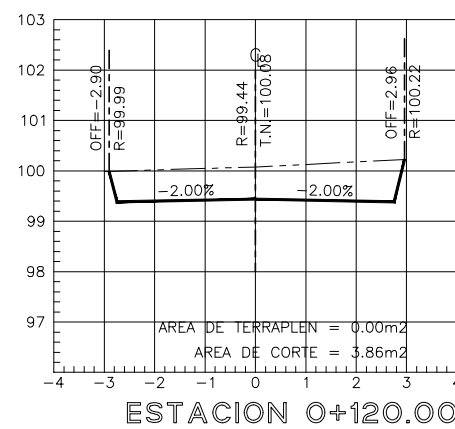
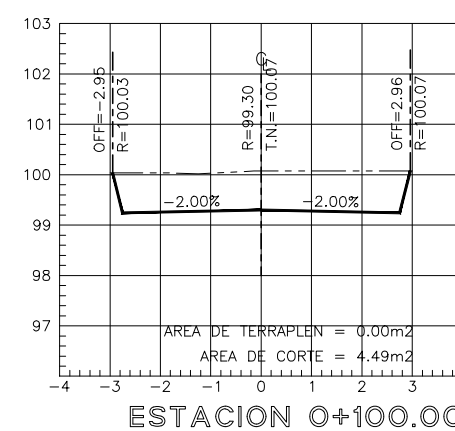
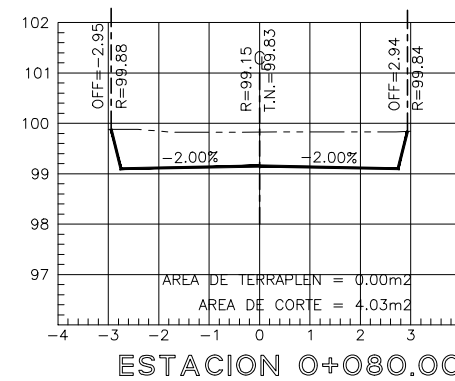
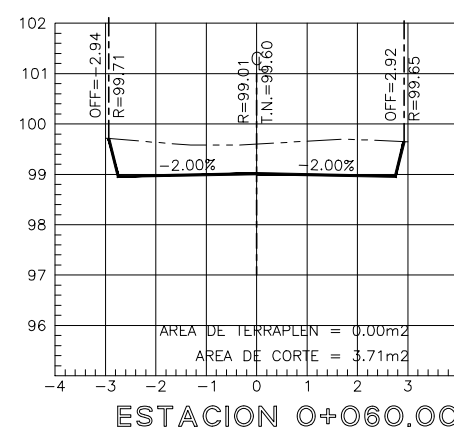
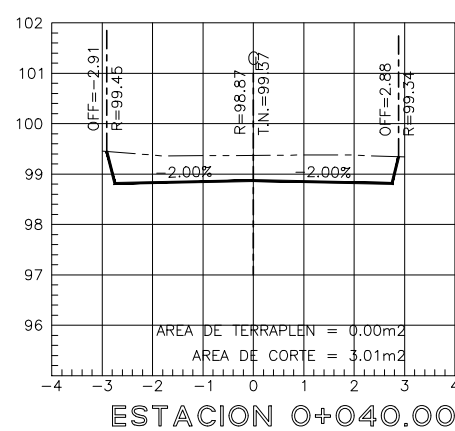
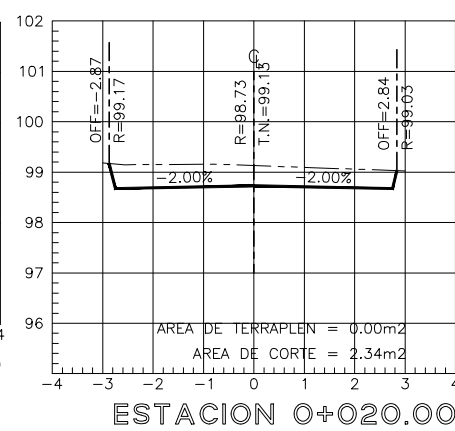
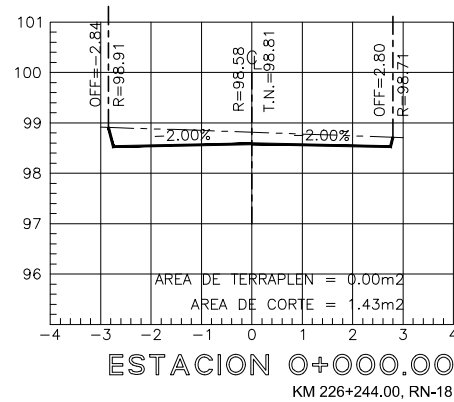
Vo.Bo.: _____



ESCALA: _____

HOJA: _____

INDICADA 12 23



NOMENCLATURA

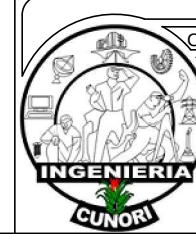
OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 1

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



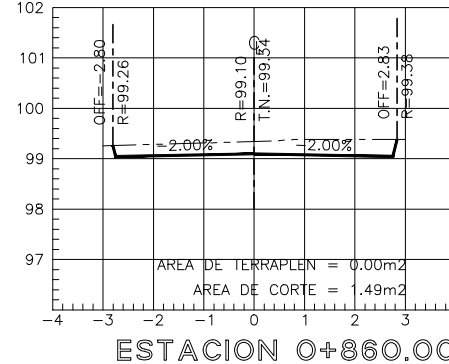
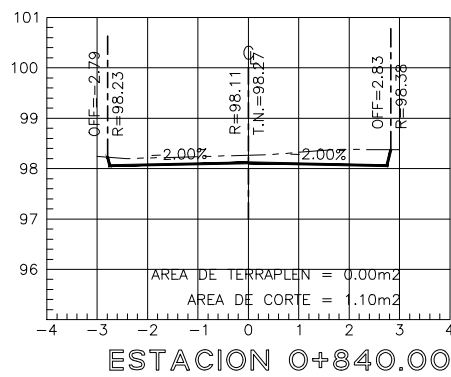
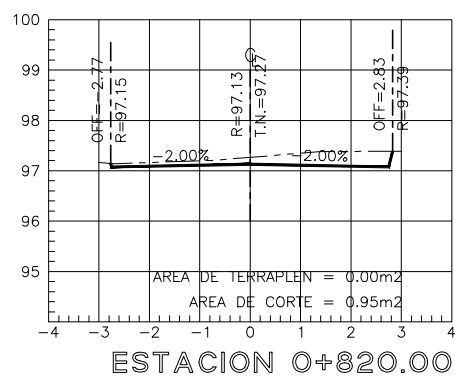
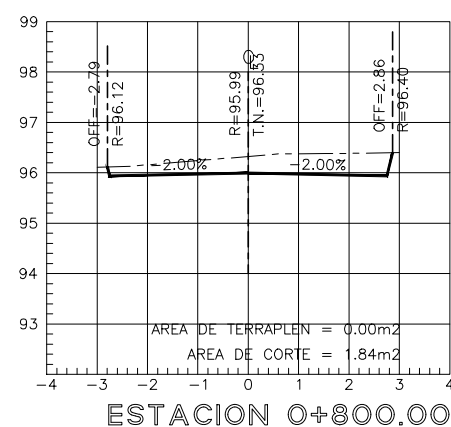
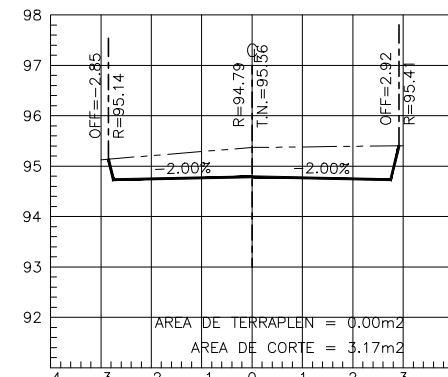
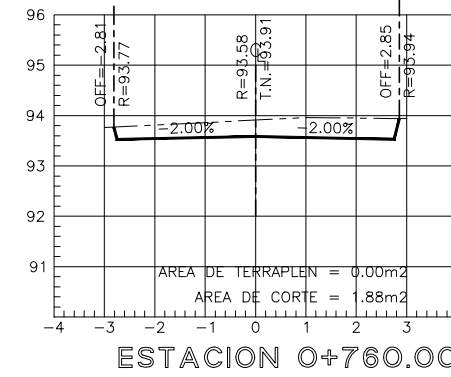
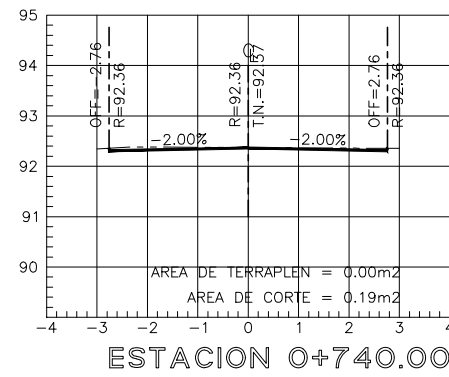
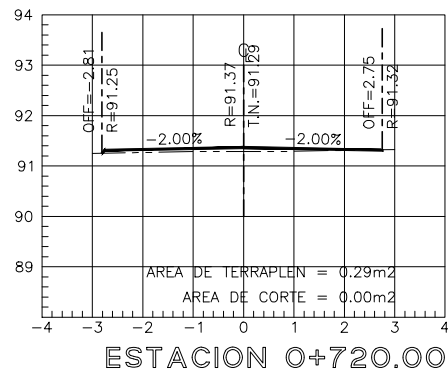
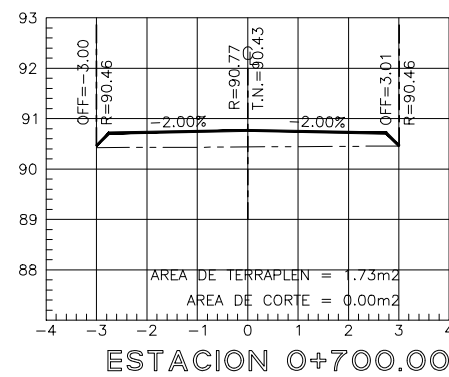
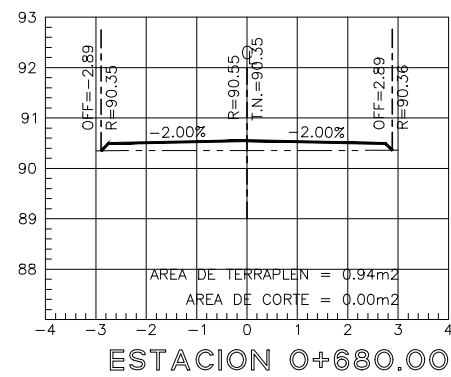
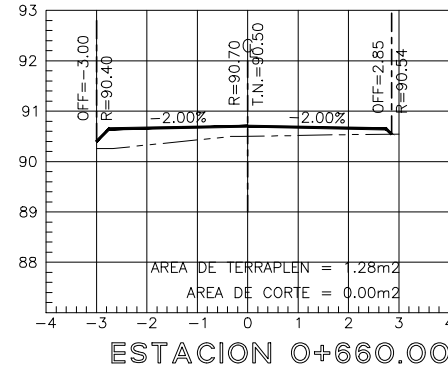
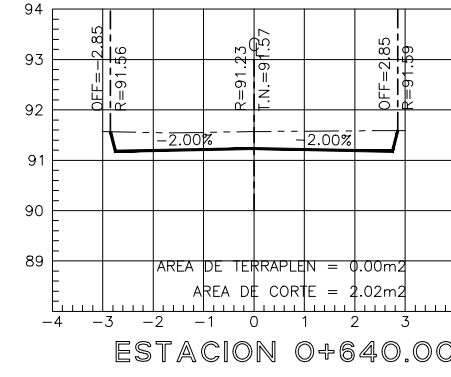
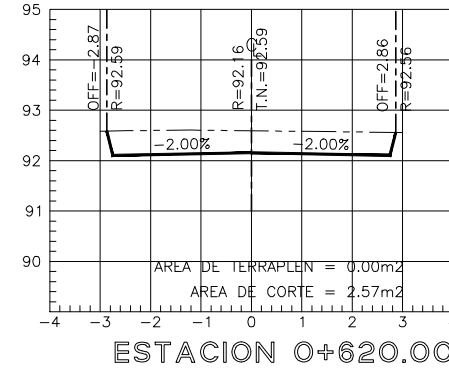
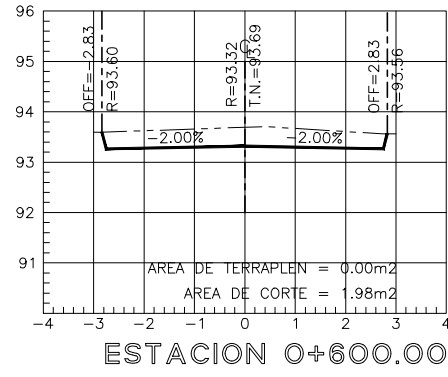
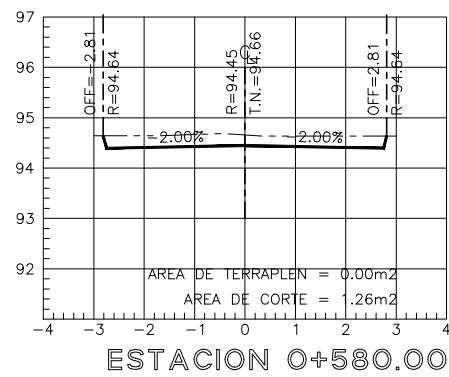
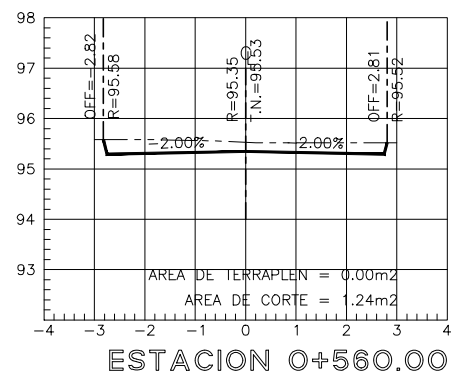
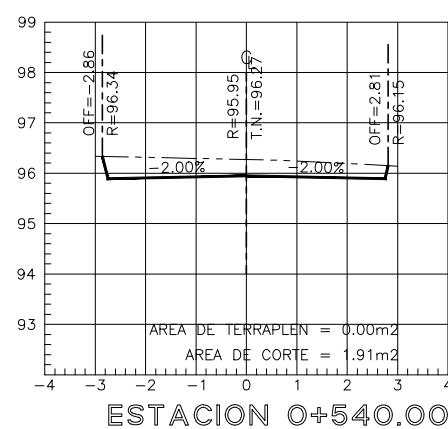
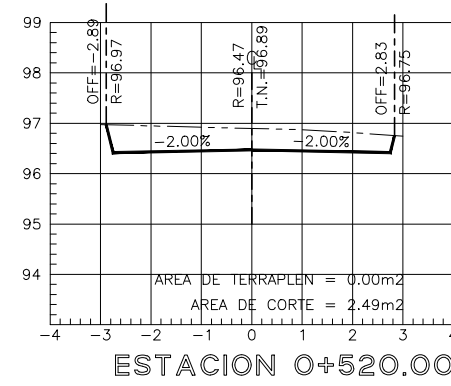
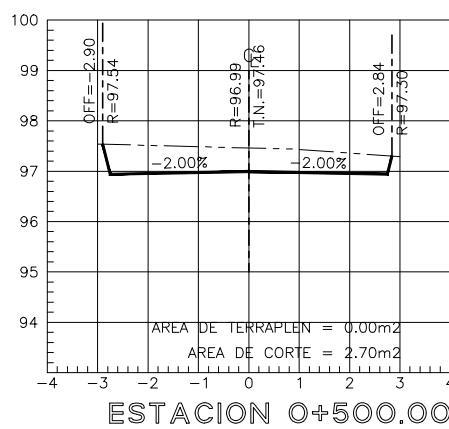
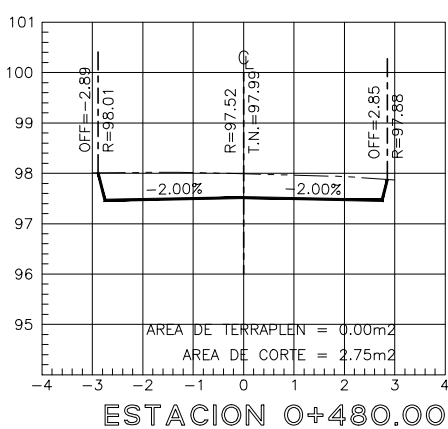
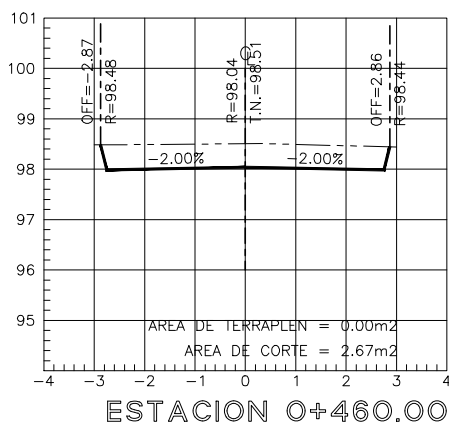
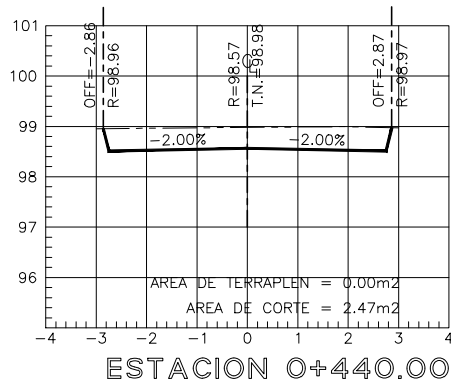
ESCALA: HOJA:
INDICADA 13
23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

SECCIONES EST. 0+000.00 A EST. 0+420.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150



NOMENCLATURA

OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 2

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



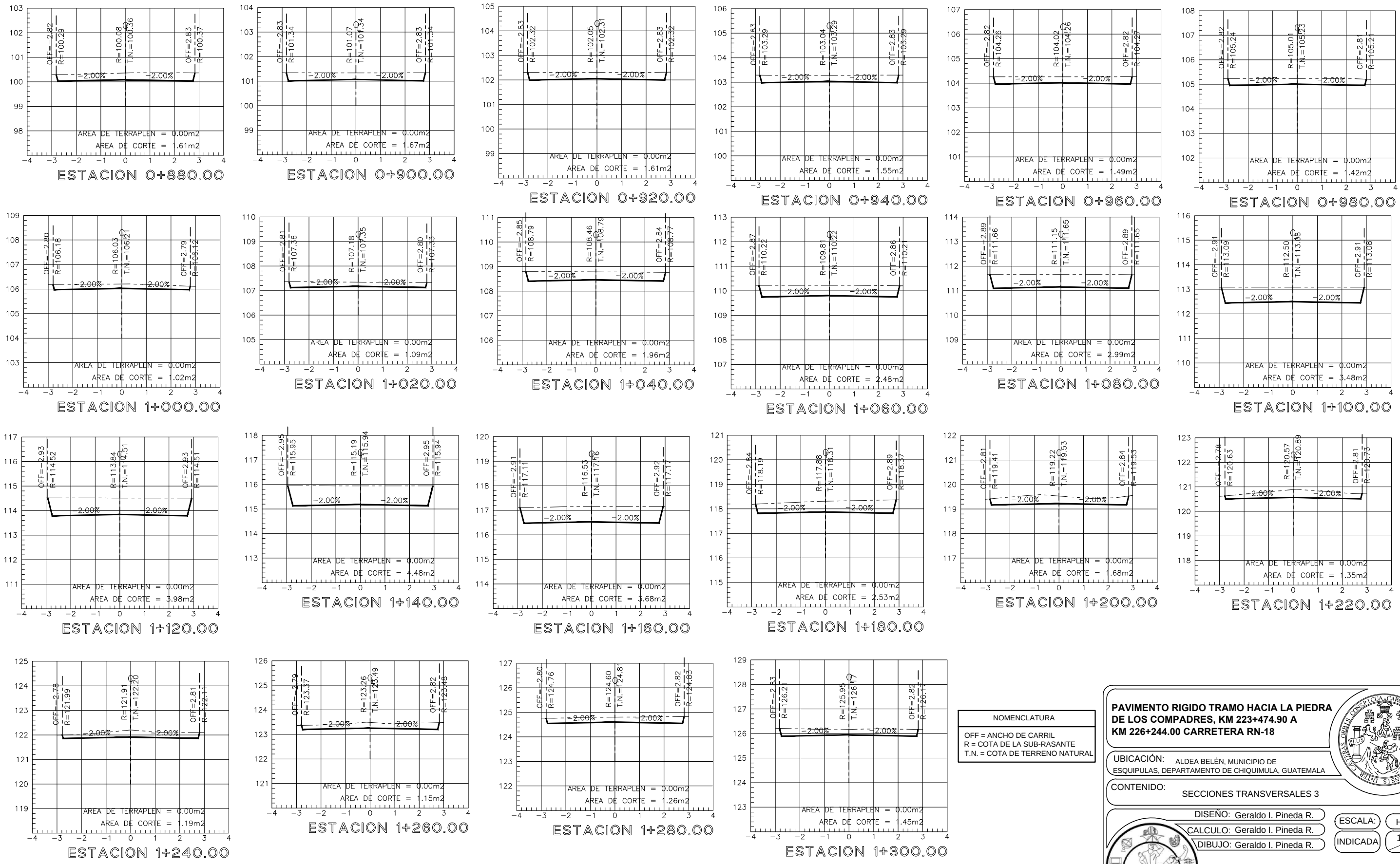
ESCALA: HOJA:
INDICADA 14
23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

SECCIONES EST. 0+440.00 A EST. 0+860.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150



SECCIONES EST. 0+880.00 A EST. 1+300.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150

NOMENCLATURA

OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 3

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

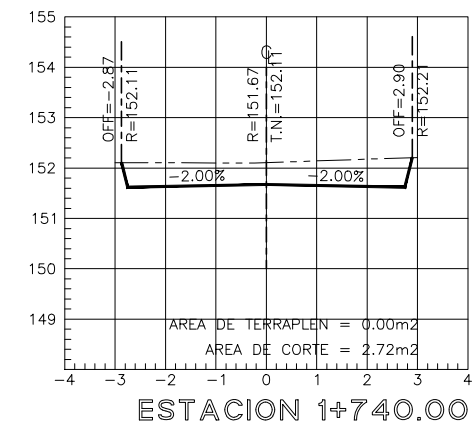
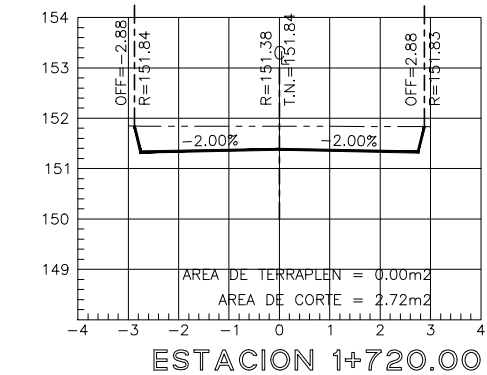
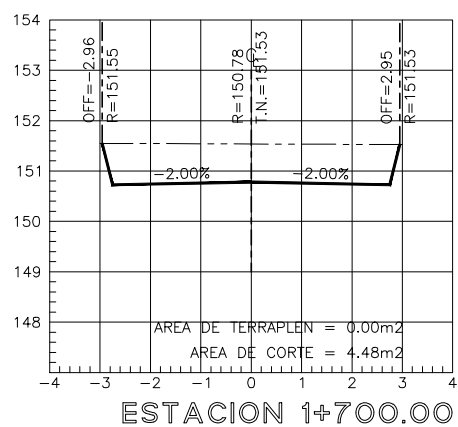
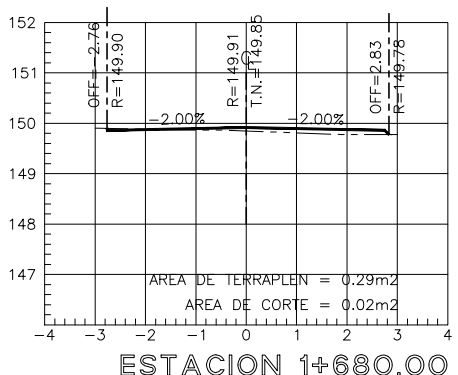
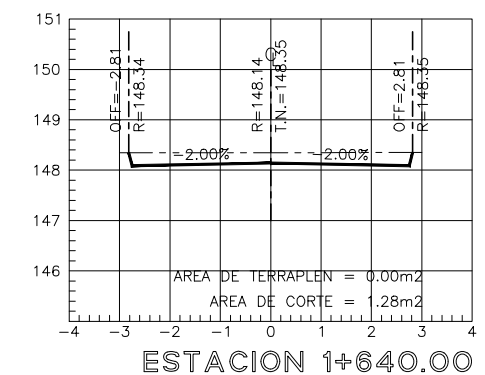
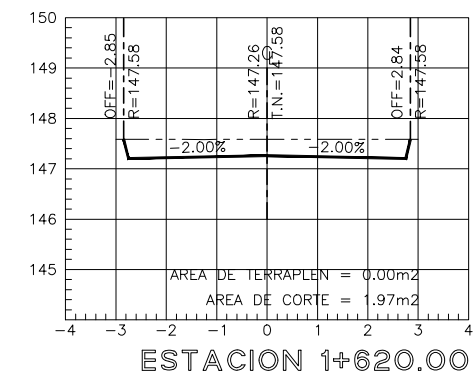
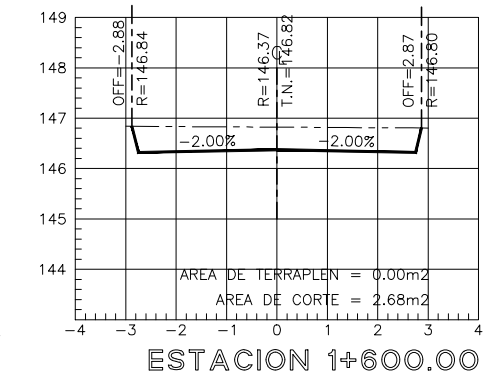
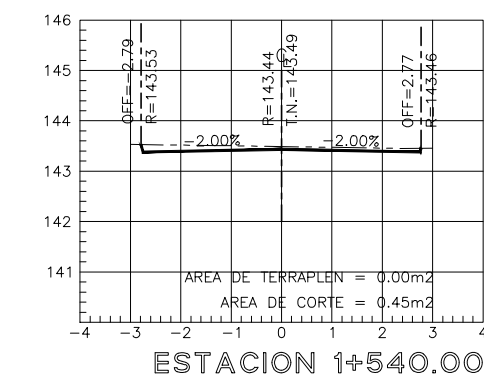
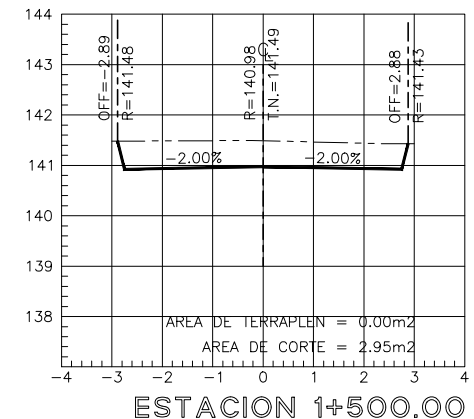
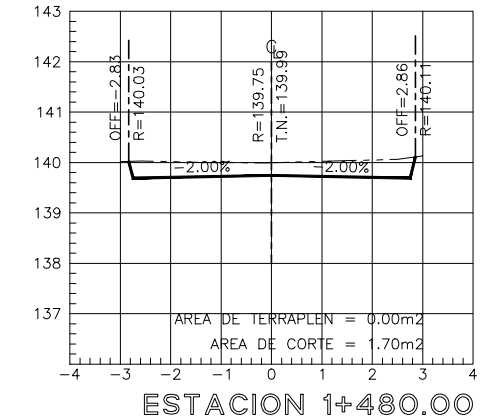
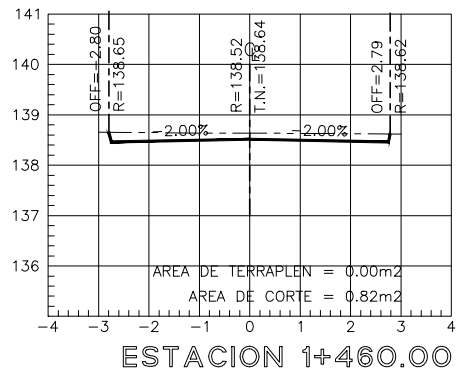
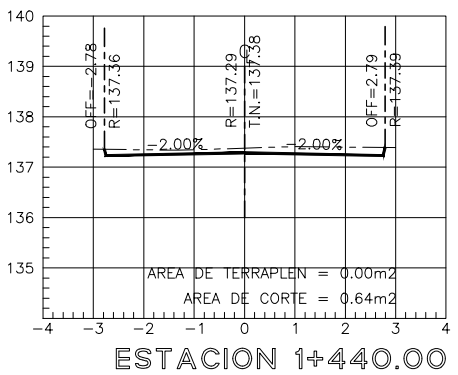
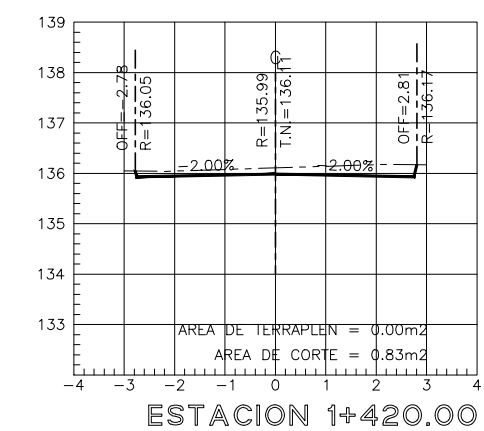
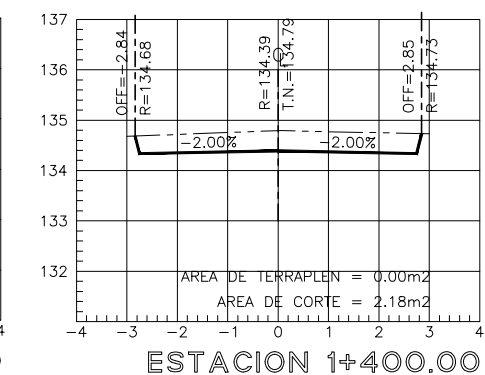
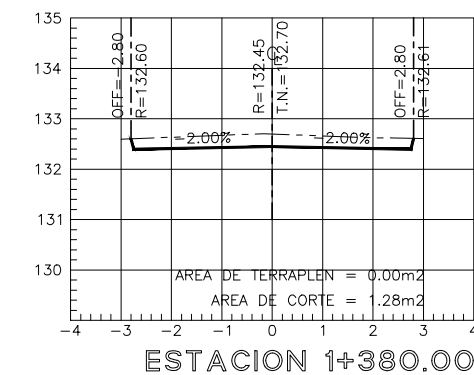
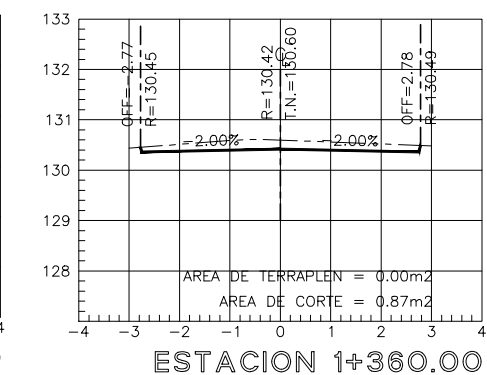
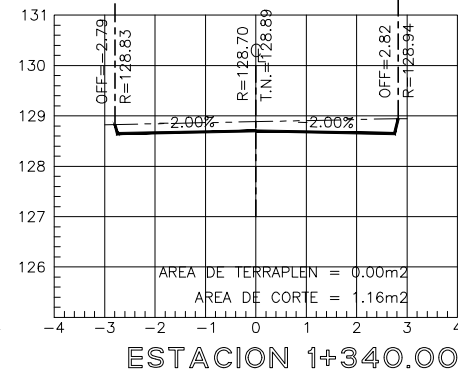
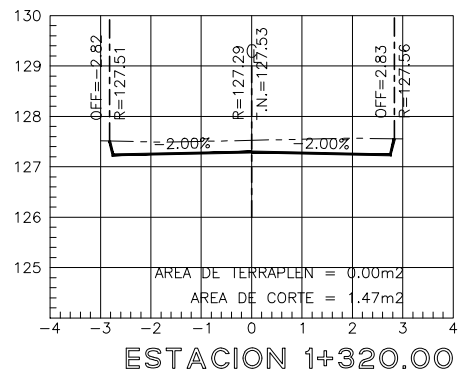


ESCALA: HOJA:
INDICADA 15
23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____





NOMENCLATURA

OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

SECCIONES EST. 1+320.00 A EST. 1+740.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 4

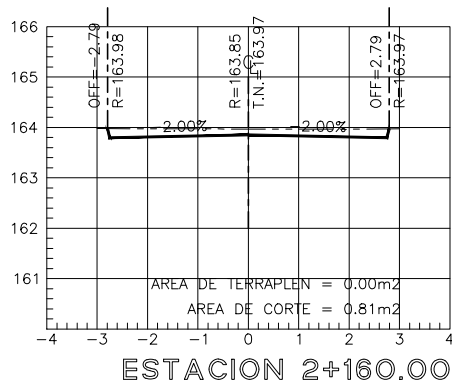
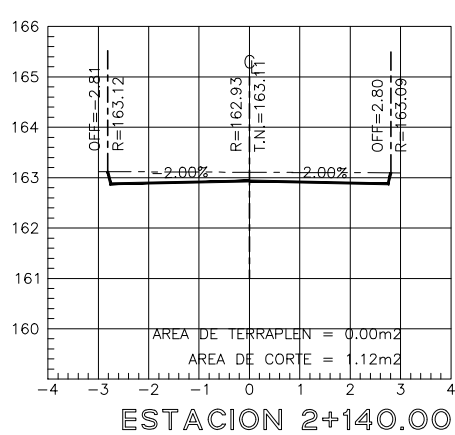
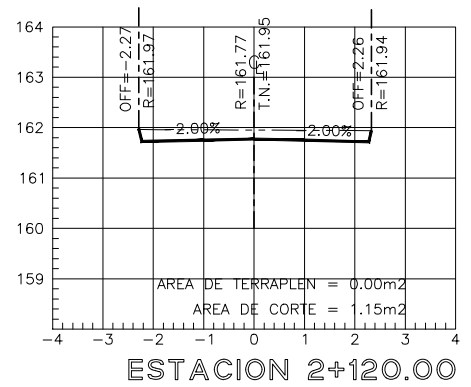
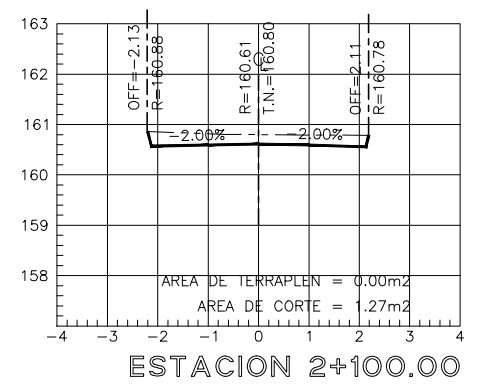
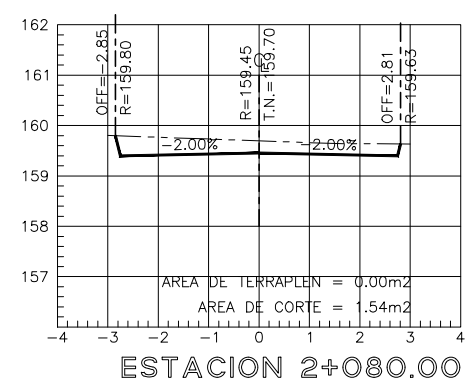
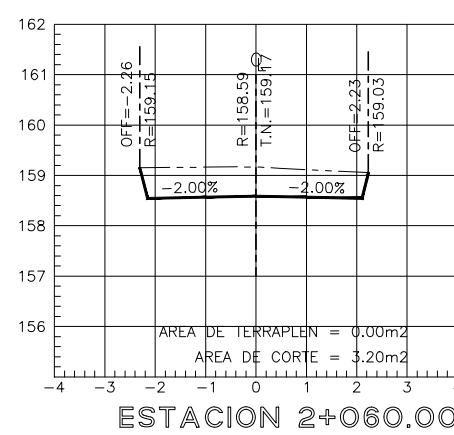
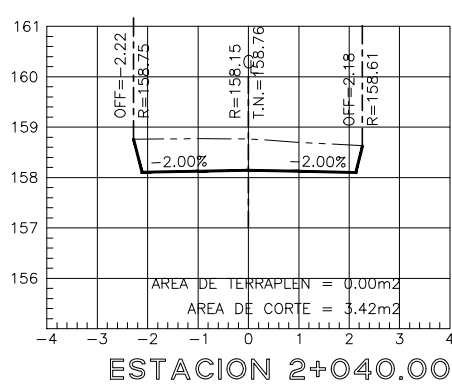
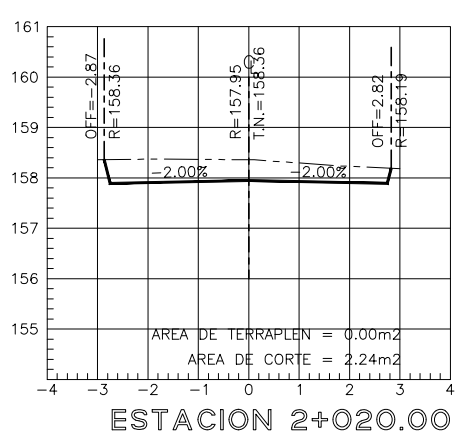
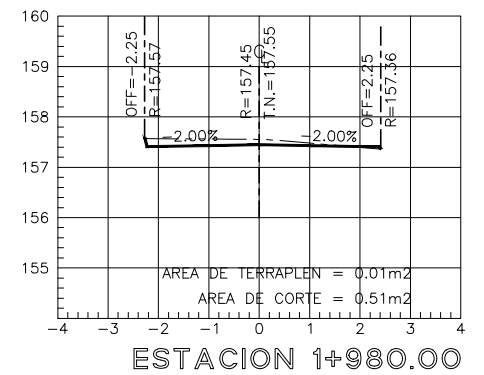
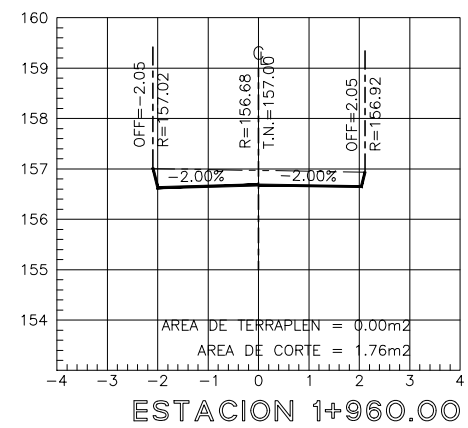
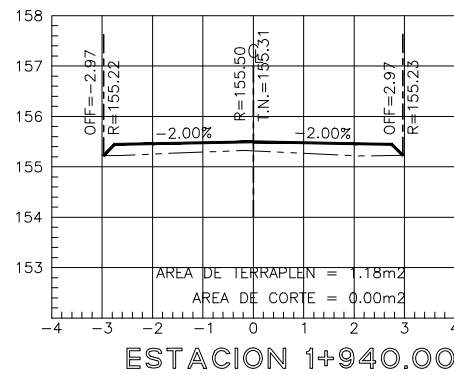
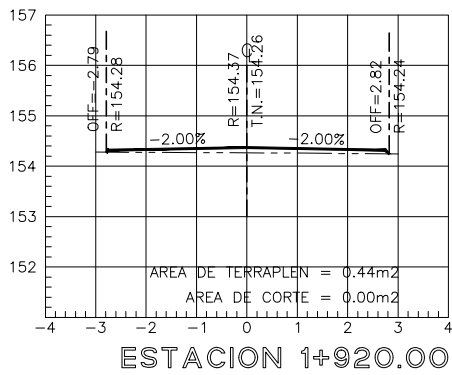
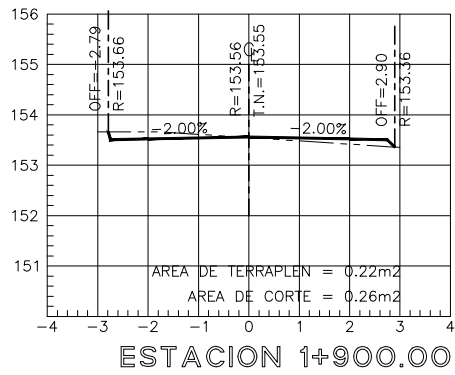
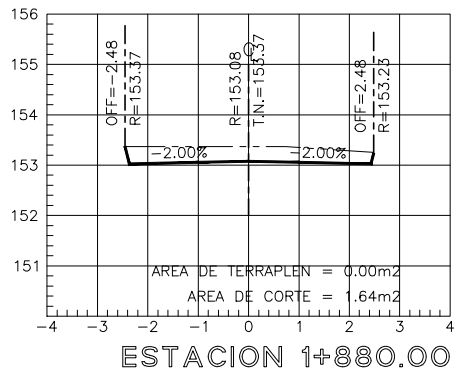
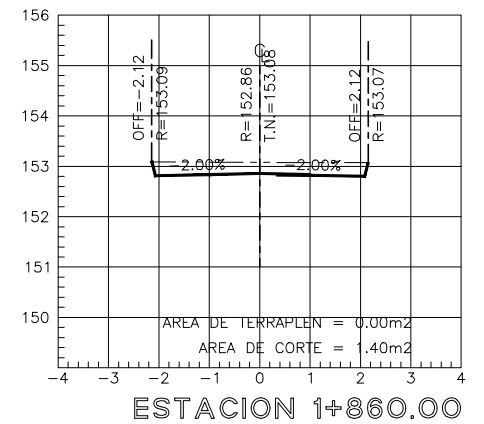
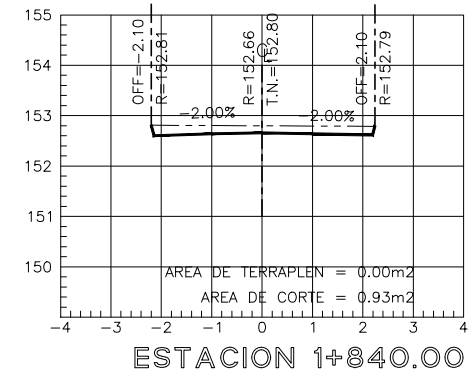
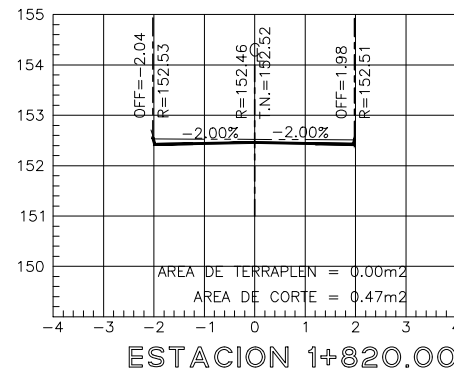
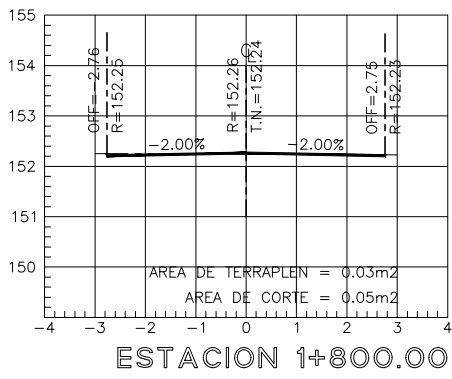
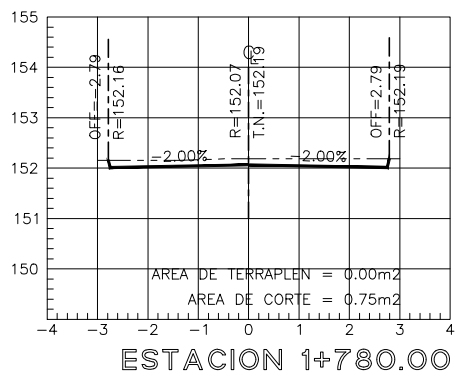
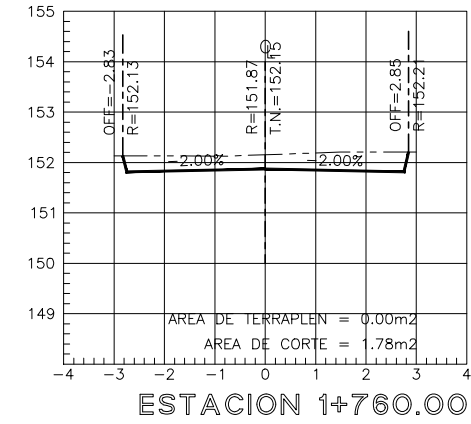
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



ESCALA: HOJA:
INDICADA 16
23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



NOMENCLATURA

OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUBRASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

SECCIONES EST. 1+760.00 A EST. 2+180.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

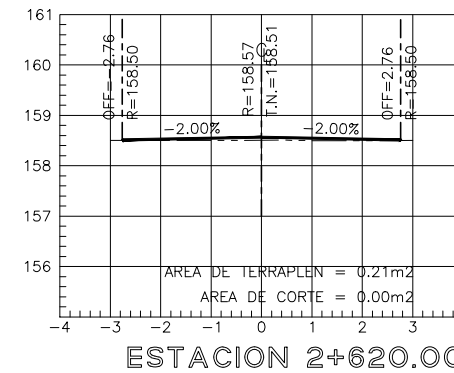
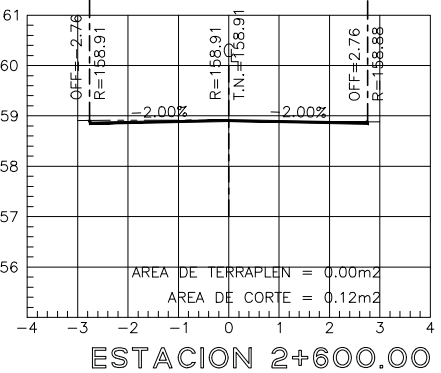
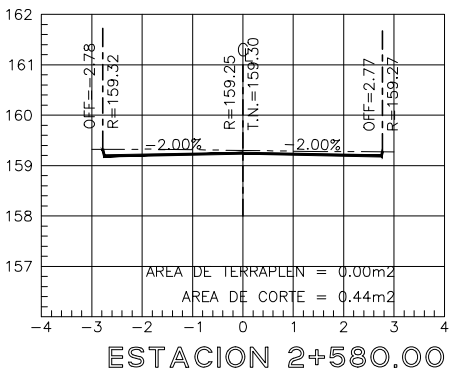
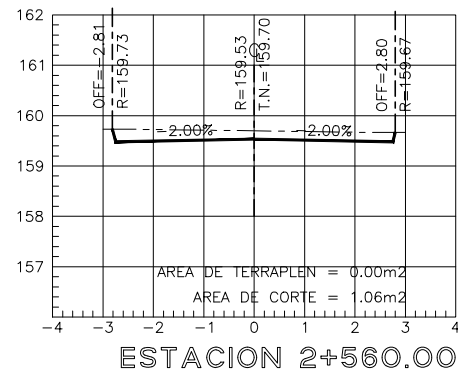
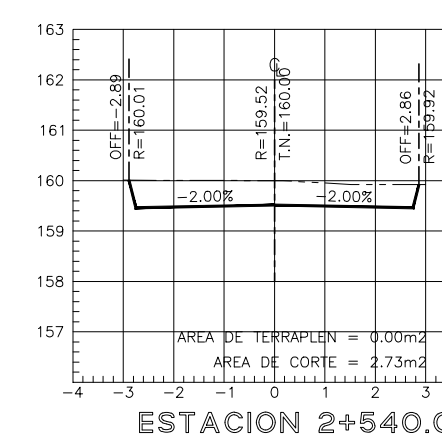
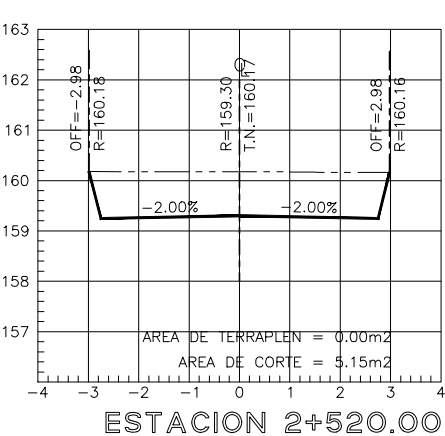
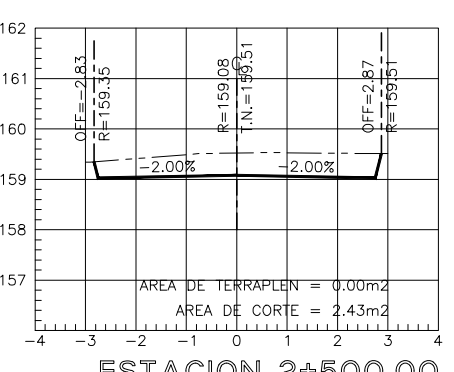
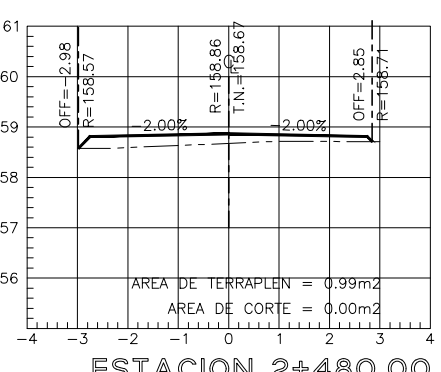
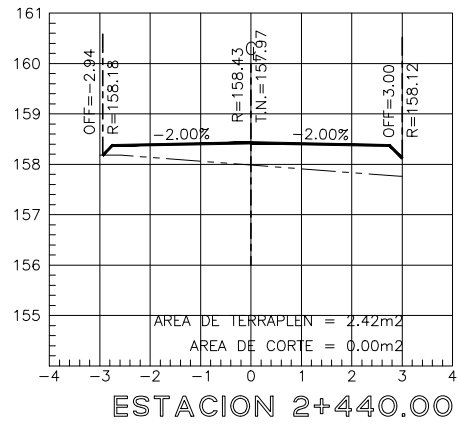
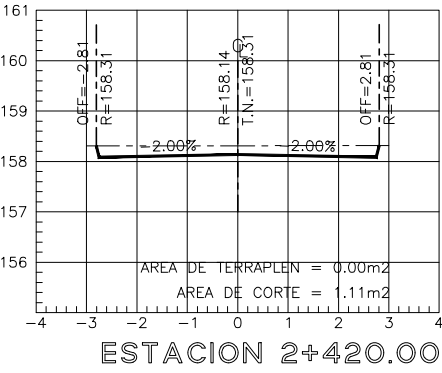
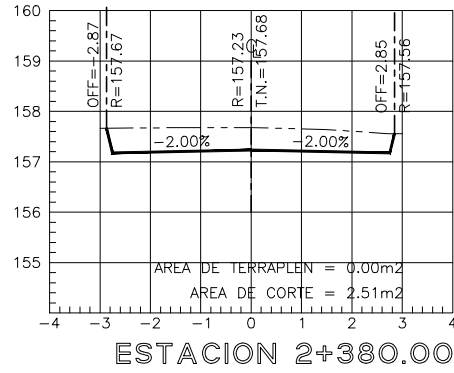
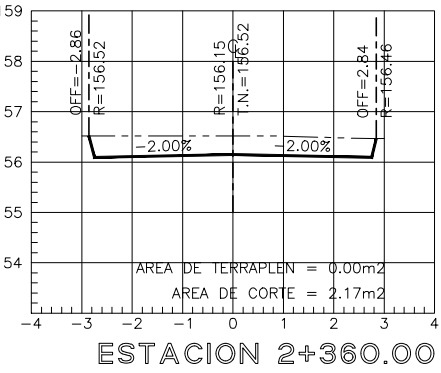
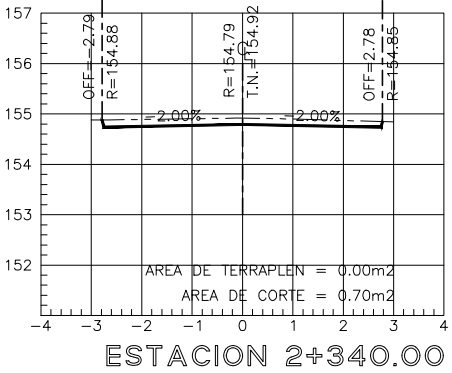
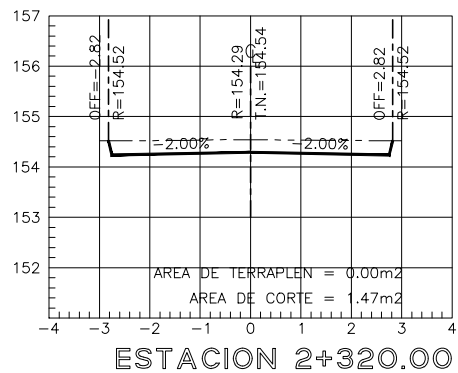
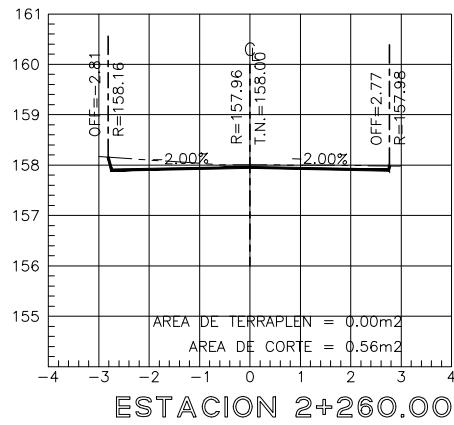
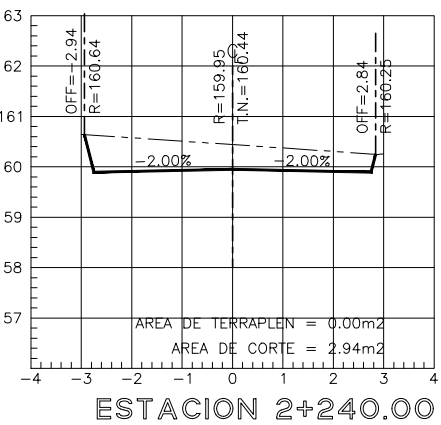
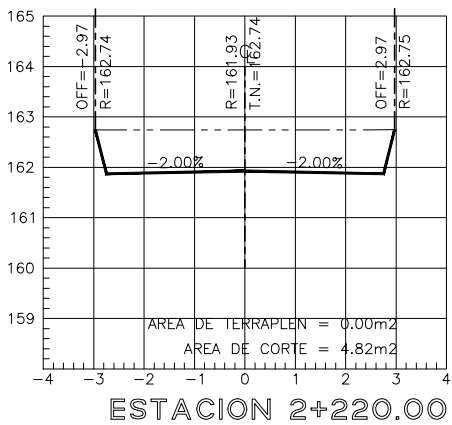
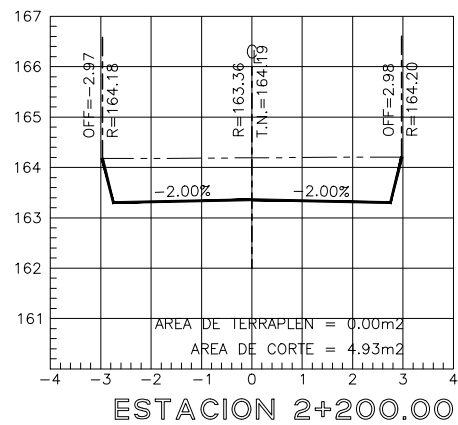
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 5

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____
Vo.Bo.: _____

ESCALA: INDICADA
HOJA: 17/23

INGENIERIA CUNORI



NOMENCLATURA

OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

SECCIONES EST. 2+200.00 A EST. 2+620.00

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 6

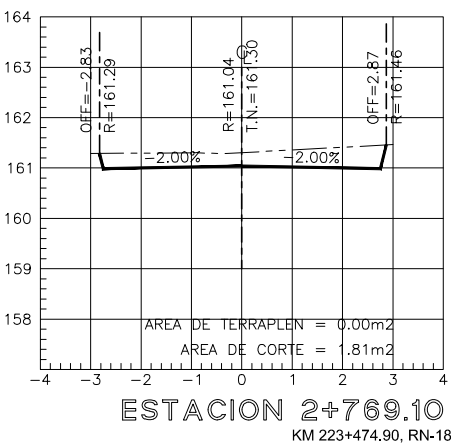
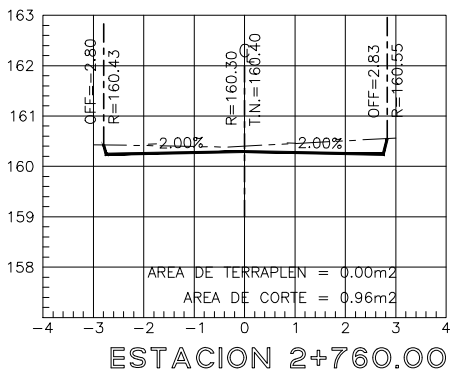
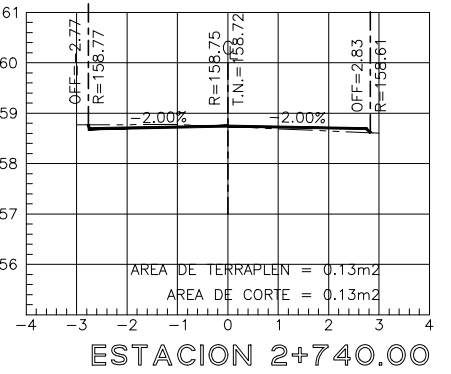
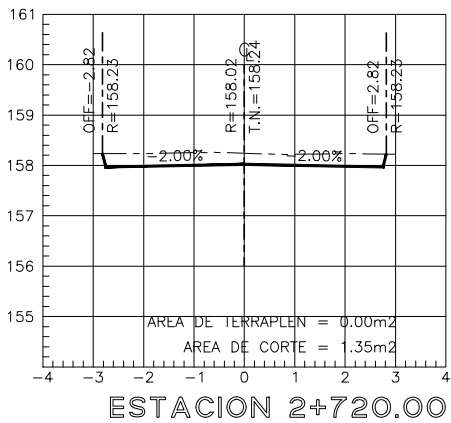
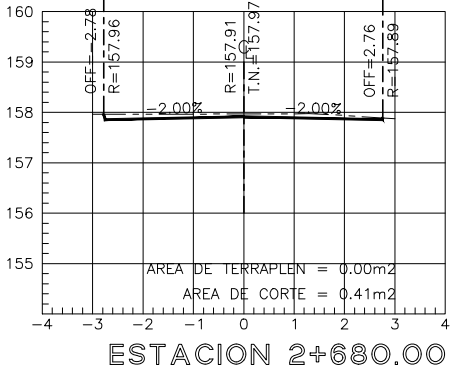
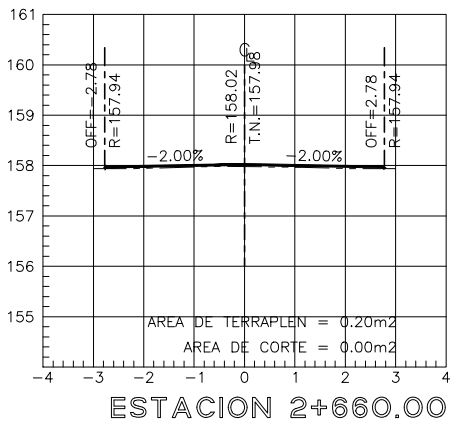
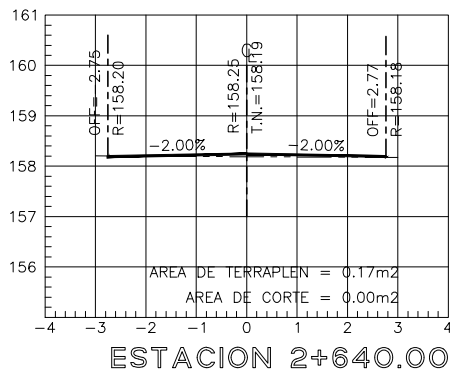


DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA: HOJA:
INDICADA 18 23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



NOMENCLATURA
OFF = ANCHO DE CARRIL
R = COTA DE LA SUB-RASANTE
T.N. = COTA DE TERRENO NATURAL

SECCIONES EST. 2+640.00 A EST. 2+769.10

ESCALA H. 1:150
ESCALA V. 1:150

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 7



DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA:

INDICADA

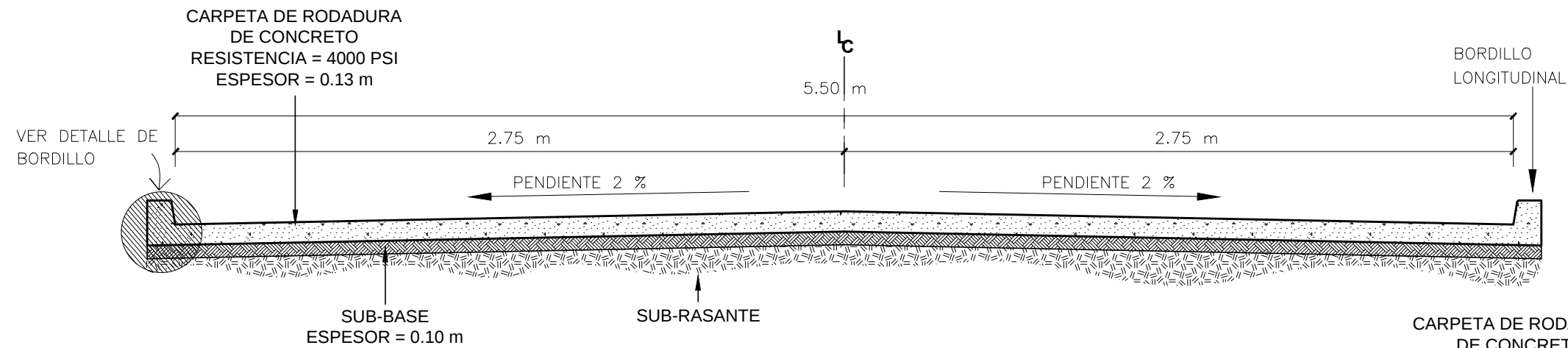
HOJA:

19

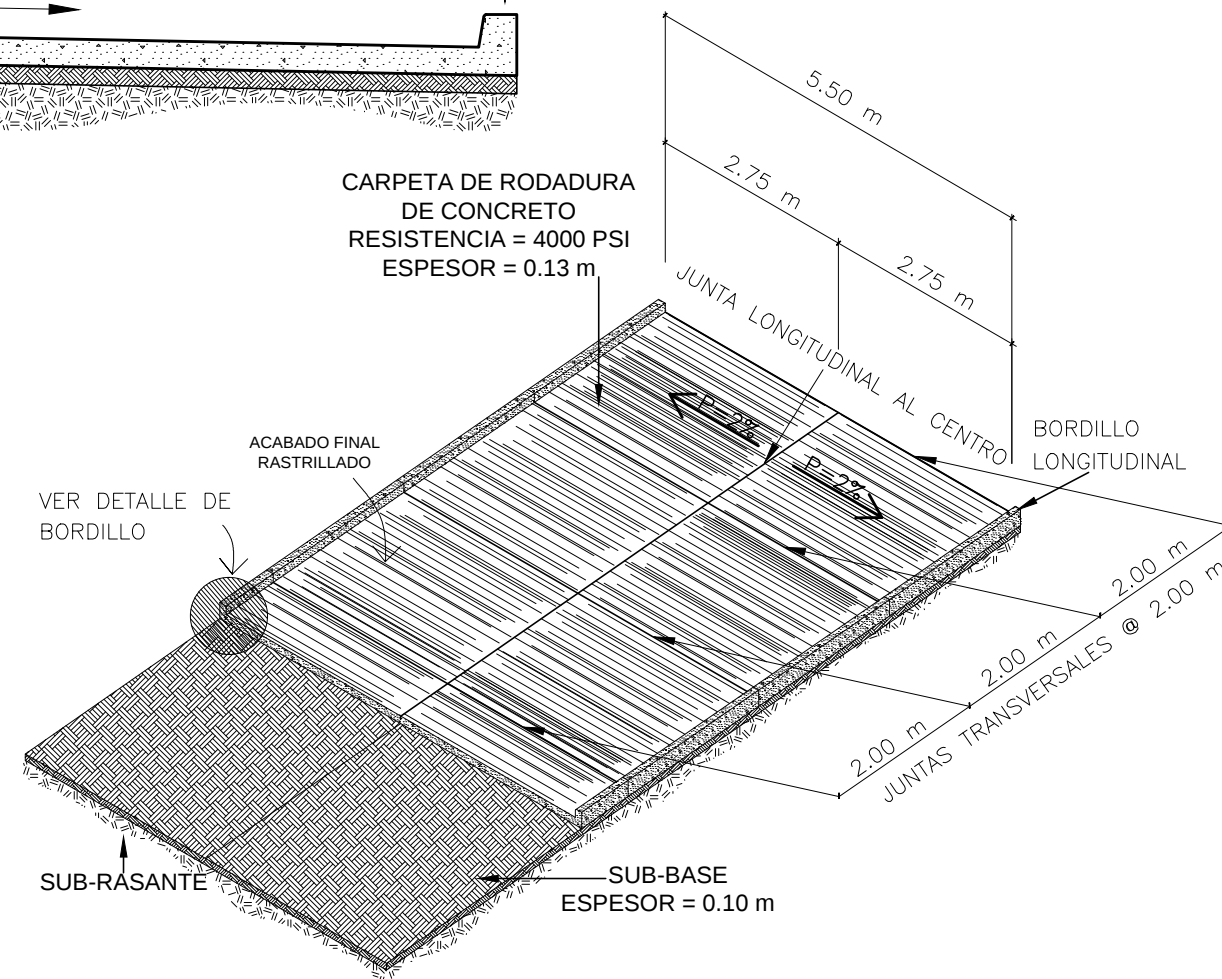
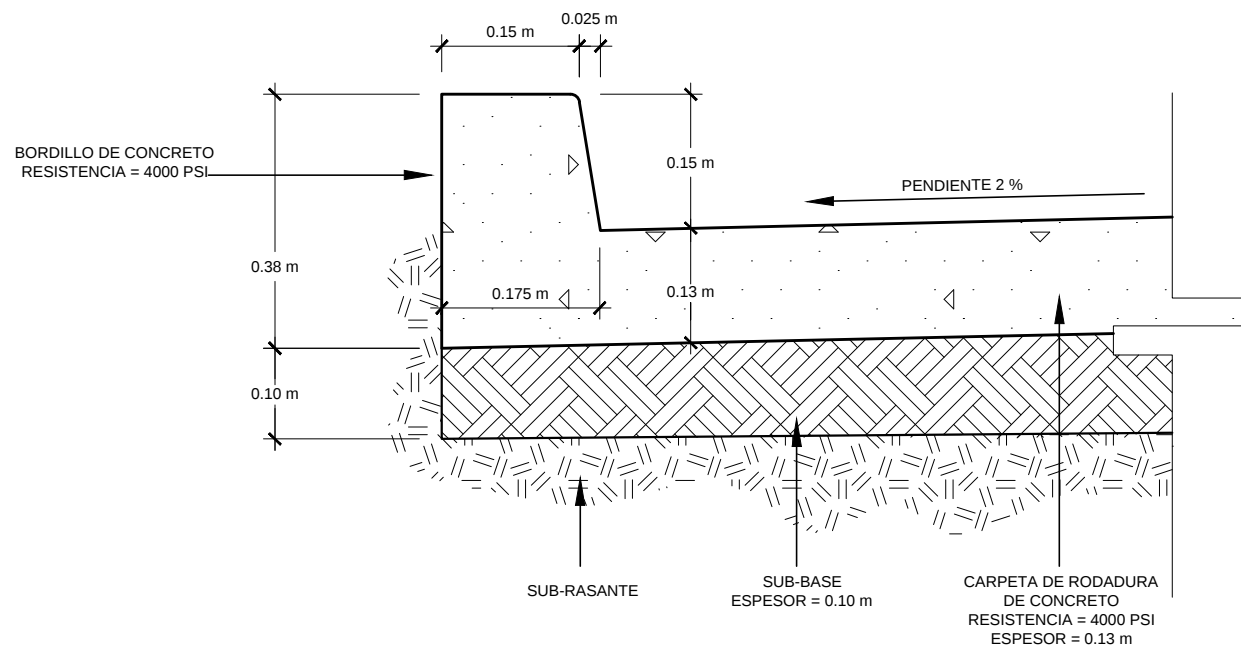
23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



NOTA:
EN EL TRAMO ENTRE EL CAMINAMIENTO 1+820.00 AL 2+120.00
UTILIZAR ANCHO DE CALZADA COMO: L = VARIABLE
Y ANCHO DE CADA CARRIL COMO: L/2



ESPECIFICACIONES

El concreto para la carpeta de rodadura y bordillos, debe tener una resistencia a la compresión de 4,000 PSI (280 kg/cm²) a los 28 días de fraguado, con una proporción volumétrica de:

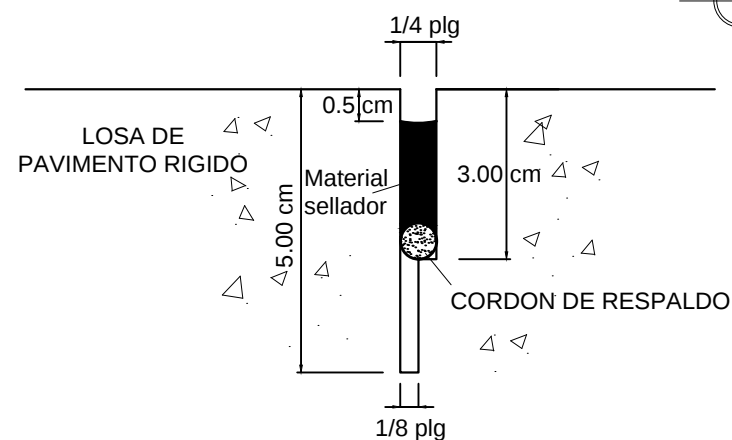
1:1.57:2.54:0.54
(Cemento: Arena: Piedrín: Agua)

El piedrín a utilizar debe ser de 1 plg
La arena a utilizar debe ser de río y estar libre de materia orgánica
El agua a utilizar debe estar limpia

Las juntas deben ser realizadas en la superficie del pavimento, con una sierra para concreto.

El sellador a utilizar para las juntas, debe ser sellador de silicona vertido en frío, debe ser de bajo coeficiente de alargamiento, de acuerdo a ASTM C-920 o del tipo recomendado por los fabricantes.

El cordón de respaldo debe ser de espuma de polietileno (backer rod) del tipo 1, de acuerdo a ASTM D-3204, o del tipo recomendado por los fabricantes de los selladores; debe ser de 1/4 plg de diámetro.



PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE PAVIMENTO

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA: HOJA:
INDICADA 20 23



REVISÓ: _____

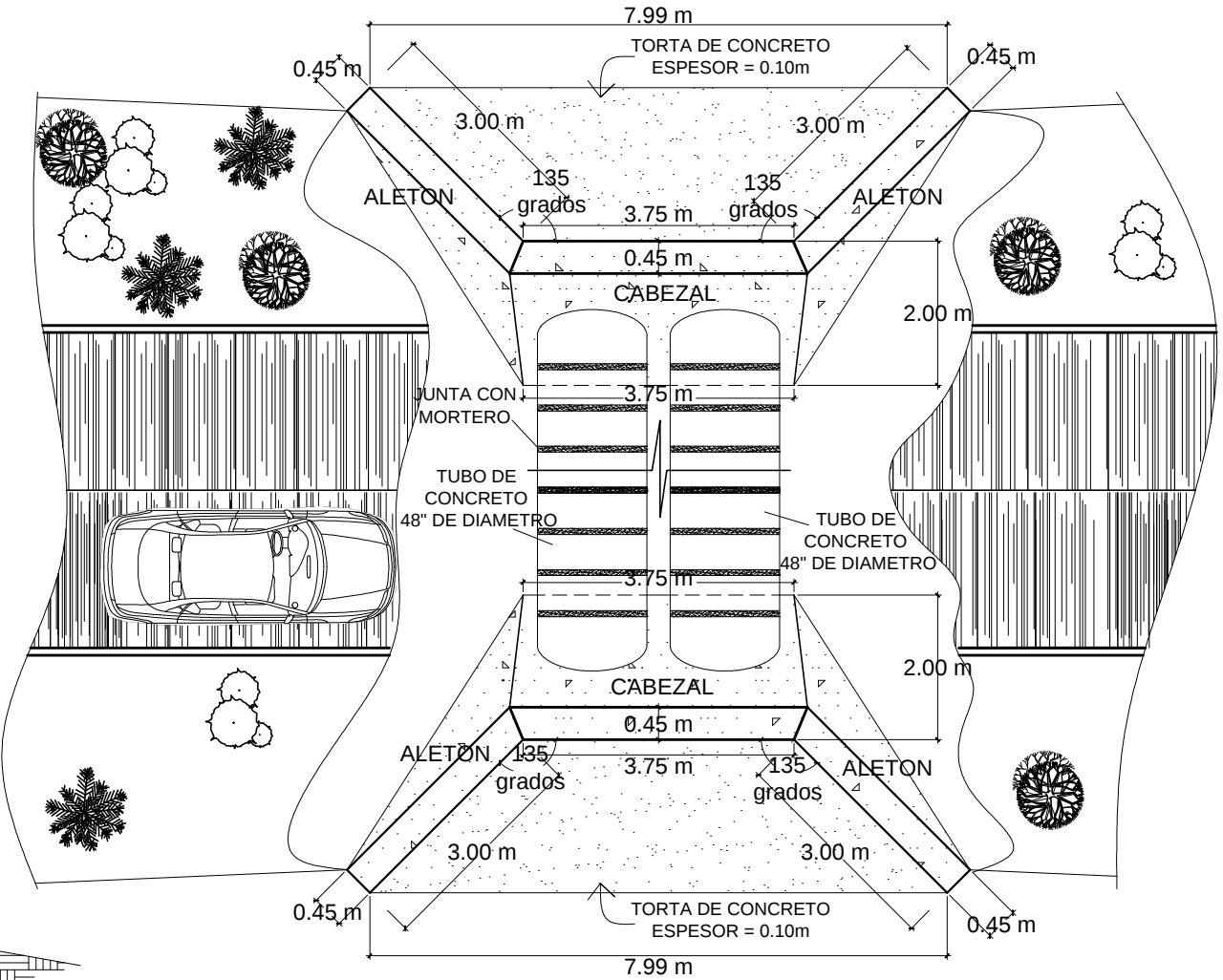
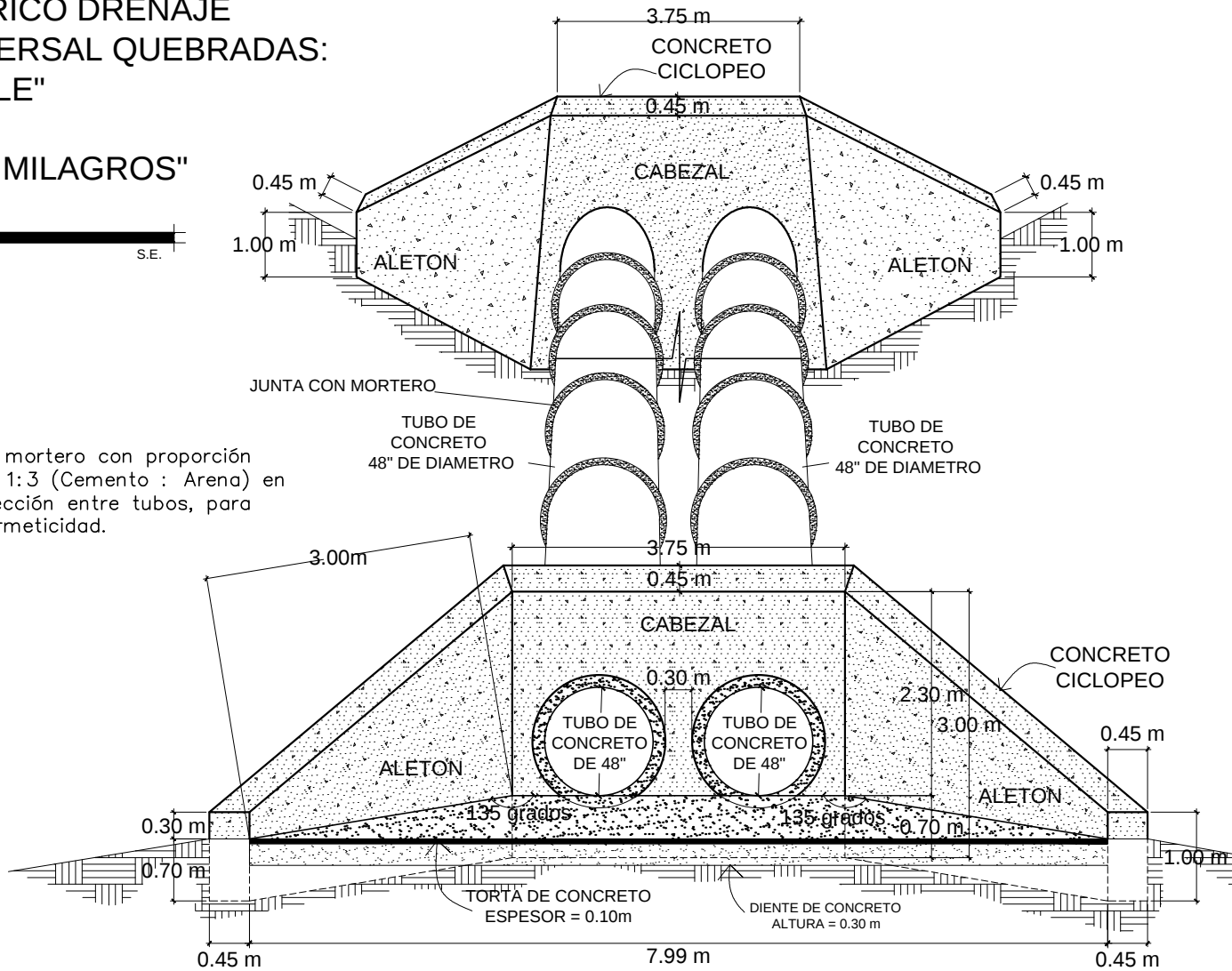
Vo.Bo.: _____

ISOMETRICO DRENAJE
TRANSVERSAL QUEBRADAS:
"EL ROBLE"
Y
"DE LOS MILAGROS"



NOTA:

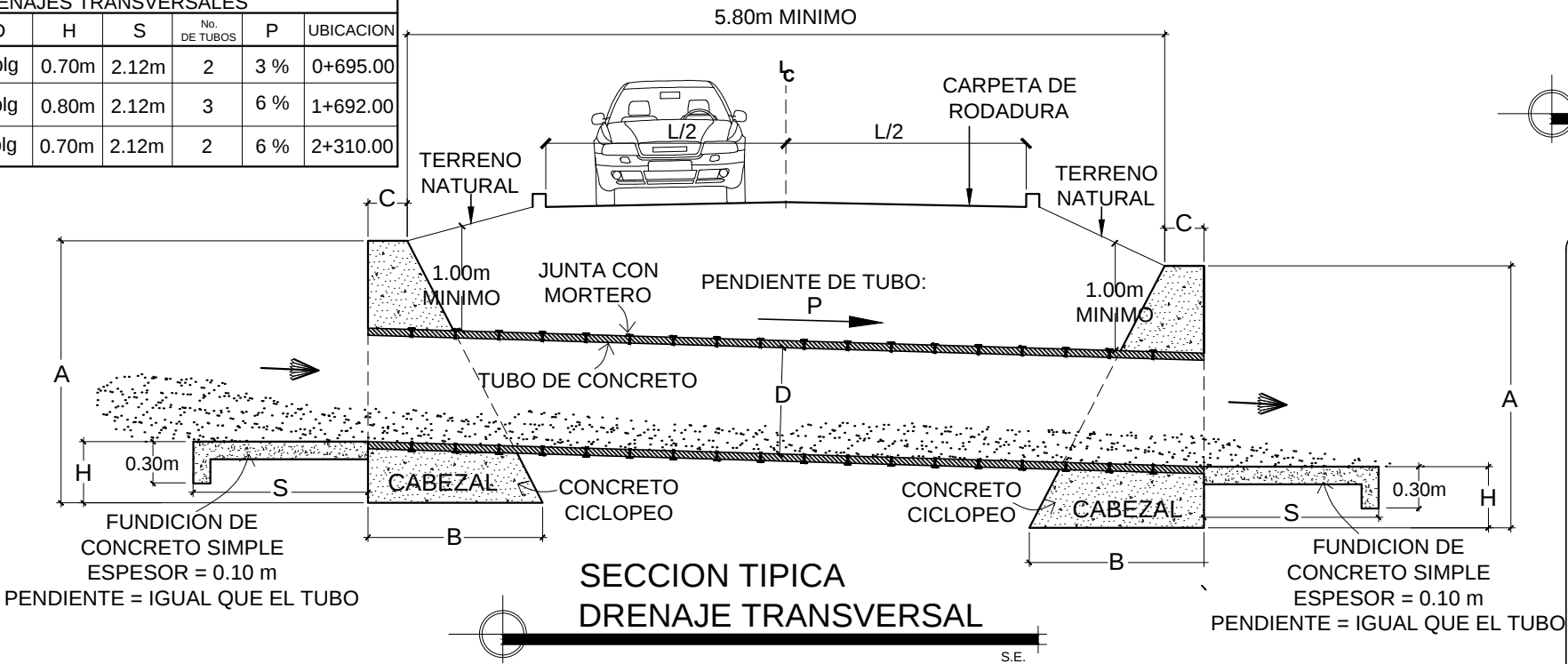
Debe utilizarse mortero con proporción volumétrica de 1:3 (Cemento : Arena) en la unión o sujección entre tubos, para asegurar la hermeticidad.



PLANTA DRENAJE
TRANSVERSAL QUEBRADAS:
"EL ROBLE"
Y
"DE LOS MILAGROS"



DIMENSIONES DE LOS DRENAJES TRANSVERSALES									
QUEBRADA	A	B	C	D	H	S	Nº DE TUBOS	P	UBICACION
EL ROBLE	3.00m	2.00m	0.45m	48plg	0.70m	2.12m	2	3 %	0+695.00
DEL RECIBIMIENTO	3.40m	2.30m	0.45m	60plg	0.80m	2.12m	3	6 %	1+692.00
DE LOS MILAGROS	3.00m	2.00m	0.45m	48plg	0.70m	2.12m	2	6 %	2+310.00



PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE DRENAJES TRANSVERSALES 1

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



ESCALA: HOJA:
INDICADA 21 23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CABEZALES, ALETONES Y CAJAS

Los cabezales, aletones y cajas de entrada y salida, deben ser contruidos de concreto ciclópeo, con una porporción de: 70% concreto + 30% piedra.

La piedra a utilizar puede ser piedra partida o de canto rodado, de buena calidad, de preferencia en su estado natural, limpia, dura, sana, durable, libre de segregaciones, fracturas, grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la interperie; no debe ser mayor de 30cm.

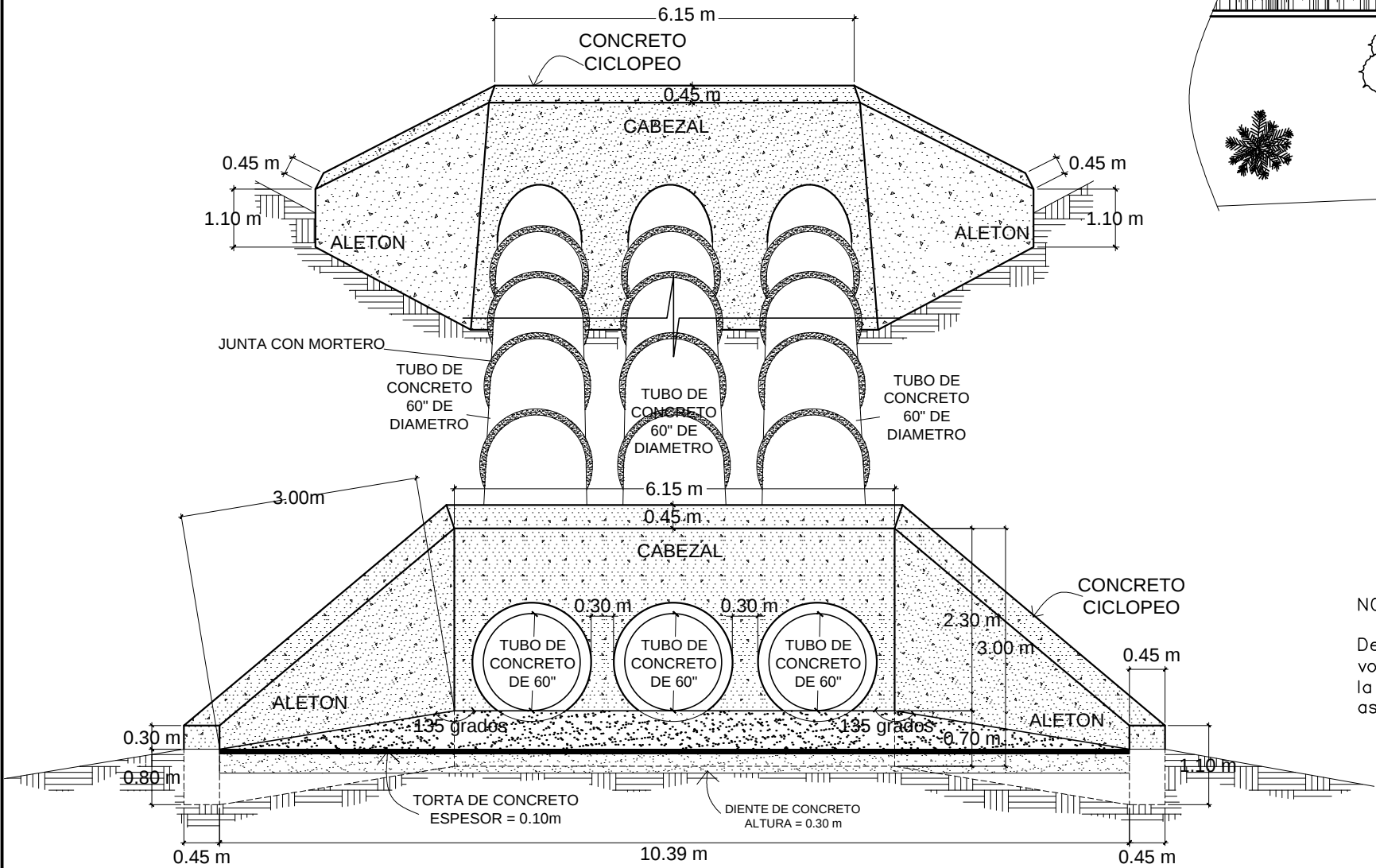
Cada piedra debe estar rodeada de por lo menos 8cm de concreto y no debe colocarse ninguna, a menos de 25cm de cualquier superficie superior ni a menos de 8cm de cualquier otra superficie de la estructura que se está construyendo.

El concreto a utilizar para elaborar el concreto ciclópeo debe tener una resistencia a la compresión de 3,000 PSI (210 kg/cm2) a los 28 días de fraguado, con una proporción volumétrica de: 1:2:2 (Cemento:Arena:Piedrín), es decir:

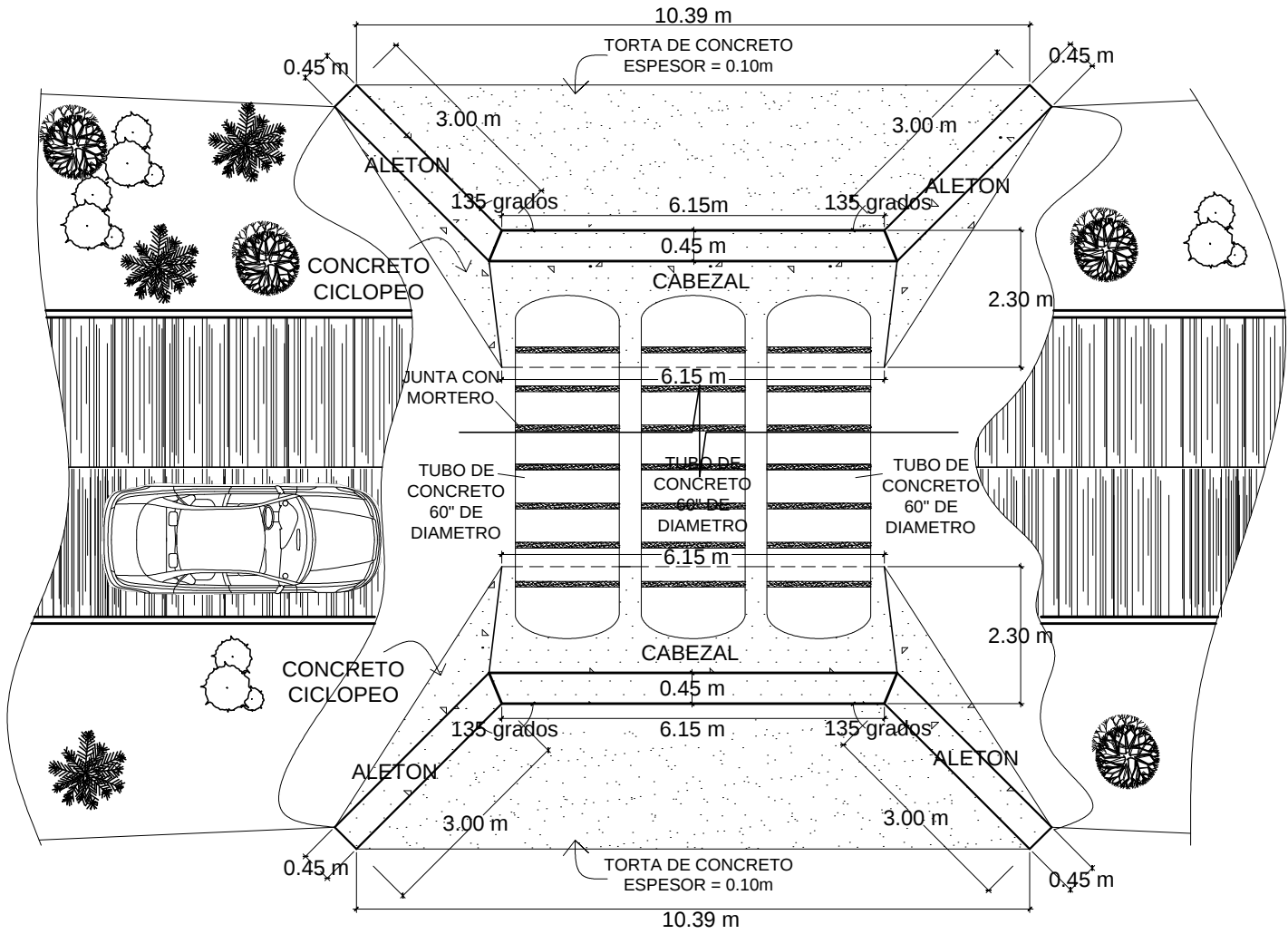
El piedrín a utilizar debe ser de 1 plg.

La arena a utilizar debe ser de rio y estar libre de materia orgánica.

El agua a utilizar debe estar limpia.



ISOMETRICO DRENAJE TRANSVERSAL
QUEBRADA "DEL RECIBIMIENTO"



PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL
QUEBRADA "DEL RECIBIMIENTO"

NOTA:

Debe utilizarse mortero con proporción volumétrica de 1:3 (Cemento : Arena) en la unión o sujeción entre tubos, para asegurar la hermeticidad.

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA
DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A
KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE DRENAJES TRANSVERSALES 2

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

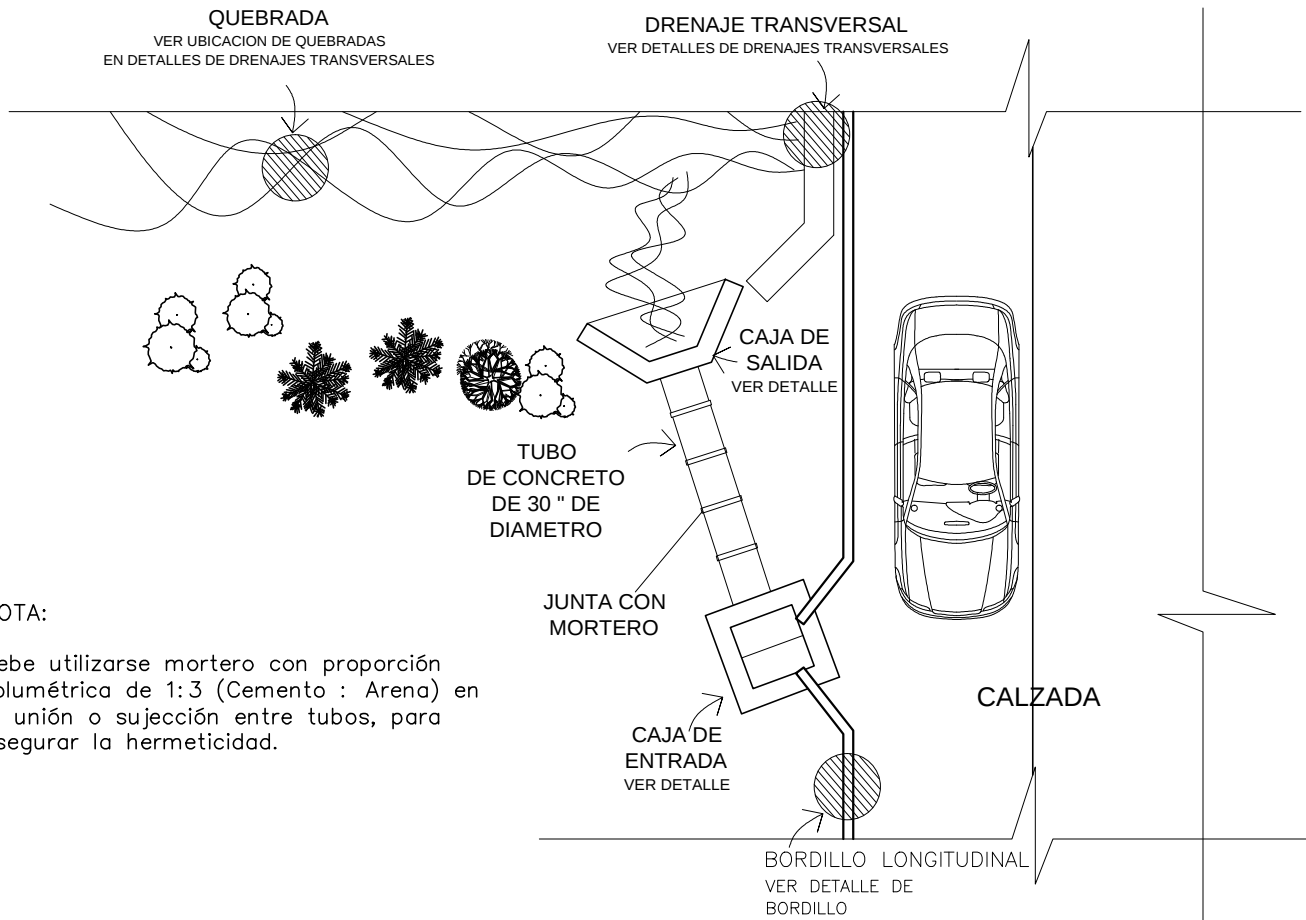
ESCALA: HOJA:
INDICADA 22 23



REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

PLANTA DRENAJE PARA AGUA PLUVIAL DE LA CALZADA



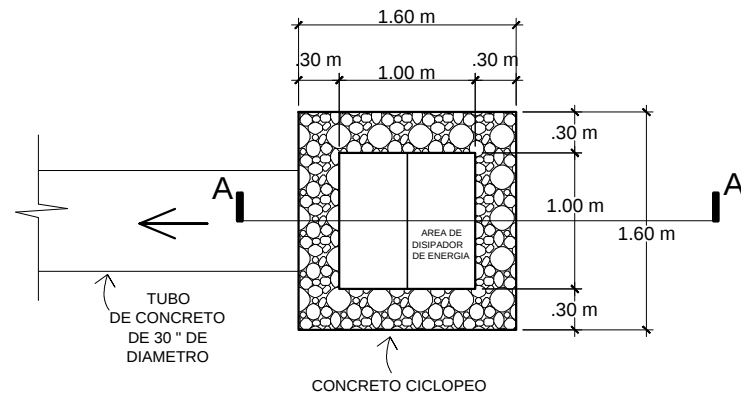
NOTA:

Debe utilizarse mortero con proporción volumétrica de 1:3 (Cemento : Arena) en la unión o sujeción entre tubos, para asegurar la hermeticidad.

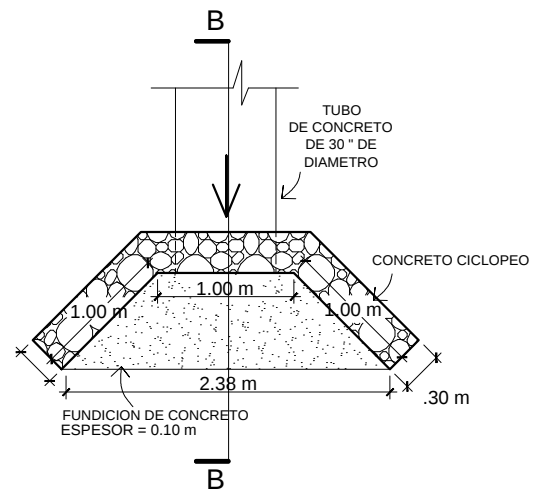
NOTA:

CONSTRUIR OBRAS DE DRENAJES PARA AGUA PLUVIAL DE LA CARRETERA A CADA EXREMO DE LA MISMA, EN LAS SIGUIENTES UBICACIONES:

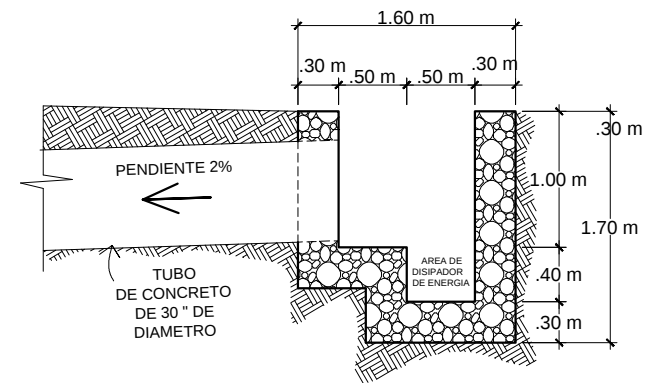
- QUEBRADA EL ROBLE EN EL CAMINAMIENTO 0+695.00
- EN EL CAMINAMIENTO 1+200.00
- QUEBRADA DEL RECIBIMIENTO EN EL CAMINAMIENTO 1+692.00
- QUEBRADA DE LOS MILAGROS EN EL CAMINAMIENTO 2+310.00



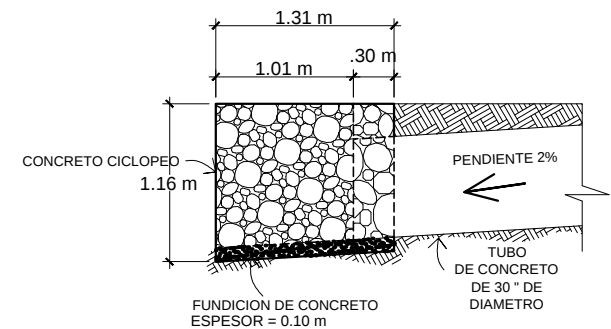
DETALLE DE CAJA DE ENTRADA VISTA PLANTA



DETALLE DE CAJA DE SALIDA VISTA PLANTA



SECCION A-A CAJA DE ENTRADA



SECCION B-B CAJA DE SALIDA

PAVIMENTO RIGIDO TRAMO HACIA LA PIEDRA DE LOS COMPADRES, KM 223+474.90 A KM 226+244.00 CARRETERA RN-18

UBICACIÓN: ALDEA BELÉN, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE DRENAJES DE AGUA PLUVIAL DE LA CALZADA



DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA:

INDICADA

HOJA:

23

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

APÉNDICE D

Tablas de relaciones hidráulicas

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.000001	0.019224	0.001	0.000054
0.000005	0.030507	0.002	0.000152
0.000011	0.039963	0.003	0.000279
0.000021	0.048396	0.004	0.000429
0.000034	0.056141	0.005	0.000599
0.00005	0.06337	0.006	0.000788
0.00007	0.070215	0.007	0.000992
0.000093	0.076728	0.008	0.001212
0.00012	0.08297	0.009	0.001446
0.000151	0.08898	0.01	0.001693
0.000185	0.094787	0.011	0.001952
0.000223	0.100417	0.012	0.002224
0.000265	0.105887	0.013	0.002506
0.000311	0.111215	0.014	0.0028
0.000361	0.116413	0.015	0.003105
0.000415	0.121493	0.016	0.003419
0.000473	0.126464	0.017	0.003744
0.000536	0.131335	0.018	0.004078
0.000602	0.136112	0.019	0.004421
0.000672	0.140803	0.02	0.004773
0.000746	0.145412	0.021	0.005134
0.000825	0.149945	0.022	0.005503
0.000908	0.154406	0.023	0.005881
0.000995	0.1588	0.024	0.006266
0.001086	0.163129	0.025	0.00666
0.001182	0.167398	0.026	0.007061
0.001282	0.171609	0.027	0.00747
0.001386	0.175765	0.028	0.007887
0.001495	0.179868	0.029	0.008311
0.001608	0.183921	0.03	0.008741
0.01725	0.187926	0.031	0.009179
0.001847	0.191885	0.032	0.009624
0.001973	0.1958	0.033	0.010076
0.002103	0.19962	0.034	0.010534
0.002238	0.203503	0.035	0.010999
0.002378	0.207295	0.036	0.01147
0.002521	0.211049	0.037	0.011947
0.00267	0.214766	0.038	0.012431
0.002823	0.218448	0.039	0.012921
0.00298	0.222095	0.04	0.013417
0.003142	0.225709	0.041	0.013919
0.003308	0.229291	0.042	0.014427
0.003479	0.232842	0.043	0.014941
0.003654	0.236362	0.044	0.01546
0.003814	0.239853	0.045	0.015985
0.004019	0.243315	0.046	0.016516
0.004208	0.246749	0.047	0.017052
0.004401	0.250157	0.048	0.017594
0.004599	0.253537	0.049	0.018141
0.004802	0.256893	0.05	0.018693
0.005009	0.260223	0.051	0.019251
0.005221	0.263528	0.052	0.019813
0.005438	0.26681	0.053	0.020381
0.005659	0.270068	0.054	0.020954
0.005885	0.273304	0.055	0.021532
0.006115	0.276517	0.056	0.022116
0.00635	0.279709	0.057	0.022703

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.00659	0.282879	0.058	0.023296
0.006834	0.286029	0.059	0.023894
0.007083	0.289158	0.06	0.024496
0.007337	0.292267	0.061	0.025103
0.007595	0.295356	0.062	0.025715
0.007858	0.298427	0.063	0.026332
0.008126	0.30148	0.064	0.026953
0.008398	0.304512	0.065	0.027578
0.008675	0.307527	0.066	0.028208
0.008956	0.310524	0.067	0.028843
0.009243	0.313504	0.068	0.029481
0.009533	0.316466	0.069	0.030125
0.009829	0.319412	0.07	0.030772
0.010129	0.322342	0.071	0.031424
0.010434	0.325255	0.072	0.03208
0.010744	0.328152	0.073	0.032741
0.011058	0.331034	0.074	0.033405
0.011377	0.3339	0.075	0.034074
0.011701	0.33651	0.076	0.034746
0.012029	0.33958	0.077	0.035423
0.012362	0.342408	0.078	0.036104
0.0127	0.345215	0.079	0.036789
0.013043	0.348007	0.08	0.037478
0.01339	0.350786	0.081	0.038171
0.013742	0.353551	0.082	0.038868
0.014098	0.356302	0.083	0.039568
0.014459	0.359039	0.084	0.040273
0.014825	0.361764	0.085	0.040981
0.015196	0.364475	0.086	0.041693
0.015571	0.367173	0.087	0.042409
0.015951	0.369859	0.088	0.043128
0.016336	0.372532	0.089	0.043851
0.016726	0.375193	0.09	0.044578
0.01712	0.37842	0.091	0.045309
0.017518	0.380479	0.092	0.046043
0.017922	0.383103	0.093	0.046781
0.01833	0.385717	0.094	0.047522
0.018743	0.388318	0.095	0.048267
0.019161	0.390908	0.096	0.049016
0.019583	0.393487	0.097	0.049768
0.02001	0.396055	0.098	0.050523
0.020441	0.398611	0.099	0.051282
0.020878	0.401157	0.1	0.052044
0.021319	0.403692	0.101	0.05281
0.021765	0.406216	0.102	0.053579
0.022215	0.40873	0.103	0.054351
0.02267	0.411234	0.104	0.055127
0.02313	0.413727	0.105	0.055906
0.023594	0.41621	0.106	0.056688
0.024063	0.418683	0.107	0.057473
0.024537	0.421146	0.108	0.058262
0.025015	0.423599	0.109	0.059054
0.025498	0.426042	0.11	0.059849
0.025986	0.428476	0.111	0.060648
0.026479	0.430901	0.112	0.061449
0.026976	0.433316	0.113	0.062254
0.027477	0.435721	0.114	0.063062

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.027984	0.438117	0.115	0.063873
0.028495	0.440505	0.116	0.064686
0.02901	0.442883	0.117	0.065503
0.029531	0.445252	0.118	0.066323
0.030056	0.447612	0.119	0.067146
0.030585	0.449964	0.12	0.067972
0.031119	0.452307	0.121	0.068801
0.031658	0.454641	0.122	0.069633
0.032202	0.456967	0.123	0.070468
0.03275	0.459284	0.124	0.071306
0.033302	0.461593	0.125	0.072147
0.03386	0.463893	0.126	0.07299
0.034422	0.466185	0.127	0.073837
0.034988	0.46847	0.128	0.074686
0.035559	0.470746	0.129	0.075538
0.036135	0.473014	0.13	0.076393
0.036715	0.475274	0.131	0.077251
0.0373	0.477526	0.132	0.078112
0.03789	0.47977	0.133	0.078975
0.038484	0.482007	0.134	0.079841
0.039083	0.484236	0.135	0.08071
0.039686	0.486457	0.136	0.081582
0.040294	0.488671	0.137	0.082456
0.040906	0.490877	0.138	0.083333
0.041523	0.493076	0.139	0.084212
0.042145	0.495268	0.14	0.085095
0.042771	0.497452	0.141	0.08598
0.043401	0.499629	0.142	0.086867
0.044036	0.501799	0.143	0.087757
0.044676	0.503961	0.144	0.08865
0.04532	0.506117	0.145	0.089545
0.045969	0.508265	0.146	0.090443
0.046622	0.510407	0.147	0.091344
0.04728	0.512541	0.148	0.092247
0.047943	0.514669	0.149	0.093152
0.048609	0.51679	0.15	0.09406
0.049281	0.518904	0.151	0.094971
0.049956	0.52011	0.152	0.095884
0.050637	0.523112	0.153	0.096799
0.051322	0.525206	0.154	0.097717
0.052011	0.527293	0.155	0.098637
0.052705	0.529374	0.156	0.09956
0.053403	0.531449	0.157	0.100485
0.054106	0.533517	0.158	0.101413
0.054813	0.535578	0.159	0.102343
0.055524	0.537633	0.16	0.103275
0.05624	0.539682	0.161	0.10421
0.056961	0.541725	0.162	0.105147
0.057686	0.543761	0.163	0.106087
0.058415	0.545792	0.164	0.107028
0.059149	0.547816	0.165	0.107972
0.059887	0.549834	0.166	0.108919
0.06063	0.551845	0.167	0.109867
0.061377	0.553851	0.168	0.110818
0.062128	0.555851	0.169	0.111772
0.062884	0.557845	0.17	0.112727
0.063644	0.559833	0.171	0.113685

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.064409	0.561815	0.172	0.114645
0.065178	0.563791	0.173	0.115607
0.065951	0.565762	0.174	0.116571
0.066729	0.567726	0.175	0.117537
0.067511	0.569685	0.176	0.118506
0.068298	0.571638	0.177	0.119477
0.069088	0.573586	0.178	0.12045
0.069883	0.575528	0.179	0.121425
0.070683	0.577464	0.18	0.122402
0.071487	0.59395	0.181	0.123382
0.072295	0.58132	0.182	0.124363
0.073107	0.58324	0.183	0.125347
0.073924	0.585154	0.184	0.126332
0.074745	0.587063	0.185	0.12732
0.07557	0.588966	0.186	0.12831
0.0764	0.590864	0.187	0.129302
0.077234	0.592756	0.188	0.130296
0.078072	0.594644	0.189	0.131292
0.078914	0.596526	0.19	0.13229
0.079761	0.598402	0.191	0.13329
0.080612	0.600274	0.192	0.134292
0.081467	0.60214	0.193	0.135296
0.082326	0.604001	0.194	0.136302
0.08319	0.605857	0.195	0.13731
0.0840058	0.607708	0.196	0.13832
0.08493	0.609553	0.197	0.139331
0.085806	0.611394	0.198	0.140345
0.086687	0.61323	0.199	0.141361
0.087571	0.61506	0.2	0.142377
0.08846	0.61689	0.201	0.143398
0.089353	0.61872	0.202	0.144419
0.09025	0.62055	0.203	0.145443
0.091152	0.62238	0.204	0.146468
0.092057	0.62421	0.205	0.147495
0.092967	0.62604	0.206	0.148524
0.093881	0.62787	0.207	0.149555
0.094799	0.6297	0.208	0.150587
0.095721	0.63153	0.209	0.151622
0.096647	0.63336	0.21	0.152658
0.097577	0.634871	0.211	0.153696
0.098512	0.636643	0.212	0.154736
0.09945	0.638415	0.213	0.155778
0.100393	0.640187	0.214	0.156821
0.10134	0.641959	0.215	0.157867
0.10229	0.643731	0.216	0.158914
0.103245	0.645503	0.217	0.159963
0.104204	0.647275	0.218	0.161013
0.105167	0.649047	0.219	0.162065
0.106134	0.650819	0.22	0.163119
0.107105	0.652382	0.221	0.164175
0.10808	0.654108	0.222	0.165233
0.109059	0.655834	0.223	0.166292
0.110042	0.65756	0.224	0.167353
0.111029	0.659286	0.225	0.168415
0.11202	0.661012	0.226	0.169479
0.113015	0.662738	0.227	0.170545
0.114014	0.664464	0.228	0.171613

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.115017	0.66619	0.229	0.172682
0.116024	0.667916	0.23	0.173753
0.117035	0.669441	0.231	0.174825
0.11805	0.671122	0.232	0.175899
0.119069	0.672803	0.233	0.176975
0.120091	0.674484	0.234	0.178052
0.121118	0.676165	0.235	0.179131
0.122149	0.677846	0.236	0.180212
0.123183	0.679527	0.237	0.181294
0.124221	0.681208	0.238	0.182377
0.125263	0.682889	0.239	0.183463
0.12631	0.68457	0.24	0.184549
0.12736	0.686065	0.241	0.185638
0.128413	0.687704	0.242	0.186728
0.129471	0.689343	0.243	0.187819
0.130533	0.690982	0.244	0.188912
0.131598	0.692621	0.245	0.190006
0.132667	0.69426	0.246	0.191102
0.13374	0.695899	0.247	0.1922
0.134817	0.697538	0.248	0.193299
0.135897	0.699177	0.249	0.194399
0.136982	0.700816	0.25	0.195501
0.13807	0.702273	0.251	0.196605
0.139162	0.703871	0.252	0.197709
0.140258	0.705469	0.253	0.198816
0.141357	0.707067	0.254	0.199923
0.14246	0.708665	0.255	0.201033
0.143567	0.710263	0.256	0.202143
0.144678	0.711861	0.257	0.203255
0.145792	0.713459	0.258	0.204369
0.14691	0.715057	0.259	0.205484
0.148032	0.716655	0.26	0.2066
0.149158	0.718079	0.261	0.207718
0.150287	0.719635	0.262	0.208837
0.15142	0.721191	0.263	0.209957
0.152556	0.722747	0.264	0.211079
0.153696	0.724303	0.265	0.212202
0.15484	0.725859	0.266	0.213327
0.155988	0.727415	0.267	0.214452
0.157139	0.728971	0.268	0.21558
0.158293	0.730527	0.269	0.216708
0.159452	0.732083	0.27	0.217838
0.160613	0.733498	0.271	0.218969
0.161779	0.735	0.272	0.220102
0.162948	0.736502	0.273	0.221236
0.164121	0.738004	0.274	0.222371
0.165297	0.739506	0.275	0.223507
0.166477	0.741008	0.276	0.224645
0.16766	0.74251	0.277	0.225784
0.168847	0.744012	0.278	0.226924
0.170037	0.745514	0.279	0.228065
0.171231	0.747016	0.28	0.229208
0.172428	0.748542	0.281	0.230352
0.173629	0.750015	0.282	0.231497
0.174833	0.751488	0.283	0.232644
0.176041	0.752961	0.284	0.233792
0.177253	0.754434	0.285	0.23494

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.178467	0.755907	0.286	0.236091
0.179686	0.75738	0.287	0.237242
0.180907	0.758853	0.288	0.238394
0.182132	0.760326	0.289	0.239548
0.183361	0.761799	0.29	0.240703
0.184593	0.763223	0.291	0.241859
0.185828	0.76466	0.292	0.243016
0.187066	0.766097	0.293	0.244175
0.188309	0.767534	0.294	0.245334
0.189554	0.768971	0.295	0.246495
0.190803	0.770408	0.296	0.247657
0.192055	0.771845	0.297	0.24882
0.19331	0.773282	0.298	0.249984
0.194569	0.774719	0.299	0.251149
0.195831	0.776156	0.3	0.252316
0.197097	0.777553	0.301	0.253461
0.198365	0.778955	0.302	0.254622
0.199637	0.780357	0.303	0.255783
0.200913	0.781759	0.304	0.256944
0.202191	0.783161	0.305	0.258105
0.203473	0.784563	0.306	0.259266
0.204758	0.785965	0.307	0.260427
0.206046	0.787367	0.308	0.261588
0.207338	0.788769	0.309	0.262749
0.208633	0.790171	0.31	0.26391
0.20993	0.791539	0.311	0.265071
0.21232	0.79291	0.312	0.266232
0.212536	0.794281	0.313	0.267393
0.213843	0.795652	0.314	0.268554
0.215154	0.797023	0.315	0.269715
0.216468	0.798394	0.316	0.270876
0.217785	0.799765	0.317	0.272037
0.219105	0.801136	0.318	0.273198
0.220428	0.802507	0.319	0.274359
0.221755	0.803878	0.32	0.27552
0.223084	0.805193	0.321	0.276681
0.224416	0.806527	0.322	0.277842
0.225752	0.807861	0.323	0.279003
0.227091	0.809195	0.324	0.280164
0.228433	0.810529	0.325	0.281325
0.229777	0.811863	0.326	0.282486
0.231125	0.813197	0.327	0.283647
0.232476	0.814531	0.328	0.284808
0.23383	0.815865	0.329	0.285969
0.235187	0.817199	0.33	0.28713
0.236547	0.818521	0.331	0.288291
0.23791	0.819823	0.332	0.289452
0.239275	0.821125	0.333	0.290613
0.240644	0.822427	0.334	0.291774
0.242016	0.823729	0.335	0.292935
0.243391	0.825031	0.336	0.294096
0.244768	0.826333	0.337	0.295257
0.246149	0.827635	0.338	0.296418
0.247532	0.828937	0.339	0.297579
0.248919	0.830239	0.34	0.29874
0.250308	0.831531	0.341	0.299901
0.2517	0.832802	0.342	0.301062

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.253095	0.834073	0.343	0.302223
0.254493	0.835344	0.344	0.303384
0.255894	0.836615	0.345	0.304545
0.257297	0.837886	0.346	0.305706
0.258704	0.839157	0.347	0.306867
0.260113	0.840428	0.348	0.308028
0.261525	0.841699	0.349	0.309189
0.26294	0.84297	0.35	0.311919
0.264357	0.844231	0.351	0.313134
0.265778	0.84547	0.352	0.314349
0.267201	0.846709	0.353	0.315564
0.268627	0.847948	0.354	0.316779
0.270055	0.849187	0.355	0.317994
0.271487	0.850426	0.356	0.319209
0.272921	0.851665	0.357	0.320424
0.274357	0.852904	0.358	0.321639
0.275797	0.854143	0.359	0.322854
0.277239	0.855382	0.36	0.324069
0.278684	0.856627	0.361	0.325284
0.280131	0.85784	0.362	0.326499
0.281581	0.859053	0.363	0.327714
0.283034	0.860266	0.364	0.328929
0.284489	0.861479	0.365	0.330144
0.285947	0.862692	0.366	0.331359
0.287407	0.863905	0.367	0.332574
0.288871	0.865118	0.368	0.333789
0.290336	0.866331	0.369	0.335004
0.291805	0.867544	0.37	0.336219
0.293275	0.868725	0.371	0.337434
0.294749	0.869907	0.372	0.338649
0.296225	0.871089	0.373	0.339864
0.297703	0.872271	0.374	0.341079
0.299184	0.873453	0.375	0.342294
0.300667	0.874635	0.376	0.343509
0.302153	0.875817	0.377	0.344724
0.303642	0.876999	0.378	0.345939
0.305132	0.878181	0.379	0.347154
0.306626	0.879363	0.38	0.348369
0.308121	0.88053	0.381	0.349584
0.30962	0.881694	0.382	0.350799
0.31112	0.882858	0.383	0.352014
0.312623	0.884022	0.384	0.353229
0.314128	0.885186	0.385	0.354444
0.315636	0.88635	0.386	0.355659
0.317146	0.887514	0.387	0.356874
0.318659	0.888678	0.388	0.358089
0.320174	0.889842	0.389	0.359304
0.321691	0.890908	0.39	0.360519
0.32321	0.892047	0.391	0.361734
0.324732	0.893186	0.392	0.362949
0.326256	0.894325	0.393	0.364164
0.327782	0.895464	0.394	0.365379
0.329311	0.896603	0.395	0.366594
0.330842	0.897742	0.396	0.367809
0.332375	0.898881	0.397	0.369024
0.33391	0.90002	0.398	0.370239
0.335448	0.901057	0.399	0.371454

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.336988	0.90217	0.4	0.37353
0.33853	0.903283	0.401	0.374778
0.340074	0.904396	0.402	0.376026
0.34162	0.905509	0.403	0.377274
0.343169	0.906622	0.404	0.378522
0.34472	0.907735	0.405	0.37977
0.346272	0.908848	0.406	0.381018
0.347827	0.909961	0.407	0.382266
0.349385	0.911074	0.408	0.383514
0.350944	0.912187	0.409	0.384762
0.352505	0.9133	0.41	0.38601
0.354068	0.914237	0.411	0.387258
0.355634	0.915317	0.412	0.388506
0.357201	0.916397	0.413	0.389754
0.358771	0.917477	0.414	0.391002
0.360342	0.918557	0.415	0.39225
0.361916	0.919637	0.416	0.393498
0.363492	0.920717	0.417	0.394746
0.365069	0.921797	0.418	0.395994
0.366649	0.922877	0.419	0.397242
0.36823	0.923957	0.42	0.39849
0.369814	0.924918	0.421	0.399738
0.371399	0.925971	0.422	0.400986
0.372986	0.927021	0.423	0.402234
0.374576	0.928071	0.424	0.403482
0.376167	0.929121	0.425	0.40473
0.37776	0.930171	0.426	0.405978
0.379355	0.931221	0.427	0.407226
0.380952	0.932271	0.428	0.408474
0.382551	0.933321	0.429	0.409722
0.384151	0.934299	0.43	0.41097
0.385753	0.93532	0.431	0.412218
0.387358	0.936341	0.432	0.413466
0.388964	0.937362	0.433	0.414714
0.390571	0.938383	0.434	0.415962
0.392181	0.939404	0.435	0.41721
0.393792	0.940425	0.436	0.418458
0.395405	0.941446	0.437	0.419706
0.39702	0.942467	0.438	0.420954
0.398637	0.943488	0.439	0.422202
0.400255	0.944509	0.44	0.42345
0.401875	0.945469	0.441	0.424698
0.403497	0.94646	0.442	0.425946
0.40512	0.947451	0.443	0.427194
0.406745	0.948442	0.444	0.428442
0.408372	0.949433	0.445	0.42969
0.41	0.950424	0.446	0.430938
0.41163	0.951415	0.447	0.432186
0.413262	0.952406	0.448	0.433434
0.414895	0.953397	0.449	0.434682
0.41653	0.954388	0.45	0.43593
0.418166	0.955346	0.451	0.437178
0.419804	0.956312	0.452	0.438426
0.421443	0.957278	0.453	0.439674
0.423084	0.958244	0.454	0.440922
0.424727	0.95921	0.455	0.44217
0.426371	0.960176	0.456	0.443418

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.428016	0.961142	0.457	0.444666
0.429663	0.962108	0.458	0.445914
0.431312	0.963074	0.459	0.447162
0.432962	0.96404	0.46	0.44841
0.434613	0.964962	0.461	0.449658
0.436266	0.9659	0.462	0.450906
0.43792	0.966838	0.463	0.452154
0.439576	0.967776	0.464	0.453402
0.441233	0.968714	0.465	0.45465
0.442891	0.969652	0.466	0.455898
0.444551	0.97059	0.467	0.457146
0.446212	0.971528	0.468	0.458394
0.447874	0.972466	0.469	0.459642
0.449538	0.973404	0.47	0.46089
0.451203	0.974317	0.471	0.462138
0.452869	0.97523	0.472	0.463386
0.454537	0.976143	0.473	0.464634
0.456206	0.977056	0.474	0.465882
0.457876	0.977969	0.475	0.46713
0.459548	0.978882	0.476	0.468378
0.46122	0.979795	0.477	0.469626
0.462894	0.980708	0.478	0.470874
0.464569	0.981621	0.479	0.472122
0.466246	0.982534	0.48	0.47337
0.467923	0.983415	0.481	0.474618
0.469602	0.9843	0.482	0.475866
0.471281	0.985185	0.483	0.477114
0.472962	0.98607	0.484	0.478362
0.474644	0.986955	0.485	0.47961
0.476327	0.98784	0.486	0.480858
0.478012	0.988725	0.487	0.482106
0.479697	0.98961	0.488	0.483354
0.481383	0.990495	0.489	0.484602
0.483071	0.99138	0.49	0.48585
0.484759	0.992258	0.491	0.487098
0.486449	0.99312	0.492	0.488346
0.488139	0.993982	0.493	0.489594
0.489831	0.994844	0.494	0.490842
0.491523	0.995706	0.495	0.49209
0.493217	0.996568	0.496	0.493338
0.494911	0.99743	0.497	0.494586
0.496607	0.998292	0.498	0.495834
0.498303	0.999154	0.499	0.497082
0.5	1.000016	0.5	0.5
0.501698	1.000848	0.501	0.501273
0.503397	1.00169	0.502	0.502546
0.505097	1.002532	0.503	0.503819
0.506798	1.003374	0.504	0.505092
0.508499	1.004216	0.505	0.506365
0.510202	1.005058	0.506	0.507638
0.511905	1.0059	0.507	0.508911
0.513609	1.006742	0.508	0.510184
0.515314	1.007584	0.509	0.511457
0.517019	1.008426	0.51	0.51273
0.518726	1.009185	0.511	0.514003
0.520433	1.01	0.512	0.515276
0.52214	1.010815	0.513	0.516549

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.523849	1.01163	0.514	0.517822
0.525558	1.012445	0.515	0.519095
0.527268	1.01326	0.516	0.520368
0.528979	1.014075	0.517	0.521641
0.53069	1.01489	0.518	0.522914
0.532402	1.015705	0.519	0.524187
0.534114	1.01652	0.52	0.52546
0.535828	1.017271	0.521	0.526733
0.537541	1.018057	0.522	0.528006
0.539256	1.018843	0.523	0.529279
0.54097	1.019629	0.524	0.530552
0.542686	1.020415	0.525	0.531825
0.544402	1.021201	0.526	0.533098
0.546118	1.021987	0.527	0.534371
0.547836	1.022773	0.528	0.535644
0.549553	1.023559	0.529	0.536917
0.551271	1.024345	0.53	0.53819
0.55299	1.025108	0.531	0.539463
0.554709	1.02587	0.532	0.540736
0.556428	1.026632	0.533	0.542009
0.558148	1.027394	0.534	0.543282
0.559868	1.028156	0.535	0.544555
0.561589	1.028918	0.536	0.545828
0.56331	1.02968	0.537	0.547101
0.565031	1.030442	0.538	0.548374
0.566753	1.031204	0.539	0.549647
0.568475	1.031966	0.54	0.55092
0.570197	1.032696	0.541	0.552193
0.57192	1.033433	0.542	0.553466
0.573643	1.03417	0.543	0.554739
0.575366	1.034907	0.544	0.556012
0.57709	1.035644	0.545	0.557285
0.578814	1.036381	0.546	0.558558
0.580538	1.037118	0.547	0.559831
0.582262	1.037855	0.548	0.561104
0.583986	1.038592	0.549	0.562377
0.585711	1.039329	0.55	0.56365
0.587436	1.040036	0.551	0.564923
0.589161	1.04075	0.552	0.566196
0.590886	1.041464	0.553	0.567469
0.592611	1.042178	0.554	0.568742
0.594336	1.042892	0.555	0.570015
0.596062	1.043606	0.556	0.571288
0.597787	1.04432	0.557	0.572561
0.599513	1.045034	0.558	0.573834
0.601239	1.045748	0.559	0.575107
0.602964	1.046462	0.56	0.57638
0.60469	1.047128	0.561	0.577653
0.606416	1.047815	0.562	0.578926
0.608141	1.048502	0.563	0.580199
0.609867	1.049189	0.564	0.581472
0.611593	1.049876	0.565	0.582745
0.613318	1.050563	0.566	0.584018
0.615044	1.05125	0.567	0.585291
0.616769	1.051937	0.568	0.586564
0.618494	1.052624	0.569	0.587837
0.620219	1.053311	0.57	0.58911

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.621944	1.053973	0.571	0.590383
0.623669	1.054635	0.572	0.591656
0.625394	1.055297	0.573	0.592929
0.627119	1.055959	0.574	0.594202
0.628843	1.056621	0.575	0.595475
0.630567	1.057283	0.576	0.596748
0.632291	1.057945	0.577	0.598021
0.634015	1.058607	0.578	0.599294
0.635738	1.059269	0.579	0.600567
0.637461	1.059931	0.58	0.60184
0.639184	1.06057	0.581	0.603113
0.640906	1.061208	0.582	0.604386
0.642629	1.061846	0.583	0.605659
0.64435	1.062484	0.584	0.606932
0.646072	1.063122	0.585	0.608205
0.647793	1.06376	0.586	0.609478
0.649514	1.064398	0.587	0.610751
0.651234	1.065036	0.588	0.612024
0.652954	1.065674	0.589	0.613297
0.654673	1.066312	0.59	0.61457
0.656392	1.06692	0.591	0.615843
0.658111	1.06753	0.592	0.617116
0.659829	1.06814	0.593	0.618389
0.661546	1.06875	0.594	0.619662
0.663263	1.06936	0.595	0.620935
0.66498	1.06997	0.596	0.622208
0.666696	1.07058	0.597	0.623481
0.668411	1.07119	0.598	0.624754
0.670126	1.0718	0.599	0.626027
0.67184	1.07241	0.6	0.6264
0.673554	1.073021	0.601	0.627717
0.675267	1.073606	0.602	0.629034
0.676979	1.074191	0.603	0.630351
0.678691	1.074776	0.604	0.631668
0.680401	1.075361	0.605	0.632985
0.682112	1.075946	0.606	0.634302
0.683821	1.076531	0.607	0.635619
0.68553	1.077116	0.608	0.636936
0.687238	1.077701	0.609	0.638253
0.688945	1.078286	0.61	0.63957
0.690652	1.078871	0.611	0.640887
0.692357	1.079456	0.612	0.642204
0.694062	1.080041	0.613	0.643521
0.695766	1.080581	0.614	0.644838
0.697469	1.08114	0.615	0.646155
0.699172	1.081699	0.616	0.647472
0.700873	1.082258	0.617	0.648789
0.702574	1.082817	0.618	0.650106
0.704273	1.083376	0.619	0.651423
0.705972	1.083935	0.62	0.65274
0.707669	1.084494	0.621	0.654057
0.709366	1.085053	0.622	0.655374
0.711062	1.085567	0.623	0.656691
0.712757	1.0861	0.624	0.658008
0.71445	1.086633	0.625	0.659325
0.716143	1.087166	0.626	0.660642
0.717834	1.087699	0.627	0.661959

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.719525	1.088232	0.628	0.663276
0.721214	1.088765	0.629	0.664593
0.722903	1.089298	0.63	0.66591
0.72459	1.089829	0.631	0.667227
0.726276	1.09035	0.632	0.668544
0.727961	1.09086	0.633	0.669861
0.729645	1.09137733	0.634	0.671178
0.731327	1.09189283	0.635	0.672495
0.733008	1.09240833	0.636	0.673812
0.734688	1.09292383	0.637	0.675129
0.736367	1.09343933	0.638	0.676446
0.738045	1.09395483	0.639	0.677763
0.739721	1.09447033	0.64	0.67908
0.741396	1.09498583	0.641	0.680397
0.743069	1.095424	0.642	0.681714
0.744742	1.095909	0.643	0.683031
0.746413	1.096394	0.644	0.684348
0.748082	1.096879	0.645	0.685665
0.74975	1.097364	0.646	0.686982
0.751417	1.097849	0.647	0.688299
0.753082	1.098334	0.648	0.689616
0.754726	1.098819	0.649	0.690933
0.756408	1.099304	0.65	0.69225
0.758069	1.099789	0.651	0.693567
0.759729	1.100274	0.652	0.694884
0.761387	1.100759	0.653	0.696201
0.763043	1.101178	0.654	0.697518
0.764698	1.101635	0.655	0.698835
0.766351	1.102092	0.656	0.700152
0.768002	1.102549	0.657	0.701469
0.769652	1.103006	0.658	0.702786
0.771301	1.103463	0.659	0.704103
0.772947	1.10392	0.66	0.70542
0.774592	1.104377	0.661	0.706737
0.776236	1.104834	0.662	0.708054
0.777877	1.105291	0.663	0.709371
0.779517	1.105748	0.664	0.710688
0.781155	1.106205	0.665	0.712005
0.782791	1.106563	0.666	0.713322
0.784426	1.106985	0.667	0.714639
0.786059	1.107407	0.668	0.715956
0.78769	1.107829	0.669	0.717273
0.789319	1.108251	0.67	0.71859
0.790946	1.108673	0.671	0.719907
0.792571	1.109095	0.672	0.721224
0.794195	1.109517	0.673	0.722541
0.795816	1.109939	0.674	0.723858
0.797436	1.110361	0.675	0.725175
0.799054	1.110783	0.676	0.726492
0.800669	1.111205	0.677	0.727809
0.802283	1.111627	0.678	0.729126
0.803895	1.112049	0.679	0.730443
0.805504	1.112471	0.68	0.73176
0.807112	1.112768	0.681	0.733077
0.808717	1.11314	0.682	0.734394
0.810321	1.113512	0.683	0.735711
0.811922	1.113884	0.684	0.737028

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.813521	1.114256	0.685	0.738345
0.815118	1.114628	0.686	0.739662
0.816713	1.115	0.687	0.740979
0.818305	1.115372	0.688	0.742296
0.819896	1.115744	0.689	0.743613
0.821484	1.116116	0.69	0.74493
0.82307	1.116488	0.691	0.746247
0.824653	1.11686	0.692	0.747564
0.826235	1.117232	0.693	0.748881
0.827814	1.117604	0.694	0.750198
0.82939	1.117976	0.695	0.751515
0.830964	1.118348	0.696	0.752832
0.832536	1.11872	0.697	0.754149
0.834106	1.119092	0.698	0.755466
0.835673	1.119464	0.699	0.756783
0.837238	1.119836	0.7	0.747684
0.8388	1.120116	0.701	0.748851
0.84036	1.120439	0.702	0.750018
0.841917	1.120762	0.703	0.751185
0.843471	1.121085	0.704	0.752352
0.845024	1.121408	0.705	0.753519
0.846573	1.121731	0.706	0.754686
0.84812	1.122054	0.707	0.755853
0.849664	1.122377	0.708	0.75702
0.851206	1.1227	0.709	0.758187
0.852745	1.123023	0.71	0.759354
0.854282	1.123346	0.711	0.760521
0.855815	1.123669	0.712	0.761688
0.857346	1.123992	0.713	0.762855
0.858875	1.124315	0.714	0.764022
0.8604	1.124638	0.715	0.765189
0.861923	1.124961	0.716	0.766356
0.863443	1.125284	0.717	0.767523
0.86496	1.125607	0.718	0.76869
0.866474	1.12593	0.719	0.769857
0.867985	1.126253	0.72	0.771024
0.869494	1.126383	0.721	0.772191
0.870999	1.12666	0.722	0.773358
0.872502	1.126937	0.723	0.774525
0.874002	1.127214	0.724	0.775692
0.875498	1.127491	0.725	0.776859
0.876992	1.127768	0.726	0.778026
0.878482	1.128045	0.727	0.779193
0.87997	1.128322	0.728	0.78036
0.881455	1.128599	0.729	0.781527
0.882936	1.128876	0.73	0.782694
0.884414	1.129099	0.731	0.783861
0.885889	1.129344	0.732	0.785028
0.887361	1.129589	0.733	0.786195
0.88883	1.129834	0.734	0.787362
0.890296	1.130079	0.735	0.788529
0.891758	1.130324	0.736	0.789696
0.893217	1.130569	0.737	0.790863
0.894673	1.130814	0.738	0.79203
0.896125	1.131059	0.739	0.793197
0.897575	1.131304	0.74	0.794364
0.89902	1.131532	0.741	0.795531

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.900463	1.13175	0.742	0.796698
0.901902	1.131968	0.743	0.797865
0.903337	1.132186	0.744	0.799032
0.90477	1.132404	0.745	0.800199
0.906198	1.132622	0.746	0.801366
0.907623	1.13284	0.747	0.802533
0.909045	1.133058	0.748	0.8037
0.910463	1.133276	0.749	0.804867
0.911878	1.133494	0.75	0.806034
0.913289	1.133674	0.751	0.805601
0.914696	1.133865	0.752	0.806701
0.9161	1.134056	0.753	0.807801
0.9175	1.134247	0.754	0.808901
0.918896	1.134438	0.755	0.810001
0.920288	1.134629	0.756	0.811101
0.921677	1.13482	0.757	0.812201
0.923062	1.135011	0.758	0.813301
0.924443	1.135202	0.759	0.814401
0.925821	1.135393	0.76	0.815501
0.927194	1.13552	0.761	0.816601
0.928564	1.13568	0.762	0.817701
0.92993	1.13584	0.763	0.818801
0.931292	1.136	0.764	0.819901
0.93265	1.13616	0.765	0.821001
0.934003	1.13632	0.766	0.822101
0.935353	1.136482	0.767	0.823201
0.936699	1.136625	0.768	0.824301
0.938041	1.136768	0.769	0.825401
0.939379	1.136911	0.77	0.826501
0.940712	1.137054	0.771	0.827601
0.942042	1.137199	0.772	0.828701
0.943367	1.13733	0.773	0.829801
0.944688	1.137461	0.774	0.830901
0.946005	1.137592	0.775	0.832001
0.947317	1.137723	0.776	0.833101
0.948626	1.137854	0.777	0.834201
0.94993	1.137985	0.778	0.835301
0.951229	1.138116	0.779	0.836401
0.952524	1.138247	0.78	0.837501
0.953815	1.138293	0.781	0.838601
0.955102	1.138399	0.782	0.839701
0.956384	1.138501	0.783	0.840801
0.957661	1.138601	0.784	0.841901
0.958934	1.138697	0.785	0.843001
0.960203	1.138793	0.786	0.844101
0.961466	1.138889	0.787	0.845201
0.962726	1.138985	0.788	0.846301
0.96398	1.13904	0.789	0.847401
0.96523	1.139095	0.79	0.848501
0.966476	1.13915	0.791	0.849601
0.967716	1.139205	0.792	0.850701
0.968952	1.13926	0.793	0.851801
0.970183	1.139315	0.794	0.852901
0.971409	1.13937	0.795	0.854001
0.972631	1.139425	0.796	0.855101
0.973847	1.139593	0.797	0.856201
0.975059	1.139635	0.798	0.857301

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.976265	1.139677	0.799	0.858401
0.977467	1.139719	0.8	0.859501
0.978664	1.139761	0.801	0.858369
0.979855	1.139803	0.802	0.859655
0.981042	1.139845	0.803	0.860941
0.982223	1.139887	0.804	0.862227
0.983399	1.139929	0.805	0.863513
0.984571	1.139971	0.806	0.864799
0.985737	1.140013	0.807	0.866085
0.986897	1.140055	0.808	0.867371
0.988053	1.140097	0.809	0.868657
0.989203	1.140139	0.81	0.869943
0.990348	1.140023	0.811	0.871229
0.991487	1.140028	0.812	0.872515
0.992621	1.140033	0.813	0.873801
0.99375	1.140027	0.814	0.875087
0.994873	1.140021	0.815	0.876373
0.995991	1.140015	0.816	0.877659
0.997103	1.140009	0.817	0.878945
0.998209	1.140003	0.818	0.880231
0.99931	1.139997	0.819	0.881517
1.000405	1.139991	0.82	0.882803
1.001495	1.139985	0.821	0.884089
1.002579	1.139877	0.822	0.885375
1.003657	1.139841	0.823	0.886661
1.004729	1.139802	0.824	0.887947
1.005795	1.139763	0.825	0.889233
1.006856	1.139724	0.826	0.883429
1.00791	1.139685	0.827	0.884393
1.008959	1.139646	0.828	0.885357
1.010002	1.139551	0.829	0.886321
1.011038	1.139489	0.83	0.887285
1.012069	1.139423	0.831	0.888249
1.013093	1.139357	0.832	0.889213
1.014112	1.139291	0.833	0.890177
1.015124	1.139225	0.834	0.891141
1.01613	1.139159	0.835	0.892105
1.017129	1.139039	0.836	0.893069
1.018122	1.13895	0.837	0.894033
1.019109	1.138861	0.838	0.894997
1.02009	1.138772	0.839	0.895961
1.021064	1.138683	0.84	0.896925
1.022031	1.138594	0.841	0.897889
1.022992	1.138446	0.842	0.898853
1.023947	1.138333	0.843	0.899817
1.024895	1.13822	0.844	0.900781
1.025836	1.138107	0.845	0.901745
1.02677	1.137994	0.846	0.902709
1.027698	1.137881	0.847	0.903673
1.028619	1.137768	0.848	0.904637
1.029533	1.137569	0.849	0.905601
1.03044	1.137427	0.85	0.90594
1.031341	1.137281	0.851	0.906848
1.032234	1.137135	0.852	0.907756
1.03312	1.136989	0.853	0.908664
1.033999	1.136843	0.854	0.909572
1.034871	1.136697	0.855	0.91048

q/Q	v/V	d/D	a/A
1.035736	1.136486	0.856	0.911388
1.036594	1.136313	0.857	0.912296
1.037444	1.136137	0.858	0.913204
1.038287	1.135956	0.859	0.914112
1.039122	1.13577	0.86	0.91502
1.039951	1.135594	0.861	0.915928
1.040771	1.135413	0.862	0.916836
1.041584	1.135232	0.863	0.917744
1.04239	1.134983	0.864	0.918652
1.043187	1.134775	0.865	0.91956
1.043978	1.134562	0.866	0.920468
1.04476	1.134349	0.867	0.921376
1.045534	1.134136	0.868	0.922284
1.046301	1.133923	0.869	0.923192
1.04706	1.13371	0.87	0.9241
1.04781	1.133497	0.871	0.925008
1.048553	1.133186	0.872	0.925916
1.049287	1.13294	0.873	0.926824
1.050013	1.132689	0.874	0.927732
1.050731	1.132433	0.875	0.928806
1.051441	1.132172	0.876	0.929572
1.052142	1.131921	0.877	0.930338
1.052835	1.131665	0.878	0.931104
1.05352	1.131409	0.879	0.93187
1.054195	1.131077	0.88	0.932636
1.054863	1.130791	0.881	0.933402
1.055521	1.130499	0.882	0.934168
1.056171	1.130203	0.883	0.934934
1.056811	1.129907	0.884	0.9357
1.057443	1.129611	0.885	0.936466
1.058066	1.129315	0.886	0.937232
1.05868	1.129019	0.887	0.937998
1.059284	1.128638	0.888	0.938764
1.05988	1.128309	0.889	0.93953
1.060466	1.127975	0.89	0.940296
1.061043	1.127634	0.891	0.941062
1.06161	1.127293	0.892	0.941828
1.062168	1.126952	0.893	0.942594
1.062716	1.126611	0.894	0.94336
1.063254	1.12627	0.895	0.944126
1.063783	1.125847	0.896	0.944892
1.064301	1.125472	0.897	0.945658
1.06481	1.125097	0.898	0.946424
1.065309	1.124722	0.899	0.94719
1.065797	1.124311	0.9	0.947956

APÉNDICE E

Tabla E1. **Libreta topográfica, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula**

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-0				100.00
	1	51.00	0° 23' 25''	99.23
	2	30.80	358° 22' 55''	99.61
	3	11.10	349° 46' 25''	99.83
	4	9.00	178° 47' 55''	100.28
	5	28.98	173° 38' 45''	102.02
	E-1	49.54	178° 5' 5''	102.49
E-1	6	8.10	171° 4' 55''	102.67
	7	28.00	180° 16' 35''	102.49
	8	48.00	181° 48' 15''	101.74
	9	68.70	181° 59' 50''	101.69
	10	88.50	182° 9' 50''	101.72
	11	109.30	182° 40' 25''	101.85
	12	129.50	182° 55' 10''	102.13
	13	150.00	183° 3' 25''	102.29
	14	170.00	183° 21' 45''	102.66
	E-2	53.23	183° 44' 10''	101.69
E-2	15	19.73	91° 38' 15''	101.77
	E-3	38.39	101° 2' 25''	102.13
E-3	16	17.11	291° 43' 0''	101.82
	17	4.22	67° 49' 55''	102.24
	18	137.87	183° 45' 40''	103.70
	19	117.67	183° 42' 20''	103.22
	20	98.74	183° 18' 40''	102.64
	21	78.93	182° 50' 55''	102.55
	22	59.39	181° 42' 55''	102.42
	23	38.84	180° 1' 15''	102.35
	24	19.56	175° 25' 50''	102.25
	25	4.20	141° 13' 50''	102.22

Continuación tabla E1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-3	26	14.88	9° 2' 55''	102.80
	27	34.91	5° 11' 5''	104.71
	E-4	54.74	2° 54' 55''	105.22
E-4	28	2.30	56° 20' 45''	105.18
	29	21.30	5° 36' 15''	103.09
	30	40.34	356° 55' 20''	100.63
	31	60.27	357° 48' 10''	99.72
	32	80.39	358° 45' 20''	98.24
	33	99.38	0° 10' 50''	97.81
	E-5	57.14	359° 23' 40''	99.99
E-5	E-6	33.30	90° 18' 0''	100.17
E-6	34	42.00	7° 22' 25''	98.21
	35	21.60	10° 12' 10''	98.85
	36	4.12	69° 26' 35''	99.88
	37	18.47	173° 37' 40''	102.30
	38	38.33	171° 24' 25''	105.27
	39	57.83	172° 25' 45''	106.40
	E-7	58.33	170° 24' 35''	106.25
E-7	40	20.16	188° 24' 55''	105.92
	41	40.77	185° 58' 40''	103.05
	42	56.46	185° 44' 15''	102.72
	E-8	60.59	187° 34' 35''	102.85
E-8	43	53.00	180° 57' 35''	103.36
	44	118.87	183° 40' 0''	103.93
	E-9	41.50	90° 52' 20''	103.51
E-9	45	105.48	190° 44' 35''	103.94
	46	58.70	192° 32' 0''	103.84
	47	25.80	0° 45' 15''	103.65
	48	60.79	0° 52' 55''	105.17
	E-10	62.66	359° 43' 0''	105.22

Continuación tabla E1.

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-10	49	30.08	353° 35' 25''	102.86
	E-11	49.45	356° 26' 45''	100.64
E-11	50	43.50	1° 49' 35''	98.58
	E-12	34.59	103° 39' 5''	101.04
E-12	51	52.51	168° 31' 55''	102.26
	E-13	39.33	92° 10' 10''	101.31
	E-14	79.81	6° 26' 40''	97.70
E-13	52	77.99	169° 8' 0''	101.77
E-14	55	52.49	184° 5' 30''	99.29
	E-15	37.39	96° 33' 20''	97.86
E-15	56	28.49	185° 38' 50''	99.04
	57	42.98	98° 16' 5''	99.47
	E-16	36.35	2° 17' 15''	96.73
E-16	58	28.17	99° 56' 10''	97.40
	59	56.70	97° 10' 15''	99.31
	60	33.77	24° 32' 45''	95.32
	61	62.94	20° 59' 55''	92.83

APÉNDICE F

**Diseño hidráulico, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia
San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula**

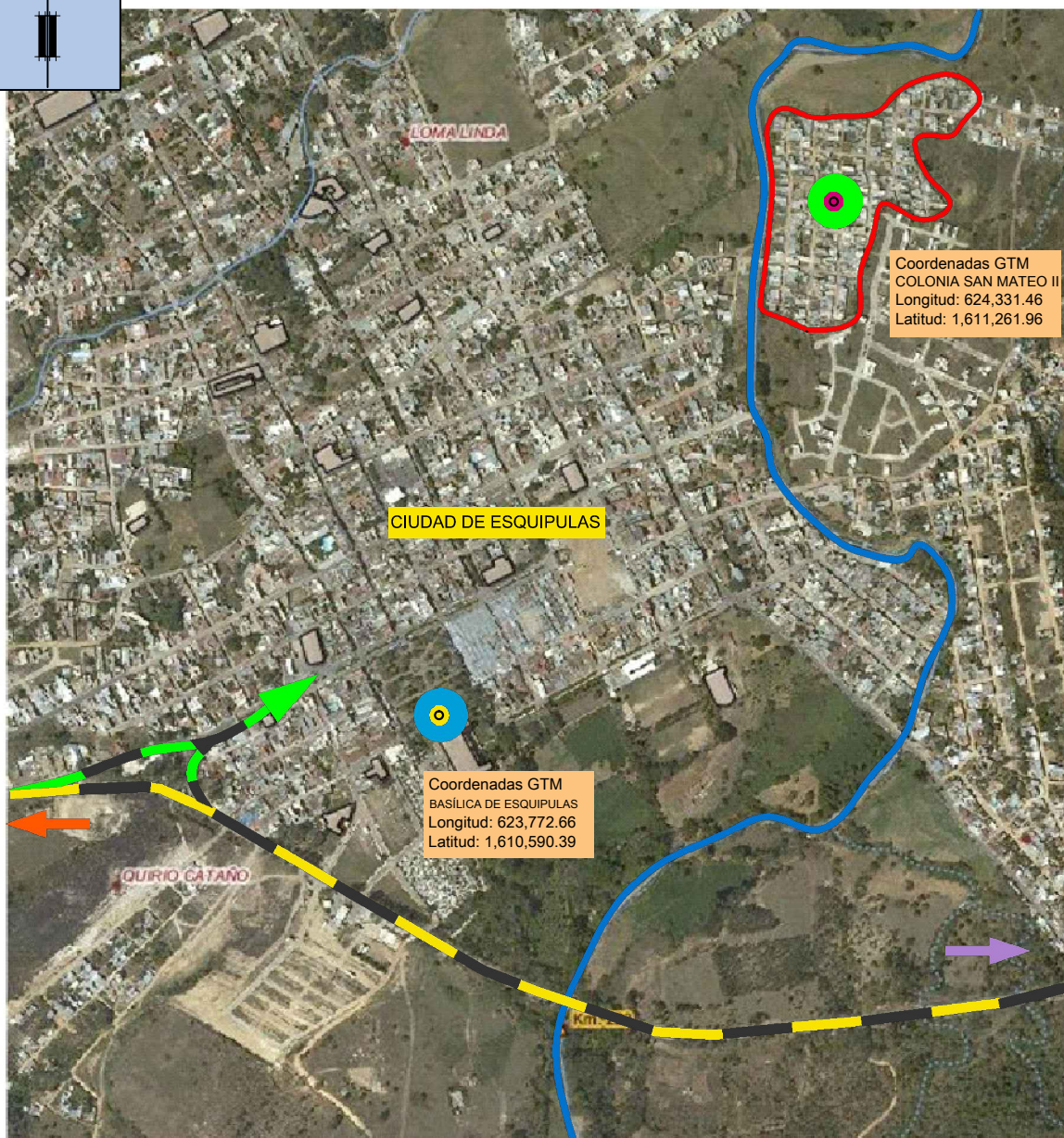
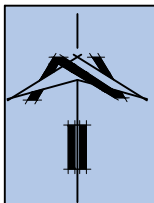
DISEÑO HIDRÁULICO, SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, ESQUIPULAS, CHIQUIMULA

De PV No.	A PV No.	Longitud (m)	Cota del Terreno (m)		Pendiente Terreno	Longitud acumulada (m)	No. De viviendas a servir	No. De habitantes		Fqmax (qi)	Caudal de diseño Qd (L/s)				Tubo PVC Diámetro (Pulg)	Pendiente Tubo (%)	Velocidad a sección llena (m/s)	Q a sección llena (L/s)	Actual			Futuro			Velocidad (m/s)		Tirante Hidráulico		Cotas Invert	
			Inicio	Final				Actual	Futuro		Acumulado	Actual	Acumulado	Futuro					Qd/Q	v/V	d/D	Qd/Q	v/V	d/D	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Inicio	Final
1	2	60.69	102.66	101.86	1.32%	60.69	19	94	171	0.016999	0.000000	1.59790	0.000000	2.90683	6.00	1.32	1.4454	26.365500	0.060606	0.551845	0.167000	0.110251	0.657560	0.224000	0.80	0.95	0.17	0.22	101.51	100.71
2	3	54.87	101.86	101.72	0.26%	115.56	15	74	135	0.016999	1.597900	2.86	2.906829	5.20	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.175993	0.751488	0.283000	0.320558	0.889842	0.389000	0.67	0.79	0.28	0.39	100.69	100.42
13	14	85.14	103.70	102.39	1.54%	85.14	24	118	214	0.016999	0.000000	2.01	0.000000	3.64	6.00	0.61	0.9826	17.923265	0.111915	0.659286	0.225000	0.202964	0.783161	0.305000	0.65	0.77	0.23	0.31	101.76	101.24
14	21	57.05	102.39	102.34	0.09%	142.19	14	69	126	0.016999	2.005882	3.18	3.637786	5.78	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.195897	0.776156	0.300000	0.356176	0.915317	0.412000	0.69	0.81	0.30	0.41	101.22	100.93
15	16	65.94	103.93	103.36	0.86%	65.94	18	89	162	0.016999	0.000000	1.51	0.000000	2.75	6.00	0.86	1.1667	21.281465	0.071091	0.577464	0.180000	0.129401	0.687704	0.242000	0.67	0.80	0.18	0.24	102.78	102.21
16	20	57.26	103.36	102.73	1.10%	123.2	14	69	126	0.016999	1.512911	2.69	2.753838	4.90	6.00	1.07	1.3013	23.738007	0.113145	0.662738	0.227000	0.206239	0.787367	0.308000	0.86	1.02	0.23	0.31	102.19	101.58
17	18	46.82	103.94	103.84	0.21%	46.82	5	25	46	0.016999	0.000000	0.42	0.000000	0.78	6.00	0.56	0.9414	17.173012	0.024747	0.421146	0.108000	0.045534	0.506117	0.145000	0.40	0.48	0.11	0.15	102.79	102.53
18	19	58.85	103.84	103.71	0.22%	105.67	7	35	64	0.016999	0.424975	1.02	0.781954	1.87	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.062855	0.555851	0.169000	0.115233	0.666190	0.229000	0.49	0.59	0.17	0.23	102.51	102.22
22	19	60.22	105.17	103.71	2.42%	60.22	15	74	135	0.016999	0.000000	1.26	0.000000	2.29	6.00	0.88	1.1801	21.527506	0.058433	0.545792	0.164000	0.106602	0.650819	0.220000	0.64	0.77	0.16	0.22	102.78	102.25
23	20	56.16	106.33	102.73	6.41%	56.16	16	79	144	0.016999	0.000000	1.34	0.000000	2.45	6.00	1.96	1.7612	32.127751	0.041799	0.493076	0.139000	0.076191	0.588966	0.186000	0.87	1.04	0.14	0.19	102.68	101.58
24	21	51.81	105.18	102.34	5.48%	51.81	15	74	135	0.016999	0.000000	1.26	0.000000	2.29	6.00	5.18	2.8632	52.229650	0.024085	0.418683	0.107000	0.043938	0.499629	0.142000	1.20	1.43	0.11	0.14	103.80	101.12
19	20	38.83	103.71	102.73	2.52%	38.83	0	0	0	0.016999	2.277866	2.28	4.164755	4.17	6.00	1.60	1.5913	29.027668	0.078492	0.594644	0.189000	0.143495	0.708665	0.255000	0.95	1.13	0.19	0.26	102.20	101.58
20	21	39.30	102.73	102.34	0.99%	78.13	0	0	0	0.016999	6.307191	6.31	11.508885	11.51	6.00	0.94	1.2197	22.249284	0.283504	0.860266	0.364000	0.517295	1.008426	0.510000	1.05	1.23	0.36	0.51	101.56	101.19
21	3	38.17	102.34	101.72	1.62%	116.30	0	0	0	0.016999	10.744499	10.75	19.583979	19.58	6.00	1.17	1.3608	24.822481	0.432876	0.963074	0.459000	0.788984	1.107829	0.669000	1.31	1.51	0.46	0.67	100.91	100.46
3	4	46.81	101.72	102.67	-2.03%	163.11	15	74	135	0.016999	13.600877	14.86	24.786225	27.08	8.00	0.50	1.0776	34.946796	0.425184	0.959210	0.455000	0.774923	1.104377	0.661000	1.03	1.19	0.46	0.66	100.40	100.17
4	5	66.28	102.67	99.75	4.41%	229.39	16	79	144	0.016999	14.858803	16.20	27.081090	29.53	8.00	2.41	2.3659	76.723912	0.211169	0.791539	0.311000	0.384873	0.934299	0.430000	1.87	2.21	0.31	0.43	100.15	98.55
25	5	33.38	99.23	99.75	-1.56%	33.38	11	55	100	0.016999	0.000000	0.93	0.000000	1.70	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.057617	0.541725	0.162000	0.104758	0.647275	0.218000	0.48	0.58	0.16	0.22	98.08	97.91
24	6	59.45	105.18	99.72	9.18%	59.45	16	79	144	0.016999	0.000000	1.34	0.000000	2.45	6.00	6.00	3.0815	56.211854	0.023890	0.416210	0.106000	0.043547	0.499629	0.142000	1.28	1.54	0.11	0.14	102.00	98.43
26	6	39.30	97.81	99.72	-4.86%	39.3	12	59	107	0.016999	0.000000	1.00	0.000000	1.82	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.061807	0.553851	0.168000	0.112091	0.661012	0.226000	0.49	0.59	0.17	0.23	96.66	96.46
23	7	55.45	106.33	100.35	10.78%	55.45	14	69	126	0.016999	0.000000	1.17	0.000000	2.14	6.00	6.00	3.0815	56.211854	0.020866	0.398611	0.099000	0.038104	0.479770	0.133000	1.23	1.48	0.10	0.13	102.53	99.20
27	7	44.03	98.21	100.35	-4.86%	44.03	12	59	107	0.016999	0.000000	1.00	0.000000	1.82	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.061807	0.553851	0.168000	0.112091	0.661012	0.226000	0.49	0.59	0.17	0.23	97.06	96.84
22	8	51.56	105.17	100.69	8.69%	51.56	12	59	107	0.016999	0.000000	1.00	0.000000	1.82	6.00	6.00	3.0815	56.211854	0.017842	0.380479	0.092000	0.032358	0.456967	0.123000	1.17	1.41	0.10	0.12	102.63	99.54
28	8	43.54	98.58	100.69	-4.85%	43.54	16	79	144	0.016999	0.000000	1.34	0.000000	2.45	6.00	0.50	0.8896	16.226973	0.082759	0.604001	0.194000	0.150851	0.719635	0.262000	0.54	0.64	0.19	0.26	97.43	97.21
29	9	52.89	102.25	100.54	3.23%	52.89	18	89	162	0.016999	0.000000	1.51	0.000000	2.75	6.00	3.23	2.2610	41.243305	0.036683	0.473014	0.130000	0.066771	0.567726	0.175000	1.07	1.28	0.13	0.18	101.10	99.39
30	31	78.00	101.77	101.31	0.59%	78	18	89	162	0.016999	0.000000	1.51	0.000000	2.75	6.00	0.59	0.9663	17.626987	0.085829	0.611394	0.198000	0.156229	0.727415	0.267000	0.59	0.70	0.20	0.27	100.62	100.16
31	9	30.30	101.31	100.54	2.54%	108.30	1	5	10	0.016999	1.512911	1.60	2.753838	2.92	6.00	2.48	1.9812	36.139160	0.044215	0.501799	0.143000	0.080905	0.600274	0.192000	0.99	1.19	0.14	0.19	100.14	99.39
32	11	28.51	99.00	97.86	4.00%	28.51	8	40	73	0.016999	0.000000	0.68	0.000000	1.24	6.00	3.27	2.2749	41.497901	0.016385	0.372532	0.089000	0.029903	0.445252	0.118000	0.85	1.01	0.10	0.12	97.64	96.71
33	11	43.20	99.47	97.86	3.73%	43.2	7	35	64	0.016999	0.000000	0.59	0.000000	1.09	6.00	2.51	1.9931	36.357091	0.016364	0.372532	0.089000	0.029924	0.445252	0.118000	0.74	0.89	0.10	0.12	97.79	96.71
34	12	56.65	99.31	96.73	4.55%	56.65	13	64	116	0.016999	0.000000	1.09	0.000000	1.97	6.00	4.60	2.6982	49.218822	0.022104	0.406216	0.102000	0.040064	0.486457	0.136000	1.10	1.31	0.10	0.14	97.84	95.23
5	6	37.33	99.75	99.72	0.08%	37.33	0	0	0	0.016999	17.136669	17.14	31.228846	31.23	8.00	0.64	1.2192	39.537777	0.433439	0.964040	0.460000	0.789862	1.108251	0.670000	1.18	1.35	0.46	0.67	97.89	

APÉNDICE G

Planos constructivos, proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia San Mateo II, Esquipulas, Chiquimula

- G-1. Plano de localización
- G-2. Plano de ubicación
- G-3. Planta topográfica
- G-4. Plano de curvas de nivel
- G-5. Red general del alcantarillado
- G-6. Perfiles longitudinales 1
- G-7. Perfiles longitudinales 2
- G-8. Perfiles longitudinales 3
- G-9. Perfiles longitudinales 4
- G-10. Perfiles longitudinales 5
- G-11. Perfiles longitudinales 6
- G-12. Detalles de conexión domiciliar
- G-13. Detalles de pozos de visita 1
- G-14. Detalles de pozos de visita 2
- G-15. Detalles de pozos de visita 3



● BASÍLICA DE ESQUIPULAS

● COLONIA SAN MATEO II

DELIMITACIÓN DE LA COLONIA SAN MATEO II

CARRETERA CA-10

RIO CHACALAPA

ENTRADA PRINCIPAL
A LA CIUDAD DE ESQUIPULAS

ESCALA

0 50 150m

HACIA MUNICIPIO DE
QUEZALTEPEQUE

HACIA REPÚBLICA DE
HONDURAS



PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

DEPARTAMENTO: CHIQUIMULA

MUNICIPIO: ESQUIPULAS

UBICACIÓN EXACTA: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE ESQUIPULAS

CONTENIDO DEL PLANO:

PLANO DE LOCALIZACIÓN

ESCALA: NUMÉRICA

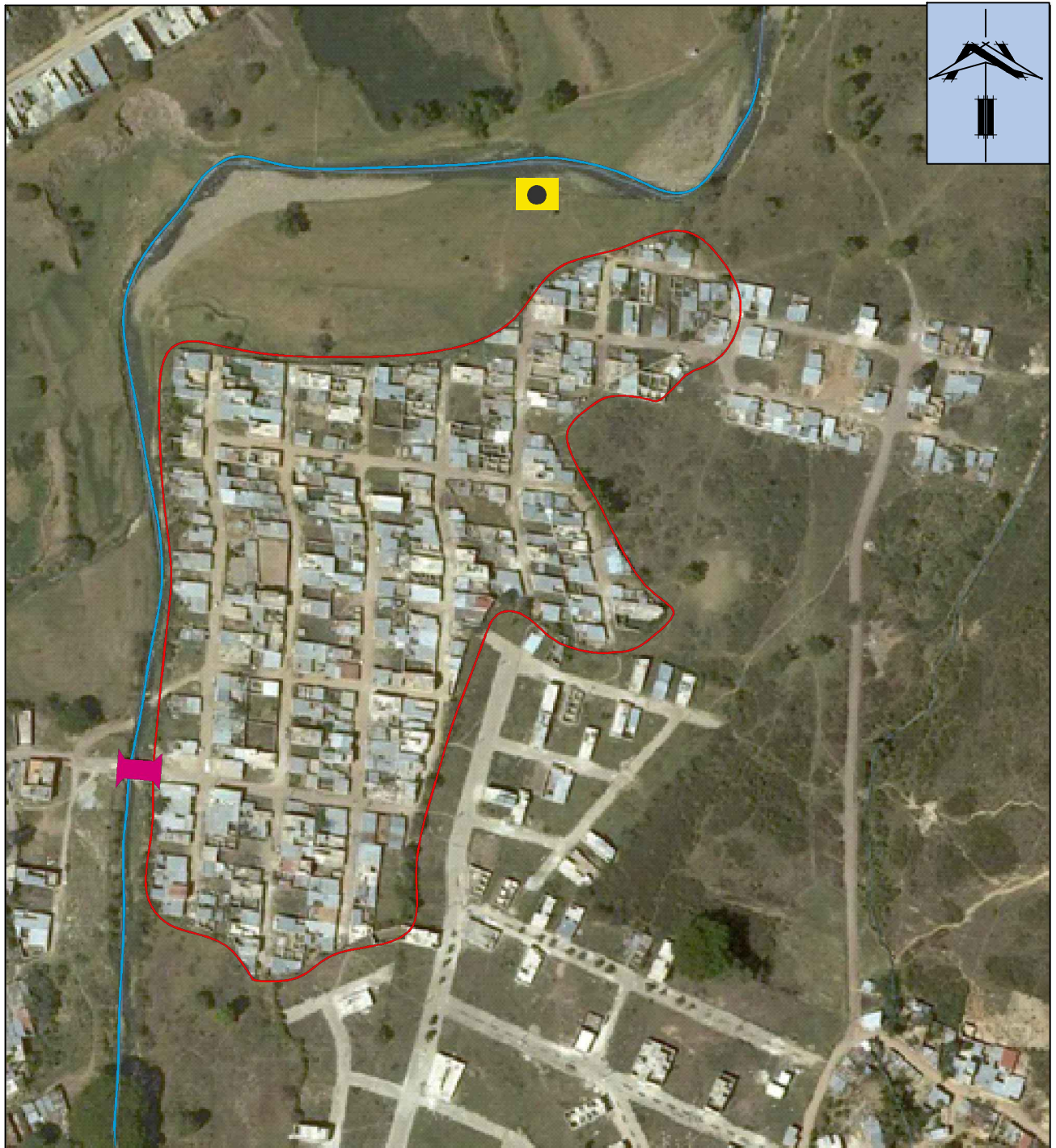
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CÁLCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

HOJA:

1/15



PUENTE



DELIMITACIÓN DE LA
COLONIA SAN MATEO II

ESCALA

0 15 60m



LUGAR PROPUESTO PARA
PLANTA DE TRATAMIENTO



RIO CHACALAPA



PROYECTO: **SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

DEPARTAMENTO: **CHIQUIMULA**

MUNICIPIO: **ESQUIPULAS**

UBICACIÓN EXACTA: **COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE ESQUIPULAS**

HOJA:

CONTENIDO DEL PLANO:

PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA:

NUMÉRICA

DISEÑO: **Geraldo I. Pineda R.**

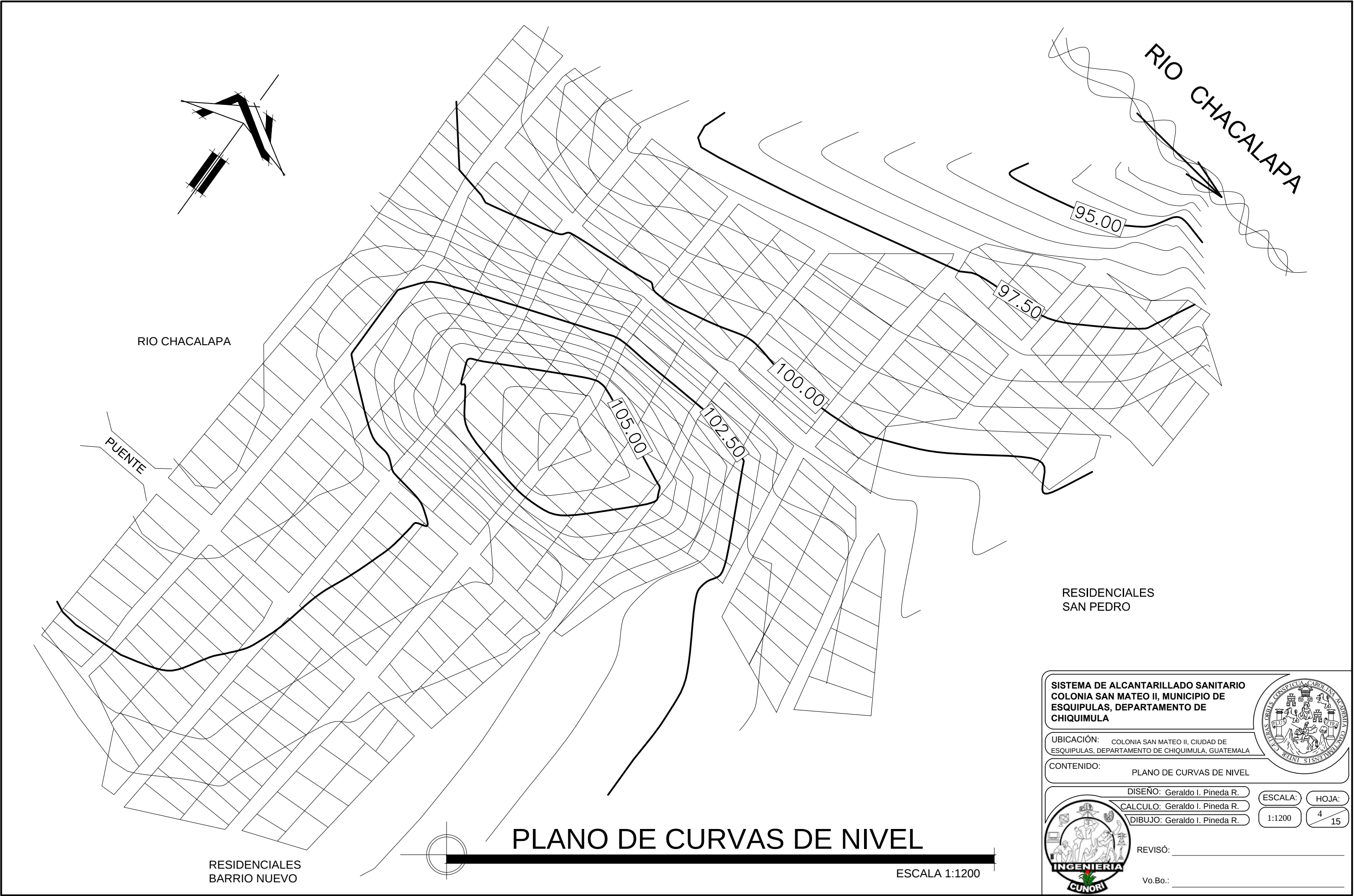
CÁLCULO: **Geraldo I. Pineda R.**

DIBUJO: **Geraldo I. Pineda R.**

2
15

EST.	P.O.	Dist (m)	AZIMUT	COTA
E-0				100.00
	1	51.00	0° 23' 25"	99.23
	2	30.80	358° 22' 55"	99.61
	3	11.10	349° 46' 25"	99.83
	4	9.00	178° 47' 55"	100.28
	5	28.98	173° 38' 45"	102.02
	E-1	49.54	178° 5' 5"	102.49
E-1	6	8.10	171° 4' 55"	102.67
	7	28.00	180° 16' 35"	102.49
	8	48.00	181° 48' 15"	101.74
	9	68.70	181° 59' 50"	101.69
	10	88.50	182° 9' 50"	101.72
	11	109.30	182° 40' 25"	101.85
	12	129.50	182° 55' 10"	102.13
	13	150.00	183° 3' 25"	102.29
	14	170.00	183° 21' 45"	102.66
	E-2	53.23	183° 44' 10"	101.69
E-2	15	19.73	91° 38' 15"	101.77
	E-3	38.39	101° 2' 25"	102.13
E-3	16	17.11	291° 43' 0"	101.82
	17	4.22	67° 49' 55"	102.24
	18	137.87	183° 45' 40"	103.70
	19	117.67	183° 42' 20"	103.22
	20	98.74	183° 18' 40"	102.64
	21	78.93	182° 50' 55"	102.55
	22	59.39	181° 42' 55"	102.42
	23	38.84	180° 1' 15"	102.35
	24	19.56	175° 25' 50"	102.25
	25	4.20	141° 13' 50"	102.22
	26	14.88	9° 2' 55"	102.80
	27	34.91	5° 11' 5"	104.71
	E-4	54.74	2° 54' 55"	105.22
E-4	28	2.30	56° 20' 45"	105.18
	29	21.30	5° 36' 15"	103.09
	30	40.34	356° 55' 20"	100.63
	31	60.27	357° 48' 10"	99.72
	32	80.39	358° 45' 20"	98.24
	33	99.38	0° 10' 50"	97.81
	E-5	57.14	359° 23' 40"	99.99
E-5	E-6	33.30	90° 18' 0"	100.17
E-6	34	42.00	7° 22' 25"	98.21
	35	21.60	10° 12' 10"	98.85
	36	4.12	69° 26' 35"	99.88
	37	18.47	173° 37' 40"	102.30
	38	38.33	171° 24' 25"	105.27
	39	57.83	172° 25' 45"	106.40
	E-7	58.33	170° 24' 35"	106.25
E-7	40	20.16	188° 24' 55"	105.92
	41	40.77	185° 58' 40"	103.05
	42	56.46	185° 44' 15"	102.72
	E-8	60.59	187° 34' 35"	102.85
E-8	43	53.00	180° 57' 35"	103.36
	44	118.87	183° 40' 0"	103.93
	E-9	41.50	90° 52' 20"	103.51
E-9	45	105.48	190° 44' 35"	103.94
	46	58.70	192° 32' 0"	103.84
	47	25.80	0° 45' 15"	103.65
	48	60.79	0° 52' 55"	105.17
	E-10	62.66	359° 43' 0"	105.22
E-10	49	30.08	353° 35' 25"	102.86
	E-11	49.45	356° 26' 45"	100.64
E-11	50	43.50	1° 49' 35"	98.58
	E-12	34.59	103° 39' 5"	101.04
E-12	51	52.51	168° 31' 55"	102.26
	E-13	39.33	92° 10' 10"	101.31
	E-14	79.81	6° 26' 40"	97.70
E-13	52	77.99	169° 8' 0"	101.77
E-14	55	52.49	184° 5' 30"	99.29
	E-15	37.39	96° 33' 20"	97.86
E-15	56	28.49	185° 38' 50"	99.04
	57	42.98	98° 16' 5"	99.47
	E-16	36.35	2° 17' 15"	96.73
E-16	58	28.17	99° 56' 10"	97.40
	59	56.70	97° 10' 15"	99.31
	60	33.77	24° 32' 45"	95.32
	61	62.94	20° 59' 55"	92.83





**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA**

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANO DE CURVAS DE NIVEL

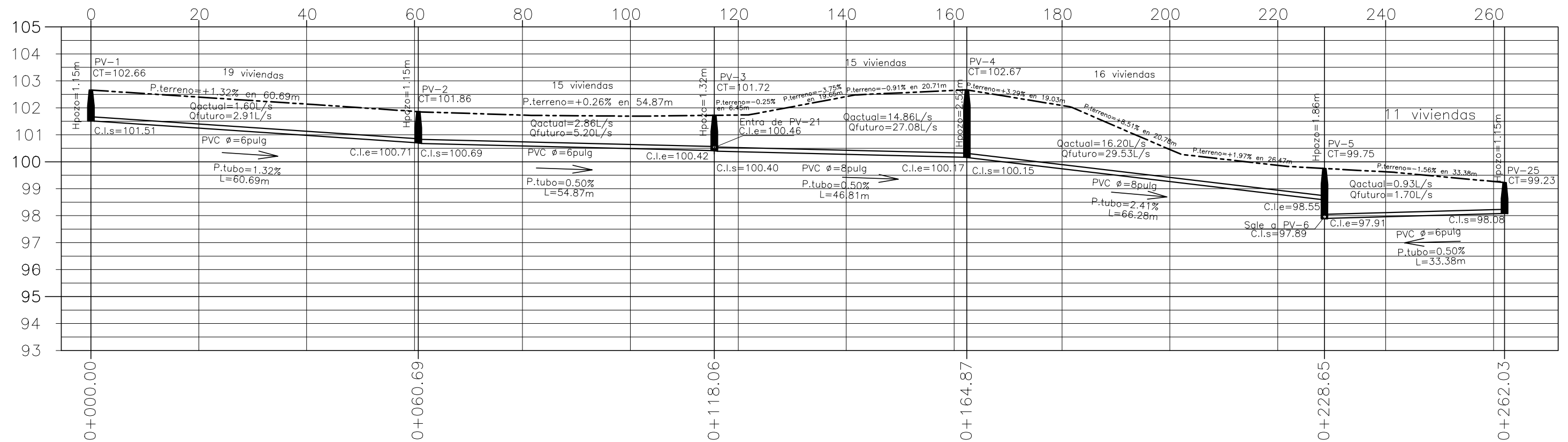
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



ESCALA: 1:1200
HOJA: 4 15

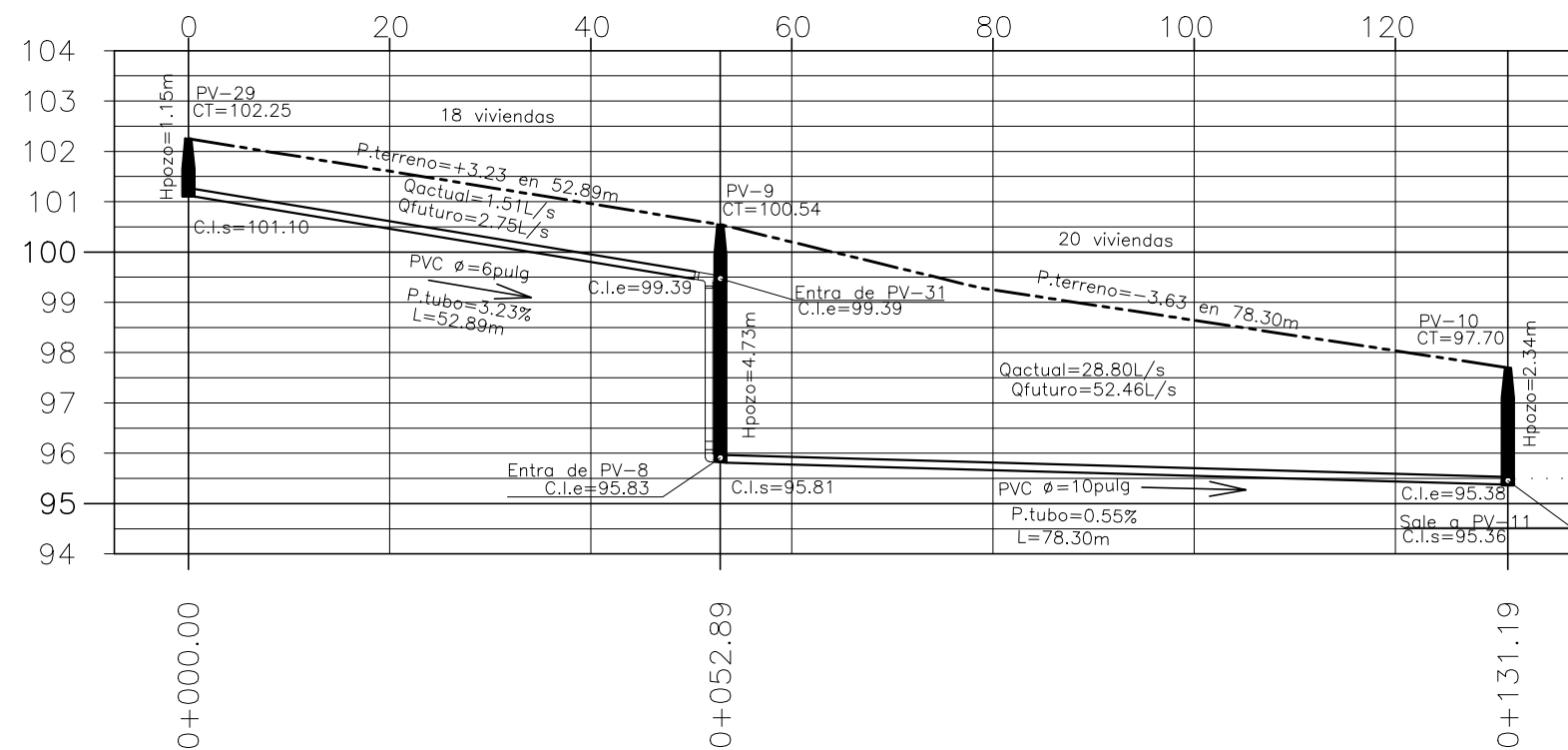
REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



PERFIL LONGITUDINAL PV-1 A PV-25

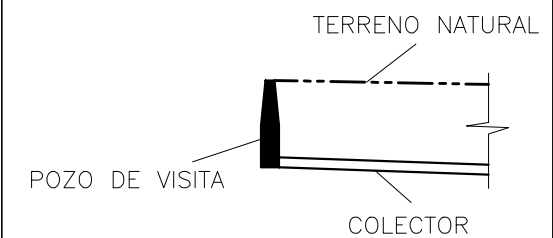
ESCALA H. 1:750
ESCALA V. 1:150



PERFIL LONGITUDINAL PV-29 A PV-10

ESCALA H. 1:750
ESCALA V. 1:150

SIMBOLOGIA



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES 1

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

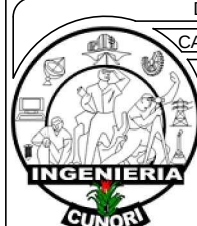
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

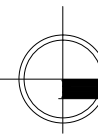
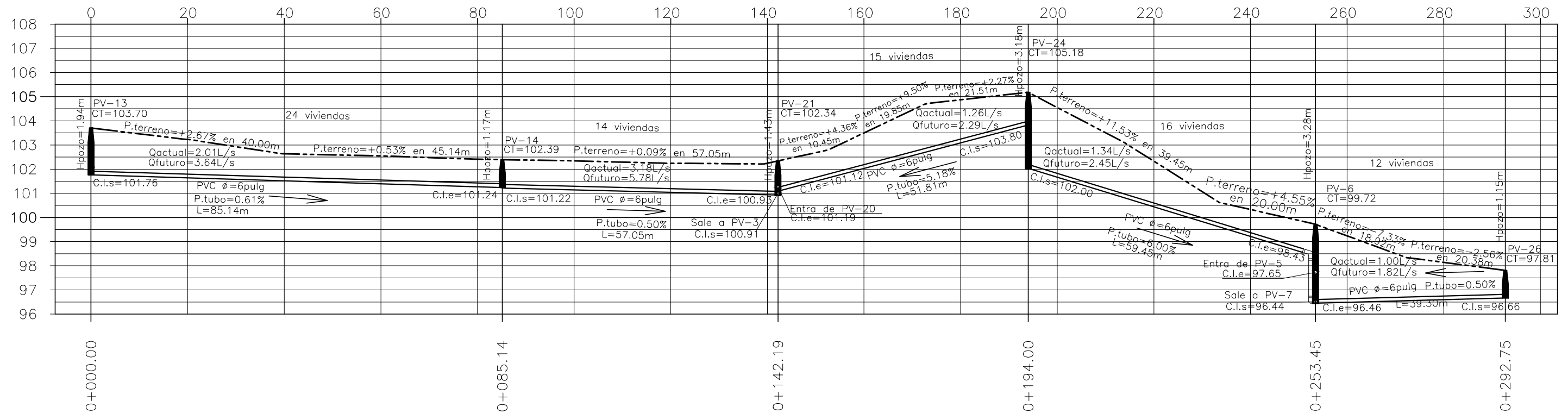
ESCALA: HOJA:

INDICADA 6 15

REVISÓ: _____

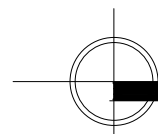
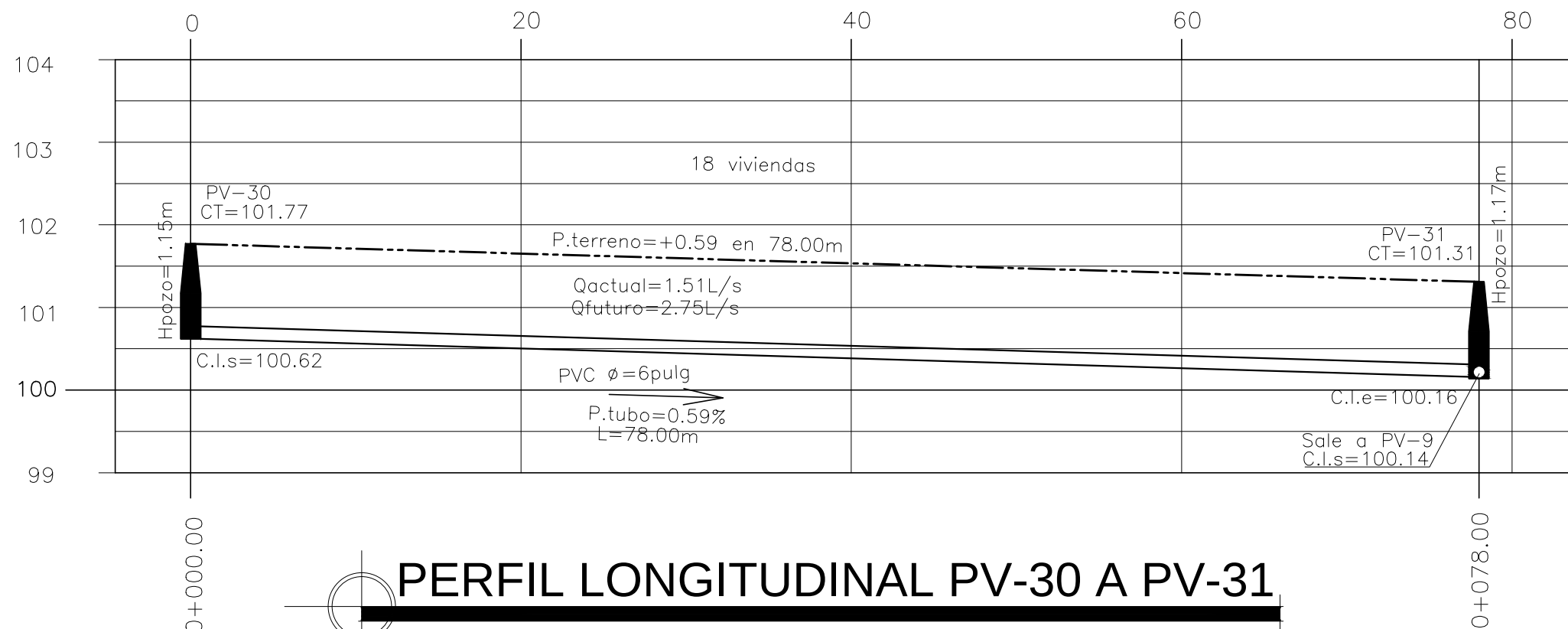
Vo.Bo.: _____





PERFIL LONGITUDINAL PV-13 A PV-26

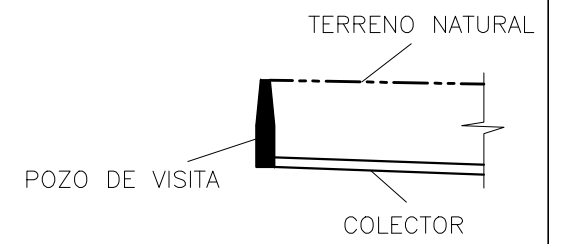
ESCALA H. 1:850
ESCALA V. 1:170



PERFIL LONGITUDINAL PV-30 A PV-31

ESCALA H. 1:350
ESCALA V. 1:70

SIMBOLOGIA

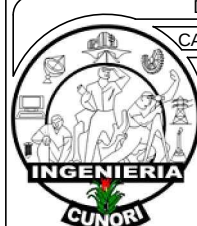


SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES 2

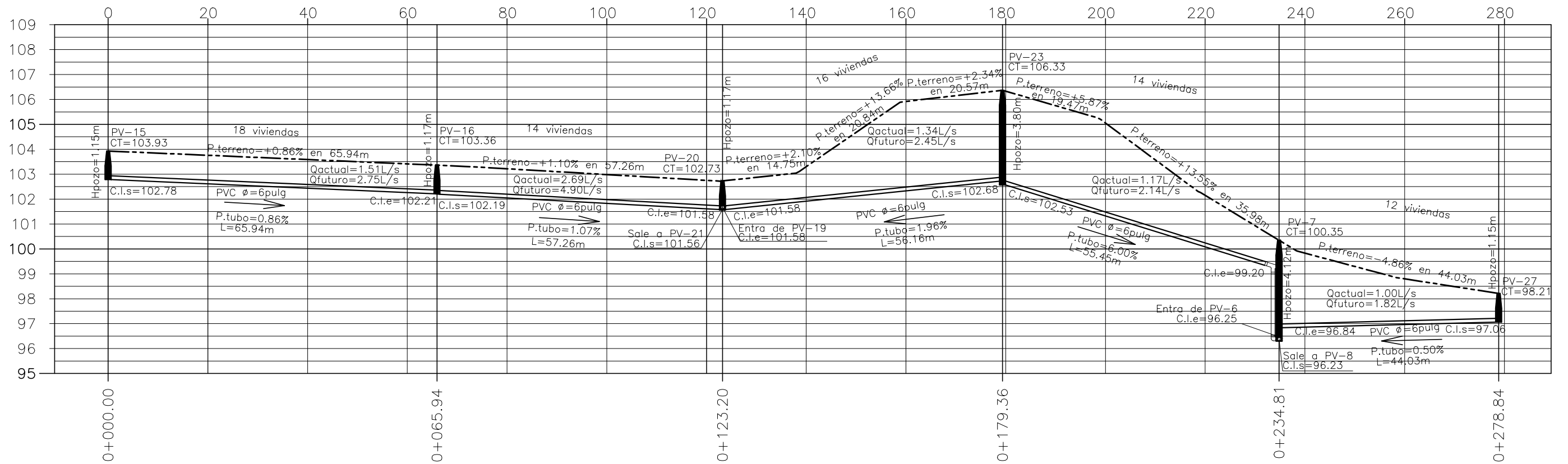
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

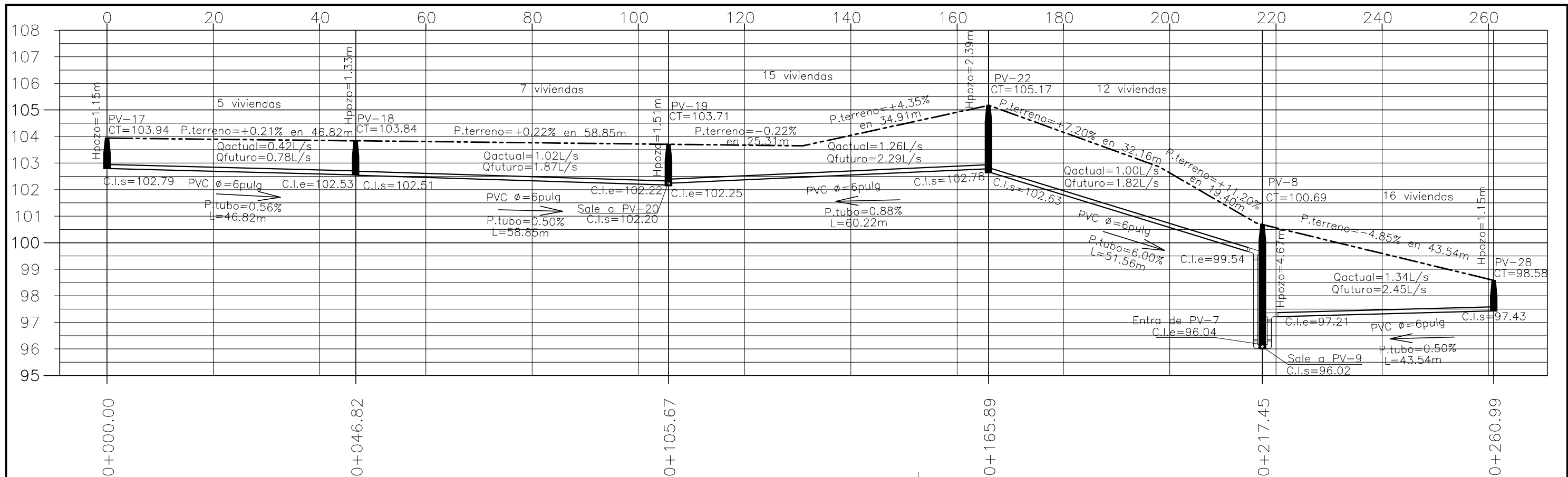


ESCALA: HOJA:
INDICADA 7 15

REVISÓ: _____

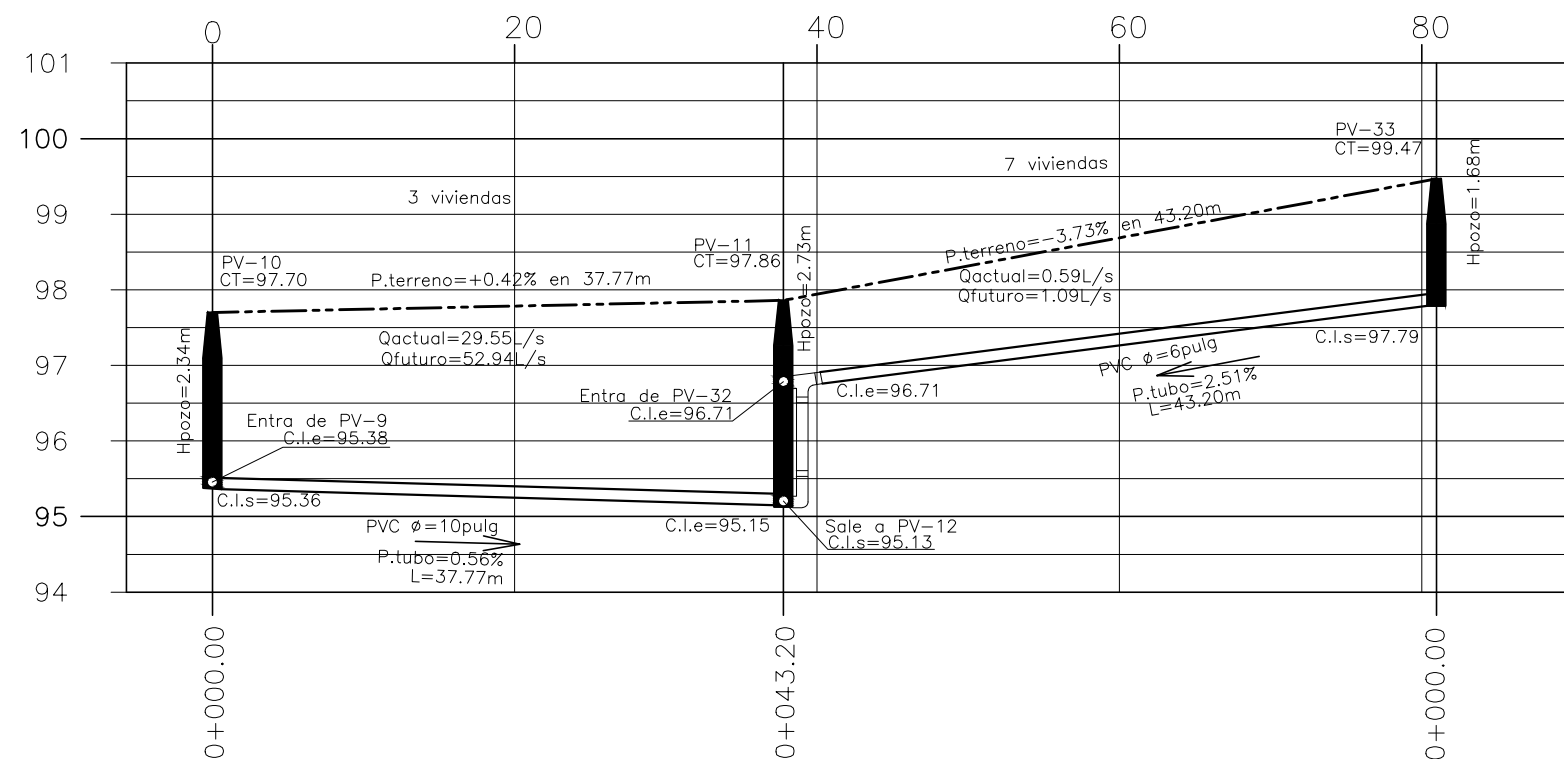
Vo.Bo.: _____





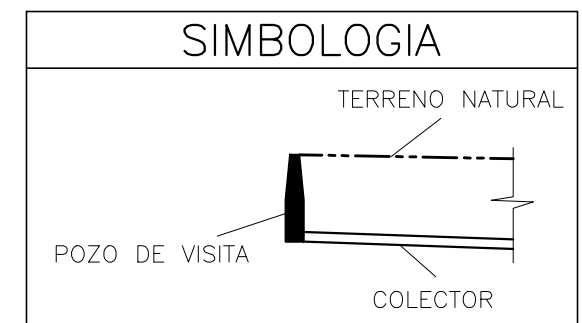
PERFIL LONGITUDINAL PV-17 A PV-28

ESCALA H. 1:850
ESCALA V. 1:170



PERFIL LONGITUDINAL PV-10 A PV-33

ESCALA H. 1:500
ESCALA V. 1:100



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES 4

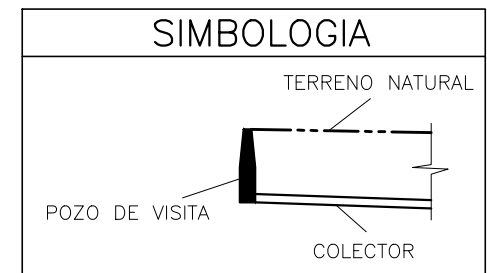
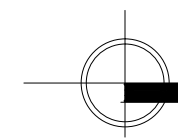
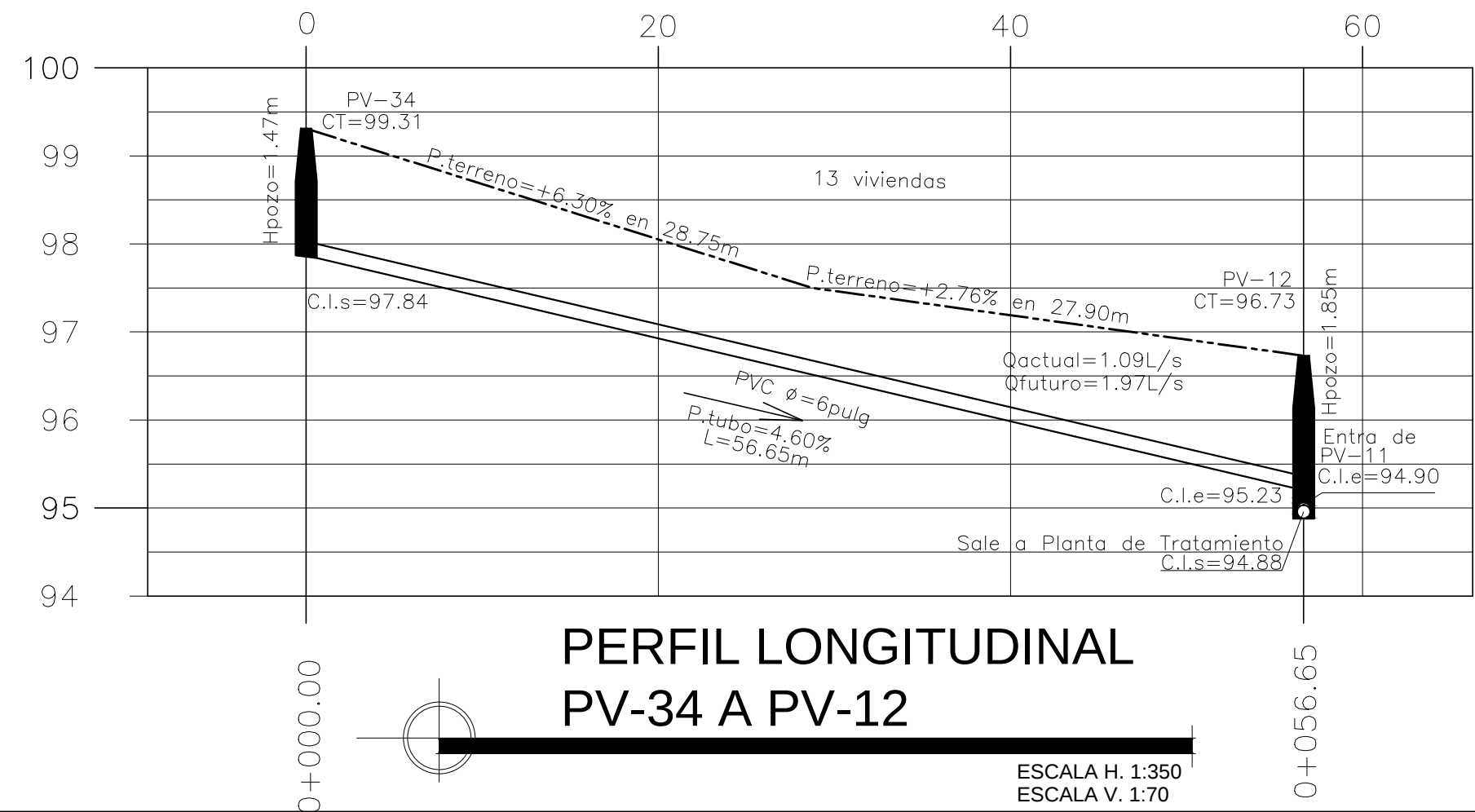
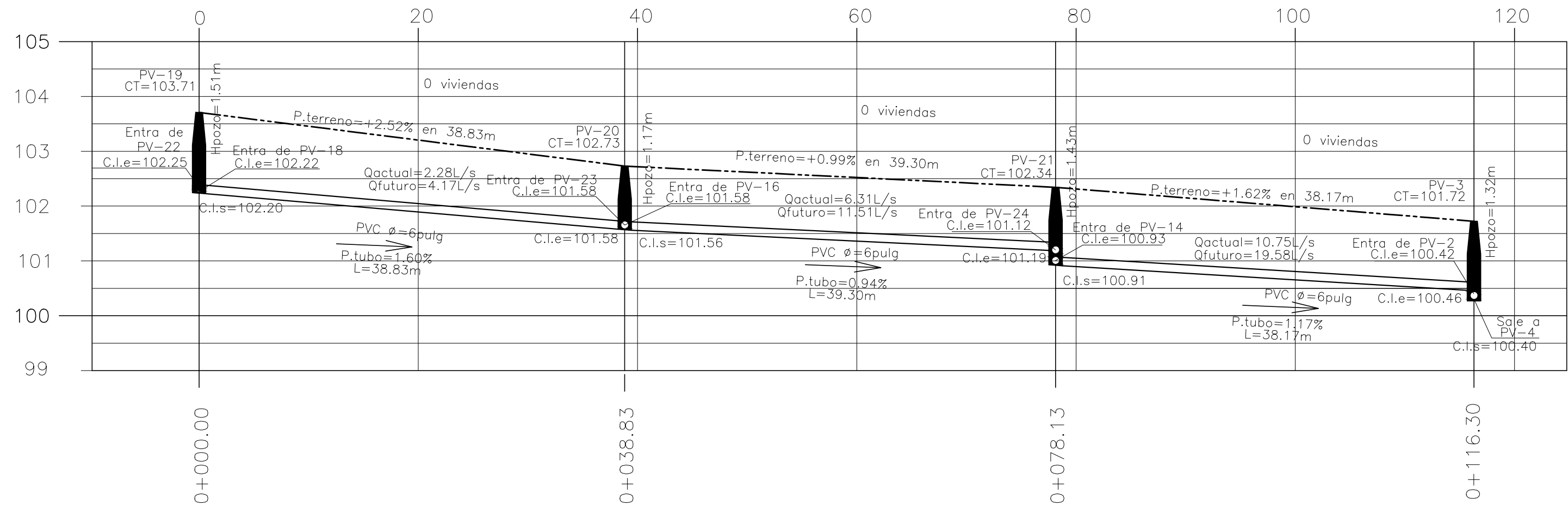
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.



ESCALA: HOJA:
INDICADA 9 15

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____



**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA**

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

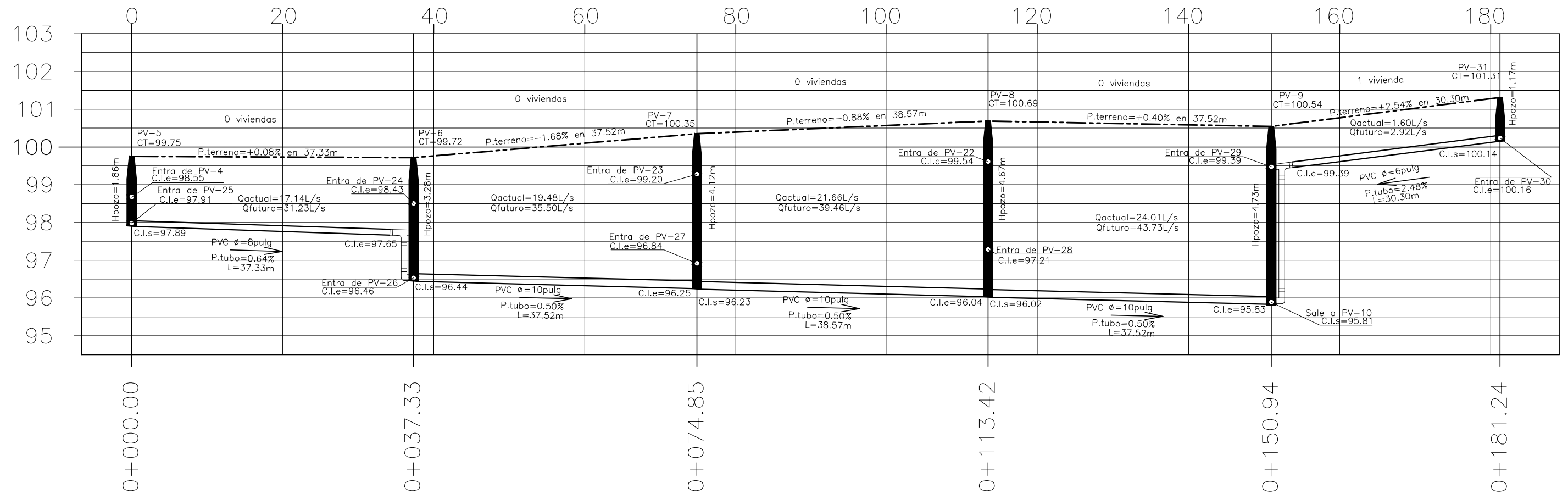
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES 5

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____
Vo.Bo.: _____

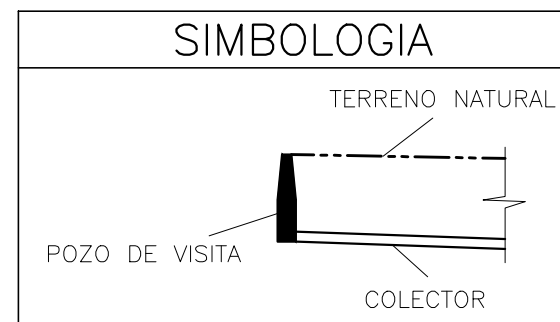
ESCALA: HOJA:
INDICADA 10 15

INGENIERIA
CUNORI



PERFIL LONGITUDINAL PV-5 A PV-31

ESCALA H. 1:550
ESCALA V. 1:110



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES 6

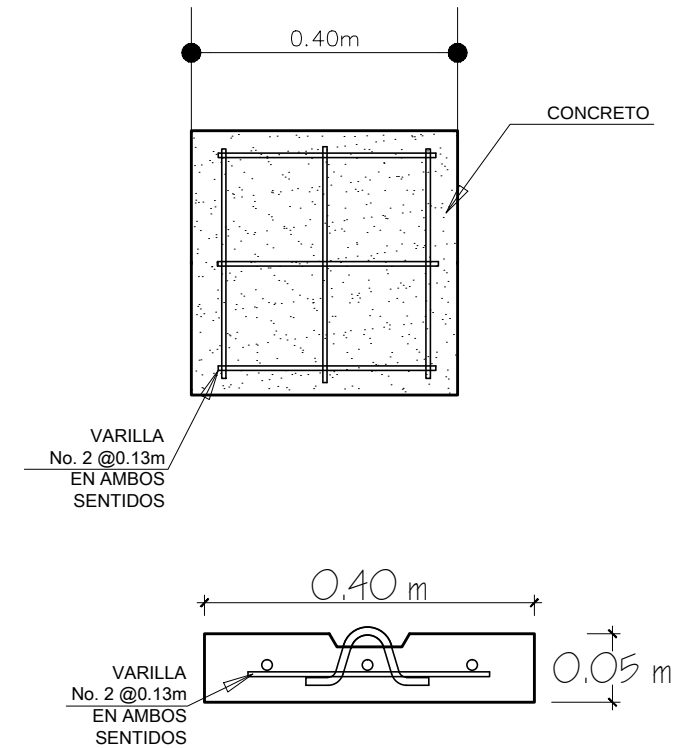
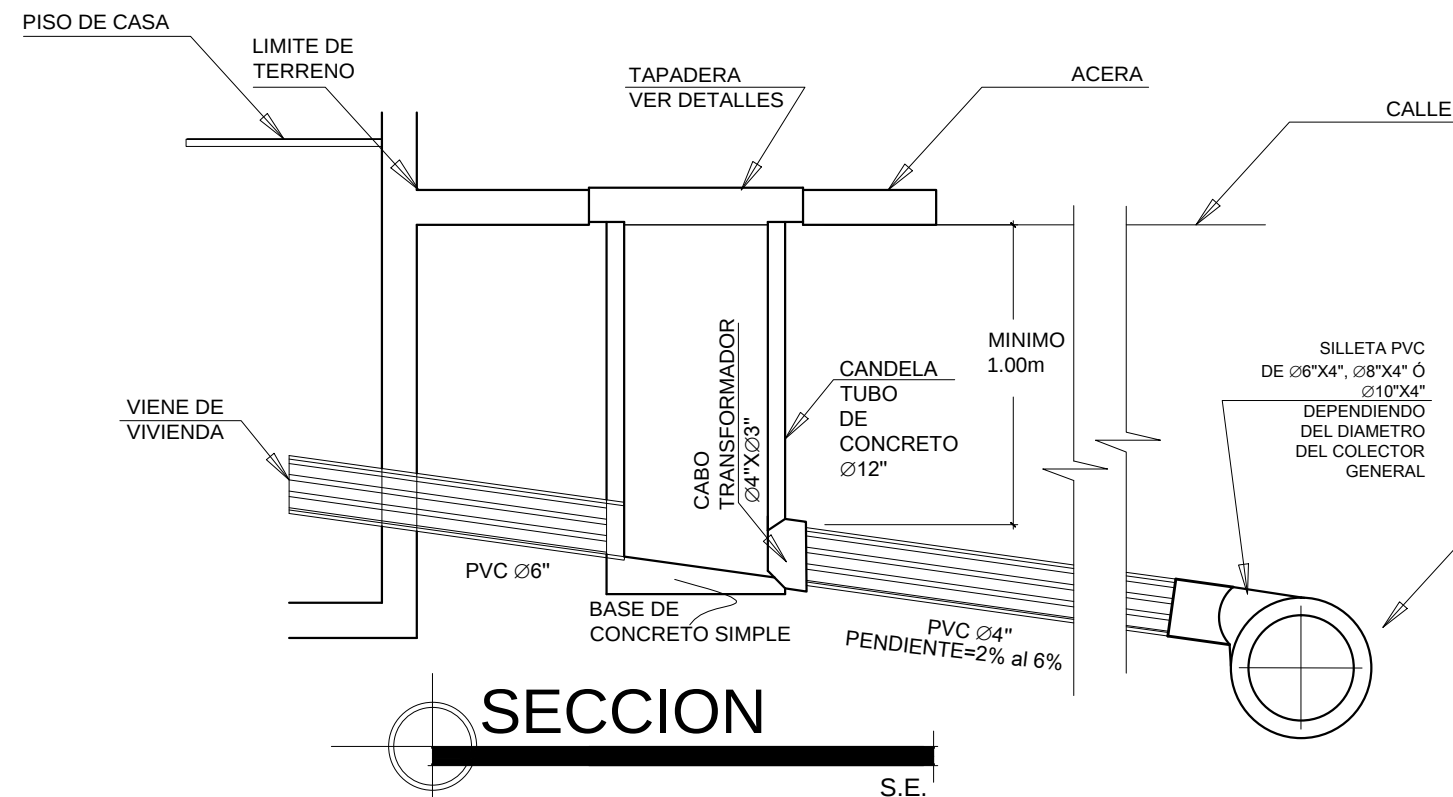
DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____
Vo.Bo.: _____

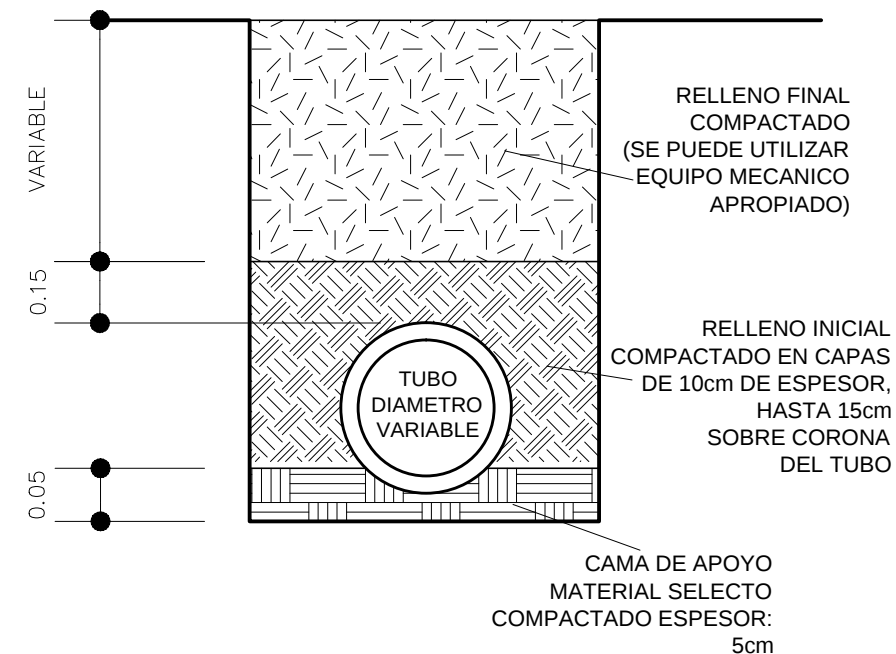
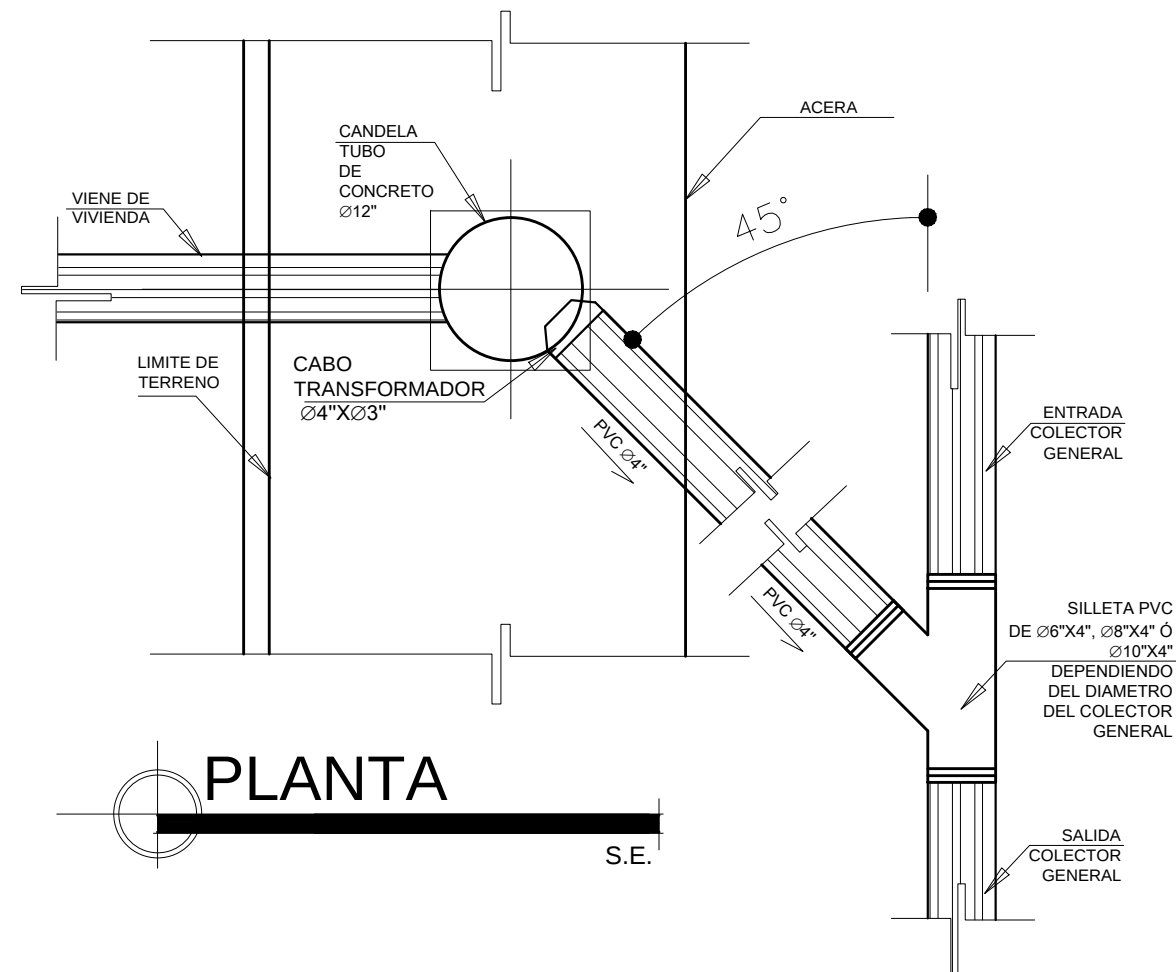
ESCALA: HOJA: 11 15
INDICADA

INGENIERIA
CUNORI

DETALLE DE CONEXION DOMICILIAR TIPICA



DETALLES DE TAPADERA CANDELA



DETALLES DE RELLENO ZANJA TIPICA



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE CONEXIÓN DOMICILIAR

DISEÑO: Gerardo I. Pineda R. ESCALA: HOJA: 12 15

CALCULO: Gerardo I. Pineda R. INDICADA

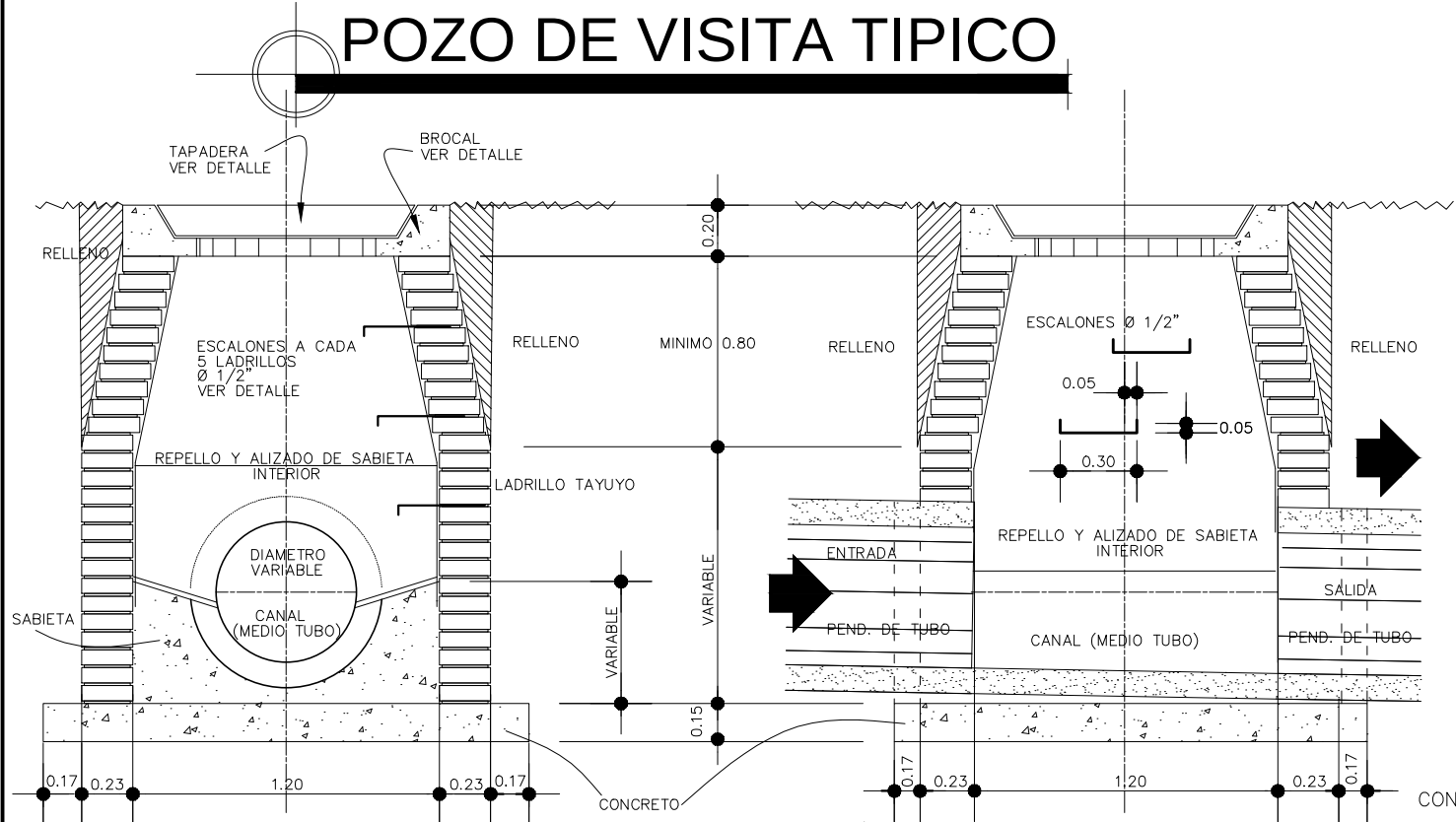
DIBUJO: Gerardo I. Pineda R.

REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

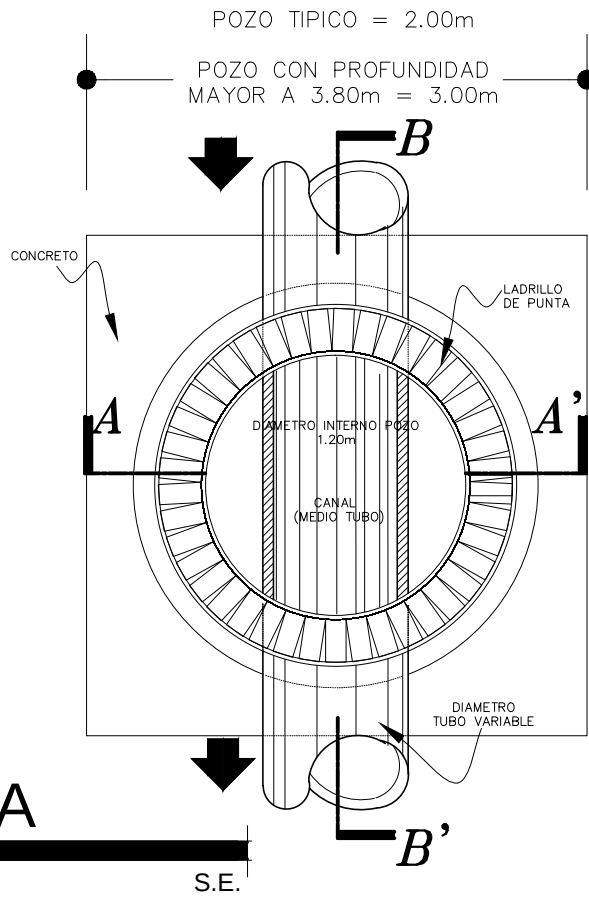
INGENIERIA CUNORI

POZO DE VISITA TIPICO



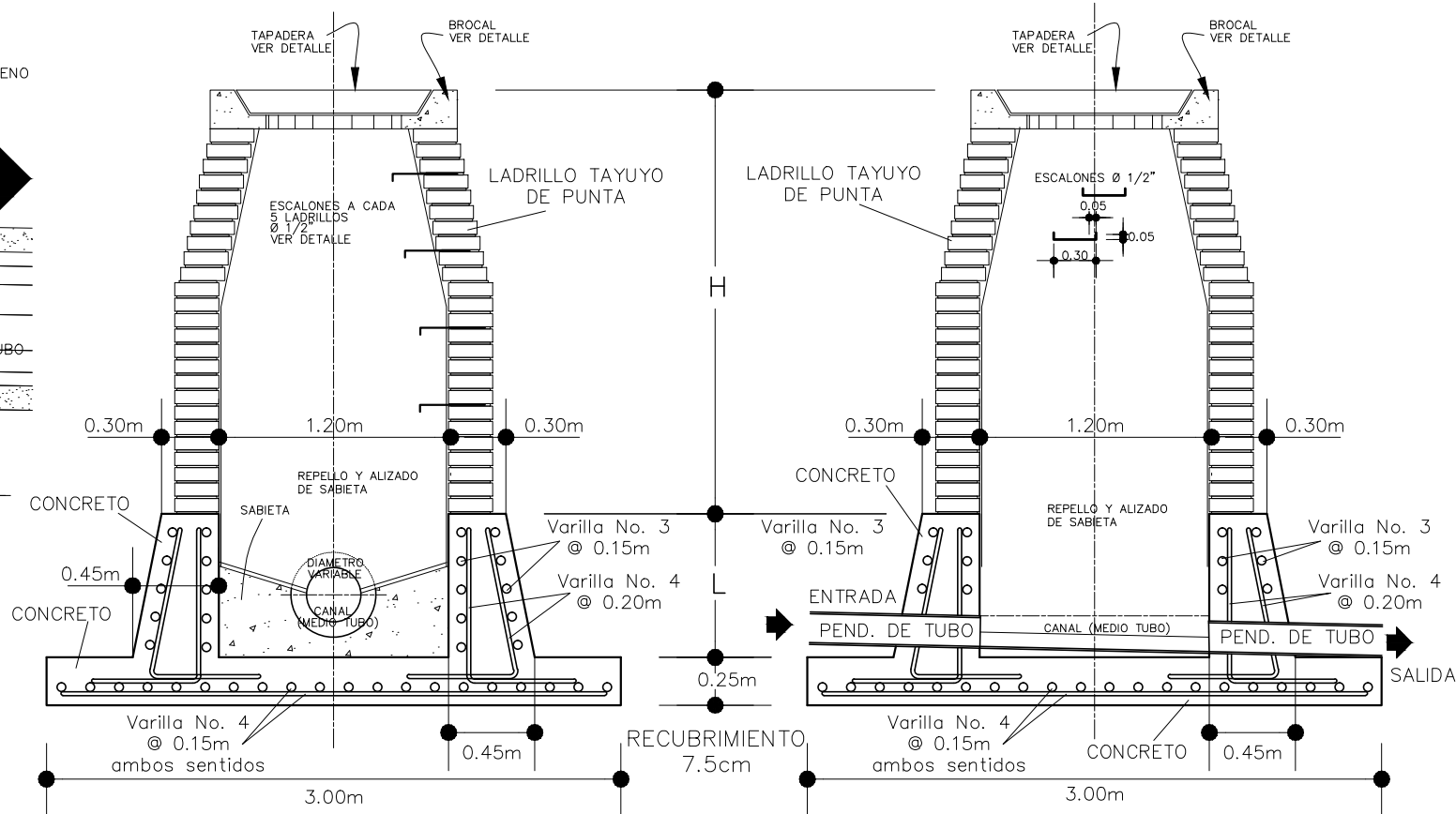
SECCION A-A'

SECCION B-B'



PLANTA

POZO DE VISITA MAYOR DE 3.80m DE PROFUNDIDAD



SECCION A-A'

SECCION B-B'

DIMENSIONES POZO DE VISITA MAYOR DE 3.80m DE PROFUNDIDAD

POZO	H (m)	L (m)	PROFUNDIDAD TOTAL (m)
PV-7	3.80	0.32	4.12
PV-8	3.80	0.87	4.67
PV-9	3.80	0.93	4.73

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIMULULA

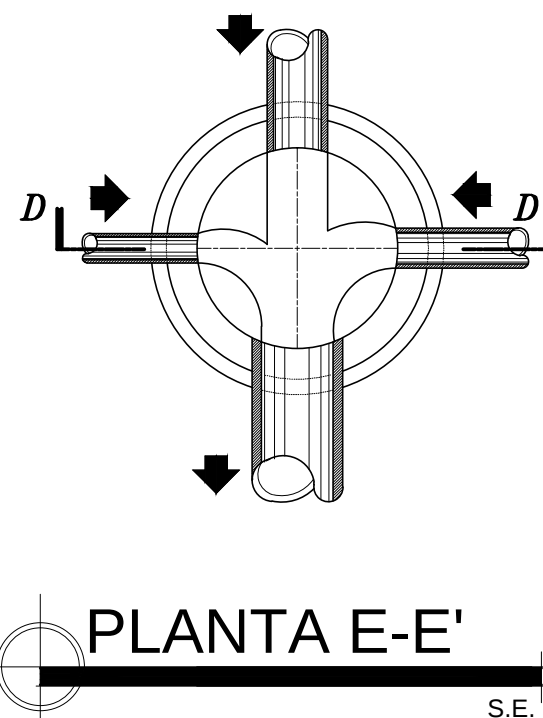
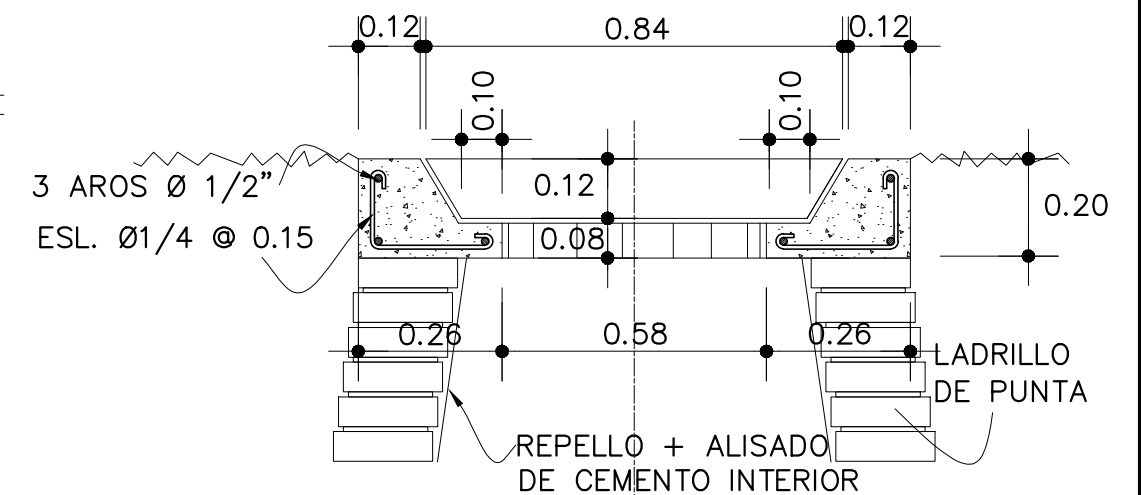
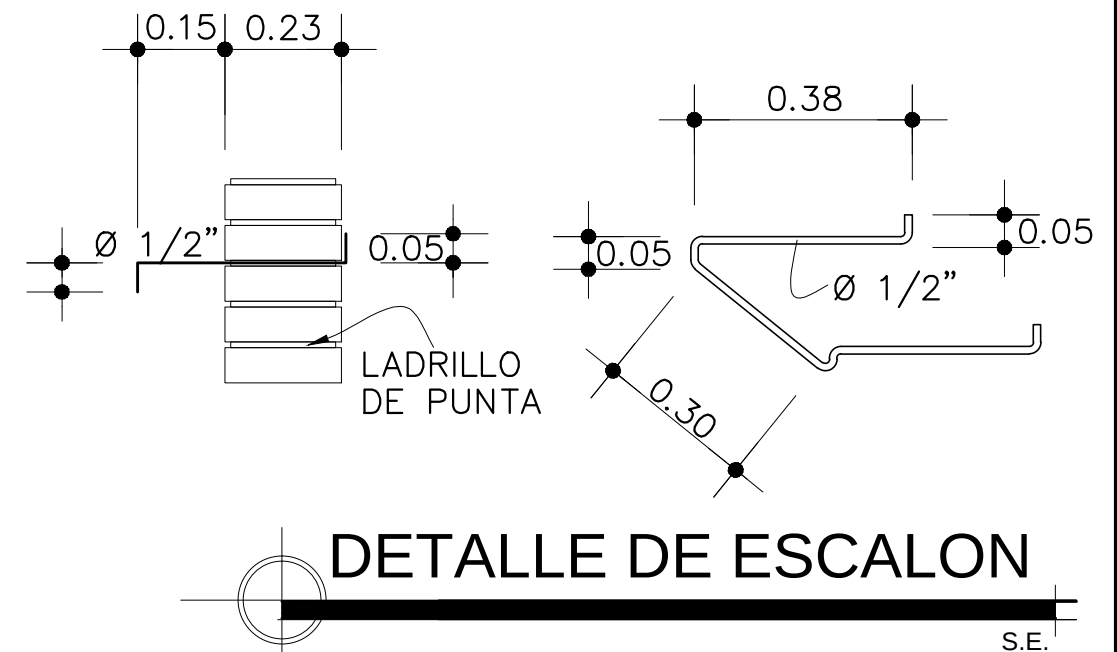
UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIMULULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA 1

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.
CALCULO: Geraldo I. Pineda R.
DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

REVISÓ: _____
Vo.Bo.: _____

ESCALA: HOJA:
INDICADA 13 15



CONTENIDO:	DETALLES DE POZOS DE VISITA 2
------------	-------------------------------

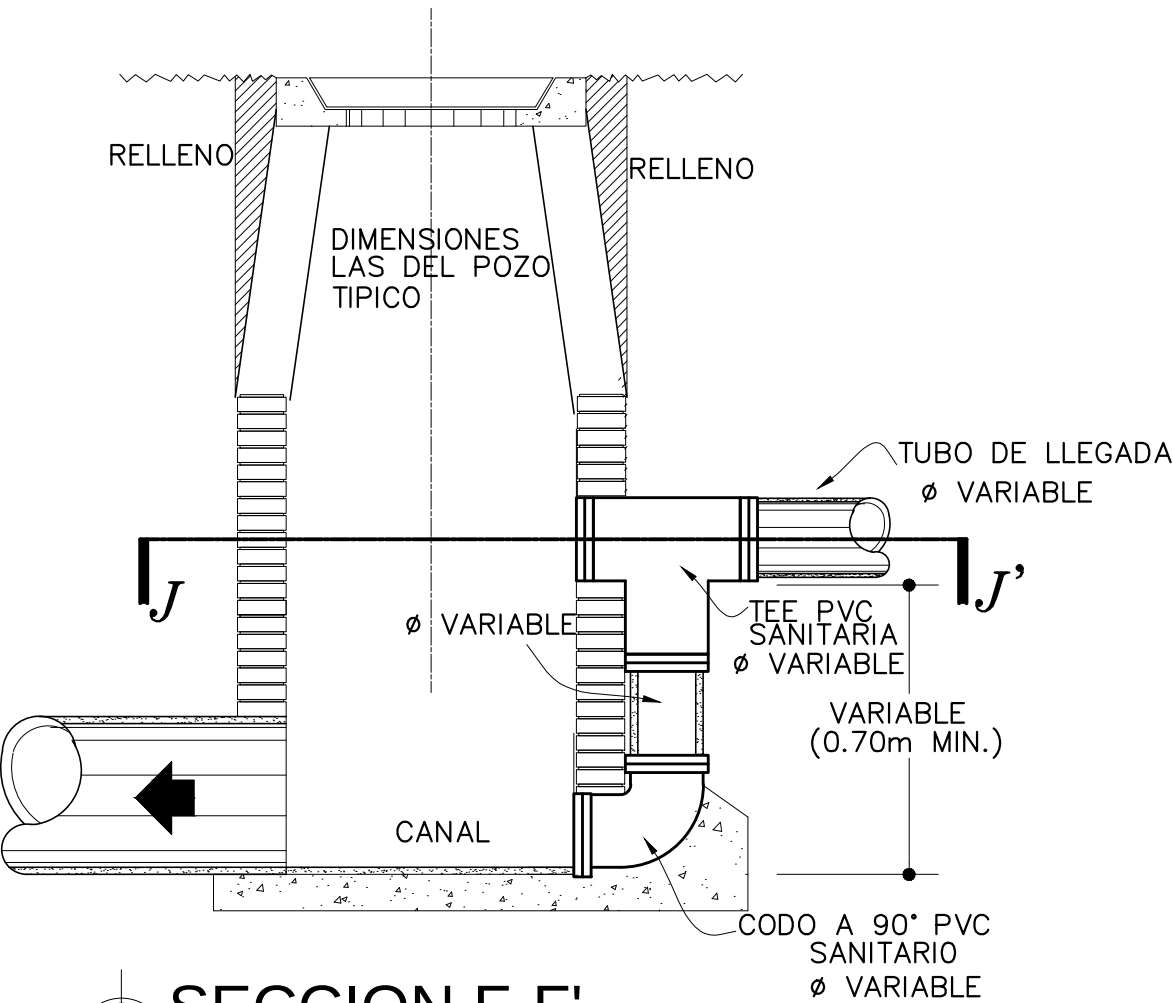
ESCALA:	HOJA:
INDICADA	14 / 15

Vo.Bo.:

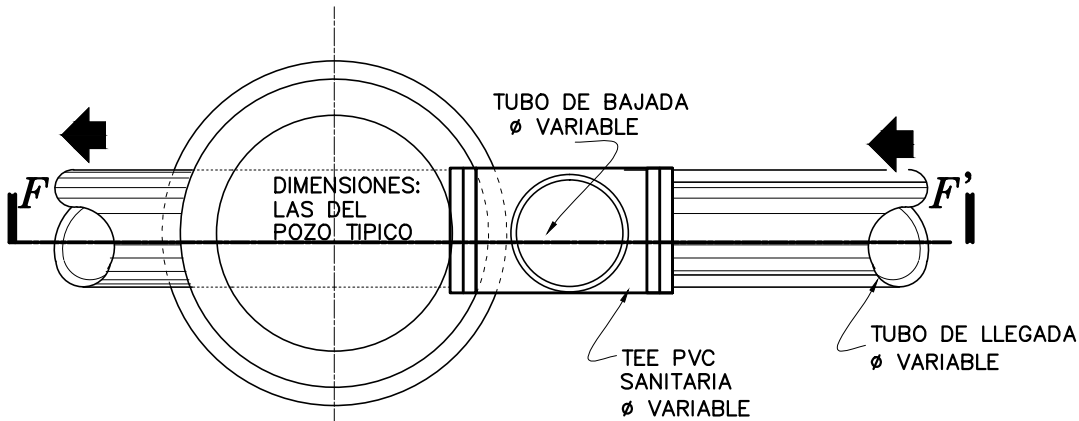
ESPECIFICACIONES

- 1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBEN IDENTIFICARSE DE ACUERDO A LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
- 2. EL CONCRETO A UTILIZAR DEBERÁ TENER UN FACTOR $F_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (3000PSI) PROPORCIÓN 1:2:2 EQUIVALENTE A 1 SACO DE CEMENTO + 3 BOTES DE ARENA + 3 BOTES DE PIEDRÍN (BOTES DE 5 GALONES DE CAPACIDAD).
- 3. EL MORTERO PARA PEGAR LOS LADRILLOS DEBERÁ SER DE CEMENTO+CAL+ARENA DE RIO, CON PROPORCIÓN 1:1/2:2 EQUIVALENTE A 1 SACO DE CEMENTO + 1 SACO DE CAL + 3 BOTES DE ARENA (BOTES DE 5 GALONES DE CAPACIDAD).
- 4. LA SABIETA DEBE SER FORMADA DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCIÓN 1:3; EQUIVALENTE A 1 SACO DE CEMENTO+ 4.5 BOTES DE ARENA (BOTES DE 5 GALONES DE CAPACIDAD).
- 5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$ (GRADO 40).
- 6. LA CAJA DE REGISTRO DEBE SER UN TUBO DE CONCRETO DE $\phi 12"$ CON SU RESPECTIVA BASE Y TAPADERA, ASÍ MISMO DEBE TENER UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 1.00m.

DETALLE DE POZO CON CAIDA MAYOR DE 0.70m



SECCION F-F'



PLANTA J-J'

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
COLONIA SAN MATEO II, MUNICIPIO DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA

UBICACIÓN: COLONIA SAN MATEO II, CIUDAD DE
ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA 3

DISEÑO: Geraldo I. Pineda R.

CALCULO: Geraldo I. Pineda R.

DIBUJO: Geraldo I. Pineda R.

ESCALA: HOJA:
INDICADA 15 15



REVISÓ: _____

Vo.Bo.: _____

ANEXOS

- | | |
|----------------|--|
| Anexo A | Características geométricas, valores límites recomendados para las características de la carretera en estado final |
| Anexo B | Tabla de valores de K para longitud de curvas cóncavas y convexas |
| Anexo C | Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la sub-rasante del proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18. |
| Anexo D | Aforo vehicular tramo carretero hacia sitio turístico La Piedra de Los Compadres carretera RN-18 |

Anexo A

Tabla A1. Características geométricas, valores límites recomendados para las características de la carretera en estado final

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VÍA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m.)	RECOMEN-DADA (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN-DADA (m)
3 000 A 5 000	TIPO "A"		2x7,20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1 500 A 3 000	TIPO "B"		7,20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1 500	TIPO "C"		6,50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6,00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5,50	9,50	8,50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5,50	9,50	8,50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Notas:

- 1 T.P.D. = Promedio de Tráfico Diario
- 2 La sección típica para carreteras Tipo "A", incluyen isla central de 1.50 mts. de ancho
- 3 La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": hormigón, concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial múltiple; para Tipo "B" y "C": concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para Tipo "D" tratamiento superficial doble; para tipo "E" tratamiento superficial doble y para Tipo "F" recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde el tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones para Carreteras.

Anexo B

Tabla B1. Valores de K para longitud de curvas cóncavas y convexas

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

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones para Carreteras.

Anexo C

Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la sub-rasante del proyecto Pavimento Rígido tramo hacia La Piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18.

Anexo C-1	Análisis Granulométrico de la muestra de la sub-rasante
Anexo C-2	Ensayo de Límites de Atterberg de la muestra de la sub-rasante
Anexo C-3	Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la sub-rasante
Anexo C-4	Ensayo de Compactación de la muestra de la sub-rasante

Anexo C-1 Análisis Granulométrico de la muestra de la sub-rasante



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



INFORME No. 244 S.S.

O.T.: 31,097

Interesado: Geraldo Iván Pineda Roca

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,

Proyecto: EPS, "Diseño de Pavimento Rígido Tramo Carretero hacia La Piedra de los Compadres"

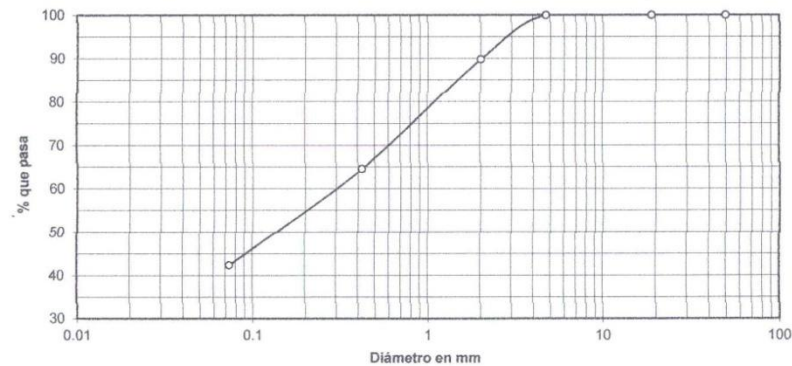
Fecha: jueves, 21 de marzo de 2013

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	100.00
10	2.00	89.78
40	0.42	64.50
200	0.074	42.39

% de Grava: 0.00

% de Arena: 57.61

% de Finos: 42.39



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige

Clasificación: S.C.U.: SM A-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.:

Atentamente,

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo C-2 Ensayo de Límites de Atterberg de la muestra de la sub-rasante



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



INFORME No. 243 S. S. O.T.: 31,097

Interesado: Geraldo Iván Pineda Roca

Proyecto: EPS, "Diseño de Pavimento Rígido Tramo Carretero hacia La Piedra de los Compadres"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula

FECHA: jueves, 21 de marzo de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	30.62	7.45	S.M.	Arena Limosa Color Beige

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.
Suelo en estado natural

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86200 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo C-3 Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la sub-rasante

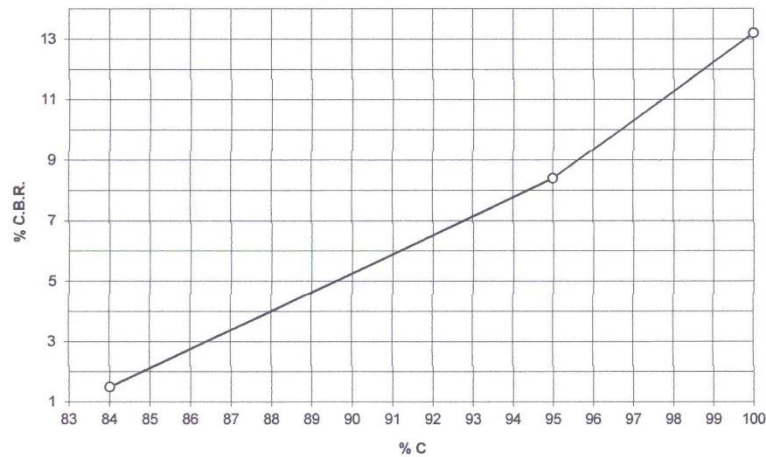


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 246 S.S. O.T. No.: 31,097
Interesado: Geraldo Iván Pineda Roca
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS, "Diseño de Pavimento Rígido Tramo Carretero hacia La Piedra de los Compadres"
Ubicación: Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula
Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige
Fecha: jueves, 21 de marzo de 2013

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	Yd (Lb/pie^3)	(%)	(%)	(%)
1	10	12.30	91.3	84.0	0.98	1.5
2	30	12.30	103.6	95.0	0.87	8.4
3	65	12.30	109.1	100.0	0.96	13.2



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). Universidad de San Carlos de Guatemala.

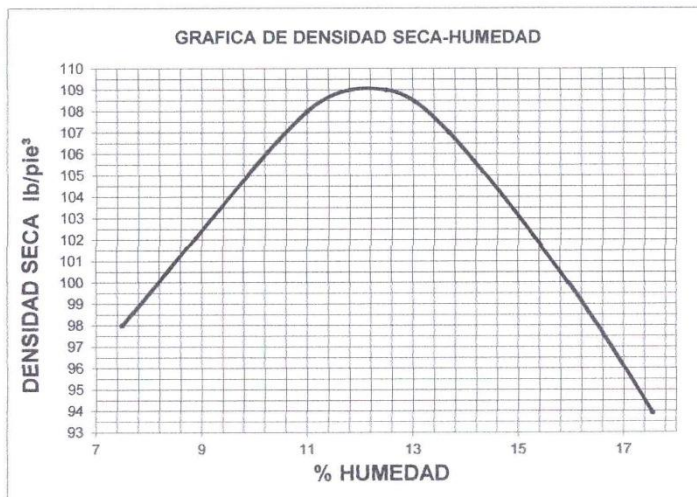
Anexo C-4 Ensayo de Compactación de la muestra de la sub-rasante



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



INFORME No.: 245 S.S. O.T. No.: 31,097
Interesado: Geraldo Iván Pineda Roca
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Proyecto: EPS, "Diseño de Pavimento Rígido Tramo Carretero hacia La Piedra de los Compadres"
Ubicación: Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula
Fecha: jueves, 21 de marzo de 2013



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige
Densidad seca máxima γ_d : 1,748 Kg/m³ 109.1 lb/ft³
Humedad óptima H op.: 12.4 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Madrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo D

Aforo vehicular tramo carretero hacia sitio turístico La Piedra de Los Compadres carretera RN-18

Municipalidad de Esquipulas



AFORO VEHICULAR

Fecha: junio 2012 - mayo 2013

Lugar: Tramo carretera RN-18 que conduce a aldea Belén, Esquipulas

Mes	Año	Vehículos livianos promedio diario	Vehículos Pesados (TPPD)	Total (TPD)
Junio	2012	234	1	235
Julio	2012	294	3	297
Agosto	2012	223	1	224
Septiembre	2012	216	2	218
Octubre	2012	242	19	261
Noviembre	2012	206	23	229
Diciembre	2012	241	21	262
Enero	2013	275	20	295
Febrero	2013	212	2	214
Marzo	2013	313	1	314
Abril	2013	302	3	305
Mayo	2013	239	2	241

Vehículos livianos: paneles, pick-ups, camiones de 2 ejes simples (de 4 llantas).

Vehículos pesados: camiones de eje simple de rueda doble, eje doble tándem (de 6 o más llantas).

TPD = Tránsito promedio diario.

TPPD = Tránsito pesado promedio diario.

Fuente: Dirección Municipal de Planificación -DMP- y Policía Municipal de Tránsito -PMT-.
2013. Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula.