

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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL
CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO
SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

EMILY ELIZABETH VARGAS CERNA

CHIQUMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL
CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO
SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

EMILY ELIZABETH VARGAS CERNA

Al conferírsele el título de

INGENIERA CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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



**RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
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:	MBA. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
Ing. Elder Avildo Rivera López
Ing. Miltón Adalberto Alas Loaiza



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



EARL.04.17

Chiquimula, 25 de octubre de 2017.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC

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 DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, presentado por la estudiante Emily Elizabeth Vargas Cerna.

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



LFQB.03.17

Chiquimula, 26 de octubre de 2017.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador de EPS de la Carrera de Ingeniería Civil

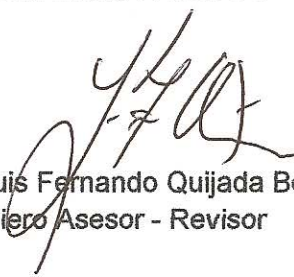
CUNORI - USAC

Respetado 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 DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, presentado por la estudiante Emily Elizabeth Vargas Cerna.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Civil Luis Fernando Quijada Beza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



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



ALTG.06.17

Chiquimula, 30 de octubre de 2017.

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 investigación titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**; elaborado por el estudiante Emily Elizabeth Vargas Cerna.

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. Julio César Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



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



CEPSIC.04.2017

Chiquimula, 02 de noviembre de 2017.

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 DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, elaborado por la estudiante **Emily Elizabeth Vargas Cerna**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros **Elder Avildo Rivera López** y **Luis Fernando Quijada Beza**.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante **Emily Elizabeth Vargas Cerna**, 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



TGIC.04-2017

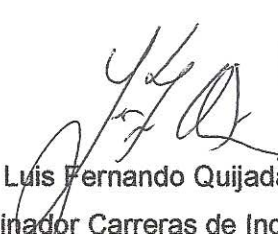
Chiquimula, 2 de noviembre de 2017.

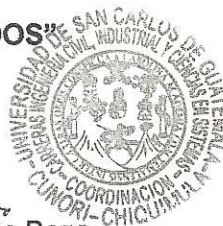
MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

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 Ing. Elder Avildo Rivera López e Ing. Luis Fernando Quijada Beza y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Julio Cesar Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación de la estudiante Emily Elizabeth Vargas Cerna, titulado: **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de investigación 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-IC-141/2017

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 la estudiante **EMILY ELIZABETH VARGAS CERNA** titulado **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES Y ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**, 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 **INGENIERA CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el nueve de noviembre de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



c.c. Archivo

NWGC/lchp

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

Nuestro Señor Jesucristo, por darme la vida, fortaleza, conocimientos y permitirme culminar esta meta con mucha felicidad.

A mis padres

Carlos Vargas Barahona y Elizabeth Cerna Portillo de Vargas, en honor a todos sus esfuerzos y apoyo que siempre me brindan. Por ser el cimiento que sostiene mi vida y por su amor incondicional. Gracias, porque este éxito es de ustedes.

A mis hermanos

Carlos Anibal, Eyleen Melany, Everly Esmeralda (Q.E.P.D.) y Jorge David el hermano mayor que no tuve, por todo el apoyo brindado con amor para ustedes.

A mi sobrino

Jorgito Franco Vargas que ha llenado de alegría mi vida. Deseo que mi logro sea de ejemplo para que alcance sus metas.

A mi familia

A mis abuelos, tíos, tías y primos, que no pueden estar aquí y a los que están presentes, gracias por compartir conmigo este momento victorioso, con mucho afecto para ustedes.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Alma máter y casa de estudios que me inspiró a culminar esta carrera.

Al Centro Universitario de Oriente

Por ser la casa de estudios y compartir sus instalaciones durante mi enseñanza profesional.

A la Carrera de Ingeniería Civil

Por ser la fuente de conocimientos técnicos y científicos para mi preparación.

A mis mentores

Ingenieros: Jorge Velásquez, Carlos Aguilar, Víctor Lobos, Jorge López, Darío Chávez, Manuel Álvarez, Luis Saavedra, Jorge Vanegas, Luis Quijada, Elder Rivera, Sergio Ramos, Mario Morales, Milton Alas, Luis Ambrosio. Licenciados: Mario Rodas y Julio Hernández. Por todos los conocimientos y consejos transmitidos.

A mis compañeros

En especial a: Merly, Marlen, Rosbelly, Blanca, Roberto, Manuel, Héctor, Miguel, Roberto A. Diego y todos los demás. Por los momentos inolvidables en estos años de estudio que nos une y la colaboración que me brindaron.

A mis amigos y amigas

Gabriela, Jessica, Jennifer, Denny, Cony, Guillermo, Gilva gracias por su comprensión en los momentos compartidos.

**Dirección Municipal de
Planificación de Río
Hondo**

Por brindarme su colaboración, durante el desarrollo de las actividades de EPS. En especial al Arq. Edwin Menéndez y Edgar Morales.

A las personas

Que, de uno u otro modo, me colaboraron con sus consejos para la culminación de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
INTRODUCCIÓN	XXI
OBJETIVOS	XIXI
1. ASPECTOS MONOGRÁFICOS DE LAS COMUNIDADES	1
1.1. Características socioeconómicas	1
1.2. Localización geográfica	2
1.3. Límites y localización	5
1.4. Vías de acceso	5
1.5. Condiciones climáticas	6
1.6. Aspectos topográficos	7
1.7. Actividades económicas	7
1.8. Servicios públicos existentes	8
1.9. Condiciones sanitarias	9
1.10. Aspectos socioculturales	10
1.10.1. Idioma	10
1.10.2. Población	10
1.10.3. Organización social	11
2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	13
2.1. Descripción del proyecto	13

2.1.1.	Beneficiarios	13
2.2.	Levantamiento topográfico	14
2.2.1.	Planimetría y altimetría	15
2.3.	Diseño geométrico de la carretera	16
2.3.1.	Alineamiento horizontal	17
2.3.1.1.	Grado de curvatura	19
2.3.1.2.	Radio de curvatura	20
2.3.1.3.	Longitud de curva	21
2.3.1.4.	Sub-tangente	21
2.3.1.5.	External	22
2.3.1.6.	Cuerda máxima	22
2.3.1.7.	Ordenada media	23
2.3.2.	Alineamiento vertical	23
2.3.2.1.	Criterios de longitud de curva	26
2.3.2.1.1.	Criterio de apariencia	26
2.3.2.1.2.	Criterio de comodidad	27
2.3.2.1.3.	Criterio de drenaje	28
2.3.2.1.4.	Criterio de seguridad	28
2.3.2.2.	Cotas corregidas	30
2.3.2.2.1.	Cotas de rasante	33
2.3.3.	Perfil longitudinal	34
2.3.4.	Movimiento de tierras	34
2.3.4.1.	Secciones transversales	35
2.3.4.2.	Áreas y volúmenes	38
2.3.4.3.	Balance de masas	43
2.4.	Ancho de carretera	44
2.5.	Pendiente transversal	44
2.6.	Cunetas	45
2.7.	Drenaje longitudinal	46

2.7.1.	Método racional	48
2.7.1.1.	Coeficiente de escorrentía	48
2.7.1.2.	Intensidad de lluvia	51
2.8.	Drenaje transversal	59
2.8.1.	Método racional	60
2.8.1.1.	Coeficiente de escorrentía	60
2.8.1.2.	Intensidad de lluvia	60
2.8.1.3.	Área tributaria	62
2.8.2.	Caudal	62
2.8.3.	Cálculo de tuberías	62
2.9.	Estudio de suelos	66
2.9.1.	Ensayos de clasificación del suelo	67
2.9.1.1.	Prueba de granulometría	67
2.9.1.1.1.	Granulometría de subbase	70
2.9.1.1.2.	Granulometría de subrasante	70
2.9.1.2.	Límites de Atterberg	70
2.9.1.2.1.	Límite líquido (L.L)	71
2.9.1.2.2.	Limite plástico	71
2.9.1.2.3.	Índice de plasticidad (I.P.)	71
2.9.2.	Ensayo valor soporte del suelo (CBR)	72
2.9.3.	Ensayo Proctor para control de construcción	74
2.9.3.1.	Contenido de humedad	74
2.9.3.2.	Densidad máxima y humedad óptima (Proctor)	74
2.9.4.	Resumen de resultados	75
2.10.	Pavimento	76
2.10.1.	Definición de tipos de pavimento	77
2.10.2.	Pavimento de concreto hidráulico	79
2.10.2.1.	Concreto hidráulico simple	79
2.10.2.2.	Concreto hidráulico reforzado	79

2.10.2.3.	Concreto hidráulico reforzado continuo	80
2.10.3.	Componentes que integran el pavimento rígido	80
2.10.3.1.	Subrasante	80
2.10.3.2.	Subbase	81
2.10.3.3.	Superficie de rodadura	82
2.10.4.	Diseño del pavimento de concreto hidráulico	82
2.10.4.1.	Método de diseño PCA	83
2.10.4.2.	Factores de diseño	84
2.10.4.2.1.	Resistencia a la flexión del concreto	84
2.10.4.2.2.	Capacidad soporte o módulo de reacción (k)	85
2.10.4.2.3.	Tránsito	89
2.10.4.2.4.	Período de diseño	90
2.10.4.2.5.	Tipo de junta a utilizar	90
2.10.4.3.	Diseño del espesor de losa	91
2.10.4.3.1.	Diseño de la subrasante	91
2.10.4.3.2.	Establecer el tipo de juntas	91
2.10.4.3.3.	Establecer los elementos confinantes	91
2.10.4.3.4.	Establecer la resistencia a flexión del concreto	92
2.10.4.3.5.	Establecer la capacidad soporte de subrasante ó subbase (k)	92
2.10.4.3.6.	Establecer el tránsito pesado promedio diario (TPPD)	93
2.10.4.3.7.	Establecer la categoría del tráfico	93
2.10.4.3.8.	Establecer el periodo de diseño	94
2.10.4.3.9.	Determinación final del espesor de losa de concreto hidráulico	94
2.10.4.4.	Diseño mezcla de concreto hidráulico	96
2.10.4.5.	Diseño de juntas	107
2.10.4.5.1.	Juntas según su alineación transversal	108
2.10.4.5.2.	Sistemas de transmisión de cargas	110
2.10.4.5.3.	Juntas según su alineación longitudinal	111
2.10.4.5.4.	Tipo de junta a utilizar para el proyecto	113

2.10.4.5.5.	Distancia entre juntas	113
2.10.4.5.6.	Formación de juntas	117
2.10.4.5.7.	Sellado de juntas	119
2.10.4.6.	Texturizado o acabado	123
2.11.	Especificaciones técnicas	124
2.11.1.	Especificaciones para construcción	124
2.11.2.	Planos constructivos	136
2.12.	Presupuesto	136
2.12.1.	Integración de precios unitarios	137
2.12.2.	Cronograma de ejecución físico y financiero	148
2.13.	Análisis de impacto ambiental	148
2.14.	Análisis socioeconómico	153
2.14.1.	Valor actual neto	154
2.14.2.	Tasa interna de retorno	157
2.14.3.	Análisis costo/eficiencia	158
3.	DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	159
3.1.	Descripción del proyecto	159
3.2.	Levantamiento topográfico	160
3.2.1.	Planimetría y altimetría	160
3.3.	Integración del caudal de diseño	161
3.3.1.	Parámetros de diseño	161
3.3.1.1.	Período de diseño	161
3.3.1.2.	Población futura	162
3.3.1.3.	Dotación	163
3.3.2.	Caudal domiciliar	164
3.3.3.	Caudal de conexiones ilícitas	165

3.3.4.	Método racional	165
3.3.5.	Caudal de infiltración	170
3.3.6.	Caudal comercial	170
3.3.7.	Caudal industrial	172
3.3.8.	Caudal medio	174
3.3.9.	Factor de caudal medio	174
3.3.10.	Factor de Harmon	175
3.3.11.	Factor de caudal máximo	176
3.3.12.	Caudal de diseño	177
3.4.	Diseño hidráulico	178
3.4.1.	Pendientes	178
3.4.2.	Cotas invert	178
3.4.3.	Pozos de visita	179
3.4.4.	Velocidades permisibles	181
3.4.5.	Selección del tipo de tubería	181
3.4.5.1.	Diámetros	182
3.4.6.	Velocidad a sección llena -fórmula de Manning-	183
3.4.7.	Relaciones hidráulicas	184
3.4.8.	Desfogue	185
3.4.8.1.	Tratamiento de aguas negras	186
3.4.9.	Excavación	187
3.4.10.	Ejemplo de tramo de diseño hidráulico	188
3.5.	Especificaciones técnicas	192
3.5.1.	Especificaciones técnicas de construcción	192
3.5.2.	Planos constructivos	201
3.6.	Presupuesto	202
3.6.1.	Integración de precios unitarios	202
3.6.2.	Cronograma de ejecución físico y financiero	212
3.7.	Análisis de impacto ambiental	212

3.8.	Análisis socioeconómico	217
3.8.1.	Valor actual neto	217
3.8.2.	Tasa interna de retorno	219
3.8.3.	Análisis costo/eficiencia	219
CONCLUSIONES		221
RECOMENDACIONES		223
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		225
APÉNDICES		233
ANEXOS		253

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización geográfica municipio de Río Hondo	2
2.	Ubicación geográfica comunidades	2
3.	Localización caserío El Cajón de Jones	3
4.	Localización barrio Los Marines	4
5.	Elementos de una curva circular	19
6.	Tipos de curvas verticales	25
7.	Elementos de una curva vertical	25
8.	Elementos de curva vertical simétrica	31
9.	Elementos de sección transversal	36
10.	Sección transversal carretera caserío El Cajón de Jones	36
11.	Área de sección transversal	38
12.	Ilustración de determinantes	39
13.	Volumen de prismoide de corte o relleno	40
14.	Tipos de bordillo	45
15.	Ancho tributario	50
16.	Interpolación de intensidad de lluvia	55
17.	Características hidráulicas de cuneta	58
18.	Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	78
19.	Correlación entre clasificación de los suelos y ensayos	86
20.	Juntas en un pavimento de concreto	108
21.	Juntas longitudinales de ancho "A"	112
22.	Separación mínima entre ejes de automotores	115
23.	Tipo de camión C-2	116
24.	Detalle de la junta de contracción	123

25.	Grafica -VAN- carretera a caserío El Cajón de Jones	157
26.	Gráfica -VAN- alcantarillado sanitario barrio Los Marines	218

TABLAS

1.	Clasificación de carreteras de Guatemala	17
2.	Características geométricas de carreteras	18
3.	Valores K para curvas cóncavas y convexas	26
4.	Inclinación de taludes	37
5.	Factores conversión volumétrica de suelos	42
6.	Bombeo de superficies de rodamiento	44
7.	Coeficiente de escorrentía - uso de suelos-	49
8.	Coeficiente de escorrentía - superficies -	49
9.	Parámetros A, B y n, La Fragua	54
10.	Parámetros A, B y n, La Unión	54
11.	Características estaciones meteorológicas	55
12.	Coeficientes de rugosidad de Manning	58
13.	Sistema de clasificación de suelos AASHTO	68
14.	Sistema de clasificación de suelos (SUCS)	69
15.	Calificación típica según CBR	73
16.	Valores de k para diseño sobre subbase	87
17.	Módulo de reacción (k) -espesores de subbase-	87
18.	Suelo de apoyo y sus módulos de reacción	88
19.	Tránsito promedio de carretera El Cajón de Jones	90
20.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	93
21.	TPPD permisible	94
22.	Selección de espesor de losa	95
23.	Resistencia promedio a la compresión	97
24.	Revenimientos recomendados	98

25. Requisitos aproximados de agua, aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados	99
26. Relación entre resistencia compresión del concreto y relación agua - cemento	100
27. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	101
28. Peso unitario de los agregados	102
29. Primer estimado del peso del concreto	102
30. Calificación de sellantes	120
31. Resumen de presupuesto	137
32. Replanteo topográfico	138
33. Limpia y chapeo	139
34. Excavación de corte	139
35. Reacondicionamiento de subrasante	140
36. Suministro y colocación de subbase	141
37. Suministro y colocación de pavimento de concreto hidráulico	142
38. Bordillo de concreto hidráulico	143
39. Cuneta de concreto hidráulico	144
40. Drenaje transversal	145
41. Demolición pavimento existente	146
42. Limpieza final	146
43. Costos indirectos	147
44. Ejecución físico y financiero	148
45. Profundidad mínima de tubería	180
46. Resumen presupuesto	202
47. Trabajos preliminares	204
48. Retiro de adoquín	204
49. Excavación de línea central y conexión domiciliar	205
50. Suministro e instalación de tubería PVC (Ø 6")	205
51. Relleno, compactado para tubería PVC (Ø 6") y conexión domiciliar	206

52.	Conexión domiciliar	207
53.	Pozo de visita	208
54.	Retiro de material sobrante	209
55.	Colocación de adoquín	209
56.	Limpieza final	210
57.	Integración de costos indirectos	211
58.	Ejecución físico y financiero	212

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
A_T	Área transversal de cuneta
A_t	Área total en hectáreas
A_p	Área parcial en hectáreas
a / A	Relación hidráulica de área
A, B y N	Parámetros de ajuste. Obtenidos de una estación meteorológica
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana para Pruebas y Materiales)
BANGUAT	Banco de Guatemala
C	Coeficiente de escorrentía
c	Coeficiente de escorrentía de cada superficie
cm	Centímetro
$\bar{C}$	Coeficiente de escorrentía promedio
C.C.P.	Concreto de Cemento Portland
C-2	Camión con eje simple y un eje de rueda doble
CA-9	Carretera Centroamérica 9
CBR	California Bearing Ratio (Valor soporte del suelo)
CI	Costo inicial

CIE	Cota invert de entrada
CI_E	Cota invert de entrada (pozo 1)
CIE₂	Cota invert de entrada (pozo 2)
CII	Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
CIS	Cota invert de salida
CI_s	Cota invert de salida (pozo 1)
CIS₂	Cota invert de salida (pozo 2)
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
CM	Cuerda máxima
CMA	Costo de mantenimiento anual
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegida
cos	Coseno de un ángulo
CT	Cota de terreno
CT_f	Cota de terreno (pozo 2)
CT_i	Cota de terreno (pozo 1)
CUNORI	Centro Universitario de Oriente
D	Diámetro
<i>D</i>	Espesor del pavimento
d/D	Relación de tirantes
DGC	Dirección General de Caminos de Guatemala
DH	Distancia horizontal
DMP	Dirección Municipal de Planificación
Dot	Dotación
Dotación_{comercial}	Medida de agua para un comercio
Dotación_{industrial}	Medida de agua para una industria
e	External

e'	Módulo de reacción del suelo
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua de ciudad de Guatemala
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
F_Q. máximo	Factor de caudal máximo
F_Q. medio	Factor de caudal medio
F. H	Factor de Harmon
F.R	Factor de retorno
f'c	Resistencia a la compresión de concreto
Fact.	Factor de expansión o contracción
Fy	Resistencia a la flexión del acero
G	Grado de Curvatura
GTM	Guatemala Transverse Mercator
H	Desnivel del cauce
Ha	Hectárea
Hab	Habitantes
hab / viv	Habitantes por vivienda
H₁	Profundidad del primer pozo de visita
H₂	Profundidad del segundo pozo de visita
H min.pozo	Altura mínima de pozo
i	Tasa de interés (%)
i	Intensidad de lluvia
I.P.	Índice de plasticidad
ICPC	Instituto Colombiano de Productores de Cemento
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

kg/cm²	Kilogramos centímetro cuadrado
k	Capacidad soporte
K	Constante para diseño de curvas vertical
kg	Kilogramo
kg/cm³	Kilogramo sobre centímetro cúbico
kg/m³	Kilogramos sobre metro cúbico
Km	Kilometro
LC	Longitud de curva
L_{Cau.}	Longitud del cauce
L / com / día	Litros por comercio por día
L / hab / día	Litros por habitante por día
L / ind / día	Litros por industria por día
L / km / día	Litros por kilómetro por día
L / s	Litros por segundo
L.L	Límite líquido
Lb/pulg²	Libras sobre pulgada cuadrada
Lb/pulg³	Libra sobre pulgada cúbica
LCV	Longitud de curva vertical
m / s	Metros por segundo
m	Metro
m²	Metros cuadrados
m³ / s	Metros cúbicos por segundo
m³	Metros cúbicos
mm / hr	Milímetros por hora
mm	Milímetro
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
Mpa / m	Megapascal por metro
MPa	Megapascal

Mr	Módulo de rotura, ruptura o de resistencia del concreto
msnm	Metros sobre nivel del mar
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú
n	Período de tiempo o de vida útil del proyecto
<i>n</i>	Coeficiente de rugosidad de Manning
N.P.	No plástico
No. Comercios	Número de comercios
No. industrias	Número de industrias
OM	Ordenada media
ONG	Organización No Gubernamental
P	Pendiente
PC	Punto de comienzo
PCA	Portland Cement Association (Asociación del Cemento Portland)
PCV	Punto de comienzo vertical
P_f	Población futura
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PO	Punto observado
P_o	Población inicial
PSI	Pouns per Square Inch (libra por pulgada cuadrada)
PT	Punto de termino o tangencia
PTV	Punto de termino vertical
PV	Pozo de visita
PVC	Poly vinyl Chloride (Policloruro de Vinilo)
P/A	Valor actual o presente
P_f	Población futura
P_o	Población inicial o actual

Q	Caudal
Q_{medio}	Caudal medio
Q_{industrial}	Caudal industrial
Q_{Dom}	Caudal domiciliar
Q_{comercial}	Caudal comercial
Q_{máximo}	Caudal máximo
Q Hidrológico	Caudal hidrológico
Q_{dis.}	Caudal de diseño
Q_{c. i}	Caudal de conexiones ilícitas
R	Radio de curvatura
r	Tasa de crecimiento poblacional
R_h	Radio hidráulico
S_{terreno}	Pendiente del terreno
S	Pendiente longitudinal
<u>S</u>	Separación de Juntas
sec	Secante de un ángulo
SEGEPLAN	Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia.
St	Subtangente
SCT	Secretaria de Comunicación y Transportes de México
SUCS	Sistema de Clasificación de Suelos
t_c	Tiempo de concentración
t	Ancho de zanja
tan	Tangente de un ángulo
TIR	Tasa interna de retorno
Tommy	Variedad de fruta de mangos
TPDA	Tránsito Promedio Diario Anual
TPPD	Tránsito Pesado Promedio Diario
Tr	Período de retorno

UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales
UMSS	Universidad Mayor de San Simón de Bolivia
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
V	Velocidad
v / V	Relación hidráulica de velocidad
VAN	Valor Actual Neto
Viv.	Viviendas
Vol.	Volumen
VRA	Valor de Rescate Anual
VRI	Valor de Rescate Inicial o ingreso inicial
'	Minutos
"	Segundos
%	Porcentaje
°	Grados
γ	Peso específico
%_e	Porcentaje de viviendas con conexiones ilícitas
Ø	Diámetro
Δ	Ángulo o diferencia algebraica de pendientes
π	Pi (constante)

GLOSARIO

Adobe	Es un ladrillo sin cocer, pieza de construcción hecha de una masa de barro, mezclado a veces con paja y es secada al sol.
Aguas grises	Son un tipo de agua residual producto de las actividades humanas como el lavado de ropa, la regadera o el lavado de utensilios que no transportan heces fecales.
Aguas residuales	También llamadas aguas negras, son aquellas que están constituidas por excretas, sólidos y otras sustancias que son resultado de las actividades humanas en los diversos usos del agua.
Aguas pluviales	Son las aguas de esorrentía que provienen de las lluvias.
Bajareque	Se denomina así a un sistema de construcción de viviendas a partir de palos o cañas entretejidos y barro recubriéndolos.
Balasto	Material clasificado que sirve de superficie de rodadura y se coloca sobre la subrasante finalizada de una carretera, con el objeto de protegerla.

Banco de material	Lugar donde se extraen materiales naturales adecuados, a usarse en la construcción de las capas de pavimento.
Bisel	También llamado chaflán, es un borde que está cortado oblicuamente, no en ángulo recto.
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.
Concreto ciclópeo	Composición de concreto estructural y de piedra no mayor de 300 mm.
Curva en columpio	Tipo de curva vertical que tiene concavidad hacia arriba.
Curva en cresta	Tipo de curva vertical que tiene concavidad hacia abajo, también llamada convexa.
Derecho de vía	El área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.
Desfogue	Dar salida a las aguas residuales a un punto determinado.

Erosión	Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.
Escarificar	Consiste, en la desintegración de la superficie del terreno y su posterior compactación a efectos de homogeneizar la superficie de apoyo.
Espiga	Parte de un tubo cuyo grosor se ha reducido para introducirlo en otro, sirve de unión entre varias piezas.
Excretas	Sustancias de desecho que son eliminadas por el organismo.
Fraguado	Es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los metálicos presentes en el clinker que compone al cemento.
Grava	Se refiere a las rocas de tamaños comprendidos entre 2 y 64 mm.
Latitud geográfica	Distancia angular entre la línea ecuatorial (el ecuador); y un punto determinado del planeta Tierra.

Longitud geográfica	Distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° (Greenwich).
Mortero	Es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción como ladrillos, piedras, bloques de concreto. Sirve de agarre y de revestimiento de muros.
Prismoide	Es una forma geométrica que constituye dos superficies planas y una distancia longitudinal que las une.
Punzo cortante	Se caracteriza por su capacidad de cortar o punzar mediante bordes afilados o puntiagudos.
Rugosidad	Es el conjunto de irregularidades que posee una superficie. La mayor o menor rugosidad de una superficie depende de su acabado superficial.
Sello elastomérico	Es un tipo de empaque que viene integrado en la tubería F-949, el cual permite correcta hermeticidad.

RESUMEN

Del Ejercicio Profesional Supervisado EPS, surgió conocer algunas necesidades, respecto a servicios básicos e infraestructura que aún hacen falta en áreas del municipio de Río Hondo, Zacapa; a partir de esas carencias y con el respaldo de autoridades de la municipalidad se realizó la priorización, seleccionando dos proyectos para desarrollar, los cuales conciernen a las áreas de investigación prioritarias de hidráulica y transporte, establecidas por la carrera de Ingeniería Civil.

El proyecto de pavimento rígido, que conduce a caserío El Cajón de Jones, para diseño geométrico se empleó según normas de diseño de la Dirección General de Caminos -DGC- una sección de carretera tipo “F” con velocidad de 20 km/h en terreno montañoso. El tipo de pavimento para la carpeta de rodadura es de concreto hidráulico simple, diseñado por el método simplificado para espesores de pavimento rígido de Portland Cement Association (PCA).

La elaboración del proyecto de alcantarillado sanitario, barrio Los Marines de la cabecera municipal de Río Hondo, se diseñó de acuerdo con normas generales de alcantarillados establecidas por -INFOM-. La tubería adoptada es de norma ASTM F 949 con longitud de 983 m. En el diseño hidráulico de cada tramo, se empleó la fórmula de Manning para secciones circulares.

INTRODUCCIÓN

El Centro Universitario de Oriente -CUNORI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS permite al alumno contribuir con la región nor-oriental, con actividades de servicio técnico profesional, brindando apoyo técnico a las comunidades y desarrollando proyectos de beneficio común relacionados a infraestructura y saneamiento.

El EPS se realizó en la Dirección Municipal de Planificación DMP de la municipalidad de Río Hondo, departamento de Zacapa, el cual beneficia a dos comunidades, con el aporte de los siguientes proyectos “Diseño de pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones” y “Diseño de alcantarillado sanitario barrio Los Marines, municipio de Río Hondo”.

En el primer capítulo, se presentan los aspectos monográficos de las comunidades dando a conocer características, aspectos propios de la población también actividades socioeconómicas que realizan y servicios básicos existentes en las comunidades.

El segundo capítulo, proporciona el diseño de pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, el cual parte desde el levantamiento topográfico para la representación del terreno, para luego diseñar geométricamente los alineamientos horizontal y vertical que garantizan una operación segura a velocidad continua y congruente con las condiciones generales de la ruta. Los ensayos para clasificar y definir las propiedades del terreno se determinan por medio del estudio de suelos y para la estructura, que

soporta las cargas vehiculares, se desarrolla el tema diseño de pavimento de concreto hidráulico entre otros.

El tercer capítulo, diseño de alcantarillado sanitario barrio Los Marines de la cabecera municipal de Rio Hondo, contiene la integración del caudal de diseño, parámetros relativos a este, como lo es el periodo de vida útil, población futura y dotaciones para los diferentes caudales que aportan aguas residuales al sistema de drenaje sanitario. Hay otros factores directos que influyen en el funcionamiento de las tuberías tales son cotas invert, velocidades, diámetros, pendientes, obras accesorias las cuales comprende pozos de visita o conexiones domiciliarias y demás contenidos para la red de alcantarillado.

Para ambos proyectos se presenta, planos constructivos, presupuesto, cronograma de ejecución, análisis socioeconómico, evaluación de impacto ambiental. Finalmente se incluyen conclusiones, recomendaciones, referencias, apéndices y anexos.

OBJETIVOS

General

Contribuir con el desarrollo urbano y rural del municipio de Río Hondo, Zacapa, a través del diseño de proyectos de pavimentación y alcantarillado sanitario.

Específicos

Realizar el diseño de pavimento rígido para el tramo carretero de ingreso al caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, Río Hondo, Zacapa.

Efectuar el diseño de sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa.

Proyectar al Centro Universitario de Oriente CUNORI hacia las comunidades de la región nororiental a través de la planificación de proyectos de beneficio social, por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

1. ASPECTOS MONOGRÁFICOS DE LAS COMUNIDADES

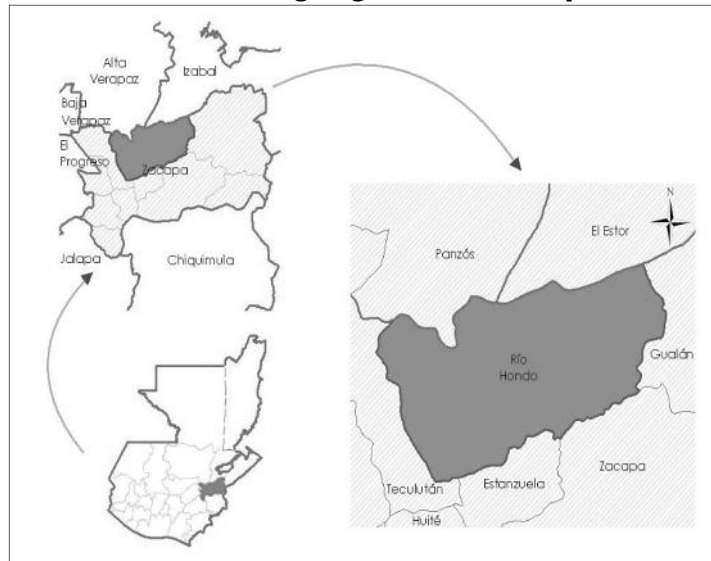
1.1. Características socioeconómicas

En caserío El Cajón de Jones, la mayor parte de sus habitantes se dedican a la agricultura de granos básicos como el maíz y frijol, otra parte a la avicultura, para despacharlo a las pollerías para el destace, existe una tienda de abarrotes; y el resto de los habitantes trabajan fuera del caserío en diversas empresas instaladas en comunidades del municipio de Río Hondo. Otra característica que hace particular al caserío, son las visitas al parque cristiano-ecológico El Monte de los Olivos y a las cataratas de Jones.

Los habitantes del barrio Los Marines, generalmente se dedican a trabajar en actividades asalariadas fuera del barrio, otros prestan servicios en la cabecera municipal, varias familias tienen negocios dentro del barrio como: tortillería, crianza de aves de corral en sus propios patios, taller de soldadura, tienda de abarrotes. Algunos participan en el cultivo y recolección de: mango característico del municipio y de maíz.

1.2. Localización geográfica

Figura 1. **Localización geográfica municipio de Río Hondo**



Fuente: IGN-SEGEPLAN. Sin escala.

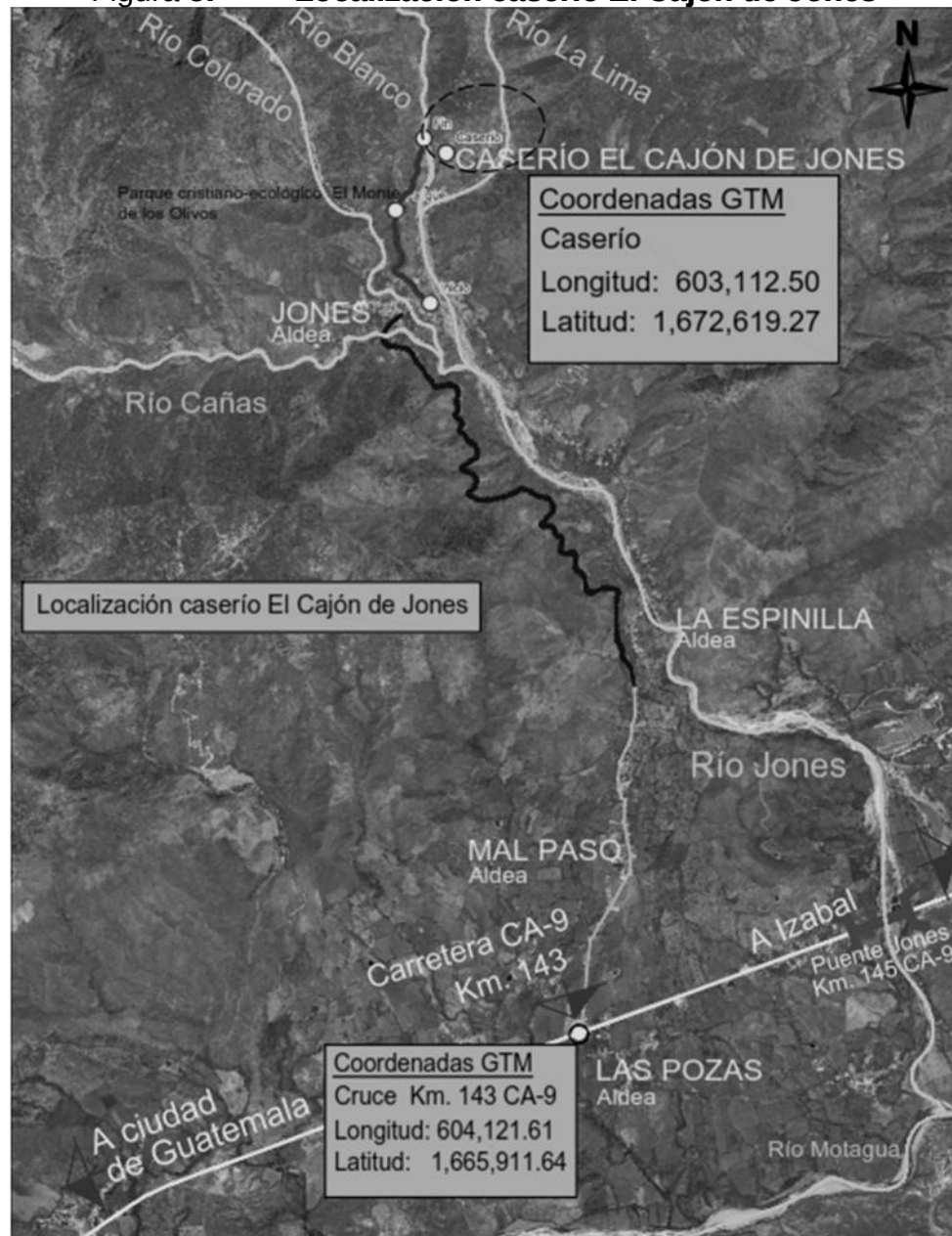
Figura 2. **Ubicación geográfica comunidades**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

El caserío El Cajón de Jones, se encuentra en la aldea Jones del municipio de Río Hondo, Zacapa, sus coordenadas GTM y elevación al centro del caserío corresponden a: longitud 603,112.50, latitud 1 672,619.27 y 700 msnm.

Figura 3. **Localización caserío El Cajón de Jones**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

El barrio Los Marines, se encuentra en el Km. 137.5 de la carretera al atlántico CA-9, a 0.5 Km. suroeste del centro de la cabecera municipal. Sus coordenadas GTM y elevación en la intersección de las tres calles principales del barrio: longitud 598,745.07, latitud 1 663,489.22 y 182 msnm.

Figura 4. **Localización barrio Los Marines**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

1.3. Límites y localización

El caserío El Cajón de Jones, limita al norte con el municipio de El Estor (Izabal), al sur con la aldea La Espinilla y caserío Río Blanco, al este y al oeste con las aldeas Jones y Moran, respectivamente; todas del municipio de Río Hondo.

El barrio Los Marines, limita al norte: con la cabecera municipal, al sur con río Motagua y municipio de Estandzuela, al este con: río Hondo y cabecera municipal, al oeste con aldea La Pepesca, esta del mismo municipio.

1.4. Vías de acceso

El caserío El Cajón de Jones, se encuentra a 17 km en dirección noreste de la cabecera municipal, partiendo del km 137 de la ruta del atlántico CA-9, para llegar se debe recorrer 6 km de carretera asfaltada, hasta llegar al desvío del km 143, aldea Las Pozas, más 4 km de asfalto para aldea Mal Paso, posteriormente se recorren 5 km de pavimento de concreto hacia aldea Jones y por último 2 km de terracería hasta dirigirse al puente de ingreso del caserío. Este es el único ingreso.

El barrio Los Marines, se encuentra dirección suroeste del área de la cabecera municipal, se accede desde la ruta del atlántico CA-9 en el km 137.5, es su único ingreso y este es de pavimento de adoquín.

1.5. Condiciones climáticas

Roldán (2006)

Como es propio del departamento de Zacapa, el clima del municipio de Río Hondo es cálido en las partes bajas del valle y templado en la parte montañosa. Cuenta con dos estaciones definidas: lluviosa y seca, la lluviosa tiene una duración aproximada de seis meses, principia en la segunda quincena del mes de mayo y finaliza en los primeros días del mes de noviembre (p.6). El resto del año es caluroso y seco.

En los cerros, a una altitud de 500 a 600 metros sobre el nivel del mar, la precipitación llega a 800 milímetros anuales. La humedad relativa oscila entre 60 y 72%. La precipitación registrada al año es de 600 a 800 milímetros. Independientemente de su altura sobre el nivel del mar, el municipio de Río Hondo tiene un clima menos caluroso que otros municipios (Zacapa, Estanzuela, Huité y Cabañas). En esto influye por su posición fronteriza con la Sierra de Las Minas, sus ríos y abundante vegetación, que permite sentir la presencia de las corrientes de aire fresco. La zona de vida a la que pertenece está clasificada como Monte Espinoso Subtropical (p.6).

El clima del caserío El Cajón de Jones, es templado debido a que se encuentra, en la parte alta de la Sierra de Las Minas, la temperatura promedio anual de 22 °C. El clima del barrio Los Marines, es cálido igual a la cabecera municipal de Río Hondo, siendo de 27 °C, de acuerdo con el mapa de temperatura anual de la república de Guatemala (anexo D).

1.6. Aspectos topográficos

Roldán (2006)

La topografía de Río Hondo es accidentada, en la parte alta la cual es montañosa, ocupa un 75.1 por ciento del total de la superficie de la Sierra de Las Minas, y una parte baja que constituye el valle, que cubre aproximadamente el 24.9 por ciento, en los márgenes del río Motagua, donde se sitúa la cabecera municipal (p.6).

El caserío El Cajón de Jones se encuentra en la parte alta de la Sierra de Las Minas (700 msnm) del municipio de Río Hondo, el terreno es montañoso. El barrio Los Marines, se ubica en la parte baja del valle del río Motagua y se considera un terreno casi plano con irregularidades en algunos sectores.

1.7. Actividades económicas

) Agricultura

La mayoría de familias de caserío El Cajón de Jones, se dedican al cultivo de maíz y frijol, en los cerros o montañas de la sierra de Las Minas.

En el barrio Los Marines, son pocas las personas que se dedican al cultivo y cosecha de maíz o mango Tommy, debido a la cercanía de la cabecera municipal, tienden a realizar otras actividades.

) Producción pecuaria

En caserío El Cajón de Jones, las actividades pecuarias que se realizan son: la avicultura para fin de comercialización, la crianza porcina y bovina en menor cantidad y de sus derivados para el consumo familiar.

En el barrio Los Marines, la producción de aves de corral y ganado porcino es poca, está en manos principalmente de las amas de casa y se destina generalmente para consumo familiar o ventas ocasionales por actividades festivas.

1.8. Servicios públicos existentes

El caserío El Cajón de Jones, cuenta con los siguientes servicios básicos:

-) Energía eléctrica.**
-) Alumbrado público.**
-) Escuela oficial rural mixta.**
-) Pavimento de concreto (ingreso y calle principal).**
-) Abastecimiento de agua entubada.**
-) Drenaje individual con cámaras de retención de sólidos y líquidos.**

El barrio Los Marines, cuenta con los siguientes servicios públicos:

-) Energía eléctrica.**
-) Alumbrado público.**
-) Infraestructura de calles pavimentadas de adoquín (un sector).**
-) Abastecimiento de agua entubada.**
-) Televisión por cable y nacional.**

1.9. Condiciones sanitarias

) Abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua en el caserío El Cajón de Jones, es por medio de una línea de conducción de agua por gravedad, proveniente de aguas cristalinas del río Blanco de la cuenca de Jones, la distribución de esta agua no cuenta con ningún método de desinfección.

La fuente de abastecimiento del barrio Los Marines, es la misma de la cabecera municipal de Río Hondo, que proviene del río Colorado de la cuenca del Pasabien y que la desinfectan desde 1999 con cloro líquido.

) Recolección y tratamiento de aguas residuales

La recolección de las aguas residuales, en el caserío El Cajón de Jones, se efectúa de forma individual por medio de cámaras de retención de sólidos y líquidos, las cuales evacúan de forma de esorrentía en las montañas y no le dan ningún tratamiento al desfogarlo.

El barrio Los Marines, cuenta con cámaras de retención de sólidos y líquidos en algunas viviendas en otras con letrinas de hoyo seco.

) Recolección y disposición de basura

No existe ningún sistema de recolección de desechos sólidos, debido al alejamiento y difícil acceso al caserío El Cajón de Jones, para su eliminación la depositan en lugares inapropiados o incinerándolas en los patios de las viviendas.

En el barrio Los Marines, parte de la población paga el servicio de tren de aseo del automotor municipal, pero el resto incinera su basura o la arrojan a los costados del barrio.

) Vivienda

Son mínimas las viviendas en el caserío El Cajón de Jones, que están construidas de bajareque, adobe, teja y piso rustico. El resto están construidas de muros de block, hierro, cemento, lamina, losas, pisos de granito y cerámica.

Las viviendas del sector del ingreso al barrio Los Marines, están edificadas con materiales de: block, cemento, hierro, lámina, pisos cerámicos, y las demás casas de: bajareque, adobe, teja, nylon, madera. También cabe resaltar que las familias de estas últimas casas tienen crianza de animales domésticos, sin tenerlos en corrales adecuados, lo cual genera al ambiente contaminación por sus excretas.

1.10. Aspectos socioculturales

1.10.1. Idioma

El caserío El cajón de Jones y el barrio Los Marines, la manera de comunicarse es por medio del idioma español, ya que los habitantes en su mayoría son mestizos y no cuentan con otras etnias.

1.10.2. Población

En el censo de población realizado por el INE (Instituto Nacional de Estadística) en el año 1994, el municipio de Río Hondo registró un total de

15,057 habitantes, en la última estadística nacional del año 2002 se registró un total de 17,667 habitantes, con una tasa de crecimiento del 2.02%.

La población del caserío El Cajón de Jones es de 150 habitantes y la del barrio Los Marines es de 275, información obtenida por la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Río Hondo.

1.10.3. Organización social

Los pobladores del caserío El Cajón de Jones y el barrio Los Marines están organizados por un Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE). Cada consejo está conformado por un: presidente, vicepresidente, secretario, tesorero, vocal primero.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

2.1. Descripción del proyecto

El tramo carretero a diseñar se ubica entre aldea Jones y caserío El Cajón de Jones; inicia en aldea Jones con coordenadas GTM, longitud: 602,989.12 y latitud: 1, 671,472.34 y finaliza en el puente vehicular de ingreso al caserío con coordenadas GTM, longitud: 609,941.84 y latitud: 1, 672,729.17

La longitud de la carretera para comunicar ambas comunidades es de 1,526.50 m; para diseño geométrico se empleó según las normas de diseño de la Dirección General de Caminos de Guatemala -DGC- una sección de carretera tipo "F" en terreno montañoso, con ancho de calzada de 5.50 m, velocidad de diseño de 20 km/h. El tipo de pavimento para el diseño de la carpeta de rodadura es de concreto hidráulico, diseñado por el método simplificado para espesores de pavimentos rígido de la Portland Cement Association (PCA).

2.1.1. Beneficiarios

El diseño del pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón de Jones, beneficia de forma directa a las autoridades de la municipalidad de Río Hondo y COCODE, debido que a través del diseño lograrán gestionar los fondos económicos para su ejecución y el costo que representará el mantenimiento del proyecto al estar construido, será menor al del camino que existe actualmente.

Ejecutado el proyecto de construcción de la carretera, beneficiará a los habitantes del caserío El Cajón de Jones vecinos de comunidades aledañas y los turistas que visitan el parque cristiano-ecológico “El Monte de los Olivos”.

2.2. Levantamiento topográfico

García, Rosique y Segado (1994)

En topografía obtenemos una representación plana (en dos dimensiones de la realidad tridimensional, proyectándola ortogonalmente sobre un plano horizontal. La proyección ortogonal del terreno sobre un plano horizontal XY permitirá situar cualquier punto sobre ese plano y dibujar en planta todos los detalles, pero será preciso introducir algún sistema para representar también la información correspondiente al eje vertical Z (cap. 1, p. 5).

El estudio topográfico, se utilizó el siguiente equipo:

-) Teodolito digital marca South, con precisión de 5 segundos ($0^{\circ} 0' 5''$)
-) Trípode de aluminio
-) Cinta métrica
-) Estadía de aluminio
-) Plomada topográfica
-) Estacas de madera
-) Pintura aerosol

2.2.1. Planimetría y altimetría

García, Rosique y Segado (1994)

Planimetría, es la parte del trabajo topográfico y consiste en determinar la situación de los puntos del terreno en el plano x y. Los instrumentos y métodos topográficos planimétricos son los que se emplean para realizar las mediciones que nos van a permitir obtener una representación planimétrica del terreno (cap. 1, p. 5).

Para el trabajo de planimetría, 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.

García, Rosique y Segado (1994)

Altimetría, es la parte correspondiente al eje vertical, del mismo modo, se dice de instrumentos y métodos topográficos altimétricos, cuyo objeto será permitir determinar la altitud de los distintos puntos. La representación altimétrica suele representarse con curvas de nivel, un sistema convencional que permite incorporar en el plano los detalles altimétricos (cap. 1, p. 5).

Para el proyecto se realizó el método de nivelación taquimétrico y se determinaron puntos intermedios entre las estaciones para conocer sus cotas; la cota de inicio utilizada en el levantamiento altimétrico es de 500 m, para evitar numeración con signo negativo. En el apéndice A, se encuentra la libreta topográfica.

2.3. Diseño geométrico de la carretera

El diseño geométrico de carreteras radica en situar el diseño de una carretera en el terreno. Los medios para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos: topografía, geología, hidrología, factores sociales o urbanísticos.

Cárdenas (2002)

El diseño de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de la operación de los vehículos. En este sentido, la carretera queda geométricamente definida por el trazado de su eje en planta, en perfil y por el trazado de su sección transversal (cap. 3, p. 33).

Los elementos geométricos deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad continua y congruente con las condiciones generales de la ruta. El diseño geométrico está compuesto por tres elementos:

-) Alineamiento horizontal
-) Alineamiento vertical
-) Alineamiento transversal

2.3.1. Alineamiento horizontal

INV - Instituto Nacional de Vías- (2008)

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño (cap. 3, p. 73).

) Tipos de carretera

Existen carreteras tipo A, B C, D, E y F, en Guatemala obedeciendo al tipo de región que atraviesa.

Tabla 1. Clasificación de carreteras de Guatemala

Tipo	Transito promedio diario (vehículos)	Ancho de calzada (m)	Derecho de vía (m)	Capa de recubrimiento
A	3,000 a 5,000	14.40	50.00	Hormigón o concreto asfáltico
B	1,500 a 3,000	7.20	25.00	Concreto asfáltico o tratamiento superficial doble
C	900 a 1,500	6.50	25.00	Concreto asfáltico o tratamiento superficial doble
D	500 a 900	6.00	25.00	Tratamiento superficial doble
E	100 a 500	5.50	25.00	Tratamiento superficial doble
F	10 a 100	5.50	15.00	Balasto

Fuente: Donis. 1991. pp. 4 - 5.

) Velocidad de diseño

Donis (1991)

La velocidad de diseño para cada tipo de carretera depende del tipo de región que atraviesa. Así la región puede ser llana, ondulada y montañosa. En la tabla se representa cada tipo de carretera, la velocidad de diseño, el radio de curva mínimo y la pendiente máxima, en función de la región a que pertenecen (cap. 2, p. 6).

Tabla 2. **Características geométricas de carreteras**

Tipo de carretera	Tipo de región	Velocidad de diseño (Km/h)	Radio de curva mínimo	Pendiente máxima (%)
A	Llana	100	375	3
A	Ondulada	80	225	4
A	Montañosa	60	110	5
B	Llana	80	225	6
B	Ondulada	60	110	7
B	Montañosa	40	47	8
C	Llana	80	225	6
C	Ondulada	60	110	7
C	Montañosa	40	47	8
D	Llana	80	225	6
D	Ondulada	60	110	7
D	Montañosa	40	47	8
E	Llana	50	75	8
E	Ondulada	40	47	9
E	Montañosa	30	30	10
F	Llana	40	47	10
F	Ondulada	30	30	12
F	Montañosa	20	18	14

Fuente: Donis. 1991. p. 12.

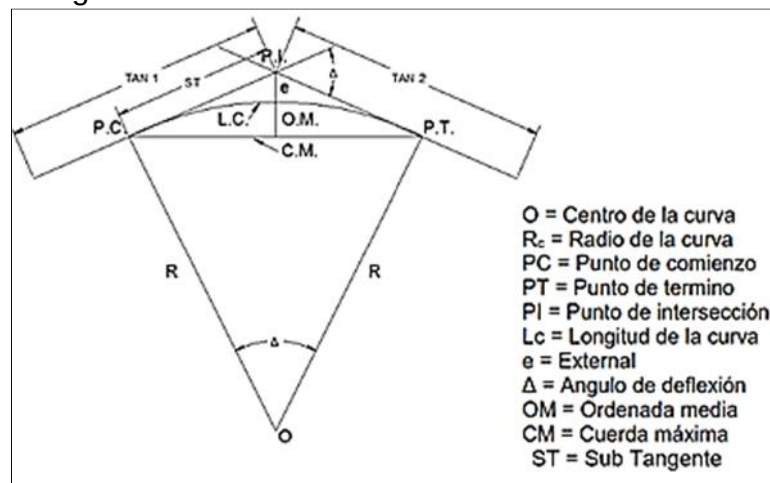
Para este diseño geométrico de carretera, la velocidad escogida fue de 20 Km/h, la cual corresponde al tipo “F” de región montañosa.

) **Curva circular**

“Al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas, se le llama curva circular horizontal y su principal misión es enlazar los tramos rectos, evitando quiebres bruscos en el trazado del camino” (Pérez, 2010, p. 24).

Entre sus elementos se encuentran: grado de curvatura (G), radio de curvatura (R), longitud de curva (Lc), subtangente (St), external (e), cuerda máxima (CM), ordenada media (Om).

Figura 5. **Elementos de una curva circular**



Fuente: elaboración propia.

2.3.1.1. Grado de curvatura

Pérez (2010)

Se define como el ángulo central, sustentado por un arco de 20 metros. A partir de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular.

$$\frac{G}{20} = \frac{360^\circ}{(2\pi)(R)}$$

Despejando y simplificando

$$G = \frac{1,145.92}{R}$$

Donde

G = Grado de curvatura

R = Radio de la curva (m) (cap. 2, pp. 25 -26).

2.3.1.2. Radio de curvatura

Toda curva se puede descomponer en pequeños arcos de circunferencia, y el radio de curvatura en cada punto sería el radio de esos arcos. Está dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{1,145.92}{G}$$

Para el proyecto se utilizó 18 m como radio mínimo de curva. En la tabla 2, se encuentran los radios mínimos para los diferentes tipos de carreteras.

2.3.1.3. Longitud de curva

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:

$$LC = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

Donde

LC = Longitud de curva (m)

Δ = Ángulo de intersección

G = Grado de curvatura (p. 298).

2.3.1.4. Sub-tangente

SCT (1991)

Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St y se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde

St = Subtangente (m)

R = Radio de la curva (m)

Δ = Ángulo de intersección (p. 298).

2.3.1.5. External

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

$$e = R \times \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right)$$

Donde

e = External (m)

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

Se calcula de igual forma con la siguiente formula, empleando una identidad para la secante:

$$e = R \times \left(\left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} \right)^{-1} \right)$$

2.3.1.6. Cuerda máxima

“Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. El principio de curva PC y el principio de tangente PT” (SCT, 1991, p. 300). Se calcula con la siguiente expresión:

$$CM = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde

CM = Cuerda máxima (m)

R = Radio de la curva (m)

2.3.1.7. Ordenada media

SCT (1991)

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

$$OM = R - \left(R \times \cos \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right)$$

Donde

OM = Ordenada media (m)

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

2.3.2. Alineamiento vertical

“El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante” (SCT, 1991, p. 351).

La subrasante, es la línea de referencia que define los alineamientos verticales en el perfil longitudinal de una carretera. 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 subrasante.

) **Curva vertical**

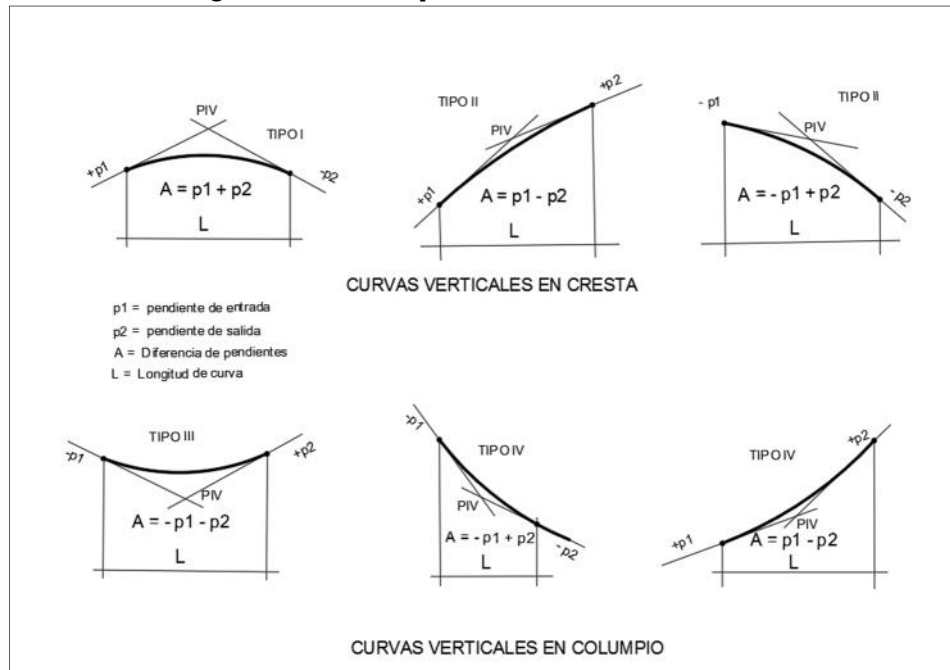
“La curva vertical, son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectué el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida” (SCT, 1991, p. 356).

) **Tipos de curvas verticales**

“Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente” (SCT, 1991, p. 357).

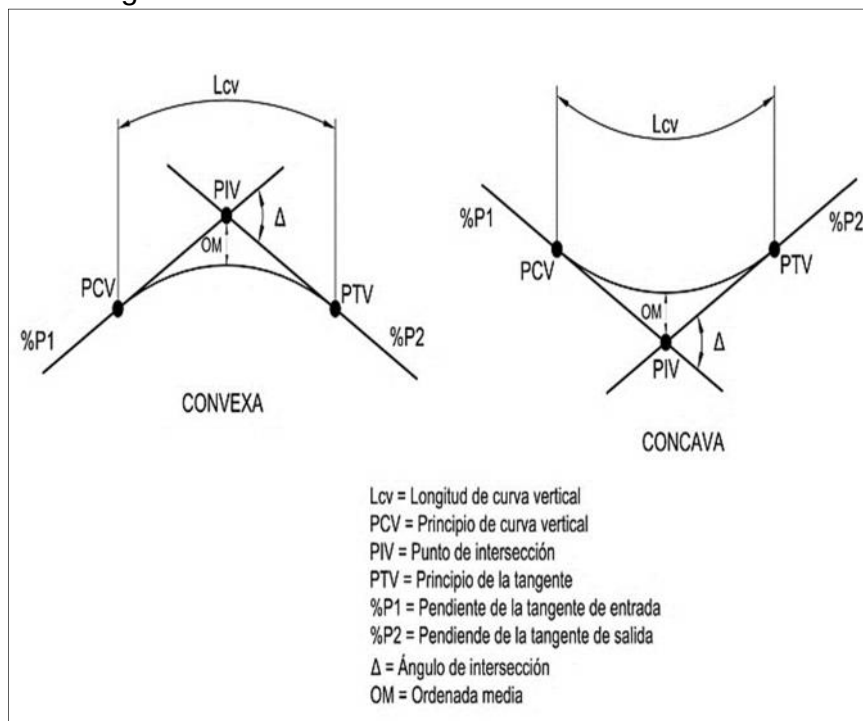
En la figura 6, se ilustran las diferentes curvas verticales. “En los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo” (SCT, 1991, p. 358).

Figura 6. Tipos de curvas verticales



Fuente: SCT. 1991. p. 359. Sin escala.

Figura 7. Elementos de una curva vertical



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

La nomenclatura para las curvas verticales que se usaron en el diseño, son de dos tipos: convexas o en cresta (cóncavas hacia abajo) y cóncavas o en columpio (cóncavas hacia arriba), como se muestra en la figura 7.

2.3.2.1. Criterios de longitud de curva

“La longitud, es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son: apariencia, comodidad, drenaje y seguridad” (SCT, 1991, p. 358).

Tabla 3. **Valores K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño	Valores de K	
(Km/hora)	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: Lemus. 2015. Anexo B.

2.3.2.1.1. Criterio de apariencia

SCT (1991)

Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente AASHTO ha determinado:

$$K = \frac{L_{cv}}{\zeta} \geq 30$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

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

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

2.3.2.1.2. Criterio de comodidad

SCT (1991)

Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo, empíricamente AASHTO ha determinado:

$$K = \frac{L_{cv}}{\zeta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

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

ζ = Diferencia algebraica de pendientes (%)

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

2.3.2.1.3. Criterio de drenaje

SCT (1991)

Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente, la AASHTO ha encontrado que para que esto ocurra debe cumplirse:

$$K = \frac{L_{cv}}{\zeta} \leq 43$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

Lcv = Longitud de curva vertical (m)

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

2.3.2.1.4. Criterio de seguridad

"Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada" (SCT, 1991, pp. 358-361). A este criterio también se le conoce como de visibilidad.

$$L_{cv} = K \times \zeta$$

Donde

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

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

ζ = Diferencia algebraica de pendientes (%)

) **Pendiente máxima**

SCT (1991)

La pendiente máxima es la mayor que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. Se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como: cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica (pp. 351 - 352).

Debido que la carretera, se clasificó como tipo “F” en terreno montañoso de acuerdo a la tabla 2, sección 2.3.1., la pendiente máxima para este tipo de carreteras es 14 %; sin embargo, se incrementó a 17 %; el aumento se justifica; porque la carpeta de rodadura será de concreto hidráulico y esta presenta ventajas superiores de adherencia, en la movilización de los vehículos sobre el tramo carretero, que la carpeta de rodadura de balasto recomendada para la carretera tipo “F”.

A los tramos de carretera mayores al 14 % de pendiente, se le realizará un acabado tipo rayado grueso, para mejorar el agarre en tracción de los neumáticos de vehículos.

) **Pendiente mínima**

SCT (1991)

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5 % mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima (p. 352).

El límite mínimo de pendiente que se empleó en el alineamiento vertical o perfil longitudinal es de 0.5 %, para asegurar que la precipitación pluvial consiga fluir apropiadamente y no forme inundaciones. Los planos de construcción se muestran en el apéndice B.

2.3.2.2. Cotas corregidas

) **Tangentes**

SCT (1991)

Se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente (p. 351).

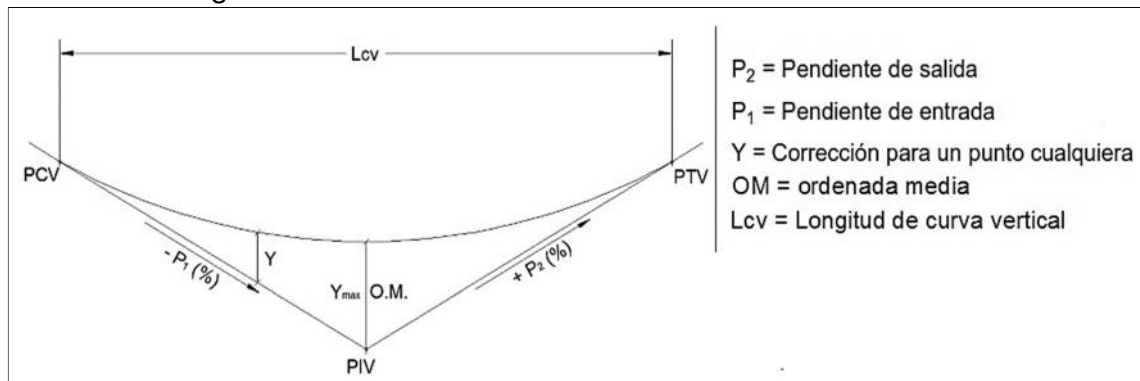
) Cálculo de correcciones de curvas simétricas

Lemus (2015)

Las curvas verticales son simétricas, si las tangentes medidas del PIV al PCV y del PIV al PTV son de la misma longitud horizontal, de lo contrario se dice que son asimétricas (p. 21).

Se consideran para el diseño todas como curvas verticales simétricas, es importante respetar el signo de la corrección, ya que una curva vertical cóncava será positiva, y una convexa será negativa.

Figura 8. Elementos de curva vertical simétrica



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

El cálculo se debe realizar con las siguientes formulas:

SCT (1991)

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

$$OM = \frac{LCV \times \zeta}{800}$$

Donde

OM = Ordenada media (m)

Lcv = Longitud de curva vertical (m)

ζ = 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:

$$Y = X \times (OM) / (Lcv / 2)^2$$

Donde

Y = Corrección vertical para un punto cualquiera (m)

OM = Ordenada media (m)

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

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

La longitud de curva vertical se realiza con los criterios de diseño que se describen en la sección 2.3.2.1.

$$Y = K \times D^2$$

$$K = (P_2 - P_1) / (L_{cv} \times 200)$$

Donde

L_{cv} = Longitud de curva vertical

D = caminamiento – PCV (cuando se realiza del PCV a PIV) o PTV – caminamiento (cuando se realiza del PIV a PTV)

OM = Corrección máxima para cada curva vertical (ordenada media)

P_2 = Pendiente de salida (con su signo)

P_1 = Pendiente de entrada (con su signo)

Y = Corrección para un punto cualquiera

La distancia para encontrar la corrección entre el PCV y PIV, se obtiene restando el PCV del caminamiento que se necesite; y entre PIV y PTV, se obtiene restando al PTV el caminamiento que se necesite, esto se realiza para tener una mejor simetría en la curva vertical.

Es importante respetar el signo de la corrección, ya que en una curva vertical cóncava será positivo, mientras que en una convexa será negativo.

2.3.2.2.1. Cotas de rasante

Lemus (2015)

El cálculo de rasantes se realiza teniendo un nivel de referencia que sirva como altura inicial, se le debe restar o sumar el producto de la multiplicación entre la pendiente de diseño y el caminamiento y su fórmula es:

$$\text{Altura de rasante} = \text{Altura inicial} \pm \text{Pendiente (\%)} \times \text{caminamiento}$$

Donde

Altura de rasante = Altura del caminamiento deseado (m)

Altura inicial = altura del nivel de referencia (m)

Pendiente = Pendiente de la tangente (%)

Caminamiento = Distancia del PIV al caminamiento que se desee (p. 26).

2.3.3. Perfil longitudinal

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo de la carretera a través de su eje, a este se le llama comúnmente rasante. Está compuesto por tangentes y curvas verticales.

El perfil se debe trazar, lo mejor preciso posible al terreno, para evitar costos grandes en el movimiento de tierras, siempre considerando los límites de pendiente y de longitud de curva vertical. El perfil longitudinal se expone en planos constructivos del apéndice B.

2.3.4. Movimiento de tierras

Hun (2003)

La subrasante es la que define el volumen de movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución. Un buen criterio para diseñarla es obtener la subrasante más económica, apegado a los requerimientos del tipo de carretera, acordando tener un balance (p.25).

La disposición de los materiales extraídos, es útil en la construcción de rellenos, conformación de terracería entre otros. El movimiento se determina a partir de los perfiles y secciones transversales.

El banco de material que se utilizó en el proceso de construcción de la subbase del pavimento se ubica en el mismo tramo de la carretera.

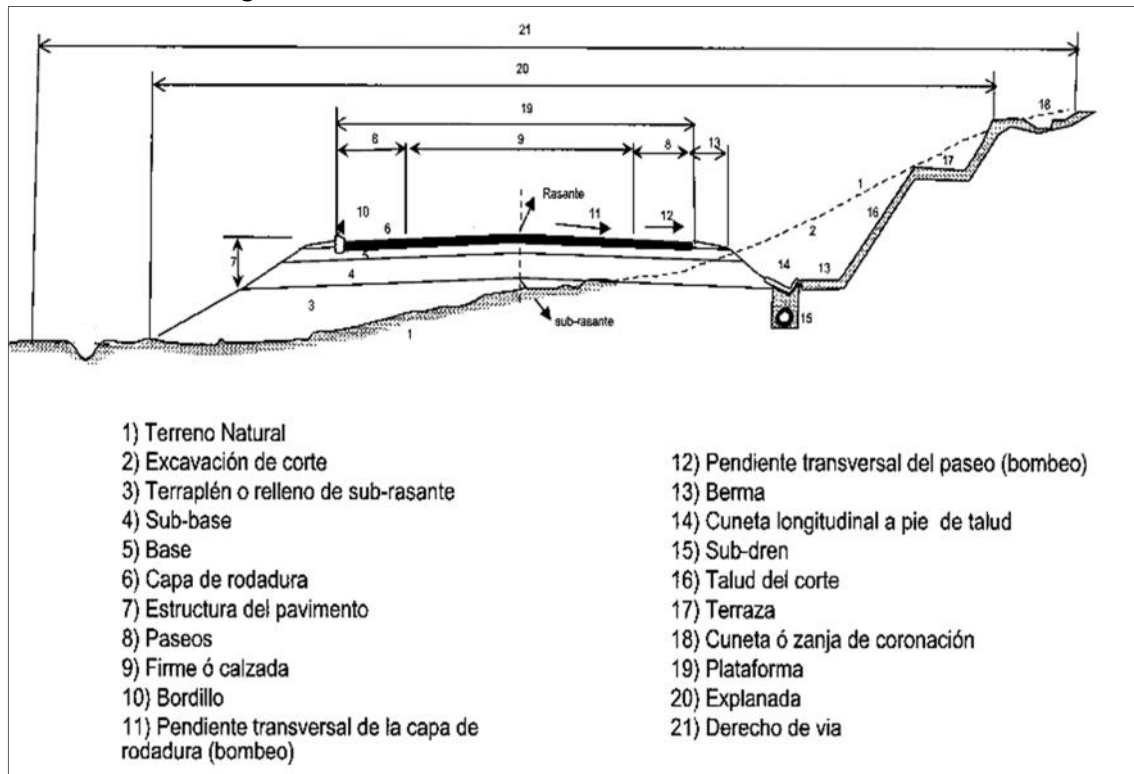
2.3.4.1. Secciones transversales

Constituyen la configuración transversal del terreno con respecto al eje. Son las cotas de terreno tanto a la derecha como a la izquierda del eje a distancias consideradas.

Regularmente suelen tomarse diferentes perfiles a lo largo del eje, con un intervalo de separación constante a cada 20 m y que viene condicionado por las características topográficas del terreno.

La sección típica, es la representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes y componentes de un camino, como se observa en la figura 9.

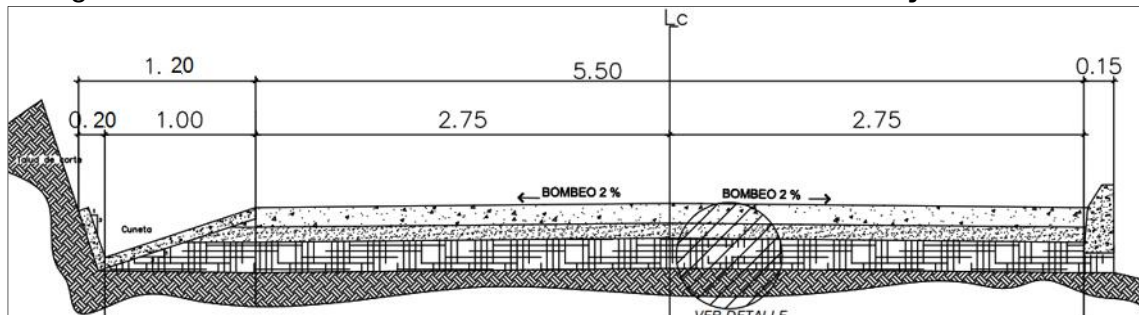
Figura 9. **Elementos de sección transversal**



Fuente: Morales. 2006. p.53. Sin escala.

La figura 10, muestra la sección transversal típica para la carretera del caserío El Cajón de Jones. Ver detalle en planos de apéndice B.

Figura 10. **Sección transversal carretera caserío El Cajón de Jones**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

) Taludes

Son planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica de una carretera. Los taludes determinan los volúmenes de tierra tanto en corte como en relleno. Los taludes más comunes en carreteras se exponen en la tabla 4.

Tabla 4. **Inclinación de taludes**

Inclinación de taludes según material y altura			V= vertical y H = horizontal
Material	Altura (m)	Inclinación V H	
Corte			
Duro	Cualquiera	1/4: 1 = 4:1	
Semiduro	Cualquiera	1/4: 1 = 4:1	
Semisuave y suave	0 a 3	1:1 = 1:1	
	3 a 7	1/2: 1 = 2:1	
	más de 7	1/3: 1 = 3:1	
Relleno			
Todo material	0 a 3	2:1 = 1:2	
	más de 7	1 1/2: 1 = 2:3	

Fuente: DGC-ETCR. 2002. p. 20.

En el talud de corte, el material se encuentra naturalmente compactado, obteniendo mayor inclinación vertical economizando movimientos de tierra. Por el contrario del talud en relleno, la inclinación es más horizontal. Los taludes que se usaron para corte son 3:1 y para el relleno 1:2.

2.3.4.2. Áreas y volúmenes

) Área de sección transversal

Pérez (2010)

Puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de determinantes para encontrar el área:

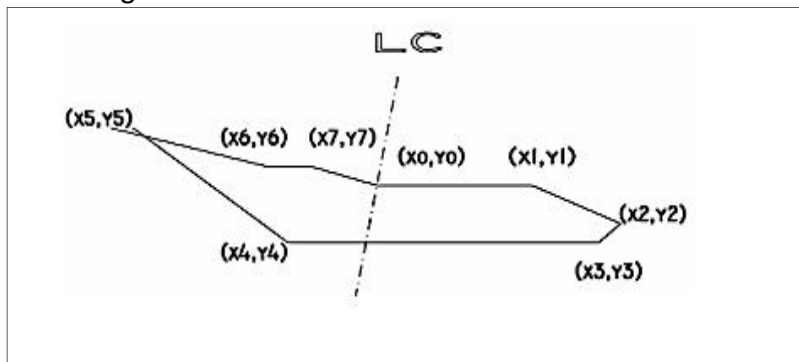
$$A = \frac{\text{Suma } (X \times Y) - \text{Suma } (Y \times X)}{2}$$

Donde

A= Área (m²)

X, Y = Coordenadas (p. 32).

Figura 11. Área de sección transversal



Fuente: Pérez. 2010. p. 32.

Figura 12. **Ilustración de determinantes**

X		Y
x0		y0
x1		y1
x2	*	y2
x3	*	y3
x4	*	y4
x5	*	y5
x6	*	y6
x7	*	y7
x0	*	y0
$a = \sum (x * y)$		$b = \sum (y * x)$

Fuente: Pérez. 2010. p. 33.

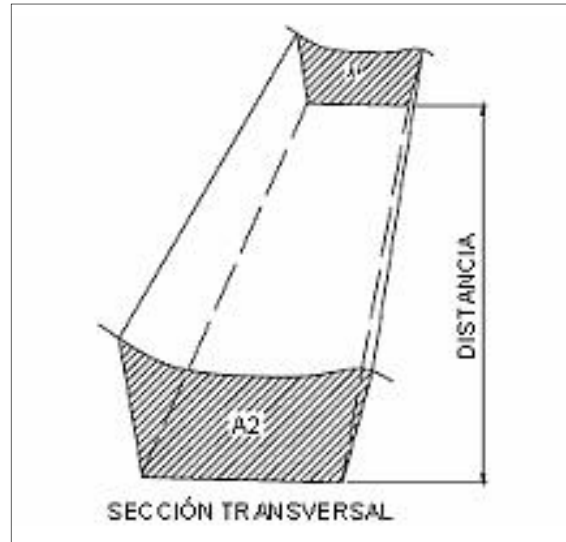
En seguida de tener el valor de las áreas de las secciones transversales, se calculan los volúmenes entre ellas. Este volumen se presume que es un componente geométrico de forma prismoidal.

) **Volumen de sección transversal**

Pérez (2010)

Cada una de las áreas calculadas constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta en una uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas; se obtienen así volúmenes de corte y relleno de ese tramo (p. 33).

Figura 13. **Volumen de prismoide de corte o relleno**



Fuente: Pérez. 2010. p. 33.

El cálculo del volumen de un prismoide se necesita, para estimar el volumen de material entre dos secciones transversales, sea de corte o relleno, aplicamos la siguiente operación:

$$\text{Vol.} = D \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$$

Donde

Vol. = Volumen

A1 = Área superior de la estación

A2 = Área inferior de la estación

D = Distancia entre estaciones

) **Volumen de corte**

Cuando la cota de terreno es superior a la cota rasante, el área de la sección transversal corresponde a corte, si sucede igual en extremo contrario del prismoide, entonces todo el volumen del mismo es de corte.

) **Volumen de relleno**

Cuando la cota de terreno es menor a la cota rasante, el área de la sección transversal corresponde a relleno, si sucede igual en el extremo contrario del prismoide, entonces todo el volumen del mismo es de relleno.

El total del volumen de corte y relleno, para todo el tramo de la carretera caserío El Cajón de Jones es de $3,977.14 \text{ m}^3$ y $1,196.15 \text{ m}^3$ respectivamente, apéndice B, plano de secciones transversales hoja No. 16/18.

) **Cambios volumétricos**

Morales (2006)

Cuando se saca o se excava un material desde su estado natural, este experimenta un cambio en su volumen. Ese porcentaje de aumento es lo que se llama coeficiente de expansión del suelo. El coeficiente de expansión depende del tipo de suelo que se excave. Para los rellenos, cuando se compacta un material, se le reduce el volumen de huecos, el material se reduce en volumen. Ese porcentaje de reducción es lo que se conoce como coeficiente de contracción (p. 150).

A continuación, se enumeran las diferentes fórmulas de contracción e hinchamiento para distintos casos:

- o De natural a suelto

$$\text{Vol. Suelto} = (\text{Vol. Natural}) \times (\text{fact. de expansión})$$

- o De suelto a compacto

$$\text{Vol. Compacto} = \frac{(\text{Vol. Suelto})}{(\text{fact. de contracción})}$$

Vol. = Volumen (m³)

fact. = Factor de expansión o contracción

Tabla 5. Factores conversión volumétrica de suelos

Material	Estado actual	Convertido a		
		Estado natural	Estado suelto	Compactado
Arenas	Natural	1	1.11	0.95
	Suelto	0.9	1	0.86
	Compactado	1.05	1.17	1
Tierra común	Natural	1	1.25	0.9
	Suelto	0.8	1	0.72
	Compactado	1.11	1.39	1
Arcillas	Natural	1	1.43	0.9
	Suelto	0.7	1	0.63
	Compactado	1.11	1.59	1
Roca	Natural	1	1.5	1.3
	Suelto	0.67	1	0.87
	Compactado	0.77	1.15	1

Fuente: Morales. 2006. p.152.

Los materiales de la carretera caserío El Cajón de Jones, se clasificaron como arenas con grava limosa. Los resultados del estudio de suelos se

aprecian en el anexo A (A-1 y A-5). Se procede a determinar los cambios volumétricos con los siguientes factores:

Datos

Volumen de corte = 3, 977.14 m³

Factor de expansión = 1.11

Volumen de relleno = 1,196.15 m³

Factor de contracción = 0.86

$$\text{Vol. Suelto} = (3,977.14 \text{ m}^3) \times (1.11) = 4,414.62 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Compacto} = (1,196.15 \text{ m}^3) / (0.86) = 1,390.87 \text{ m}^3$$

2.3.4.3. Balance de masas

Es la curva consiguiente de unir todos los puntos dados por las ordenadas de la curva masa; éstas se logran de la adición algebraica del volumen de relleno y corte; éste último afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica.

Los volúmenes de corte o de préstamo, deben ser trasladados para fundar los rellenos; no obstante, en ciertos casos, parte de los volúmenes de corte deben desperdiciarse, para lo cual se conducen a lugares externos de la carretera.

2.4. Ancho de carretera

El ancho de calzada es la distancia libre para el movimiento de los vehículos. Para la sección de carretera tipo “F” el ancho deberá ser 5.50 m, según la tabla 1 de clasificación de carreteras de Guatemala de la DGC.

2.5. Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la corona a ambos lados de su eje transversalmente, para el diseño de carretera se utilizó el bombeo: se expresa en porcentaje y depende del tipo de superficie, ya que superficies duras y lisas demandan menos bombeo que una demasiada rugosa.

SCT (1991)

Bombeo, es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente (pp. 367-369).

Tabla 6. **Bombeo de superficies de rodamiento**

Tipo de superficie de rodamiento		Bombeo
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con extendedoras mecánicas.	0.010 a 0.020
Buena	Superficie de mezcla asfáltica tendida con moto-conformadoras. Carpeta de riegos.	0.015 a 0.030
Regular a mala	Superficie de tierra o grava.	0.020 a 0.040

Fuente: SCT. 1991. p. 369.

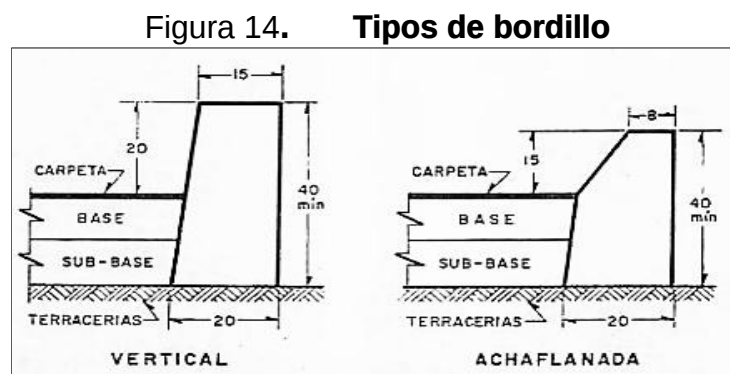
La carpeta de rodadura es de concreto hidráulico, por esta razón se utilizó el 0.20 (2 %) de bombeo para evitar que el agua dañe la superficie, con esta pendiente transversal se asegura la efectividad de cunetas y bordillos, que transportarán el agua pluvial para su evacuación final.

2.6. Cunetas

Las cunetas son zanjas revestidas con o sin concreto, que se localizan a la orilla de la carretera en los cortes o rellenos, estas protegen la carretera contra las erosiones y recogen el agua que escurre de la superficie de la carretera debido al bombeo, así como la que escurre de los taludes de los cortes. Debido a las limitaciones de terreno que presenta en su sección transversal la carretera a caserío El Cajón de Jones, el tipo de drenaje utilizado es cuneta y bordillos en todo el tramo, ambos de concreto.

SCT (1991)

Los bordillos son elementos, que se construyen sobre o junto a los hombros de los terraplenes, a fin de encauzar el agua que se escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el talud del terraplén (cap. 9. p. 392).



Fuente: SCT. 1991. p. 393. Sin escala.

“Las guarniciones achaflanadas se emplean principalmente en zonas rurales y las verticales en zonas urbanas” (SCT. cap. 9, p. 392). En otros países suelen llamar guarniciones al bordillo.

“En general, los pavimentos se comportarán mejor si cuentan con elementos confinantes en sus costados, tales como guarniciones” (SCT. cap.9, p. 122). Puesto que también, se diseña la estructura de pavimento y su capa de rodadura será de concreto hidráulico simple, es necesario emplear cunetas y bordillos en ambos lados como elementos confinantes en todo el tramo.

2.7. Drenaje longitudinal

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la carretera y el aportado por los taludes superiores adyacentes, se encauza y evacua de tal forma que no se produzca daño a la vía ni afecte su tránsito, por medio de cunetas y bordillos.

SCT (1991)

La cuneta tiene sección triangular con un ancho de un metro, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud de corte. La capacidad hidráulica de esta sección puede calcularse con los métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y área drenada. La longitud está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección. Cuando la velocidad del agua es fuerte puede causar erosiones; para evitar habrá que disminuir la velocidad o protegerlas con materiales resistentes (pp. 386-387).

MTC - Ministerio de Transporte y Comunicaciones- (2011)

La descarga de agua de las cunetas se efectuará en región poca lluviosa, la longitud de las cunetas será de 250 m como máximo, las longitudes de recorridos mayores deberán justificarse técnicamente; en región muy lluviosa se recomienda, reducir esta longitud máxima a 200 m. Salvo justificaciones técnicas, cuando se tenga presencia de viviendas ubicadas que pueden ser afectadas. En este aspecto, se deberá realizar una evaluación exhaustiva para ubicar adecuadamente los puntos de descarga.

Para bordillos, se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia vertederos adecuadamente ubicados a una distancia de entre 50 y 100 metros (pp. 168 -173).

Las cunetas se usaron para el drenaje longitudinal, como se indicó en la sección 2.6. y figura 10. Para su diseño se determina el caudal hidrológico aportado por la zona del talud y el caudal hidráulico que transportara la propia cuneta, con las dimensiones recomendadas por modelos establecidos para carreteras.

) **Caudal hidrológico**

Donis (1991)

Los procedimientos hidrometeorológicos toman en consideración los datos de precipitación e intensidad de lluvia. Por esto, los resultados de estos métodos deben ser más confiables puesto que no solo se basan en el área de la cuenca, sino que incluyen otros parámetros importantes en el comportamiento del agua (cap. 4, p. 31). El caudal hidrológico se determina en la sección 2.7.1.

2.7.1. Método racional

Pérez (2010)

Consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial. Se adapta muy bien para la determinación de caudales para drenajes superficiales de carreteras. El método racional asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado (p.40). La fórmula básica del método racional, para el drenaje longitudinal de la carretera es:

$$Q \text{ Hidrológico} = \left(\frac{C \times I \times A}{360} \right)$$

Donde

Q Hidrológico = Caudal (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en (mm/hora)

A = Área tributaria la cual es; ancho tributario por longitud de cuneta en (Ha)

2.7.1.1. Coeficiente de escorrentía

Nogales y Quispe (2009)

Está en función del tipo de superficie, del grado de permeabilidad de la zona y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escurrimiento. Se deben considerar las pérdidas de infiltración en el suelo y otros efectos retardadores. Para áreas de drenaje que incluyan sub áreas con

coeficientes de diferentes, debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas (p. 148).

La tabla 7 muestra diferentes coeficientes de escorrentía (C), proporcionadas por -INSIVUMEH-, el cual depende de tres aspectos: cobertura, tipo de suelo y pendientes del terreno.

Tabla 7. Coeficiente de escorrentía - uso de suelos-

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto	Medio	Bajo
		(suelo arenoso)	(suelos francos)	(suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.3	0.5	0.6
	5 - 10 %	0.4	0.6	0.7
	10 – 30 %	0.5	0.7	0.8
Potreros	< 5 %	0.1	0.3	0.4
	5 - 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.2	0.4	0.6
Bosques	< 5%	0.1	0.3	0.4
	5 - 10 %	0.25	0.35	0.5
	10 – 30 %	0.3	0.5	0.6

Fuente: INSIVUMEH. 2002. p. 11.

Tabla 8. Coeficiente de escorrentía - superficies -

Características de superficie	Coeficiente
Techos	0.70 – 0.90
Pavimentos	
Concreto y asfalto	0.85 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera (deficientemente condición)	0.75 – 0.85
Piedra, ladrillo o madera (buena condición)	0.40 – 0.70
Calles	
Terracería	0.25 – 0.60
De arena	0.15 – 0.30
Parques, jardines, prados...	0.05 – 0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01 – 0.20

Fuente: Cabrera. 1989. p. 51.

Para el coeficiente de las superficies de concreto hidráulico, se manejó de acuerdo con la tabla 8.

El ancho tributario consta de dos diferentes tipos de zonas o superficies, entonces es necesario calcular un coeficiente promedio de la siguiente forma:

$$C = \frac{\sum (c \times A)}{\sum A_t}$$

Donde

$\bar{C}$ = Coeficiente de escorrentía promedio

c = Coeficiente de escorrentía de cada superficie

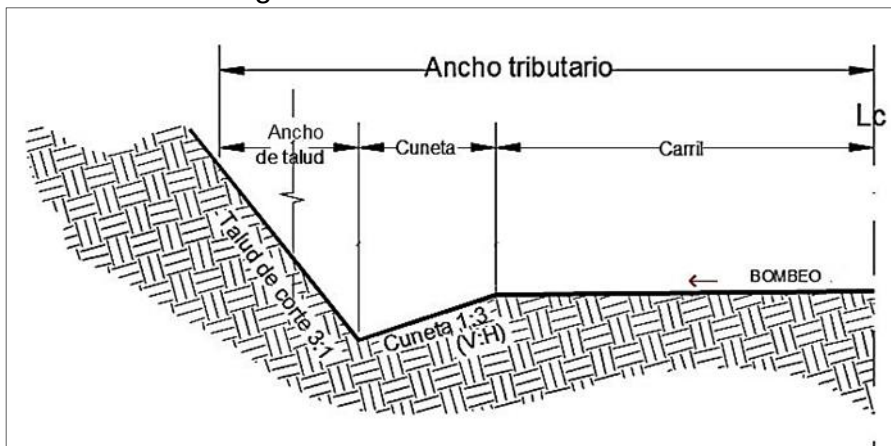
A = Área parcial

A_t = Área total

) **Área tributaria**

Se calculó con datos de la figura 10 sección 2.3.4.1., el ancho de carril es de 2.75 m, ancho de cuneta de 1 m y longitud de 1,526.50 m los cuales se emplean para definir el coeficiente de escorrentía promedio. Además, el ancho de la base o pie de talud deberá ser de 30 m.

Figura 15. **Ancho tributario**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

- o $\text{Área tributaria}_{\text{concreto}} = (\text{Ancho}_{\text{(carril + cuneta)}} \times \text{longitud carretera})$
- o $\text{Área tributaria}_{\text{concreto}} = (3.75 \times 1526.50) \text{ m} = 5,724.38 \text{ m}^2 = 0.5724 \text{ Ha.}$
- o $\text{Área tributaria}_{\text{suelo agrícola (talud)}} = 30 \text{ m} \times 1526.50 \text{ m} = 45,795 \text{ m}^2 = 4.5795 \text{ Ha}$
- o $\text{Área tributaria total} = \text{Área tributaria}_{\text{concreto}} + \text{Área tributaria}_{\text{suelo agrícola (talud)}}$
- o $\text{Área tributaria total} = 5,724.38 + 45,795 = 51,519.38 \text{ m}^2$
- o $\text{Área tributaria total} = 5.1519 \text{ Ha}$

El coeficiente de escorrentía promedio, se calcula utilizando el coeficiente de escorrentía (tablas 7 y 8) para la superficie de suelo agrícola es 0.45 y para la de concreto hidráulico es de 0.90.

$$\bar{C} = \frac{(0.45 \times 4.5795 \text{ Ha} + 0.90 \times 0.5724 \text{ Ha})}{5.1519 \text{ Ha}}$$

$$\bar{C} = 0.50$$

2.7.1.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se expresa en mm/hora, el método recomendado por INSIVUMEH, la determina por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde

$i = I$ = Intensidad de lluvia mm/hr

t_c = Tiempo de concentración (minutos)

A, B y N = Parámetros de ajuste. Obtenidos de la estación meteorológica de La Fragua y La Unión, Zacapa

Tr = Período de retorno

) **Tiempo de concentración**

MTC (2011)

La duración de la lluvia de diseño es igual al tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta el área de drenaje en consideración. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c . Las fórmulas más comunes solo incluyen el desnivel, la longitud recorrida por la gota de agua (p. 31).

INSIVUMEH -Instituto de Sismología, Vulcanología, Hidrología- (2002)

Una de las fórmulas utilizadas es la de Kirpich, que usa el desnivel y longitud del cauce.

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

Donde

t_c = Tiempo de concentración (minutos)

L = Longitud (m)

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

El tiempo de concentración con longitud de cuneta 1526.50 m y desnivel de 150 m de la carretera, en la ecuación de Kirpich se determina de la siguiente manera:

$$t_c = \frac{3 \times 1526.50 \text{ m}^{1.15}}{154 \times 150 \text{ m}^{0.38}}$$

$$t_c = 13.30 \text{ minutos}$$

) **Período de retorno**

Es un factor muy importante para la determinación de la capacidad y la prevención de colapsos. La selección está asociada al tiempo de vida útil del proyecto, por lo cual para calcular la intensidad de lluvia se usará 20 años de período de retorno (T_r).

El caserío El Cajón de Jones, no cuenta con una estación meteorológica, por lo que se interpoló la intensidad de lluvia con los parámetros de las dos estaciones meteorológicas más cercanas y sus diferentes niveles sobre el nivel del mar (msnm).

Tabla 9. **Parámetros A, B y n, La Fragua**

La Fragua, Zacapa								
Tr (años)	2	5	10	20	25	30	50	100
A	2,360	3,980	3,480	844	840	836	831	827
B	19	22	18	7	7	7	7	7
N	0.99	1.025	0.983	0.642	0.639	0.637	0.632	0.628

Fuente: INSIVUMEH. 2002. p. 7.

Tabla 10. **Parámetros A, B y n, La Unión**

La Unión, Zacapa								
Tr (años)	2	5	10	20	25	30	50	100
A	142,510	87,170	5,460	329,840	311,260	309,080	290,140	279,590
B	50	50	20	70	70	70	70	70
N	1.679	1.523	0.986	1.682	1.668	1.666	1.651	1.642

Fuente: INSIVUMEH. 2002. p. 7.

Aplicando la fórmula de intensidad de lluvia sección 2.7.1.2. y parámetros de la estación meteorológica de La Fragua con Tr de 20 años y t_c de 13.30 minutos se obtiene:

$$i_{\text{La Fragua, Zacapa}} = \frac{844}{(7 + 13.30)^{0.642}}$$

$$i_{\text{La Fragua, Zacapa}} = 122.16 \text{ mm/hr}$$

Empleando la fórmula de la intensidad de lluvia y los parámetros de la estación meteorológica de La Unión, Tr = 20 años y t_c = 13.30 minutos:

$$i_{\text{La Unión, Zacapa}} = \frac{329,840}{(70 + 13.30)^{1.682}}$$

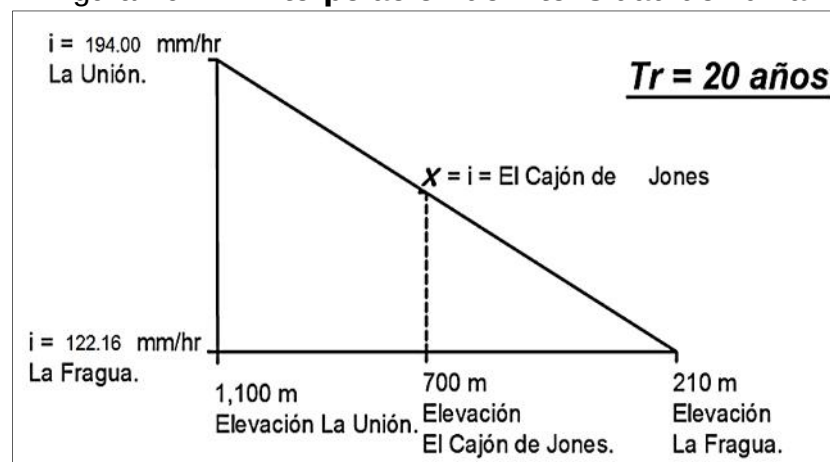
$$i_{\text{La Unión, Zacapa}} = 194.00 \text{ mm/hr}$$

Tabla 11. **Características estaciones meteorológicas**

No.	Nombre	Cuenca	Departamento	Municipio	Elevación
1	La Fragua	Grande de Zacapa	Zacapa	Estanzuela	210 msnm
2	La Unión	Motagua	Zacapa	La Unión	1,100 msnm

Fuente: INSIVUMEH. 2002. p. 4.

Figura 16. **Interpolación de intensidad de lluvia**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

Datos

Elevación La Unión = 1100 msnm

Elevación El Cajón de Jones = 700 msnm

Elevación La Fragua = 210 msnm

i (La Unión, Zacapa) = 194.00 mm/hr

i (La Fragua, Zacapa) = 122.16 mm/hr

$$i_{\text{El Cajón de Jones}} = \frac{\left(194.00 \frac{\text{mm}}{\text{hr}} - 122.16 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}\right)}{(1,100 \text{ m} - 210 \text{ m})} \propto \frac{(X - 122.16 \text{ mm/hr})}{(700 \text{ m} - 210 \text{ m})}$$

$$i_{\text{El Cajón de Jones}} = 490(194.00 - 122.16) = 890(X - 122.16)$$

$$i_{\text{El Cajón de Jones}} = 161.71 \text{ mm/hr}$$

Entonces se procede a calcular el caudal hidrológico de acuerdo con el método racional de la sección 2.7.1. y con todos los valores antes determinados:

$$Q_{\text{Hidrológico}} = \left(\frac{C \times i \times A}{360} \right)$$

Donde

$Q_{\text{Hidrológico}} = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$C = 0.50$

$i = 161.71 \text{ mm/hr}$

$A = 5.1519 \text{ Ha}$

$$Q_{\text{Hidrológico}} = \frac{0.50 \times 161.71 \text{ mm/hr} \times 5.1519 \text{ Ha}}{360}$$

$$Q_{\text{Hidrológico}} = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este caudal de $1.16 \text{ m}^3/\text{s}$, es el aportado por zona de talud, el bombeo superficial del carril y cuneta.

) Caudal hidráulico

MTC (2011)

Este se calcula para determinar el caudal que transita por la cuneta llena. Para el diseño hidráulico de las cunetas se utiliza el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de continuidad y la de Manning:

$$Q = A \times V$$

$$Q = A \times \frac{1}{n} \left(R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right)$$

Donde

Q = Caudal (m³/s)

V = Velocidad m /s

A = Área de la sección (m²)

R_h = Radio hidráulico (m) (Área de la sección/perímetro mojado)

S = pendiente de la tubería (adimensional)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

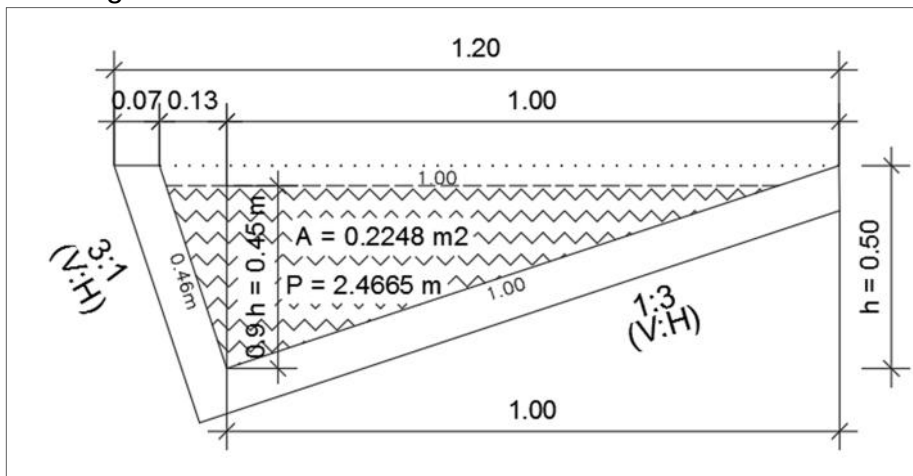
Se propone una altura de cuneta, que sea menor a 0.60 m, se calcula el radio hidráulico, el área de la sección mojada, el caudal de Manning. Se debe cumplir con que la capacidad de cuneta transporte el caudal aportado por la precipitación pluvial. Entonces el diseño está terminado. Si ocurre lo contrario, se debe volver a elegir otra altura de cuneta (p.163).

Tabla 12. **Coeficientes de rugosidad de Manning**

Material	Coeficiente de rugosidad
Asbesto de cemento	0.010 a 0.012
Concreto ordinario	0.014 a 0.016
Concreto bien acabado	0.013 a 0.014
Concreto alisado	0.011 a 0.012
Ladrillo	0.014 a 0.016
Plástico	0.009 a 0.010

Fuente: Aguilar. 2007. p. 14.

Figura 17. **Características hidráulicas de cuneta**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

Se procede a determinar con la siguiente formula, el caudal hidráulico de la cuneta con los datos de dimensiones de la figura 17 y tabla 12 con coeficiente de rugosidad de 0.013.

MTC (2011)

$$Q \text{ Hidráulico} = A \times \frac{1}{n} \left(R_h^{2/3} \times S^{1/2} \right) \text{(p.163).}$$

Donde

Q = Caudal (m³/s)

$$A = 0.2248 \text{ m}^2$$

$$R_h = 0.2248 \text{ m}^2 / 2.4665 = 0.0911 \text{ m}$$

$S = 10.88 \%$ pendiente promedio de tramos en rasante

$$n = 0.013$$

$$Q_{\text{Hidráulico}} = 0.2248 \text{ m}^2 \times \frac{1}{0.013} \left(0.0911^{\frac{2}{3}} \text{ m} \times 0.1088^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q_{\text{Hidráulico}} = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Hidráulico}} = Q_{\text{Hidrológico}}$$

$$1.16 \text{ m}^3/\text{s} = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal que puede transportar la cuneta de sección triangular de 0.50 m de altura, trabajando al 90% de su tirante hidráulico, y ancho de 1 m, es igual al caudal hidrológico aportado por la precipitación pluvial del área tributaria, que se consideró en la sección 2.7.1. Los desfogues de cunetas se proponen a cada 250 m como máximo, y el de bordillos a cada 100 m de acuerdo valores establecidos para diseño de drenajes longitudinales sección 2.7.

2.8. Drenaje transversal

Donis (1991)

Las estructuras de drenaje menor, usadas en Guatemala para evacuar los caudales provenientes de las diversas cuencas son: vados o badén, tuberías de concreto, concreto reforzado o metálica, bóvedas. Si el caudal necesita ser

evacuado por una estructura con mayor capacidad la solución será un puente (cap. 3, p. 35).

El drenaje transversal de una carretera se consigue mediante alcantarillas, cuya función es proporcionar un medio para que el agua que escurra pueda cruzar bajo la carretera sin causarle perjuicios.

No existen quebradas que atraviesen el tramo carretero, únicamente al final existe un determinado escurrimiento de agua del talud y por la cercanía al puente es preciso emplear una tubería de drenaje menor y evacuar el agua que se recolecta en el caminamiento 1+500.00.

2.8.1. Método racional

Se usó el método racional, el cual está basado en la precipitación pluvial, escorrentía y área tributaria, éste se detalló en la sección 2.7.1.

2.8.1.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía sujeto al uso del suelo se obtuvo de tabla 7 de la sección 2.7.1.1. y corresponde a 0.50 de tierra agrícola.

2.8.1.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se evaluó de igual forma que en la sección 2.7.1.2.

) **Tiempo de concentración**

De la sección 2.7.1.2., se describe el tiempo de concentración por la siguiente ecuación:

$$t_c = \frac{3 \times L_{\text{Cau.}}^{1.15}}{154 \times H^{0.38}}$$

$$t_c = \frac{3 \times 520 \text{ m}^{1.15}}{154 \times 325 \text{ m}^{0.38}}$$

$$t_c = 2.87 \cong 3.00 \text{ minutos}$$

Donde

$L_{\text{Cau.}}$ = Longitud del cauce (520 m)

H = Desnivel del cauce (325 m)

La intensidad de lluvia para las dos estaciones cercanas (La Fragua y La Unión), empleando parámetros para $T_r = 20$ años, $t_c = 3.00$ minutos es:

$$i_{\text{La Fragua, Zacapa}} = \frac{844}{(7 + 3)^{0.642}}$$

$$i_{\text{La Fragua, Zacapa}} = 192.46 \text{ mm/hr}$$

$$i_{\text{La Unión, Zacapa}} = \frac{329,840}{(70 + 3)^{1.682}}$$

$$i_{\text{La Unión, Zacapa}} = 242.10 \text{ mm/hr}$$

La intensidad de lluvia para el área tributaria interpolada como en la sección 2.7.1.2 es:

$$i = 219.85 \text{ mm/hr}$$

2.8.1.3. Área tributaria

Es la superficie en hectáreas delimitada por fronteras imaginarias llamadas parteaguas, que se utiliza para drenar el agua de lluvia hacia las obras de drenaje menor. Se utilizó el programa de Civil3D importando una hoja cartográfica y así delimitar el área. La delimitación es 9.67 Ha y se muestra en el apéndice C.

2.8.2. Caudal

De la sección 2.7.1. se determina el caudal por la siguiente formula con $C = 0.50$, $i = 222 \text{ mm/hr}$ y $A = 9.67 \text{ Ha}$.

$$Q = \left(\frac{0.50 \times 219.85 \text{ mm/hr} \times 9.67 \text{ Ha}}{360} \right)$$

$$Q = 2.95 \cong 3.00 \text{ m}^3/\text{s})$$

2.8.3. Cálculo de tuberías

MTC (2011)

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse es lo establecido por la fórmula

de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación (65).

Donis (1991)

El área requerida, se puede deducir con la siguiente expresión matemática:

$$Q = A V$$

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

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

El perímetro mojado de cualquier ducto es la línea de intersección de su superficie mojada con un plano transversal. En una tubería de diámetro circular de flujo completo el perímetro mojado es $\pi \times D$ por lo tanto, el radio hidráulico de las tuberías circulares se puede deducir como sigue:

$$R_h = \frac{\pi \times r^2}{\pi \times D} = \frac{D}{4}$$

Es posible deducir una expresión para encontrar directamente el diámetro de la tubería requerida. En este caso el resultado será en metros.

$$V = \frac{1}{n} \times \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{0.397 \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2}}{n}$$

Con esta expresión se obtiene el valor de la velocidad y conociendo el caudal (Q), se evalúa el valor requerido para el área de la sección transversal:

$$A = \frac{Q n}{0.397 \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2}}$$

$$D^{8/3} = \frac{4 Q n}{0.397 \times \pi^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2}}$$

$$D = \left[\frac{10.08 \times Q \times n}{\pi \times S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

Expresión que da directamente el valor del diámetro de tubería necesaria (cap. 6, pp. 52-53).

El diámetro de la tubería del drenaje transversal se determina con la siguiente ecuación:

$$D = \left[\frac{10.08 \times Q \times n}{\pi \times S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

Donde

D = Diámetro (m)

Q = Caudal (m³/s)

n = Coeficiente de Manning = 0.010 (tabla 12)

S = Pendiente longitudinal de tubería 3%

Se procede a calcular el diámetro para el drenaje transversal, con la siguiente formula:

$$D = \left[\frac{10.08 \times 3 \text{ m}^3/\text{s} \times 0.010}{\pi \times 0.03^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.8022 \text{ m} = 31 \text{ pulgadas}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.8022 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0.50 \text{ m}^2$$

El área necesaria de tubería para drenar la microcuenca es de 0.50 m^2 , se utilizará tubería de 36 pulgadas de PVC corrugado AASHTO M-304 debido que no se comercializa de 31 pulgadas.

) Tipos de tuberías

Las alcantarillas son fabricadas con tubos de concreto, concreto armado, metal corrugado o de policloruro de vinilo (PVC). Se instalan transversalmente a la carretera, según las condiciones de la carretera.

Donis (1991)

Las tuberías de concreto sin refuerzo se utilizan en diámetros hasta de 24 pulgadas, a partir de este diámetro se utiliza refuerzo. Los tubos de concreto reforzado usados en el drenaje pueden alcanzar 60 pulgadas de diámetro. Las tuberías de metal corrugado son más recomendables que las de concreto para

diámetros grandes, por el excesivo peso de estas últimas y la dificultad para su transporte y colocación. La corrosión de la tubería metálica es mayor, por las distintas reacciones que se llevan a cabo entre el metal y el agua que circula a través de la misma. La tubería metálica es flexible e instalada es capaz de sufrir deflexiones sin dejar de ser funcional. Finalmente, el factor decisivo en la elección del tipo de tubería es el costo (cap. 5, pp. 39-43).

Los tubos de policloruro de vinilo (PVC) son derivados del plástico más versátil. Se caracteriza por ser dúctil y tenaz. Los pesos de las tuberías son ligeros y tienen diferentes longitudes, que evita menos instalación, su rugosidad es poca por lo que se considera lisa, lo cual impide obstrucciones y soporta mayores deflexiones.

Para el diseño de drenaje transversal de la carretera a caserío El Cajón de Jones, se eligió tubería de PVC corrugado AASHTO M-304.

2.9. Estudio de suelos

Los estudios de suelos se realizaron, para conocer sobre las diferentes características físicas y propiedades mecánicas del suelo del terreno y del banco de materiales a usar. Los ensayos para clasificar y definir las principales propiedades de los suelos en carreteras y que se aplicaron en el diseño, son de acuerdo con la siguiente división:

-) Ensayo de clasificación del suelo
-) Ensayo para determinar la resistencia del suelo
-) Ensayos para control de la construcción

Para los estudios de suelos del proyecto, se tomó una muestra representativa de la subrasante, en donde la extracción se efectuó tomando una muestra de tipo alterada, a una profundidad de 50 cm debajo de la rasante actual de la carretera. También se extrajo una muestra alterada del lugar propuesto como banco de material, que se encuentra dentro del tramo a pavimentar, ubicado en la carretera que conduce a caserío El Cajón de Jones, estacionamiento 0+620.00.

Las dos muestras se recolectaron en sacos y se transportaron al -CII- (Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería -USAC-), para las diferentes pruebas. Todos resultados de los estudios de suelos se presentan en el anexo A.

2.9.1. Ensayos de clasificación del suelo

Estos ensayos se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son el análisis granulométrico y los límites de consistencia de Atterberg.

2.9.1.1. Prueba de granulometría

La finalidad de este ensayo es determinar las proporciones de los distintos tamaños de partículas minerales del suelo (grava, arena, limo y arcilla) existentes en la muestra, expresada con base al peso seco del suelo (en %). El análisis granulométrico, el -CII-, lo realizó según la norma ASTM D6913-04, los suelos se clasificaron basándose de los sistemas de tipificación AASHTO y SUCS (tabla 13 y 14).

Tabla 13. **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	A-2-7				A-7-5* A-7-6*
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10 No. 40 No. 200	50max 30max 15max	50max 10max	51min 10max	35max	35max	35max	35max	36min	36min	36min	36min
Plasticidad Pasa la malla # 40 LL IP	6max		NP	40max 10max	41min 10max	40max 11min	41min 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			

Fuente: Hernández. 2008. p. 125.

Tabla 14. Sistema de clasificación de 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-arena-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 (Limite 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 (Limite 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. p. 133.

2.9.1.1.1. Granulometría de subbase

La muestra del banco de material, para la elaboración de la subbase posee 18.71 % grava, 69.57 % arena y 11.72 % de finos, describiendo el suelo como: arena con grava limosa color café, con clasificaciones SUCS y AASHTO de SP-SM y A-1-b respectivamente (anexo A-5). Este material está formado de arena gruesa con pocos finos, y puede emplearse para subbases de acuerdo con la -DGC- sección 303.

2.9.1.1.2. Granulometría de subrasante

Según resultados obtenidos de laboratorio, la muestra tomada de la subrasante posee 36.01 % grava, 52.94 % arena y 11.05% de finos, describiendo el suelo como: arena con grava limosa, color beige. Con clasificaciones SUCS y AASHTO de SP-SM y A-1-b respectivamente (anexo A-1).

La clasificación SP-SM, corresponde a: arenas limpias, con cantidad apreciable de finos según el sistema -SUCS- (tabla 14). El sistema de AASHTO lo clasifica como A-1-b, material de calidad excelente a buena con fragmentos de piedra grava y arena ideal para subrasantes (tabla 13).

2.9.1.2. Límites de Atterberg

Sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos están representados, por su contenido de humedad, y se conocen como: líquido, plástico e índice de plasticidad.

2.9.1.2.1. Límite líquido (L.L)

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).

2.9.1.2.2. Limite 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).

2.9.1.2.3. Índice de plasticidad (I.P.)

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 (I.P) es menor o igual a cero, el suelo se clasifica como no plástico (N.P); 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).

) Límites de Atterberg de subbase

La muestra del banco de material para la subbase posee un límite líquido (L.L) de 26.6% e Índice plástico (I.P) de 5.1%, por lo que el suelo tiene baja plasticidad según su índice plástico de clasificación ML (anexo A-6).

De acuerdo a la AASHTO A-1-b, este material debe tener un 6 % máximo de índice plástico en su clasificación, por lo que es aceptado ya que cuenta con el 5.1%, lo que lo hace con poca plasticidad.

) Límites de Atterberg de subrasante

Los resultados indican que no posee límite líquido (L.L) e índice plástico (I.P) por lo que el índice plástico es de 0.00 % y se clasifica como no plástico (N.P.) de clasificación ML. Se realizaron con normas AASHTO T-89 y T-90.

2.9.2. Ensayo para determinar el valor soporte del suelo (CBR)

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo conseguir un porcentaje de la relación de soporte con lo cual poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos.

) Valor soporte de subbase

La muestra obtenida del banco de material para la elaboración de la subbase, el CBR al 95.2% de compactación es de 28.53 % (anexo A-7).

) Valor soporte de subrasante

La muestra obtenida del suelo para subrasante, el CBR al 95.2 % de compactación es 8.28 %. Los ensayos se realizaron conforme a la norma AASHTO T-193 (anexo A-3). El valor CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización para base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas. La tabla 15, da calificaciones típicas según su CBR.

Tabla 15. **Calificación típica según CBR**

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Bowles. 1981. p. 191.

De la tabla 15 se observa que el porcentaje de CBR de la subrasante es de 8.28 %, por lo tanto, lo clasifica de “regular” el material de subrasante y de “bueno” el de subbase. Por lo tanto, las anteriores calificaciones permiten utilizar ambos materiales.

La calificación típica del uso de diferentes materiales según su CBR, tipificó la muestra de la subbase (obtenida de banco de material) y subrasante, que pueden emplearse para el diseño de la estructura del pavimento de la carretera del caserío El Cajón de Jones.

2.9.3. Ensayo Proctor para control de construcción de carretera

2.9.3.1. Contenido de humedad

Establece la máxima densidad que es posible alcanzar, para suelos en determinadas condiciones de humedad y energía. El grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Proctor.

La compactación no es desde luego el único método que mejora los terrenos, aunque sí uno de los más económicos y populares. Otros métodos son por ejemplo la estabilización con materiales como la cal o las cenizas. La diferencia fundamental entre el ensayo Proctor Normal y el modificado consiste en la energía de compactación utilizada. Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de la compactación que asegurarán las propiedades del terreno buscadas (Gesto, 2008).

2.9.3.2. Densidad máxima y humedad óptima (Proctor)

Esto se traduce en determinar cuál es la humedad que se requiere para conseguir con una energía de compactación la densidad seca máxima que puede tener dicho terreno. Esta humedad se define como humedad óptima, y es con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada. Igualmente se define como densidad seca máxima aquella que se obtiene para la humedad óptima (Gesto, 2008).

Para el proyecto se realizó el método Proctor modificado, en base a la norma AASHTO T-180, ya que en la actualidad es el más utilizado.

) **Proctor modificado de subbase**

La muestra del banco de material, para elaboración de la subbase, tiene densidad seca máxima de 2,061.77 kg/m³ y humedad óptima de 8.75 % (anexo A-8).

) **Proctor modificado de subrasante**

Según los ensayos en laboratorio, la muestra que fue tomada para la subrasante tiene una densidad seca máxima de 2,023.33 kg/m³ y una humedad optima 4.00 % (anexo A-4).

2.9.4. Resumen de resultados

Todas las pruebas fueron hechas en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería -CII- de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se encuentran en el anexo A.

De los resultados del laboratorio, obtenidas de las muestras del banco de material para elaboración de la subbase y del suelo de la subrasante, dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido sección 2.10.

Ensayos muestra de la subbase del tramo carretero:

-) Clasificación P.R.A.: A-1-b
-) Clasificación S.C.U.: SP-SM
-) Descripción del suelo: arena con grava limosa, color café.
-) Clasificación ML según carta de plasticidad

- J Limite líquido (%) = 26.6
- J Índice plástico (%) = 5.1
- J Densidad seca máxima (kg/m^3) = 2,061.77
- J Humedad óptima (%) = 8.75
- J C.B.R. = al 95.2 % de compactación es de 28.53 (%)

Ensayos muestra de la subrasante del tramo carretero:

- J Clasificación S.C.U. = SP-SM
- J Clasificación P.R.A. = A-1-b
- J Descripción del suelo: arena con grava limosa, color beige
- J Clasificación ML según carta de plasticidad
- J Limite líquido (%) = N.P.
- J Índice plástico (%) = N.P.
- J Densidad seca máxima (kg/m^3) = 2,023.33
- J Humedad óptima (%) = 4.00
- J C.B.R. = al 95.2 % de compactación es de 8.28 %

2.10. Pavimento

DGST -Dirección General de Servicios Técnicos- (s.f)

Capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, que se construyen sobre las terracerías. Cada capa tiene la finalidad de soportar y transmitir a la capa inferior, las cargas del tránsito vehicular sin que cada una o todo el pavimento colapse, de manera que se garantice una superficie sin agrietamientos, cómoda y segura para el usuario (p.18).

2.10.1. Definición de tipos de pavimento

Conforme al tipo de carpeta estructural del pavimento, se clasifican generalmente en flexibles los cuales tienen una carpeta de rodadura asfáltica y los rígidos de carpeta de concreto hidráulico.

) Pavimentos rígidos o concreto hidráulico

UMSS -Universidad Mayor de San Simón- (2004)

Son de losa de concreto de cemento Portland (CCP) es su principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción de bajo la losa producen su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. La capa inmediatamente inferior a las losas denominada subbase (cap. 1, p. 11).

“En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante” (Coronado, 2002, p. 1).

) Pavimentos flexibles

UMSS (2004)

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del

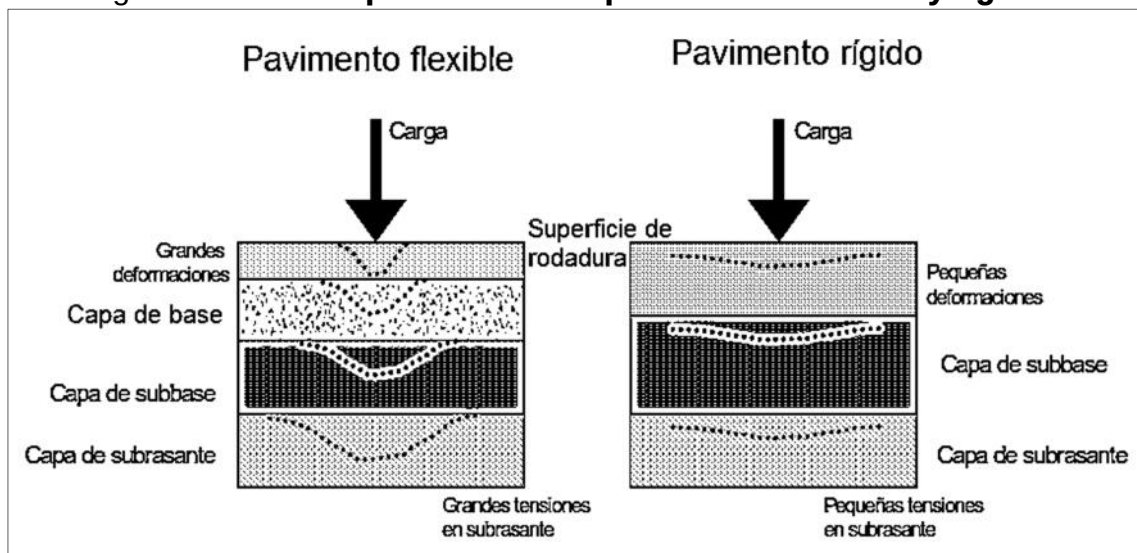
suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico (cap. 1, p. 11).

) **Pavimentos semi-rígidos**

UMSS (2004)

Es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico (cap. 1, p. 12). El adoquín, es una muestra de los materiales comúnmente usado en pavimentos semi-rígidos.

Figura 18. **Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos**



Fuente: Coronado. 2002. p. 1. Sin escala.

Para el actual diseño se especificó utilizar pavimento rígido, porque la conservación que requiere es menor al flexible y el período de vida es superior, asimismo el concreto hidráulico capta gran parte de los esfuerzos que los neumáticos ejercen sobre el pavimento, lo cual no necesita un CBR alto como el flexible.

2.10.2. Pavimento de concreto hidráulico

Los pavimentos de concreto hidráulico pueden dividirse en tres tipos:

-) Concreto hidráulico simple
-) Concreto hidráulico reforzado
-) Concreto hidráulico reforzado continuo

2.10.2.1. Concreto hidráulico simple

“No contienen armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas)” (Coronado, 2002, cap. 5, p. 27).

2.10.2.2. Concreto hidráulico reforzado

“Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción” (Coronado, 2002, cap. 5, p. 27).

Coronado (2002)

Los pavimentos de concreto simple, se construyen sin acero de refuerzo y sin varillas de transferencia de carga en las juntas, ya que 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 esta transferencia sea efectiva es necesario que las longitudes de las losas sean cortas (cap. 7, p. 67).

2.10.2.3. Concreto hidráulico reforzado continuo

“Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional. Tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo es un espaciamiento adecuado entre fisuras y que estas permanezcan cerradas” (Coronado, 2002, cap. 5, p. 27).

2.10.3. Componentes que integran el pavimento rígido

2.10.3.1. Subrasante

Coronado (2002)

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en planos.

Materiales; tienen que estar libres de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, deberán reemplazarse por material adecuado para sub rasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de suelos subyacentes.

En general los materiales apropiados para capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares con porcentajes de hinchamiento según ensayos AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo. Según AASHTO M-145, los suelos clasificados A-8, son materiales inadecuados para la capa de sub rasante, ya que son suelos orgánicos constituidos por materiales vegetales o fangosos, este suelo generalmente tiene textura fibrosa, color café oscuro, olor a podredumbre y son altamente compresibles, con muy baja resistencia (cap. 5, p. 2).

2.10.3.2. Subbase

Coronado (2002)

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

El material para la subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de sub rasante y su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la sub rasante. Los materiales de la subbase deben ser suelos del tipo granular (cap. 5, p. 3).

2.10.3.3. Superficie de rodadura

Coronado (2002)

Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros).

Debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la sub rasante, dado que no usa capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento (cap. 5, pp. 12-27).

Los materiales para elaborar la superficie de rodadura del pavimento hidráulico o rígido (ver especificaciones sección 2.14) son:

-) Cemento tipo Portland
-) Agregados finos
-) Agregado grueso
-) Agua

2.10.4. Diseño del pavimento de concreto hidráulico

El diseño de las capas del pavimento consiste en calcular el espesor mínimo con menor costo, ya que a mayor espesor (que el necesario), mejor comportamiento estructural, mínimo costo de mantenimiento, pero con el costo

inicial de la construcción es alto. Por lo que debe basar, en las propiedades de los materiales y el período de vida útil.

2.10.4.1. Método de diseño PCA

El procedimiento simplificado de diseño PCA (Portland Cement Association), se emplea en diferentes tipologías de pavimentos rígidos, tales como: pavimentos de concreto simple, pavimentos de concreto simple con varilla, pavimentos de concreto reforzado y pavimentos de refuerzo continuo.

Salazar (1997)

La PCA proporciona tablas y ayudas de diseños para el caso de que no se cuente con aforos vehiculares. Es importante señalar que se deberá poner especial cuidado en la selección de los diferentes parámetros y calificación de las vialidades con que se tenga que tratar, ya que una falla en los criterios de

Criterio de erosión: para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en las zonas críticas, orillas y esquinas, inducida por erosión de la capa de apoyo en esquinas y orillas. Este criterio también se introduce para limitar problemas de fracturamiento en zona de juntas, especialmente en pavimentos sin pasajuntas, ya que las fallas de los pavimentos de concreto se relacionan más con las deflexiones excesivas y los problemas de bombeo por erosiones en las capas subbase (cap. 10, p.10).

2.10.4.2. Factores de diseño

2.10.4.2.1. Resistencia a la flexión del concreto

La resistencia a la flexión se define como “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” (Coronado, 2002, p. 69).

“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).

El pavimento de concreto hidráulico, que se diseña tiene que alcanzar una resistencia de compresión de 4,000 PSI (280 kg/cm²) como mínimo (DGC, 2001, sección 501.03 inciso a).

En la selección de las tablas y espesores a usar en el procedimiento simplificado PCA, se aconseja tener en cuenta la siguiente consideración: “módulos de ruptura: en general se deberán utilizar agregados de buena calidad, a fin de lograr, entre otras cosas, mezclas uniformes con resistencias a la flexión en el rango de 42 y 46 kg/cm²” (Salazar, 1997, cap. 10, p. 149).

En la tabla 21 se muestra los módulos de ruptura de 46 kg/cm², 42 kg/cm² y 39 kg/cm². En el diseño se cumple con la utilización de agregados de buena calidad (sección 2.9.). Se procede a calcularlo con $f'_c = 281$ kg/cm² de la siguiente manera:

$$M_r = 15\% (f 'c)$$

$$M_r = 0.15 \times 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_r = 42.15 \cong 42 \text{ kg/cm}^2$$

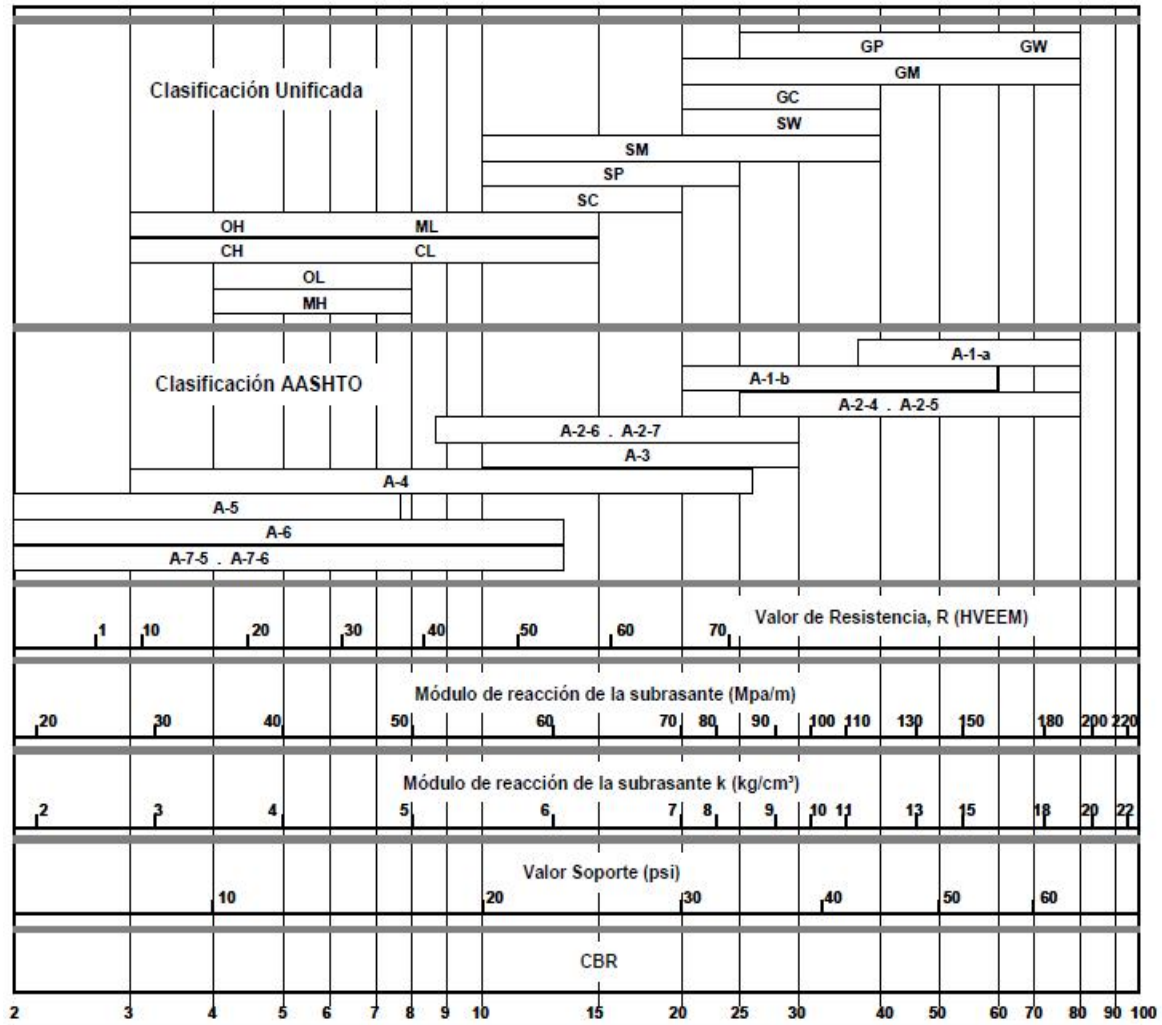
2.10.4.2.2. Capacidad soporte o módulo de reacción (k)

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).

De acuerdo con la figura 19, se determina el módulo de reacción de la capa de subrasante, con los valores de CBR, mostrados (sección 2.9.2.), al 95.2 % de compactación el CBR, es de 8.28% para la subrasante, se determina que el módulo de reacción es de 5.18 kg/cm³ (51.80 MPa/m).

Figura 19. **Correlación entre clasificación de los suelos y ensayos**



Fuente: Coronado. 2002. cap. 7, p. 71. Sin escala.

La tabla 16, indica el módulo de reacción para la subbase, dependiendo del espesor y del módulo de reacción de la subrasante.

Tabla 16. Valores de k para diseño sobre subbase

Valores de K para sub- rasante		Valor de k para sub-base							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³
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. Cap. 7, p. 71.

El espesor de la subbase se proyectó usando la tabla 16 y se estimó el módulo de reacción para espesores entre 100 y 300 mm, con el módulo de reacción de la subrasante de 51.80 MPa/m (5.18 kg/cm³), la tabla 17 expone los valores encontrados para subbase.

Tabla 17. Módulo de reacción (k) -espesores de subbase-

Módulo de reacción (k) de la sub-rasante = 5.18 kg/cm ³			
k de sub-rasante		k para sub-base (kg/cm ³)	
60 MPa/m	64 MPa/m	5.53	espesor de 100 mm
5.18 kg/cm ³			
k de sub-rasante		k para sub-base	
60 MPa/m	66 MPa/m	5.70	espesor de 150 mm
5.18 kg/cm ³			
k de sub-rasante		k para sub-base	
60 MPa/m	76 MPa/m	6.56	espesor de 225 mm
5.18 kg/cm ³			
k de sub-rasante		k para sub-base	
60 MPa/m	90 MPa/m	7.77	espesor de 300 mm
5.18 kg/cm ³			

Fuente: elaboración propia. Sin escala.

“La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros” (DGC, 2001, sección 303.03).

Utilizando la tabla 17, se establece el tamaño del espesor de la subbase del pavimento y deberá ser de 100 mm cumpliéndose con la DGC. Haciendo uso de un espesor de subbase de 100 mm (0.10 m) se logra un módulo de reacción de la subbase de 5.53 kg/cm³ (tabla 17), con este dato, según la tabla 18, se verifica la condición de apoyo es “alto”, catalogando al tipo de suelo como arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos.

Cuando no se posea investigación geotécnica del territorio, la tabla 18, suministra orientaciones de magnitud en los módulos de reacción de las capas de apoyo, pero para este diseño si se ejecutaron las pruebas de suelos y se verificó el rango.

Tabla 18. Suelo de apoyo y sus módulos de reacción

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los Módulos de reacción₃ en kg/cm³
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. p. 149.

2.10.4.2.3. Tránsito

El método simplificado propuesto por la PCA, no es determinante en la cifra de vehículos que transita por la vía, sino el de vehículos pesados. El tránsito definitivo para el diseño del espesor es el tránsito pesado promedio diario TPPD.

Salazar (1997)

TPPD: tránsito pesado (promedio diario). Se excluyen todos los camiones de dos ejes, con cuatro llantas. En este método simplificado no se introduce la información detallada del tránsito, sino que se utilizan los rangos de tránsito consignados en tablas, y con la distribución de cargas definidas en las cuatro categorías de cargas por eje (cap. 10, p.148).

En la evaluación del tránsito se deberá valorar hasta donde sean posibles futuros desarrollos de complejos turísticos, agrícolas y proyectos de carácter regional, que conllevarán más adelante con el tiempo a incrementar el flujo vehicular de la carretera proyectada.

En el anexo B, se muestra la evaluación de tránsito del tramo carretero caserío El Cajón de Jones, con estimaciones obtenidos y validados por la Dirección Municipal de Planificación -DMP- de la municipalidad de Río Hondo, la carretera es de tipo turístico y parcialmente agrícola, siendo de mayor importancia lo agrícola. Con referencia al tránsito pesado, en la evaluación de tránsito se contempla que el TPPD incrementa en los meses de agosto-septiembre y noviembre-diciembre, por ser los períodos que se cosecha del maíz.

Tabla 19. **Tránsito promedio de carretera El Cajón de Jones**

	Vehículos	
Tránsito liviano (promedio)	311	TPDA
Tránsito pesado (promedio)	10	TPPD
Tránsito liviano (promedio)	71.59	Semana
Tránsito pesado (promedio)	2.26	Semana

Fuente: elaboración propia.

2.10.4.2.4. 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 del TPPD por un factor de ajuste para obtener un valor corregido de las tablas (p. 155). Para el diseño del pavimento de concreto hidráulico, se emplea 20 años como período de diseño.

2.10.4.2.5. Tipo de junta a utilizar

Debido que el diseño de la capa de rodadura es pavimento de concreto simple, se construye sin varillas de refuerzo, ya que la transferencia se logra a través del refuerzo de corte proporcionado por los agregados. Por esta razón se debe utilizar junta de contracción, para el actual proyecto de carretera, a través del sistema de transferencia de cargas por trabe de agregados, la cual para vías de bajo tránsito es recomendado (sección 2.10.4.5.4).

2.10.4.3. Diseño del espesor de losa

Después del análisis de todos los factores o parámetros, que involucran el cálculo del espesor de la losa de concreto, para la carretera del caserío El Cajón de Jones, se procede a calcularlo con los siguientes datos:

2.10.4.3.1. Diseño de la subrasante

El sistema de clasificación de suelos AASHTO establece que los suelos clasificados A-1 y A-2 son materiales correctos, puesto que no son suelos limosos ni arcillosos, por lo que los resultados obtenidos de la muestra de subrasante para el diseño del pavimento, es apropiado pues se clasifica como A-1-b. (sección 2.9.1.1.2.). “La subrasante se debe cortar, conformar y compactar, efectuando cortes y relleno en un espesor no mayor de 200 mm (20 cm)” (DGC, 2001, sección 301.01).

2.10.4.3.2. Establecer el tipo de juntas

La junta que se utilizó para el diseño del pavimento es del tipo trabe por agregados sin varillas de transferencia, como se indica adelante en la sección 2.10.4.5.

2.10.4.3.3. Establecer los elementos confinantes

“El empleo de un elemento confinante al lado de las orillas del pavimento o, lo que es mejor, de una ampliación en sus secciones críticas (orillas) contribuye a reducir esfuerzos en estas últimas. Esto se refleja en decrementos de espesores” (Salazar, 1997, cap. 9, p. 123). En el diseño del espesor del

pavimento, se consideró la integración de bordillos y cunetas, como elementos confinantes.

2.10.4.3.4. Establecer la resistencia a flexión del concreto

El módulo de ruptura o de resistencia a la flexión del concreto, se estableció en la sección 2.10.4.2.1., empleado el 15% de la resistencia a la compresión de 4,000 PSI o 280 kg/cm², dando como resultado 42 kg/cm².

2.10.4.3.5. Establecer la capacidad soporte de subrasante o subbase (k)

El módulo de reacción (k) se obtuvo en la sección 2.10.4.2.2. de los factores de diseño, en la que se catalogó a la condición de apoyo de la capa de “subrasante” de un pavimento de concreto como “alto” (figura 19), catalogando al tipo de suelo como arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos; por lo que es preferible, reconsiderar a la condición de apoyo, como categoría “media” para describir a la condición de apoyo de la subrasante en combinación con la subbase.

La condición de apoyo “media” describe al suelo como “arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla”, lo que concuerda con el resultado del ensayo de granulometría (sección 2.9.1.1.), que clasifica al suelo como “arena con grava limosa, SP-SM y A-1-b”. La clasificación SP-SM, corresponde a: arenas limpias, con cantidad apreciable de finos según el sistema SUCS y el sistema AASHTO como: A-1-b, que corresponde a material de calidad “excelente a buena” con fragmentos de piedra grava y arena ideal para las estructuras de pavimentación.

2.10.4.3.6. Establecer el tránsito pesado promedio diario (TPPD)

Como se indicó en la tabla 19, el promedio anual del tráfico pesado es de 10 (TPPD).

2.10.4.3.7. Establecer la categoría del tráfico

La categoría de tráfico se generó conforme a la tabla 20 y al tránsito promedio diario anual que es 311 (TPDA), entonces se asignó como: categoría 1, para calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*).

Tabla 20. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría de ejes	Descripción	Tráfico				
		TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
Cargados			%	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 o 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 presentaría cargas más pesadas que para el caso de "bajo" para un camino secundario.

Fuente: Salazar. 1997. p. 148.

2.10.4.3.8. Establecer el periodo de diseño

El periodo de diseño que se adoptó para el espesor del pavimento de concreto hidráulico o rígido es de 20 años (sección 2.10.4.2.4).

2.10.4.3.9. Determinación final del espesor de losa de concreto hidráulico

Tabla 21. **TPPD permisible**

Sin acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
Espesor de losa cm		Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa, cm	Apoyo del terreno natural o de sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
MR = 46 kg/cm ²					10.0		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
	14.0	3	15	45	14.5	320		
	15.0	40	160	430				
	16.5	330						
MR=42 kg/cm ²	12.5		0.1	0.4	10.0			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			15.0	610		
MR=39 kg/cm ²	14.0	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15.0	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	16.5	13	60	160	14.0	13	57	150
	17.8	110	400		15.0	130	480	
	19.0	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. p. 149.

Para determinar el espesor de la capa de rodadura, se analiza la tabla 21.

El espesor de 12.5 cm se obtuvo del análisis, conforme a los factores siguientes: categoría de carga por eje número uno para pavimentos con junta de trabazón por agregados, con módulo de ruptura de 42 kg/cm², para losa de concreto con acotamiento o guarnición (en este caso se diseñó colocando bordillo lo cual es lo mismo que la guarnición también otro elemento confinante que se sumó a la sección típica es la cuneta), el apoyo del terreno natural o de la subbase (condición de apoyo) es “medio”.

Observando las cualidades del tránsito, éste se clasificó con la categoría de carga por eje No. 1 (tabla 20), de bajo a medio y empleando las columnas respectivas (tabla 21) en el cual posee confinamiento lateral o guarniciones, es posible obtener los siguientes rangos de tránsito pesado permisibles:

Tabla 22. **Selección de espesor de losa**

Descripción: camino rural		
Categoría de carga por: eje No. 1		
	Pavimento de concreto con guarnición	
Con junta de trabazón por agregados (sin pasa juntas).	Espesor de losa (cm)	Media (Condición de apoyo)
Módulo de ruptura Mr = 42 kg/cm ²	11.5	1 (TPPD)
	12.5	27 (TPPD)
	14.5	290 (TPPD)

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla 21 y 22, (suelen llamar guarniciones al bordillo) entonces se podrá seleccionar un espesor de 12.5 cm para soportar el tráfico de 10 (TPPD) de camiones pesados que traspasan sobre la carretera. Ya que sí se escogiese 11.5 cm solo podría soportar 1 (TPPD). Por razones constructivas se utilizará un espesor de 13 cm, el cual es más práctico de construir que 12.5 cm.

2.10.4.4. Diseño mezcla de concreto hidráulico

El diseño de mezcla es la combinación de materiales inertes de diferentes tamaños, adheridos entre sí con una pasta de cemento y agua. Como materiales inertes se emplean: arena (agregado fino), piedra que puede ser de diferentes tamaños (agregado grueso).

La mezcla acabada de hacer es moldeable, en esta condición se instala en moldes apropiados, llamados formaletas o encofrados, donde después de colocado con ciertas técnicas, comienza su fraguado inicial entre los 45 y 60 minutos. Pasadas las horas logra un endurecimiento total, pero su resistencia la alcanza a los 28 días.

) Proceso del diseño de la mezcla de concreto hidráulico

La resistencia del concreto para pavimentos rígidos debe ser “igual a 28 MPa (4,000 PSI) o mayor” (DGC, 2001, sección 501.03).

La resistencia a la compresión (f'_c) del concreto hidráulico para el pavimento rígido, de la carretera al caserío El Cajón de Jones será de 4,000 PSI (280 kg/cm²).

Lemus (2015)

Para el diseño de la mezcla del concreto, se utilizó el método del Instituto Americano del Concreto -ACI- (por sus siglas en inglés American Concrete Institute).

El concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión (f'_{cr}). Se pone énfasis en que la resistencia promedio a la compresión del concreto producido debe exceder siempre el valor especificado de f'_c utilizado en el diseño estructural. Esto se basa en conceptos probabilísticos y tiene la intención de asegurar que se desarrolle la resistencia adecuada en la estructura.

Para calcular la resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}), ACI 318S (2008), establece que debe determinarse por medio de la tabla 23.

Tabla 23. **Resistencia promedio a la compresión**

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm²
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 83$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 50$

Fuente: Lemus. 2015. p.86.

) La resistencia promedio a la compresión (f'_c) que se utilizó en el diseño del concreto hidráulico es:

$$f'_{cr} = f'_c + 83 \text{ (tabla 23)}$$

$$f'_{cr} = 280 \text{ kg/cm}^2 + 83 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 363 \text{ kg/cm}^2$$

El revenimiento recomendado es de 7.5 cm como máximo para pavimentos. Al revenimiento también se le conoce como asentamiento ver tabla 24.

Tabla 24. **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: Lemus. 2015. p.87.

El revenimiento es una medida del grado de consistencia y de manejabilidad. En la prueba del revenimiento, el espécimen de concreto plástico se forma dentro de un molde metálico cónico según norma C-143 ASTM. El molde es levantado, dejando al concreto “revenirse” esto es, derramarse o bajarse en altura. Esta disminución es la medida de revenimiento del grado de manejabilidad de la mezcla (pp. 85-87).

El diseño de la mezcla del concreto no incluirá inclusores de aire, debido a que estos se aplican para la “protección contra cambios bruscos de temperatura, en casos extremos de ciclos de hielo y deshielo” (Salazar, 1997, p. 13).

El municipio de Río Hondo no presenta esos cambios de temperatura, por lo que no necesitaran inclusores de aire.

Lemus (2015)

Para la elección del agregado grueso, ACI 318S establece que 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 alambre individuales de refuerzo, paquetes de tendones o ductos

Para el diseño de la mezcla, se utilizó agregado grueso con tamaño nominal de 1 pulgada de diámetro. La cantidad de agua por volumen de concreto es de 195 kg/m³ con revenimiento de 7.5 cm (cap. 2, p. 88). Ver tabla 25.

Tabla 25. **Requisitos aproximados de agua, aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados**

Agua (kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados indicados)									
Revenimiento (cm)	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	3.5	3	2.5	2	1.5	10	
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4	4	3.5	3	
Exposición extrema	7.5	7	6	6	5	5	4.5	4	

Fuente: Lemus. 2015. p.89.

Lemus (2015)

-) La relación agua-cemento para resistencia de 363 kg/cm² se estima que es de 0.46 interpolando datos de la tabla 26.

$$\frac{(414 - 345)}{(0.41 - 0.48)} = \frac{(363 - 345)}{(\text{Rel. a-c} - 0.48)}$$

$$\text{Rel. a-c} = 0.46$$

Tabla 26. **Relación entre resistencia compresión del concreto y 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: Lemus. 2015. p.89.

-) El contenido de cemento es:

Cantidad de cemento = cantidad de agua / relación agua-cemento

$$\text{Cantidad de cemento} = 195 \text{ kg/m}^3 / 0.46$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 423.91 \text{ kg/m}^3$$

El módulo de finura de la arena se estimó en 2.6, ya que según la norma ASTM C-33, es una medida de la granulometría, el 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 es de 0.69 (tabla 27).

Tabla 27. **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: Lemus. 2015. p. 91.

-) Utilizando un peso volumétrico seco compactado de 1,600 kg/m³ de tipo norma (tabla 28), para el agregado grueso de 0.69 (tabla 27), el contenido de agregado grueso es:

$$\text{Contenido de agregado grueso} = (0.69) \times 1,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 1,104 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 28. **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: Lemus. 2015. p. 92.

-) El peso volumétrico estimado del concreto fresco para tamaño máximo de agregado de 1" es de 2,406 kg/m³ (tabla 29).

Tabla 29. **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	2,379
2	2,472	2,400
3	2,496	2,424
6	2,538	2,472

Fuente: Lemus. 2015. p. 92.

-) $\text{Peso de arena} = \text{peso concreto fresco} - \text{peso (agua + cemento + agregado grueso)}$

$$\text{Peso de arena} = 2,406 \text{ kg/m}^3 - (195 + 423.91 + 1,104) \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso de arena} = 683.09 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Peso neto de la arena} = 1.02 \times 683.09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso neto de la arena} = 696.75 \text{ kg/m}^3$$

-) El peso del agregado absorbe 3 % de su peso en humedad, por lo que el peso neto del agregado grueso es:

$$\text{Peso neto del agregado grueso} = 1.03 \times 1,104 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso neto del agregado grueso} = 1,137.12 \text{ kg/m}^3$$

-) Al agua se le restan los porcentajes de humedad que absorbe la arena y el agregado grueso, por lo que:

$$\text{Peso neto del agua para la mezcla} = 195 \text{ kg/m}^3 - (696.75 \text{ kg/m}^3 - 1,137.12 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso neto del agua para la mezcla} = 148.22 \text{ kg/m}^3 \text{ (cap. 2, pp. 89-93).}$$

-) **Proporciones finales para un metro cubico de concreto**

- o Cemento (C) = 423.91 kg
- o Arena (A) = 696.75 kg
- o Agregado grueso (P) = 1,137.12 kg
- o Agua (Ag.) = 148.22 kg

“La suma de todos los materiales debe ser igual al peso estimado de 1 m³ de concreto (2,406 kg) para agregado grueso de 1 pulgada” (Lemus, 2015, cap. 2, p.94). Ver tabla 29.

) **Proporción relativo al cemento (proporción en peso)**

Proporción de la mezcla: C/c: A/c: P/c: Ag./c

- o C/c = Cemento/cemento
- o A/c = Arena/cemento
- o P/c = Agregado grueso/cemento
- o Ag./c = Agua/cemento

C/c: A/c: P/c: Ag./c

$$\frac{423.91}{423.91} : \frac{669.75}{423.91} : \frac{1,137.12}{423.91} : \frac{148.22}{423.91}$$

1: 1.64: 2.68: 0.35

Estas proporciones están dadas en unidad de peso del cemento, pero en campo se dificultaría utilizarlas, por lo que se manejan unidades volumétricas para las proporciones de la mezcla, las cuales se calculan de la siguiente manera:

Lemus (2015)

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

$$\gamma_{\text{cemento}} = 1,505.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_a = 1,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{agregado } g} = 1,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_a = 1,000 \text{ kg/m}^3$$

Las conversiones se resuelven dividiendo la cantidad de kg requeridos entre el peso volumétrico de cada material (cap. 2, p.94).

Para 1 m³ de concreto se necesitan las siguientes cantidades:

$$\text{Cemento (C)} = \frac{423.91 \text{ kg}}{1,505.73 \text{ kg/m}^3} = 0.28 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena (A)} = \frac{696.75 \text{ kg}}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 0.46 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso (P)} = \frac{1,137.12 \text{ kg}}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 0.71 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua (Ag.)} = \frac{148.22 \text{ kg}}{1,000 \text{ kg/m}^3} = 0.15 \text{ m}^3$$

Con los anteriores resultados se procede a calcular los materiales para el concreto hidráulico de la capa de rodadura de carretera a caserío El Cajón de Jones:

Datos

Espesor = 0.13 m

Área= 8,395.75 m²

Volumen = 1,091.45 m³

$$\text{Cemento} = \frac{1,091.45 \times 0.28 \text{ m}^3 \times 1,505.73 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/saco}} = 10,828.00 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = \frac{1,091.45 \times 0.46 \text{ m}^3 \times 1,600 \text{ kg/m}^3}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 502.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{1,091.45 \times 0.71 \text{ m}^3 \times 1,600 \text{ kg/m}^3}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 775.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{1,091.45 \times 0.15 \text{ m}^3 \times 1,000 \text{ kg/m}^3}{1,000 \text{ kg/m}^3} = 164.00 \text{ m}^3$$

Los valores de los materiales no están afectados por factores de desperdicio. El resultado de cemento esta dado en unidad de sacos, el cual contiene 42.5 Kg.

) **Proporción relativo al cemento (proporción en volumen)**

La proporción volumétrica de la mezcla del concreto hidráulico es:

- o C/c = Cemento/cemento
- o A/c = Arena/cemento
- o P/c = Agregado grueso/cemento
- o Ag./C = Agua/cemento

$$C/c = A/c: P/c: Ag./c$$

$$1: 1.57: 2.54: 0.54$$

2.10.4.5. Diseño de juntas

Coronado (2002)

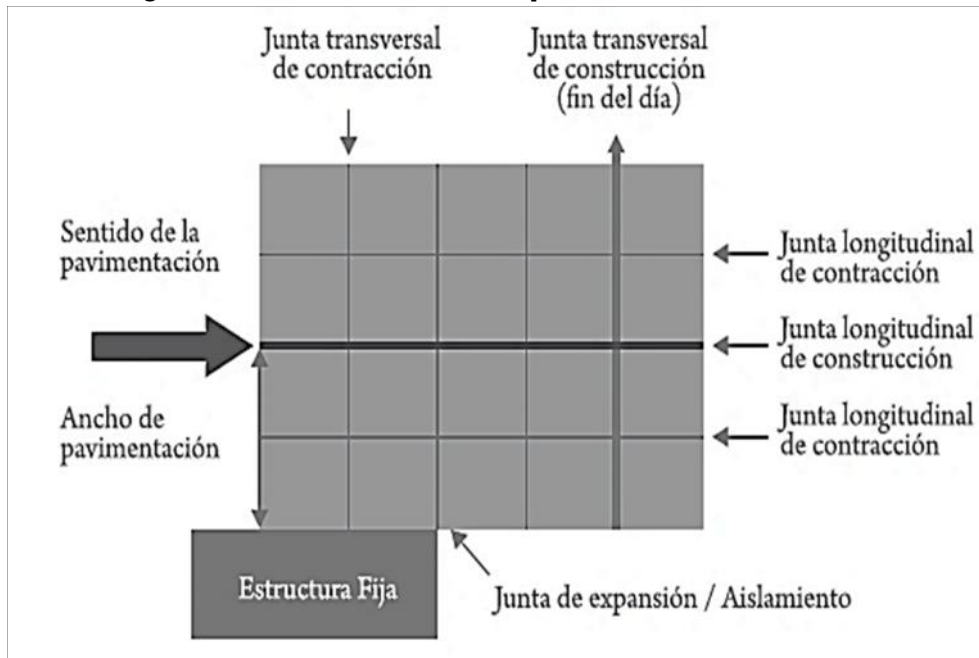
Tiene como objetivo principal, el control de la fisuración u agrietamiento natural que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de uso. Posee las siguientes funciones:

-) Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
-) Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
-) Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito.
-) Permite transferencia de cargas entre losas.

Las juntas se crean para evadir que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en los contenidos de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos. Existen cinco diferentes tipos de juntas las cuales son:

-) Juntas transversales de construcción
-) Juntas transversales de expansión
-) Juntas transversales de contracción
-) Juntas longitudinales de contracción
-) Juntas longitudinales de construcción (cap. 7, p. 95).

Figura 20. **Juntas en un pavimento de concreto**



Fuente: Cemex. 2010. cap. 4.1.5. Sin escala.

2.10.4.5.1. Juntas según su alineación transversal

) Junta transversal de construcción

Instituto Colombiano de Productores de Cemento -ICPC- (2008)

Estas se forman cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación. Pero esa interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final (cap. 6, p.93).

) **Junta de expansión y aislamiento**

Cemex (2010)

Las juntas de aislamiento y de expansión permiten que se presente diferenciales anticipados de movimientos verticales y horizontales entre un pavimento y otra estructura sin dañar al pavimento. Con frecuencia los términos se intercambian frecuentemente, las juntas de aislamiento no son iguales que las juntas de expansión.

Juntas de aislamiento: su objetivo es aislar el pavimento de una estructura u otra área pavimentada o cualquier objeto inamovible. El uso adecuado de estas juntas disminuye los esfuerzos a compresión que se presentan entre el pavimento y una estructura o entre dos secciones de pavimento. El ancho de las juntas de aislamiento se recomienda entre $\frac{1}{2}$ a 1 pulgada (12 a 25 mm), ya que con anchos superiores se pueden presentar movimientos excesivos.

Juntas de expansión: un buen diseño, construcción y mantenimiento de las juntas de construcción ha prácticamente eliminado la necesidad de las juntas de expansión, excepto en algunos casos especiales y un uso incorrecto de las juntas de expansión trae consigo: altos costos, pérdida de la trabazón de agregado, falla en el sellado, infiltración en las juntas y en general al buen comportamiento de los pavimentos. En los pavimentos de concreto, solo son necesarias las juntas de expansión cuando:

- o El pavimento es construido a temperatura ambiente inferior a los 4 °C.
- o Las juntas de contracción permiten la infiltración de materiales incompresibles.

- o Los materiales usados en el pavimento han mostrado con experiencias pasadas, notorias características expansivas. Sin embargo, bajo condiciones normales de trabajo estas condiciones no aplican, normalmente no es necesaria la utilización de las juntas de expansión (cap. 4, pp. 107-108).

) **Junta transversal de contracción**

“Son las que se construyen ortogonalmente al eje de trazo del pavimento. Su espaciamiento es para evitar agrietamiento provocado por los esfuerzos debidos a cambios de temperatura, humedad y secado” (Salazar, 1997, cap. 7, p. 81).

2.10.4.5.2. Sistemas de transmisión de cargas

ICPC (2008)

Los sistemas para la transmisión de cargas de las juntas transversales de contracción pueden ser de dos tipos: trabazón de agregados y varillas de transferencia de carga.

) **Trabazón de agregados**

Este mecanismo de transmisión de cargas es adecuado en pavimentos que cumplan simultáneamente con los requisitos siguientes: La longitud de las losas sea menor que cinco metros y su soporte no sea susceptible de ser sometido al fenómeno de bombeo; además, el número de camiones que se espera que circulen por día, sea inferior 175 en cada carril y, por último, que las condiciones climáticas sean favorables.

) **Varillas de transferencia de carga (dovelas o pasa juntas)**

Cuando la trabazón de agregados no es suficiente para lograr la transmisión de carga, se pueden utilizar, para alcanzar dicho objetivo, varillas de transferencia de carga, conocidas como pasadores de carga, o dovelas (cap. 6, p. 95).

2.10.4.5.3. Juntas según su alineación longitudinal

Las juntas longitudinales tienen el propósito del control del agrietamiento y la delineación de los carriles. Los dos tipos de juntas longitudinales que se pueden presentar en un pavimento de concreto son: la junta longitudinal en el eje central del camino o en la junta que divide los carriles de circulación.

) **Junta longitudinal de contracción**

“Son aquellas juntas que dividen a los carriles en la dirección longitudinal, o las ejecutadas en donde se construyen dos o más anchos de carriles al mismo tiempo” (Salazar, 1997, cap. 7, p. 81).

) **Junta longitudinal de construcción**

“Estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando estos fueron pavimentados en diferentes fechas” (DGC, 2001, sec. 501.11).

ICPC (2008)

Teniendo en cuenta el ancho de la vía a pavimentar y las restricciones constructivas, se deben evitar siempre que la separación entre dos juntas

longitudinales (ancho de las losas), sea mayor que cuatro metros, atendiendo las recomendaciones de los dos casos siguientes:

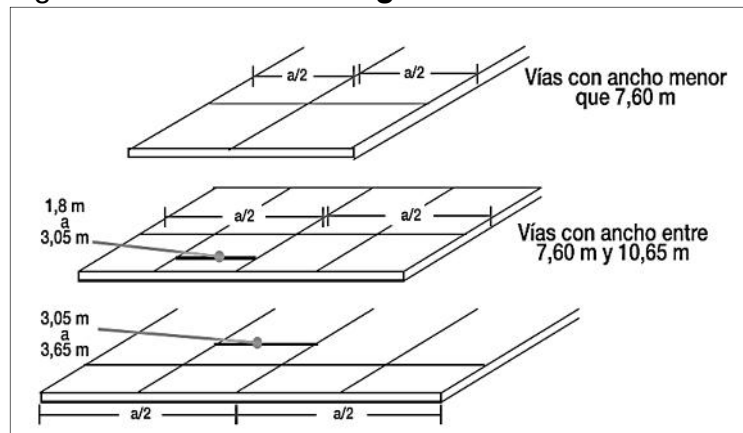
) **En vías de doble sentido**

Cuando se trata de vías transitadas en ambas direcciones y el ancho del pavimento es menor que 7.60 m, se debe construir una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho. En vías más amplias se deben construir tres juntas longitudinales, definiendo cuatro franjas, así: para vías con un ancho entre 7.60 a 10.65 m: se construye una junta longitudinal por el centro, y a cada lado de esta, otra que esté separada entre 1.8 a 3.05 m de la central.

) **En vías de un solo sentido**

Cuando se trata de vías transitadas en una sola dirección, la disposición de juntas longitudinales se hace coincidir con los carriles de circulación de los vehículos. Normalmente la separación entre las juntas longitudinales en vías de varios carriles y un sólo sentido de circulación oscila entre 3 y 3,65 m (cap. 6, p. 98).

Figura 21. **Juntas longitudinales de ancho “A”**



Fuente: ICPC. p. 98. Sin escala.

2.10.4.5.4. Tipo de junta a utilizar para el proyecto

Debido que se diseña pavimento de concreto hidráulico simple (sección 2.10.2.1.), las juntas serán de contracción sin armadura en la losa y sin dispositivos de transferencia de cargas (dovelas o pasajuntas), ya que el sistema para la transmisión de cargas en las juntas para el proyecto es de trabazón por agregados (sección 2.10.4.5.2.).

2.10.4.5.5. Distancia entre juntas

Se toman en cuenta las siguientes consideraciones, para la separación que tendrán las juntas en las losas de concreto.

“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).

Cemex (2010)

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla práctica que permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo los cortes de losas, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$\underline{S} = (21 \text{ a } 24) D$$

Donde

$\underline{S}$ = Separación de juntas

D = Espesor del pavimento

Normalmente se utiliza el factor 21 cuando existe mayor fricción entre la subbase y el pavimento de concreto, como en los casos de bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada. El factor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la subbase y el pavimento corresponde valores normales, como en el caso de subbases granulares. La separación de juntas transversales que arroja esta fórmula no debe ser mayor de 5.00 m, en tal caso deberá limitarse a este valor.

Otra dimensión que tiene que ver con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales, sin embargo, está referenciada a la forma de los tableros de losas. 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 nos vemos obligados a considerar un cierto grado de rectangularidad. La relación entre largo y ancho de un tablero de losas no deberá estar fuera de estos límites:

$$0.71 < x / y < 1.4$$

Donde

x = ancho de un tablero

y = largo de un tablero (cap. 4, p. 105).

“Otro factor en el diseño de juntas, es evitar que todos los ejes de un vehículo pesado circulen por la misma losa de concreto en el mismo instante” (Lemus, 2015, cap. 2, p.73).

El Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda -CIV- tiene un reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga o sus combinaciones para Guatemala, el cual muestra figura 22.

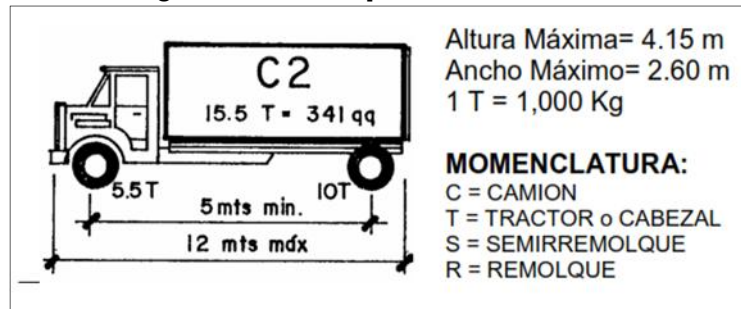
Figura 22. **Separación mínima entre ejes de automotores**

TIPO DE VEHÍCULO AUTORIZADO	SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE EJES MÁS DISTANTES (metros)	PESO TOTAL (kilogramos)
C-2	5.00	15,500
C-3	5.00	22,000
C-3 Rueda de Doble Ancho	5.00	26,000
C-4	5.00	25,000
T2-S1	6.67	23,000
T2-S2	10.50	30,000
T2-S3	10.50	34,000
T3-S1	10.50	30,000
T3-S2	14.40	37,000
T3-S3	14.40	41,000
T3-S4	14.40	45,000
C2-R2 (Remolque con rueda sencilla)	12.38	25,500
C2-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	12.38	27,500
C2-R2 (Remolque con rueda doble)	12.38	29,500
C3-R2 (Remolque con rueda sencilla)	14.40	32,000
C3-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	14.40	34,000
C3-R2 (Remolque con rueda doble)	14.40	36,000
C3-R3 (Remolque con rueda sencilla)	14.40	37,000
C3-R3 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	39,000
T2-S1-R2 (Remolque con rueda sencilla)	16.00	33,000

Fuente: CIV. 2010. p.5. Sin escala.

El vehículo pesado que se tomó para distancia entre juntas transversales es el tipo C-2, la separación mínima entre ejes más distantes es de 5 m. El vehículo C-2 corresponde a: "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)" (CIV, 2010, p.4).

Figura 23. **Tipo de camión C-2**



Fuente: CIV. 2010. p. 15. Sin escala.

Las “juntas transversales de contracción” se podrán hacer a cada tres metros (3 m), para evitar que los ejes del camión C-2 pasen sobre la misma losa, tomando en cuenta las longitudes mínimas entre los ejes de los camiones que establece el reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores descarga y sus combinaciones.

Las “juntas longitudinales de contracción” se deben realizar sobre el eje central de la carretera (sin embargo, esta junta también equivale a la junta longitudinal de construcción si ambos carriles no se funden al mismo tiempo) por lo que la distancia entre ellas será de 2.75 m a cada lado del carril.

A continuación, se comprueba la relación entre juntas longitudes y transversales propuestas:

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

$$0.71 < \frac{3}{2.75} < 1.40$$

$$0.71 < 1.09 < 1.40$$

La relación entre ambas juntas es 1.09 m, por lo que cumple con los límites de relación anteriormente descritos. El área que tendrá cada losa es de 8.25 m².

Otra forma para determinar el espaciamiento entre juntas transversales es a través de la formula siguiente:

$$\underline{S} = (21 \text{ a } 24) D$$

$$\underline{S} = (21) (0.13 \text{ m})$$

$$\underline{S} = 2.73 \text{ m}$$

Donde

$\underline{S}$ = Separación de juntas

D = Espesor del pavimento = 0.13 m

Sin embargo, es preferible tres metros de distancia entre juntas transversales porque facilita en campo construcción.

2.10.4.5.6. Formación de juntas

Cemex (2010)

Las juntas transversales de contracción, el corte deberá ser de al menos un tercio del espesor de la losa ($D/3$) y tener un ancho mínimo de 1/8 de pulgada (3 mm). Elegir bien el momento para entrar a realizar este corte es crítico, pues un corte prematuro provoca despostillamientos y desmoronamientos a lo largo de la cara de la junta, mientras que un corte tardío provoca agrietamientos en

otras partes de la losa. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente de resistencia para tolerar los desmoronamientos en los bordes de la junta (cap. 4, p, 106).

En el caso de las juntas longitudinales de contracción, la profundidad del corte o de la ranura deberá ser de un tercio del espesor ($D/3$) y el tiempo ó el momento para hacer el corte inicial no es tan crítico como en el caso de las juntas transversales ya que, el movimiento de contracción longitudinal no es tan grande como la contracción transversal.

El corte de las juntas longitudinales deberá realizarse antes de 48 horas y antes de que cualquier equipo pesado o vehículo circule sobre el pavimento. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, como una fuerte caída en la temperatura ambiente durante la primera o segunda noche, se pueden presentar agrietamientos longitudinales más temprano, por lo que es una buena práctica el realizar el corte tan pronto como se pueda hacer (cap. 4, pp. 106-107).

Las elaboraciones de juntas se pueden realizar cuando el concreto está fresco o cuando el concreto esta endurecido. “En concreto fresco: por inserción de tiras de PVC o metálicas y la otra forma con guillotina. En concreto endurecido: aserradas” (Lemus, 2015, cap. 2, p.75).

Para la realización de juntas transversales y longitudinales de contracción, se debe emplear el método: aserradas en concreto endurecido.

Como el espesor de la losa de concreto será de 13 cm (0.13 m), la cavidad de junta y para simplicidad de construcción en campo será de 4 cm.

$$\text{Cavidad de junta} = \frac{D}{3}$$

$$\text{Cavidad de junta} = \frac{13}{3} \cong 4 \text{ cm}$$

Donde

D = espesor de pavimento = 0.13 m

2.10.4.5.7. Sellado de juntas

Cemex (2010)

El objetivo es minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles al interior de la junta del pavimento y por ende al interior del pavimento y de su estructura. Otra de las características que deben satisfacer las juntas selladas es la capacidad de resistir las repeticiones de contracción y expansión, al contraer y expandirse el pavimento debido a los cambios de temperatura y humedad.

El problema que puede presentarse con la infiltración de agua al interior del pavimento es el efecto conocido como “bombeo”. El bombeo es la expulsión de material por agua a través de las juntas. Mientras el agua es expulsada, se lleva partículas de grava, arena, arcilla resultando una progresiva pérdida de apoyo del pavimento (cap. 4, p. 109).

) Tipos de selladores

Existen muchos materiales admitidos para el sellado de juntas en los pavimentos de concreto. “La clasificación más simple los divide como líquidos (o moldeados en el campo) y los pre-moldeados (compresión)” (Cemex, 2010, cap. 4, p, 106).

) Sellos líquidos

“Los sellantes líquidos pueden ser colocados en frío o caliente, con un solo componente; auto-nivelables, toman la forma del depósito y dependen en gran parte de la adhesión de las caras de la junta para un sellado satisfactorio” (Cemex, 2010, cap. 4, p, 106).

) Sellos a compresión o premoldeados

“Los sellantes pre-moldeados son moldeados durante su fabricación y dependen en gran parte de la recuperación de la compresión para un sellado satisfactorio” (Cemex, 2010, cap. 4, p, 106).

Tabla 30. **Calificación de sellantes**

Tipo de material	Rango del Índice de efectividad	Promedio de calificación de la efectividad	Comentario
Cemento asfáltico	Pobre a bueno	3.5	No penetra; la junta debe resellarse con frecuencia
Emulsiones	Muy pobre a pobre	3.22	Estacional. Debe ser resellada muy seguido
Asfalto ahulado. Aplicado en frío	Bueno	4	Se requiere mucha mano de obra
Asfalto ahulado	Bueno a muy bueno	4.12	Larga duración, relativamente
Emulsión asfáltica ahulada	Buena a muy buena	4.5	Datos limitados. Se han comportado muy bien
Juntas pre moldeadas	Regular a buena	3.5	Hasta esta fecha se han comportado bien. No se tiene mucha información
Silicón	Bueno a muy bueno	4.6	
Tiras pre moldeadas	Pobre a muy buena	3.6	Es costosa
Otras (PVC, poliuretano, etc.)	Muy pobre a pobre	3.25	
Alquitrán	Muy pobre	1	Poca vida útil. Muy rígido.

Fuente: Salazar, 1997. p. 87.

“Escala de calificación: 5.0 muy buena; 4.0 buena; 3.0 regular; 2.0 pobre; 1.0 muy pobre” (Salazar, 1997, p. 87).

De la tabla 30, se prefirió para el proyecto, el sellador a base de silicón que se vierte en frío, por su buena adherencia y comportamiento para tolerar los esfuerzos.

Precedente al sellado, la abertura de la junta convendrá ser limpiada por completo de los múltiples componentes del curado, residuos y cualquier otro material extraño. La limpieza de los perfiles de la junta perjudica verdaderamente la ligación del sellante al concreto. “La limpieza se puede hacer con agua, aire a presión, cepillado de alambre o de varias otras maneras, esto dependiendo de las condiciones de la junta y las recomendaciones del fabricante del sellador” (Cemex, 2010, cap. 4, p, 106).

) **Cordón de respaldo para selladores**

Salazar (1997)

Una vez limpia y seca la ranura de corte, así como sus cajas de sello, se procede a la colocación del cordón o tira de respaldo. Este elemento evita que el sellante fluya hacia abajo de la losa y se pierda la trabazón entre las caras de la grieta.

Existen tres tipos básicos de estos elementos:

- o Espuma de polietileno: es moderadamente compresible y no absorbe agua. Puede fusionarse con sellantes aplicados en caliente, por lo que su uso se restringe a los sellantes colocados en frío.
- o Espuma entrelazada de polietileno: consiste en una serie de celdas moderadamente compresibles y unidas entre sí, que no

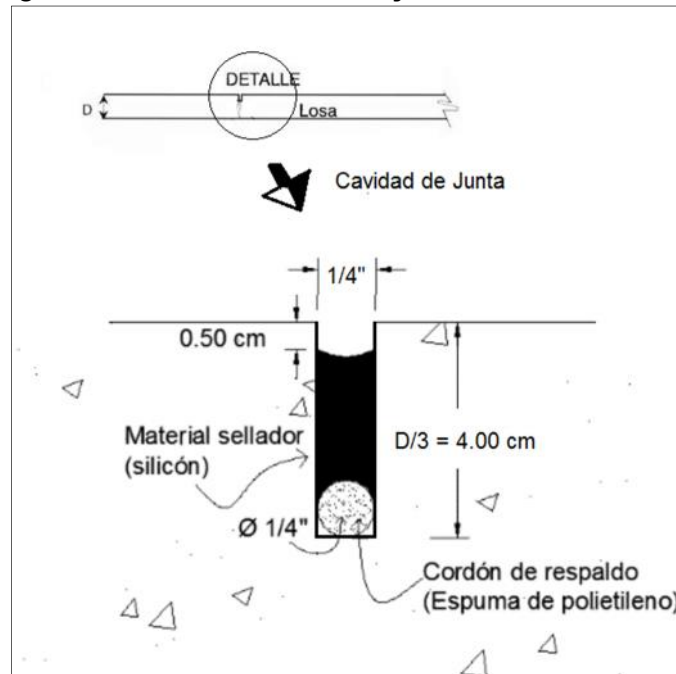
absorben agua y son compatibles con sellantes aplicados en caliente.

- o Poliuretano: espuma de celda abierta que absorbe agua. No se mezcla con el material sellante aplicado en caliente, además, es muy compresible. Normalmente se utiliza en la conjunción de sellantes aplicados en caliente.

El tamaño de los cordones depende de la geometría de las cajas que alojarán los sellos. Se procura siempre que entren a presión, comprimidos al 25 %, a fin de que penetren debidamente en la ranura, pero que al mismo tiempo se garantice contacto permanente con las paredes del corte (cap. 7, p. 88).

Se estableció utilizar cordón de “respaldo de espuma de polietileno”, con sellador de silicón vertido en frío (tabla 30). El cordón de respaldo será de 1/4" de diámetro.

Figura 24. **Detalle de la junta de contracción**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

2.10.4.6. Texturizado o acabado

El objetivo de texturizar la superficie del concreto es otorgar al pavimento las condiciones necesarias para el contacto pavimento-llantas, que permita el tránsito de los vehículos en medios seguros.

“En obras pequeñas es aceptable emplear cepillos anchos con cerdas metálicas o de nylon, con mangos lo suficientemente anchos como para dar las pasadas en toda la sección del pavimento por construir” (Salazar, 1997, p.56).

En las especificaciones técnicas se define como aplicarlo (sección 2.11.1.).

2.11. Especificaciones técnicas

2.11.1. Especificaciones para construcción

Se realizaron en base a las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

) Limpia, chapeo y destronque (DGC, 2001, sección 202)

Consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamos, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar.

Las operaciones de limpia, chapeo y destronque se deben efectuar previamente a la iniciación de los trabajos de terracería.

Antes de efectuar la tala de árboles, se deberá cumplir con los requisitos correspondientes del INAB (Instituto Nacional de Bosques) y del CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) o de la entidad correspondiente.

En el área donde se deba efectuar la excavación no clasificada, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de 600 milímetros debajo de la superficie de la subrasante.

) **Trazo (DGC, 2001, sección 152.02)**

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. Se deberá hacer en detalle a cada 20 metros de la línea central.

) **Movimiento de tierras (DGC, 2001, sección 200 y 208)**

Este trabajo consiste en el retiro total o parcial y en la satisfactoria disposición de las estructuras, servicios existentes y obstáculos; las excavaciones y rellenos compactados que sean necesarios; la recuperación y utilización de los materiales, artefactos y otros bienes. También la protección de las estructuras, servicios existentes y obstáculos que deban permanecer en su lugar (obstáculos: son árboles, arbustos, cultivos, plantas, postes, cercas, señales, indicadores, monumentos y otros).

Los materiales resultantes de la Excavación No Clasificada, se deben utilizar en la construcción de terraplenes o rellenos, subrasante, hombros, ampliaciones y acabado de los taludes de terraplenes, a no ser que el encargado o supervisor de la obra indique lo contrario.

Los rellenos de suelo deben ser contruidos en capas sucesivas, a todo lo ancho de la sección típica, y en longitudes tales, que sea posible el riego de agua y compactación. El espesor de las capas de material para la compactación, en ningún caso debe ser menor de 100 mm ni mayor de 300 mm y debe tener 90 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T-180 y los últimos 30 mm 95 % de la misma.

El material de desperdicio, o sea el sobrante de la Excavación No Clasificada, podrá derramarse sobre los taludes o colocarse en botaderos autorizados por el encargado o supervisor de la obra.

Cuando el material sea derramado sobre el talud de corte, deberán construirse muros de contención al pie del mismo; se deberá vegetar la superficie y proveer los drenajes necesarios. Cuando el material de desperdicio se deba colocar en capas en botaderos especialmente establecidos, no deben ser mayores de 500 mm de espesor y deberán ser compactados con banda de tractor, en este caso no se exige control de calidad por medio de ensayos de laboratorio.

) Reacondicionamiento de la subrasante existente (DGC, 2001, sección 301)

Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 % respecto a la densidad máxima, AASHTO T-180.

) Subbase (DGC, 2001, sección 303)

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de subbase común; la cual puede tener un espesor compactado variable por tramos, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

El material para la subbase debe tener un CBR, ASSHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, ASSHTO T-180.

El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de subbase no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de la subbase no debe tener más del 50 % y 25 % en peso, de partículas que pasen el tamiz 0.425 y 0.075 mm, respectivamente.

El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otra que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento. El banco de material a explotar está ubicado en el mismo tramo a pavimentar en el caminamiento 0+700 y los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en el Anexo A.

) Carpeta de rodadura (DGC, 2001, sección 500)

Este trabajo consiste en la construcción sobre subrasante, subbase o base preparada y aceptada previamente, de la carpeta o losa de pavimento, de acuerdo con planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural.

Cuando en el área de construcción de la losa, antes o después de colocar la formaleta, se producen baches o depresiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, estas áreas deben corregirse antes de la fundición, llenándolas con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto, seguidamente se debe proceder a conformar y compactar el material, todo excedente debe removerse, dejando la nivelación de acuerdo a la sección típica.

El concreto debe de ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa o de acuerdo a la sección típica, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradoras de rodillos. El espesor de la carpeta de rodadura debe ser de 0.13 metros, elaborada de concreto hidráulico con una resistencia $f'c = 4,000$ PSI a los 28 días de fraguado (ver planos constructivos en apéndice B).

) Formaleta de la carpeta de rodadura (DGC, 2001, sección 556 y 501.08 (d))

Este trabajo consiste en el diseño, la construcción y la remoción de las formaletas y de la obra falsa, las cuales sostendrán temporalmente el concreto,

las vigas y otros elementos estructurales hasta que se complete la estructura y esta pueda sostenerse por sí misma.

Cada sección de formaleta debe ser de altura constante e igual al espesor de la losa. El sistema de fijación de las formaletas a la base debe incluir pernos o dispositivos de anclaje que permitan resistir las operaciones de construcción sin causar desplazamientos de la formaleta. Los dispositivos de fijación de las secciones de formaletas en sentido longitudinal deben asegurar una unión firme y hermética.

Las formaletas deben colocarse en cantidad suficiente y por lo menos 100 metros al frente de las operaciones de colocación del concreto, debiendo ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos. El espaciamiento de los pernos no debe ser mayor de 1 metro, debiendo colocarse en el extremo de cada pieza, un perno a cada lado de la junta. Las formaletas no deben desviarse respecto al eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3 mm por cada 3 metros, y deben limpiarse y engrasarse previamente a la colocación del concreto.

) Concreto (DGC, 2001, sección 551)

El concreto estructural es 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 estructural. Los materiales y especificaciones para su elaboración son los siguientes.

- o **Agregado grueso**

De cumplir con los requisitos de AASHTO M-80 y ASTM C-33. El porcentaje de desgaste no debe ser mayor a 40 % en masa después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión, AASHTO T-96 o ASTM C-131 y ASTM C-535. El porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor a 3) no debe sobrepasar de 15 % y de friables (o desmenuzables) o terrones de arcilla no debe exceder del 5 % en masa.

- o **Agregado fino**

Deberá estar de acuerdo con AASHTO M-6. 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 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 (3/8”), 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). 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.

- o **Cemento hidráulico**

Estos deben ajustarse a las Normas AASHTO M-85, ASTM C-150 o COGUANOR NG-41005. Deberá tener una resistencia $f'_c = 28$ MPa (4,000 PSI).

No deben mezclarse cementos de diferentes tipos o de diferentes fábricas de cemento.

o **Agua**

El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de los 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 para el concreto. 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 otros materiales perjudiciales.

o **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 son capaces de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aquellos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado, preesforzado o que contengan elementos galvanizados o de aluminio. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado muy rápido.

La proporción volumétrica de los materiales para el concreto hidráulico de la carpeta de rodadura debe ser: 1:1.57:2.54:0.54 (cemento:arena:piedrín:agua)

y tener una resistencia a la compresión de 4,000 PSI I (280 kg/ cm²) a los 28 días de fraguado.

o **Construcción de juntas (DGC, 2001, sección 501.11)**

Consiste en realizar cortes en la superficie del pavimento, para permitir que su construcción sea por losas separadas y proporcionar una adecuada transferencia de carga. Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y deben protegerse contra la penetración en las mismas, de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas.

El corte se debe realizar previo a que se presente la contracción y consiste en un corte inicial con un ancho del orden de 3 mm y una profundidad en el rango de 1/3 del espesor del pavimento, posteriormente se hace un ensanche del ranurado para formar la caja para el sellado, o bien se realiza con discos abrasivos del ancho suficiente para ejecutar el corte en una sola pasada. Para realizarlos no deben pasar más de 24 horas después de la colocación del concreto, para evitar despostillamientos en los bordes y siempre se deben de hacer hasta las orillas de la sección.

Antes de aplicar el material sellador es necesario realizar una limpieza a la caja de sellado y colocar el cordón de respaldo. El cordón de respaldo debe ser de espuma de polietileno de ¼” de diámetro, que se ajuste a la norma ASTM D-3204 o del tipo recomendado por el fabricante.

Para el proyecto se debe utilizar sellante a base de silicona vertido en frío, debido a su buena efectividad y comportamiento para resistir los esfuerzos.

) **Acabado (DGC, 2001, sección 501.09 y 553.17 (f))**

Una vez el concreto haya endurecido lo suficiente, debe darse a la superficie un acabado por barrido con escoba, cepillo, lona, brin u otro elemento. El barrido debe hacerse transversalmente, de extremo a extremo de la losa y traslapando ligeramente las pasadas contiguas. Los aditamentos usados deben penetrar lo suficiente para producir corrugaciones regulares de un ancho de 2 a 5 mm con una profundidad de 3 a 5 mm y la superficie terminada debe quedar libre de partes porosas, irregularidades, depresiones, ratoneras o marcas ásperas debidas a daños accidentales durante el barrido final.

) **Curado del concreto (DGC, 2001, sección 501.08)**

El curado se debe realizar mediante compuestos líquidos formadores de membrana de curado, que se ajusten a lo establecido en AASHTO M-148 (ASTM C309). Estos compuestos forman una película sobre la superficie del concreto que ayuda a evitar la evaporización y el secado prematuro por efectos del sol.

El compuesto de curado se debe aplicar una vez que el concreto adquiera una tonalidad opaca, cuando este haya perdido el exceso de agua, aproximadamente entre 30 minutos y 2 horas luego de su colocación. Se aplicará mediante pulverización (fumigadores), a un rendimiento de 5 m² por litro. Su almacenamiento se debe realizar en un sitio fresco y bajo techo con temperaturas superiores a 10° C, para que su tiempo de vida aumente.

) **Bordillos**

Deberán ser de concreto simple fundido en sitio, con una resistencia $f'c = 4,000$ PSI (280 kg/cm^2) a los 28 días de fraguado, la proporción volumétrica debe ser: 1:1.57:2.54:0.54 (cemento: arena: piedrín: agua) apéndice B.

) **Cunetas (DGC, 2001, sección 608. 04)**

El concreto para el revestimiento de cunetas, debe ser de clase 2000 PSI o 140 kg/cm^2 a los 28 días de fraguado. Las cunetas deberán ser de concreto simple fundido en sitio, con proporción volumétrica debe ser: de 1:2.25:3.22 (cemento: arena: piedrín).

Las dimensiones son las siguientes: 1 metro de ancho medido horizontalmente desde el hombro de la corona al fondo de la cuneta y su talud de 1:3 (V:H) el espesor de la cuneta deberá ser de 0.07 m.

La colocación del concreto se realiza iniciando en el extremo de la cuneta a revestir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas de construcción a cada dos metros, con un espesor de 3 mm. Se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones indicadas (ver planos constructivos en apéndice B).

) **Concreto ciclópeo (DGC, 2001, sección 555)**

Este trabajo consiste en la fabricación, suministro y la colocación de una combinación de concreto y de piedra grande. El volumen total de la piedra adicional no debe exceder de un tercio del volumen total del concreto ciclópeo.

El concreto utilizado para cabezales, aletones y cajas de entrada y salida, debe tener una resistencia $f'_c = 2,500$ PSI (175 kg/cm^2) a los 28 días de fraguado y una proporción volumétrica de 1:1.84:2.71 (cemento: arena: pedrín).

La piedra puede ser partida o de canto rodado, de buena calidad, de preferencia en su estado natural (con caras sin labrar), limpia, dura, sana, durable, libre de segregaciones, fracturas, grietas u otros efectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. No mayor a 300 milímetros.

La colocación debe ser cuidadosamente, de preferencia a mano, sin dejarla caer o tirarla, para no causar daños a las formaletas, a las tuberías transversales en caso de cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado. Toda piedra antes de colocarse 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 80 mm de concreto y no debe colocarse ninguna, a menos de 250 mm de cualquier superficie superior ni a menos de 80 mm de cualquier superficie de la estructura que se está construyendo. En caso se interrumpa la fundición, al dejar la junta de construcción, debe dejarse piedras sobresaliendo no menos de 100 mm para formar llave (apéndice B).

2.11.2. Planos constructivos

Los planos constructivos para el proyecto pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, se encuentran en el apéndice B; a continuación, se presenta el listado de los mismos.

- 1/18. Plano de localización
- 2/18. Plano de ubicación
- 3/18. Planta topográfica I y II
- 4/18. Planta topográfica III y IV
- 5/18. Planta de curvas de nivel
- 6/18. Planta y perfil 0+000.00 a 0+240.00
- 7/18. Planta y perfil 0+240.00 a 0+660.00
- 8/18. Planta y perfil 0+660.00 a 0+920.00
- 9/18. Planta y perfil 0+920.00 a 1+220.00
- 10/18. Planta y perfil 1+220.00 a 1+526.50
- 11/14 a 16/18 Secciones transversales
- 17/14. Detalles de pavimento, cuneta y bordillo
- 18/18. Drenaje transversal

2.12. Presupuesto

Se define como presupuesto “Una suposición del valor de un producto para condiciones definidas a un tiempo inmediato” (Suárez, 2010, p. 271). El precio total del proyecto, diseño pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa, es de Q.3,055,126.40 (tres millones cincuenta y cinco mil ciento veintiséis con 40/100).

Tabla 31. Resumen de presupuesto

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
1	Replanteo topográfico	1,526.50	m	Q 6.34	Q 9,678.01
2	Limpia y chapeo	11,448.75	m²	Q 0.85	Q 9,731.44
3	Excavación de corte	4,414.62	m³	Q 12.78	Q 56,418.84
4	Reacondicionamiento de subrasante	8,395.75	m²	Q 8.64	Q 72,539.28
5	Suministro y colocación de subbase de e = 0.10 m	8,395.75	m²	Q 12.84	Q 107,801.43
6	Suministro y colocación de pavimento de concreto hidráulico e = 0.13 m	8,395.75	m²	Q 263.24	Q 2,210,097.23
7	Bordillo de concreto hidráulico	1,526.50	m²	Q 115.30	Q 176,005.45
8	Cuneta de concreto hidráulico	1,526.50	m	Q 218.28	Q 333,204.42
9	Drenaje transversal de tubería de 36" PVC + caja receptora + cabezales	1.00	unidad	Q 32,026.90	Q 32,026.90
10	Demolición pavimento existente	366.32	m	Q 85.00	Q 31,137.20
11	Limpieza final	1,526.50	m	Q 10.80	Q 16,486.20
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO					Q 3,055,126.40
Precio total del proyecto: tres millones cincuenta y cinco mil ciento veintiséis con 40/100					

Fuente: elaboración propia.

2.12.1. Integración de precios unitarios

En el presupuesto del proyecto: diseño de pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, se establecieron valores y cantidades para dar un precio. Consecuentemente, se integró por renglones de trabajo, en el orden de la ejecución constructiva.

El renglón, se compone por: cantidades, unidades y precio unitario; de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, consecutivamente se calculan los costos subtotales directos e indirectos, la suma de estos, proporciona el valor total del renglón, el cual se divide por la cantidad de la unidad principal (del renglón) y así obtener el precio unitario en unidades de medidas, que puede ser metros, metros cuadrados, cúbicos entre otros.

Los precios de cada material se cotizaron en ferreterías y comercializadoras del área de la cabecera municipal de Río Hondo, estos

pueden variar en el transcurso del tiempo, por circunstancias múltiples. La mano de obra se cuantificó por día trabajado y el valor que se asignó, es el que regularmente cobran para este tipo de actividades.

El costo indirecto es “Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo” (Suárez, 2010, p. 25).

Para la integración de estos costos en el tiempo determinado de ejecución, se tomaron en cuenta los siguientes: gastos administrativos, utilidad, impuestos e imprevistos, estos se detallan en la tabla 43.

Tabla 32. **Replanteo topográfico**

1	Replanteo topográfico	Cantidad	Unidad	
		1,526.50	m	
Equipo	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Alquiler equipo de topografía	7.00	día	O 500.00	O 3.500.00
SUB-TOTAL DE EQUIPO				O 3.500.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Topógrafo	7.00	día	O 250.00	O 1.750.00
Cadenero	7.00	día	O 150.00	O 1.050.00
Ayudante	7.00	día	O 100.00	O 700.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA				Q 3.500.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				O 7.000.00
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total
Gastos administrativos			10.00%	O 700.00
Utilidad			15.00%	O 1.050.00
Impuestos			8.00%	O 560.00
Imprevistos			5.00%	O 350.00
				Q 15.26
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q 2.678.01
PRECIO UNITARIO			m	O 6.34
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				O 9.678.01

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. Limpia y chapeo

2	Limpia y chapeo	Cantidad		Unidad	
		11,448.75		m ²	
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
5 Chapeadores (10 días)		50.00	día	O 88.00	O 4.400.00
3 Banderilleros (10 días)		30.00	día	O 88.00	O 2.640.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA				O	7.040.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				O	7.040.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos			10.00%	O	704.00
Utilidad			15.00%	O	1.056.00
Impuestos			8.00%	O	563.20
Imprevistos			5.00%	O	352.00
				O	16.24
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				O	2.691.44
PRECIO UNITARIO			m ²	O	0.85
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				O	9.731.44

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Excavación de corte

3	Excavación de corte	Cantidad	Unidad	Unidad	
		4,414.62		m³	
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Excavadora		70.00	hora	O 550.00	O 38.500.00
		SUB-TOTAL DE EQUIPO			O 38.500.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Encargado de maquinaria		9.00	día	O 88.00	O 792.00
2 Banderilleros (9 días)		18.00	día	O 88.00	O 1.584.00
		SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA			O 2.376.00
		COSTO SUB-TOTAL DIRECTO			O 40.876.00
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total	
Gastos administrativos			10.00%	O 4.087.60	
Utilidad			15.00%	O 6.131.40	
Impuestos			8.00%	O 3.270.08	
Imprevistos			5.00%	O 2.043.80	
				O 9.96	
			COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO		O 15.542.84
PRECIO UNITARIO			m³	O 12.78	
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				O 56.418.84	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. **Reacondicionamiento de subrasante**

4	Reacondicionamiento de subrasante	Cantidad	Unidad	Unidad	
		8,395.75		m²	
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Motoniveladora		24.00	hora	O 550.00	O 13,200.00
Camión cisterna		3.00	día	O 1,000.00	O 3,000.00
Rodo compactador		24.00	hora	O 350.00	O 8,400.00
Transporte de maquinaria		4.00	viaje	O 5,000.00	O 20,000.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARÍA					Q 44,600.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Encargado de maquinaria		18.00	día	O 88.00	O 1,584.00
4 Ayudante (18 días)		72.00	día	O 88.00	O 6,336.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					Q 7,920.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					O 52,520.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	O 5,252.00
Utilidad				15.00%	O 7,878.00
Impuestos				8.00%	O 4,201.60
Imprevistos				5.00%	O 2,626.00
					Q 61.68
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 20,019.28
P. Unitario				m³	O 8.64
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					O 72,539.28

Fuente: elaboración propia.

Tabla 36. **Suministro y colocación de subbase**

5	Suministro y colocación de subbase de e = 0.10 m	CANTIDAD		UNIDAD	
		8,395.75		m²	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Material para subbase (banco de materiales)		1.390.87	m³	O 25.00	O 34.771.75
SUB-TOTAL DE MATERIALES				O	34.771.75
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Motoniveladora		32.00	hora	O 550.00	O 17.600.00
Camion cisterna		4.00	día	O 1.000.00	O 4.000.00
Rodo compactador		32.00	hora	O 350.00	O 11.200.00
2 Camiones de volteo (4 días)		8.00	día	O 1.000.00	O 8.000.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARÍA				O	40.800.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Encargado de maquinaria		4.00	día	O 88.00	O 352.00
6 Ayudante		24.00	día	O 88.00	O 2.112.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				O	2.464.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				O	78.035.75
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total	
Gastos administrativos				10.00%	O 7.803.58
Utilidad				15.00%	O 11.705.36
Impuestos				8.00%	O 6.242.86
Imprevistos				5.00%	O 3.901.79
				O	112.10
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				O	29.765.68
P. Unitario				m²	O 12.84
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				O	107.801.43

Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. **Suministro y colocación de pavimento de concreto hidráulico**

6	Suministro y colocación de pavimento de concreto hidráulico e = 0.13 m	CANTIDAD		UNIDAD	
		8,395.75		m²	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cemento Portland		11.910.00	saco	O 76.00	O 905.160.00
Arena de río		603.00	m³	O 150.00	O 90.450.00
Piedrín triturado (1")		930.00	m³	O 200.00	O 186.000.00
Costanera de 2"x6" para formaleta		70.00	unidad	O 220.00	O 15.400.00
Sellador		7.380.50	m	O 0.30	O 2.214.15
Aditivo antisol rojo cubeta de 18.5 L		59.00	unidad	O 298.00	O 17.582.00
Disco para corte de concreto		5.00	unidad	O 350.00	O 1.750.00
Cubetas de 5 galones vacías para acarreo		50.00	unidad	O 20.00	O 1.000.00
SUB-TOTAL DE MATERIALES					Q 1.219.556.15
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Concretera manual		3.00	mes	O 2.500.00	O 7.500.00
Vibrador para concreto		3.00	mes	O 600.00	O 1.800.00
Bomba fumigadora para aplicación de antisol		3.00	unidad	O 600.00	O 1.800.00
Cortadora de concreto		3.00	mes	O 1.000.00	O 3.000.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO					Q 14.100.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Colocación de formaleta		3.053.00	m	O 2.50	O 7.632.50
Elaboración de concreto		1.091.45	m³	O 75.00	O 81.858.75
Fundición de concreto		1.091.45	m³	O 150.00	O 163.717.50
Acabado de superficie de concreto		8.395.75	m²	O 10.00	O 83.957.50
Cortar juntas		7.380.50	m	O 2.00	O 14.761.00
Aplicación de sellador elastomérico		7.380.50	m	O 1.00	O 7.380.50
Aplicación de aditivo (antisol)		8.395.75	m²	O 1.00	O 8.395.75
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					O 367.703.50
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 1.601.359.65
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total	
Gastos administrativos				10.00%	O 160.135.97
Utilidad				15.00%	O 240.203.95
Impuestos				8.00%	O 128.108.77
Imprevistos				5.00%	O 80.067.98
					Q 220.91
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 608.737.58
P. Unitario			m	O	263.24
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					O 2.210.097.230

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. **Bordillo de concreto hidráulico**

7	Bordillo de concreto hidráulico	CANTIDAD		UNIDAD	
		1,526.50		m	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cemento Portland		833.00	saco	O 76.00	O 63,308.00
Arena de río		42.00	m³	O 150.00	O 6,300.00
Piedrín triturado		65.00	m³	O 200.00	O 13,000.00
Costanera de 2"x6" para formaleta		52.00	unidad	O 220.00	O 11,440.00
SUB-TOTAL DE MATERIALES					Q 94,048.00
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Concretera manual		1.00	mes	O 2,500.00	O 2,500.00
Vibrador para concreto		1.00	mes	O 600.00	O 600.00
Cortadora de concreto		1.00	mes	O 1,000.00	O 1,000.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO					Q 4,100.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Colocación de formaleta		1,526.50	m	O 6.00	O 9,159.00
Elaboración de concreto		76.33	m³	O 75.00	O 5,724.75
Fundición de concreto		76.33	m³	O 150.00	O 11,449.50
Desencofrado		1,526.50	m	O 2.00	O 3,053.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					O 29,386.25
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 127,534.25
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	O 12,753.43
Utilidad				15.00%	O 19,130.14
Impuestos				8.00%	O 10,202.74
Imprevistos				5.00%	O 6,376.71
					Q 8.18
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 48,471.20
P. Unitario				m	O 115.30
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					O 176,005.45

Fuente: elaboración propia.

Tabla 39. **Cuneta de concreto hidráulico**

8	Cuneta de concreto hidráulico	CANTIDAD		UNIDAD	
		1,526.50		m	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cemento Portland		1,645.00	saco	Q 76.00	Q 125,020.00
Arena de río		106.00	m³	Q 150.00	Q 15,900.00
Piedrín triturado (1/2")		152.00	m³	Q 200.00	Q 30,400.00
Madera rustica		817.00	pie-tabla	Q 7.00	Q 5,719.00
		SUB-TOTAL DE MATERIALES			Q 177,040.00
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Concretera manual		1.00	mes	Q 2,500.00	Q 2,500.00
Vibrador para concreto		1.00	mes	Q 600.00	Q 600.00
Cortadora de concreto		1.00	mes	Q 1,000.00	Q 1,000.00
		SUB-TOTAL DE MAQUIARIA Y EQUIPO			Q 4,100.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Formaleteado		1,526.50	m	Q 6.00	Q 9,159.00
Elaboración de concreto		193.41	m³	Q 75.00	Q 14,505.75
Fundición de concreto		193.41	m³	Q 150.00	Q 29,011.50
Acabado		1,526.50	m	Q 3.00	Q 4,579.50
Desencofrado		1,526.50	m	Q 2.00	Q 3,053.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA			Q 60,308.75
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 241,448.75
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	Q 24,144.88
Utilidad				15.00%	Q 36,217.31
Impuestos				8.00%	Q 19,315.90
Imprevistos				5.00%	Q 12,072.44
					Q 5.14
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 91,755.67
P. Unitario				m	Q 218.28
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					Q 333,204.42

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40. **Drenaje transversal**

9	Drenaje transversal de tubería de 36" PVC + caja receptora + cabezales	CANTIDAD		UNIDAD	
		1.00		unidad	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cemento Portland		29.00	saco	O 76.00	O 2,204.00
Arena de río		2.50	m³	O 150.00	O 375.00
Piedrín triturado (1/2")		4.00	m³	O 200.00	O 800.00
Piedra bola		4.00	m³	O 150.00	O 600.00
Madera para formaleta		80.00	pie-tabla	O 7.00	O 560.00
Tubería de 36" PVC (norma AASTHO M-304)		1.00	unidad	O 11,343.00	O 11,343.00
Electromalla 6/6 - 9/9		1.00	unidad	O 290.00	O 290.00
SUB-TOTAL DE MATERIALES					Q 16,172.00
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Concretera manual		0.50	mes	O 2,500.00	O 1,250.00
Vibrador de concreto		0.50	mes	O 600.00	O 300.00
Cortadora de concreto		0.50	mes	O 1,000.00	O 500.00
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO					Q 2,050.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Colocación de formaleta		1.00	unidad	O 375.00	O 375.00
Elaboración de concreto		7.06	m³	O 120.00	O 847.20
Fundición del concreto		7.06	m³	O 195.00	O 1,376.70
Colocación, nivelación de tubería		1.00	unidad	O 2,000.00	O 2,000.00
Excavación de material para transversal		2.38	m³	O 22.00	O 52.36
Relleno de zanja para el transversal		1.83	m³	O 8.00	O 14.64
Desencofrado		2.00	unidad	O 160.00	O 320.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					O 4,985.90
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					O 23,207.90
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	O 2,320.79
Utilidad				15.00%	O 3,481.19
Impuestos				8.00%	O 1,856.63
Imprevistos				5.00%	O 1,160.40
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 8,819.00
P. Unitario				Unidad	O 32,026.90
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					O 32,026.90

Fuente: elaboración propia.

Tabla 41. **Demolición pavimento existente**

10	Demolición pavimento existente	CANTIDAD		UNIDAD	
		366.32		m	
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Retroexcavadora		34.00	hora	Q 300.00	Q 10,200.00
Rotomartillo para corte de pavimento		7.00	día	Q 500.00	Q 3,500.00
Camión de volteo		7.00	día	Q 1,000.00	Q 7,000.00
		SUB-TOTAL DE EQUIPO			Q 20,700.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
3 Ayudantes		21.00	día	Q 88.00	Q 1,848.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA			Q 1,848.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 22,548.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	Q 2,254.80
Utilidad				15.00%	Q 3,382.20
Impuestos				8.00%	Q 1,803.84
Imprevistos				5.00%	Q 1,127.40
					Q 20.96
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 8,589.20
P. Unitario				m	Q 85.00
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					Q 31,137.20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 42. **Limpieza final**

11	Limpieza final	CANTIDAD		UNIDAD	
		1,526.50		m	
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Camión de volteo		7.00	día	Q 1,000.00	Q 7,000.00
		SUB-TOTAL DE EQUIPO			Q 7,000.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
8 Ayudantes		56.00	día	Q 88.00	Q 4,928.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA			Q 4,928.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 11,928.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				10.00%	Q 1,192.80
Utilidad				15.00%	Q 1,789.20
Impuestos				8.00%	Q 954.24
Imprevistos				5.00%	Q 596.40
					Q 25.56
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 4,558.20
P. Unitario				m	Q 10.80
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					Q 16,486.20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 43. Costos indirectos

Costos directos				
Total de materiales	Q	1,541,587.90		
Total mano de obra	Q	492,460.40		
Total maquinaria y equipo	Q	179,450.00		
Total (costo directo)	Q	2,213,498.30		
Integración de costos indirectos				
1. Gastos administrativos (5 meses)				
Gastos técnicos y administrativos				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Gerente	1.00	Q 88.00	Q 2,640.00	Q 13,200.00
Ingeniero	3.00	Q 88.00	Q 7,920.00	Q 39,600.00
Jefe de compras	1.00	Q 50.00	Q 1,500.00	Q 7,500.00
Auxiliar de ingeniero	3.00	Q 50.00	Q 4,500.00	Q 22,500.00
Secretaría	3.00	Q 30.00	Q 2,700.00	Q 13,500.00
Contador	1.00	Q 20.00	Q 600.00	Q 3,000.00
Dibujante	2.00	Q 20.00	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Guardián	8.00	Q 12.00	Q 2,880.00	Q 14,400.00
		Total	Q 23,940.00	Q 119,700.00
Alquileres y depreciaciones				
	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Alquiler de local	8.00	Q 5.00	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	8.00	Q 5.00	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Depreciaciones de oficina	8.00	Q 2.00	Q 480.00	Q 2,400.00
Depreciaciones de vehículos	8.00	Q 10.00	Q 2,400.00	Q 12,000.00
Mantenimiento en general	8.00	Q 2.00	Q 480.00	Q 2,400.00
		Total	Q 5,760.00	Q 28,800.00
Consumos y varios				
	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Impresiones y papelería de oficina	8.00	Q 1.00	Q 240.00	Q 1,200.00
Combustibles, lubricantes	8.00	Q 10.00	Q 2,400.00	Q 12,000.00
Construcciones provisionales			Q 750.00	Q 3,750.00
		Total	Q 3,390.00	Q 16,950.00
Obligaciones y seguro				
		Costo/mes	Subtotal	
Prestaciones laborales 41 % (vacaciones, aguinaldo, bono 14, IGSS, indemnización).		Q 9,815.40	Q 49,077.00	
		Total	Q 49,077.00	
		Total	Q 214,527.00	
Gastos administrativos % (sobre costo directo)				10%
2. Utilidad				
		Total		
Utilidad 15% (costos directos)	Q	332,024.75		
3. Impuestos				
ISR 25% (de utilidad)	Q	83,006.19		
IVA 12% (mano de obra + utilidad)	Q	98,938.22		
Total	Q	181,944.40		
Impuestos %		8%		
4. Imprevistos				
		Total		
Imprevistos 5% (costos directos)	Q	110,674.92		

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	
Gastos administrativos	10%
Utilidad	15%
Impuestos	8%
Imprevistos	5%
Total	38%

Fuente: elaboración propia.

2.12.2. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tabla 44. **Ejecución físico y financiero**

No.	DESCRIPCIÓN RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	Tiempo de ejecución										SUB-TOTAL		
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5								
1	Replanteo topográfico	1526.50	m	Q 6.34												Q 9,678.01	0.32%
2	Limpia y chapeo	11448.75	m²	Q 0.85												Q 9,731.44	0.32%
3	Excavación de corte	4414.62	m³	Q 12.78												Q 56,418.84	1.85%
4	Reacondicionamiento de subrasante	8395.75	m²	Q 8.64												Q 72,539.28	2.37%
5	Suministro y colocación de subbase de e = 0.10 m	8395.75	m²	Q 12.84												Q 107,801.43	3.53%
6	Suministro y colocación de pavimento de concreto hidráulico e = 0.13 m	8395.75	m²	Q 263.24												Q2,210,097.23	72.34%
7	Bordillo de concreto hidráulico	1526.50	m²	Q 115.30												Q 176,005.45	5.76%
8	Cuneta de concreto hidráulico	1526.50	m	Q 218.28												Q 333,204.42	10.91%
9	Drenaje transversal de tubería de 36" PVC + caja receptora + cabezales	1.00	unidad	Q32,026.90												Q 32,026.90	1.05%
10	Demolición pavimento existente	366.32	m	Q 85.00												Q 31,137.20	1.02%
11	Limpieza final	1526.50	m	Q 10.80												Q 16,486.20	0.54%
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO															Q3,055,126.40	100.00%	
Precio total del proyecto: tres millones cincuenta y cinco mil ciento veintiséis con 40/100																	
Tiempo de ejecución 5 meses calendario (150 días)																	

Fuente: elaboración propia.

2.13. Análisis de impacto ambiental

La normativa legal ambiental vigente en Guatemala establece que, para cada proyecto que se desee implementar se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental, ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (Decreto 68 de 1986).

El estudio de impacto ambiental es un instrumento técnico y legal, que se realiza con el fin de identificar y prevenir impactos negativos o positivos, que se

generan al ejecutar los proyectos de infraestructura, sobre el medio ambiente y es donde se proponen las medidas de mitigación.

El proyecto consiste en el diseño de pavimento rígido carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa. Posibles efectos ambientales y acciones de mitigación:

-) Aire
-) Auditivo
-) Suelo
-) Agua
-) Flora y fauna
-) Medio socioeconómico

- o **Aire**

- o Impacto

Las emisiones al espacio de dióxido de carbono (CO₂) y de partículas de polvo, se verá impactado durante la fase de construcción debido principalmente al movimiento de tierras, el traslado de maquinarias y emisión de gases. Esto puede originar a los trabajadores y habitantes del área padecimientos respiratorios.

- o Acciones de mitigación

Las máquinas de combustión usadas deberán tener un mantenimiento mecánico constante y poseer filtros, aquellas que no garanticen las emisiones límite permisible convendrán ser aisladas.

Los habitantes deberán procurar estar retirados al área de trabajo, para evitar molestias respiratorias. Se suministrará del conveniente equipo de protección al personal de obra (principalmente mascarillas).

Con el fin de mantener húmedo el suelo y minimizar las ráfagas de viento con polvo, se aplicará el riego periódico de las superficies.

) **Auditivo**

o Impacto

Durante el proceso de construcción, el ruido provocado será un poco alto, por el paso de camiones que transportará suelo, equipo, materiales de construcción y maquinaria que estará trabajando.

o Acciones de mitigación

Se hará saber a los habitantes, que existirán personas trabajando cerca de sus casas, operando maquinaria y que normalmente camiones transportarán material en el proyecto. Programación de horarios adecuados de trabajo, los cuales sean los que menos afecten a la población.

) **Suelo**

o Impacto

En el desarrollo de excavación y relleno, se pueden dar procesos erosivos y alteraciones de las propiedades físicas del suelo.

- o Acciones de mitigación

Para prevenir la erosión se manejará mecanismos de compactación mecánica o manual. El material extraído se acumulará humedecido o protegido a fin de evitar que se esparza. Los desechos de los cortes no serán lanzados a los cauces de agua, estos serán reutilizados como material de relleno.

La disposición de desechos de construcción o los residuos de derrames accidentales de concreto, lubricantes, combustibles, deben ser reunidos rápidamente. En horarios fuera de trabajo las zanjas permanecerán tapadas a fin de minimizar los riesgos de accidentes.

) **Agua**

- o Impacto

Posible contaminación a causa de desechos sólidos derramados en los ríos en el proceso de construcción. Contaminación de quebradas y ríos. Alteración del drenaje superficial por excavaciones

- o Acciones de mitigación

Evitar limpieza de equipos y maquinaria en cercanía de ríos y quebradas durante la construcción. La recarga de combustible se realizará solamente en el área para tal fin, los restos de materiales de construcción no tendrán como receptor concluyente el lecho de algún curso de agua.

) **Flora y fauna**

o Impacto

Alteración temporal del hábitat para especies de animales, pérdida de vegetación por derrame de residuos que la contaminan, debido a esto existirán impactos negativos relacionados directamente con el paisaje, debido a que es posible que se tenga que devastar áreas verdes donde se necesitara por el diseño de los alineamientos de la carretera.

o Acciones de mitigación

Aun cuando la flora y fauna local no es abundante en el área de la obra, se deberá de proteger y conservar de posibles afectaciones por las actividades de trabajo.

La ubicación de bodegas u otras infraestructuras provisionales y desechos se hará en áreas sin vegetación o donde esta no sea densa.

No se permitirá: que residuos sólidos, líquidos u otros, contaminen áreas verdes, que talen arboledas para ocupar su madera en la obra, tampoco se permitirá el uso de fuego que sitúe en riesgo tales áreas.

Delimitación de áreas para evitar invadir zonas con ocupación de especies animales.

) **Medio socioeconómico**

o Impacto

En la etapa de ejecución, se reflejará el aumento de ingresos en la población, como resultado de la generación de fuentes de trabajo.

o Acciones de mitigación

Programa de contratación de personal de mano de obra no calificada.

2.14. Análisis socioeconómico

) **Proyectos productivos y sociales**

SNIP (2002)

Para los proyectos de tipo productivo (privado) será necesario que el enfoque de la evaluación se realice desde el punto de vista de que sus beneficios y costos se analizan en un contexto financiero, desde sus resultados, por lo tanto, los ingresos y costos del proyecto se calculan en términos monetarios a los precios de mercado vigente. Para efectos de análisis se recurre a aspectos como: costos de inversión, costos de operación, ingresos, flujos de fondos, indicadores de evaluación financiero, valor actual neto VAN, tasa interna de retorno TIR, relación beneficio / costo, análisis de sensibilidad (p. 37).

Los proyectos productivos son aquellos que exploran crear rentabilidad económica y adquirir ganancias en capital. Los organizadores de estos

proyectos son empresas e individuos comprometidos en lograr provechos económicos para distintas terminaciones.

SNIP (2002)

Para proyectos sociales se recurrirá a efectuar evaluación económica-social que consiste en realizar una comparación entre los recursos que se espera puedan ser utilizados y los resultados esperados del mismo, con el propósito de determinar si dichos proyectos se adecuan a los fines u objetivos perseguidos y de esta manera, permita mejorar la asignación de recursos por parte de la sociedad. Para efectos de estudio se acude al análisis costo/eficiencia (p. 38).

Los proyectos públicos o sociales exploran obtener un impacto sobre la calidad de vida de la población y no precisamente se enumeran en dinero. El generador de estos proyectos es: el estado, organismos multilaterales, las Ong (Organización No Gubernamental) entre otros.

2.14.1. Valor actual neto

Ramírez (2011)

El valor actual neto (VAN) es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión vale la pena o no realizarla, y no hacer una mala inversión que provoque pérdidas en el futuro. El valor presente neto da tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

) Si $VAN < 0$, (menor que cero) y el resultado es un valor negativo.

- J) Si $VAN = 0$ indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.
- J) Si $VAN > 0$, (mayor que cero) está indicando que la opción es rentable (p. 47).

El cálculo del VAN es una representación simple, en la que se determina sí, en un proyecto los ingresos son superiores que los egresos.

“Se utiliza una tasa de interés o también tasa de descuento, para el vigente proyecto se determina una tasa de interés de 13.08%” (Banguat, 2016).

Durante la vida útil del proyecto de 20 años, se invertirá un costo mensual por mantenimiento estimado de Q. 500.00, según el departamento municipal de planificación (DMP) de Río Hondo, Zacapa. El costo del valor de ingreso inicial es cero, el cual se refiere al derecho de acoplarse a la carretera.

En los egresos se ocupa el signo negativo y el positivo para los ingresos, se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = VRI - CI + \left[\left(P/A, i, n \right) (VRA - CMA) \right]$$

Donde

VAN = Valor actual neto

VRI = Valor de rescate inicial o ingreso inicial

CI = Costo inicial

$(P/A, i, n)$ = Valor actual dado de un pago uniforme anual

VRA = Valor de rescate anual

CMA = Costo de mantenimiento anual

$$P/A = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde

P/A = Valor actual o presente

i = Tasa de interés (%)

n = Período de vida útil del proyecto

VRI = Q. 000.00

CI = Q. 3,055,126.40

VRA = 0.000

CMA = (Q. 500.00 X 12 meses) = Q 6,000.00

i = 13.08%

n = 20 años

Entonces sustituyendo para P/A :

$$P/A = \left[\frac{(1+0.131)^{20} - 1}{0.131(1+0.131)^{20}} \right]$$

$$P/A \cong 6.98$$

Utilizando la fórmula del VAN y sustituyendo:

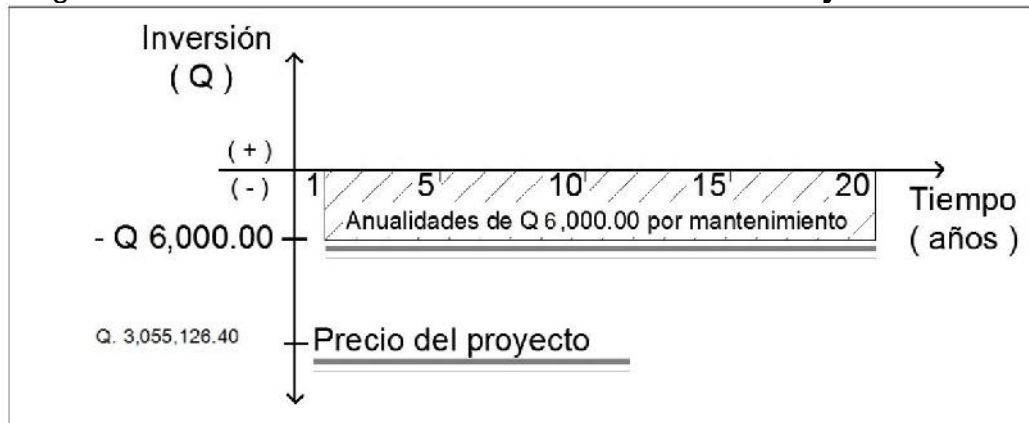
$$VAN = VRI - CI + \left[(P/A, i, n) (VRA - CMA) \right]$$

$$VAN = Q. 00.00 - Q. 3,055,126.40 + [(6.98)(- Q.6,000.00)]$$

$$VAN = - Q.3,097,006.40$$

El valor negativo (menor que cero) indica que la inversión del proyecto no es rentable o que no produce ninguna utilidad, cumpliendo con su objetivo de carácter social, lo cual es aumentar el desarrollo en el área del proyecto, por lo tanto, la inversión deberá ser proporcionada por alguna institución gubernamental o no gubernamental.

Figura 25. **Grafica -VAN- carretera a caserío El Cajón de Jones**



Fuente: elaboración propia.

2.14.2. Tasa interna de retorno

Martínez (2011)

Ésta es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio (p. 58).

2.14.3. Análisis costo/eficiencia

SNIP (2002)

El objetivo es determinar que alternativa de proyecto logra los objetivos deseados al mínimo costo (es decir, más eficientemente). El término eficiencia se refiere a la forma como se logran ciertos resultados dentro de un proceso con los insumos utilizados en el mismo. En un proyecto social, la eficiencia se puede medir en términos físicos y monetarios, es por eso que los criterios más utilizados son: costo de inversión por persona atendida y por metro cuadrado de construcción (pp. 38-39).

Datos

Costo = Q. 2, 986,082.80

Eficiencia = No. de habitantes beneficiados (a futuro)

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q. 3,055,126.40}}{233 \text{ habitantes}}$$

$$\text{Costo/beneficio} = \text{Q. 13,112.13 /habitante}$$

Costo = Q. 2, 986,082.80

Eficiencia = Superficie a pavimentar 8,395.75 m²

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q. 3,055,126.40}}{8,395.75 \text{ m}^2}$$

$$\text{Costo/beneficio} = \text{Q. 363.89 / m}^2 \text{ construido}$$

3. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO LOS MARINES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste, en crear un nuevo diseño de alcantarillado sanitario, para evacuar las aguas servidas provenientes de actividades domésticas, comerciales, industriales entre otras, del barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa, el diseño se realizó de acuerdo con normas de diseño de alcantarillados establecidas por INFOM.

El proyecto tendrá, un colector principal de longitud de 983 metros de tubería de PVC de 6" de diámetro, 22 pozos de visita ubicados donde el diseño lo requirió, 55 conexiones domiciliarias con tubería de PVC de 4" de diámetro. Por características de la topografía natural del terreno, se plantearon dos desfogues estos situados en los puntos más bajos y en los límites del barrio, para que el alcantarillado sanitario funcione por la misma gravedad del flujo, se realizó de esa manera con el fin de no hacer un proceso constructivo costoso. A dichos desfogues es necesario colocarles plantas de tratamiento.

Beneficiará en la actualidad a 275 habitantes en 55 viviendas, y a 522 habitantes en 105 viviendas al futuro de 30 años más 2 de gestión.

3.2. Levantamiento topográfico

Se realiza para determinar las principales características del terreno, que sirven para localizar la dirección que tendrá el colector principal del alcantarillado sanitario dentro de las calles, ubicación de los pozos de visita necesarios en cada entronque y cambio de dirección, en forma general detalla componentes importantes para el diseño.

Para el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo:

-) Teodolito
-) Trípode de aluminio
-) Cinta métrica
-) Estadía de aluminio
-) Plomada topográfica
-) Estacas de madera
-) Pintura aerosol

3.2.1. Planimetría y altimetría

La planimetría es la “representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este, sin importar sus elevaciones” (Navarro, 2008, p. 16).

En campo se utilizó el levantamiento de poligonal abierta, con radiaciones, utilizando como método de orientación conservación del azimut. Estos ángulos horizontales y distancias obtenidos sirvieron en la etapa de gabinete. En el apéndice E, se representa la planimetría siendo las coordenadas X, Y de la libreta topográfica.

La altimetría “tiene por objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno” (Navarro, 2008, p. 16).

Para la altimetría, se utilizó nivelación diferencial. En el apéndice E, se representa la siendo la coordenada Z en la libreta topográfica. La cota de inicio utilizada en el levantamiento altimétrico se estimó de 100 metros.

McCormac (2010)

La nivelación diferencial o geométrica consiste en que el instrumento se ubica en un punto conveniente y se toma una lectura hasta un punto de elevación conocida para determinar la altura de instrumento. Sino se cuenta con un banco de nivel de elevación conocida, se establece uno mediante elevación diferencial a partir de un BN existente o se le asigna una elevación supuesta (p. 135).

3.3. Integración del caudal de diseño

3.3.1. Parámetros de diseño

3.3.1.1. Período de diseño

Cabrera (1989)

Es el tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes de que debe abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuada. Es necesario, por lo tanto, estimar la población futura, en el caso de proyectos de alcantarillado suele ser de 30 a 40 años, a partir de la fecha de construcción (cap. 2, p. 35).

Para el actual diseño del alcantarillado sanitario, se utilizó un periodo de 30 años, más 2 años adicionales de gestión, para obtener el financiamiento y la construcción del proyecto.

3.3.1.2. Población futura

Para el cálculo es importante determinar el método que más se adapte a las características de la región a analizar. Existen tres métodos: geométrico, aritmético y exponencial, en este caso se utilizó el método geométrico, ya que es el que mejor se ajusta a las condiciones demográficas del municipio de Río Hondo.

Para emplear el método geométrico, se debe conocer la población actual, la tasa de crecimiento poblacional y el periodo de diseño. La fórmula a utilizar es la siguiente:

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

Donde

P_f = Población futura

P_o = Población inicial o actual (275 habitantes)

r = Tasa de crecimiento poblacional (2.02%)

n = Período de tiempo (32 años)

$$P_f = 275 (1 + 0.0202)^{32}$$

$$P_f = 521.51 \cong 522 \text{ habitantes}$$

Con los datos anteriores, se calculan los siguientes parámetros:

) **Densidad de población**

La densidad de población se estima con el número de habitantes por cada casa actual del barrio Los marines.

Densidad de población = Población actual / Viviendas actuales

Densidad de población = $275 / 55 = 5$ habitantes/Vivienda

) **Viviendas futuras o de diseño**

Viviendas futuras = Población futura / Densidad de población

Viviendas futuras = $522 / 5 = 104.40 = 105$ viviendas

3.3.1.3. Dotación

“Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día L/ha/día” (INFOM - UNEPAR, 2009, p. 21).

La dotación según UNEPAR - INFOM se clasifica de la siguiente manera:

-) 60 a 90 L/hab/día (Área rural, clima frío)
-) 90 a 120 L/hab/día (Área rural, clima cálido)
-) 120 a 150 L/hab/día (Área urbana, clima frío)
-) 150 a 200 L/hab/día (Área urbana, clima cálido)
-) 200 a 300 L/hab/día (Área metropolitana)

Para este diseño la dotación que se utilizó es de 200 L/hab/día, por ser área urbana de clima cálido y es la cantidad que la municipalidad tiene asignada a dicho barrio.

3.3.2. Caudal domiciliar

Es el agua de desecho doméstico y está relacionada con la dotación, menos una parte que no será vertida en el alcantarillado, como los jardines y el lavado de vehículos entre otros, es decir que se afecta por un factor de retorno.

) Factor de retorno

Se considera que del 100 % de agua potable que obtiene una vivienda, entre el 20 % y el 30 % se utiliza en actividades de limpieza, producción de alimentos, se consume, se evapora. El restante, entre el 70 al 80 %, después de ser usada por las habitantes es descargada al sistema de alcantarillado. Por tales razones se considera un factor de retorno.

“La dotación de agua potable es afectada por un factor que puede variar entre 0.7 a 0.98” (Cabrera, 1989, p.41).

El factor de retorno que se utilizó es de 75 %. La fórmula para el caudal domiciliar es:

$$Q_{Dom} = \frac{(Dot) (Hab.) (F.R)}{86,400}$$

Donde

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

F.R = Factor de retorno

Dot = Dotación (L/hab/día)

Hab= Habitantes

Para encontrar el caudal domiciliar, se utilizó la formula anterior y se determina así:

$$Q_{Dom} = \frac{(200\text{L/hab/día}) (522 \text{ hab}) (0.75)}{86,400}$$

$$Q_{Dom} = 0.9063 \text{ L/s}$$

3.3.3. Caudal de conexiones ilícitas

Son los aportes de aguas pluviales de las viviendas al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de bajadas de techos y patios. Se puede estimar un porcentaje de conexiones ilícitas, que puede variar de 0.5 a 2.5 por ciento. Para su cálculo se utiliza el método racional.

3.3.4. Método racional

Estima el caudal proveniente de aguas pluviales, está relacionado con el coeficiente de escorrentía, la intensidad de lluvia y el área a drenar, la fórmula para el caudal de conexiones ilícitas por medio del método racional es la siguiente:

$$Q_{c.i} = \left(\frac{C \times i \times A \%_e}{360} \right) \times 1,000$$

Donde

$Q_{c.i}$ = Caudal de conexiones ilícitas en L/s

C = Coeficiente de escorrentía, depende de las características el área a drenar

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar (Ha)

$\%_e$ = Porcentaje de viviendas con conexiones ilícitas (2%)

) **Área**

En el cálculo del área se usó un lote promedio de 15 x 20 metros (300 m²), para representar la superficie de cada vivienda, de las cuales se estimó un 60 % para área de techos y un 40 % para área de patios.

- o Área total de techos = (Área vivienda) (viviendas totales) (60%)
- o Área total de techos = (300m²) (105) (60%)
- o Área total de techos = 18,600.00 m² = 1.86 Ha
- o Área total de patios = (Área por vivienda) (viviendas totales) (40%)
- o Área total de patios = (300m²) (105) (40%)

- o *Área total de patios* = 12,600.00 m² = 1.26 Ha.
- o *Área total* = Área total de techos + Área total de patios
- o Área total = 31,200.00 = 3.12 Ha

) **Coeficiente de esorrentía**

El coeficiente de esorrentía se defino en la sección 2.7.1.1. Se usó el coeficiente de esorrentía promedio al área tributaria, de la siguiente forma:

$$\bar{C} = \frac{\sum (c \times A_p)}{\sum A_t}$$

Donde

$\bar{C}$ = Coeficiente de esorrentía promedio del área a drenar

c = Coeficiente de esorrentía de cada área parcial (adimensional)

A_p = Área parcial en hectáreas

A_t = Área total en hectáreas

Se calculó el coeficiente de esorrentía promedio, utilizando el coeficiente de techos de 0.80 y 0.15 para patios de la tabla 8 sección 2.7.1.1.

$$\bar{C} = \frac{(0.80 \times 1.86 \text{ Ha} + 0.15 \times 1.26 \text{ Ha})}{3.12 \text{ Ha}}$$

$$\bar{C} = 0.5375 = 0.54$$

) **Intensidad de lluvia**

La intensidad de lluvia se mostró en la sección 2.7.1.2. Se determina por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde

i = Intensidad de lluvia mm/hr

t_c = Tiempo de concentración en minutos

A, B y n = Parámetros de ajuste (tabla 9)

Tr = Período de retorno.

) **Periodo de retorno**

El periodo de retorno es un factor muy importante para la determinación de la capacidad del sistema de alcantarillado y la prevención de colapsos. La selección del periodo de retorno está asociada a las características del material de las tuberías y al periodo de vida útil del proyecto, por lo cual en la intensidad de lluvia se usará 30 años de período de retorno (Tr).

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

La cabecera municipal de Río hondo no cuenta con estación meteorológica, el barrio Los Marines tampoco, por tal razón se utilizó información de la estación meteorológica de La Fragua, debido a su gran cercanía y semejantes condiciones de elevaciones sobre el nivel del mar (msnm).

Aplicando la fórmula de intensidad de lluvia, con parámetros de la estación meteorológica de La Fragua de la tabla 9, con Tr de 30 años y t_c de 12 minutos, se obtiene:

$$i_{\text{La Fragua}} = \frac{836}{(7 + 12)^{0.637}}$$

$$i_{\text{La Fragua}} = 128.13 \text{ mm/hr}$$

$$i_{\text{La Fragua}} = i_{\text{Río Hondo}}$$

$$i_{\text{Río Hondo}} = 128.13 \text{ mm/hr}$$

Con la fórmula de la sección 3.3.4., del método racional entonces se procede a deducir el caudal de conexiones ilícitas:

Donde

$Q_{c.i}$ = Caudal de conexiones ilícitas en L/s

$C = 0.54$

$i = 128.13 \text{ mm/hr}$

$A = 3.12 \text{ Ha.}$

$\%_e = 2$

$$Q_{c.i} = \left(\frac{0.54 \times 128.13 \times 3.12 \times 0.02}{360} \right) 1,000$$

$$Q_{c.i} = 11.993 \text{ L/s}$$

3.3.5. Caudal de infiltración

Nogales y Quispe (2009)

Las contribuciones indebidas en las redes de sistemas de alcantarillado sanitario pueden ser originarias del subsuelo genéricamente designado como infiltraciones. Las aguas del suelo penetran a través de los siguientes puntos: por las juntas de las tuberías, en las estructuras de las cámaras de inspección o pozos de visita, cajas de inspección, cajas de paso, tubos de inspección y terminales de limpieza (p. 74).

Para este diseño, no se tomó en cuenta el caudal por infiltración, ya que se decidió usar material de PVC para tuberías y esta no permite absorción de agua.

3.3.6. Caudal comercial

“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 determinarlo se emplea la siguiente expresión:

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{(\text{Dotación}_{\text{comercial}} \times \text{No. comercios})}{86,400}$$

Donde

$Q_{\text{comercial}}$ = Caudal comercial (L/s)

$\text{Dotación}_{\text{comercial}}$ = Medida de agua para un comercio (L/com/día)

No. comercios = Número de comercios

Las normas de alcantarillados sanitarios no cuentan con la dotación para cada tipo de comercio en Guatemala, por lo que se utilizó 800 L/comercio/día para diseño, ya que se trata de una abarrotería y no implica mayor consumo su funcionamiento. Se determinó un comercio existente en el barrio.

Se calcula el número de comercios futuros (#comercios fut.), con las viviendas de diseño que equivalen a 105 viviendas (futuras) (sección 3.3.1.2.).

$$\# \text{comercios fut.} = \frac{(\text{No. comercios existentes}) (\text{viviendas futuras})}{\text{viviendas actuales}}$$

$$\# \text{comercios fut.} = \frac{(1) (105)}{55} = 1.9 = 2 \text{ comercios}$$

Se procede a calcular el caudal comercial, con datos anteriores:

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{(\text{Dotación comercial} \times \text{No. comercios})}{86,400}$$

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{(800 \text{ L/comercio/día} \times 2 \text{ comercios})}{86,400}$$

$$Q_{\text{comercial}} = 0.0185 \text{ L/s}$$

3.3.7. Caudal industrial

“Es el agua de desecho de las industrias, como las fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, etc. Se puede estimar dependiendo del tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 L/industria/día” (Cabrera, 1989, p. 41 - 42).

Para determinarlo se usa la siguiente expresión:

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{(\text{Dotación}_{\text{industrial}} \times \text{No. industrias})}{86,400}$$

Donde

$Q_{\text{industrial}}$ = Caudal industrial (L/s)

$\text{Dotación}_{\text{industrial}}$ = Medida de agua de una industria (L/industria/día)

No. industrias = Número de industrias

“Para consumo la razón es de 80 L/día por operario o empleado, por cada turno de 8 horas o fracción” (EMPAGUA, p. 11). En la municipalidad de Río Hondo no se cuenta con el dato de dotación industrial, por lo que se empleara 80 L/día.

Para este año, en el lugar de estudio existen tres industrias: tortillería, crianza de aves, y taller de soldadura.

Datos

No. de empleados por turno de 8 horas = 6 empleados

Turnos por día = 1 y 2 turnos

Viviendas actuales = 55 viviendas.

Viviendas futuras = 105 viviendas.

$$\text{No. de industrias futuras} = \frac{3 \text{ industrias} \times 105 \text{ viviendas}}{55 \text{ viviendas}}$$

$$\text{No. de industrias futuras} = 5.73 = 6 \text{ industrias}$$

Para la dotación industrial, se estimó dos empleados por cada industria con diferentes turnos como se estipula en la siguiente formula:

$$\text{Dotación}_{\text{industrial}} = [(2 \times 1)_{\text{tortillería}} + (2 \times 2)_{\text{C. aves}} + (2 \times 1)_{\text{T. soldadura}}] \times 80 \text{ L/día}$$

$$\text{Dotación}_{\text{industrial}} = 640 \text{ L/industria/día}$$

Se procede a calcular el caudal industrial, con datos anteriores descritos:

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{(\text{Dotación}_{\text{industrial}} \times \text{No. industrias})}{86,400}$$

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{(640 \text{ L/industria/día} \times 6 \text{ industrias})}{86,400}$$

$$Q_{\text{industrial}} = 0.0444 \text{ L/s}$$

3.3.8. Caudal medio

Está compuesto por los caudales: domiciliar, de conexiones ilícitas, de infiltración, comercial e industrial.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{industrial}} + Q_{\text{comercial}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.9063 + 11.9930 + 0.0444 + 0.0185$$

$$Q_{\text{medio}} = 12.9622 \text{ L/s}$$

3.3.9. Factor de caudal medio

También llamado factor de flujo medio se determina por medio de la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema (Q_{medio}), dividido por el número de habitantes, se expresa en L/habitante/segundo.

$$F_{Q. \text{ medio}} = \frac{Q_{\text{ medio}}}{\text{No. habitantes futuros}}$$

Donde

$F_{Q. \text{ medio}}$ = Factor de caudal medio (L/habitante/segundo)

Q_{medio} = Caudal medio

No. Habitantes = P_f = Población futura

“El factor de caudal medio debe estar entre $0.002 \leq F_{Q. \text{ medio}} \leq 0.005$ (para Guatemala), si el factor calculado esta fuera de estos límites se utiliza el límite más cercano” (Cabrera, 1989, p. 43).

Entonces se procede a calcular el factor de caudal medio, de la siguiente forma:

$$F_{Q. \text{ medio}} = \frac{12.9622}{522} = 0.024831801 = 0.0248$$

$$F_{Q. \text{ medio}} = 0.005 \text{ L/hab/s}$$

Como el factor calculado supera el valor permisible, se utilizó el limite más próximo, que es 0.005.

3.3.10. Factor de Harmon

Se utiliza para determinar el caudal máximo que fluye por la tubería en las horas de mayor uso del drenaje, “suele variar entre 1.5 a 4.5, e acuerdo al tamaño de la población” (Cabrera, 1989, p. 43).

Se calcula, con la siguiente formula el factor de Harmon:

$$F. H = \frac{18 + \sqrt{P_f}}{4 + \sqrt{P_f}}$$

Donde

F. H = Factor de Harmon

P_f = Población futura (expresada en miles)

$$P_f = 522/1000 = 0.5220$$

$$F. H = \frac{18 + \sqrt{0.522}}{4 + \sqrt{0.522}}$$

$$F. H = 3.964534213$$

$$F. H = 3.9645$$

Cumple con el rango de $1.5 \leq 3.9645 \leq 4.50$, por lo tanto, para el diseño se aplicó el obtenido.

3.3.11. Factor de caudal máximo

Obtenido el factor del caudal medio y de Harmon, se obtiene el de caudal máximo.

$$F_{Q. \text{ máximo}} = (F_{Q. \text{ medio}}) (F. H)$$

Donde

$F_{Q. \text{ máximo}}$ = Factor de caudal máximo

$F_{Q. \text{ medio}}$ = Factor de caudal medio

$F. H$ = Factor de Harmon

Sustituyendo valores, para obtener el factor de caudal máximo:

$$F_{Q. \text{ máximo}} = (0.005) (3.9645)$$

$$F_{Q. \text{ máximo}} = 0.01982 \text{ L/hab/s}$$

3.3.12. Caudal de diseño

Lemus (2015)

Es el caudal con que se diseña cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario Q_{dis} , se calcula multiplicando el número de habitantes por el factor de caudal máximo (p. 141). Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = (\text{No. habitantes}) (F_{Q. \text{ máximo}})$$

Donde

Q_{dis} = Caudal de diseño

No. habitantes = No. de habitantes por tramo

$F_{Q. \text{ máximo}}$ = Factor de caudal máximo

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

$$Q_{\text{ máximo}} = (\text{No. de habitantes}) (F_{Q. \text{ máximo}})$$

$$Q_{\text{ máximo actual}} = (275) (0.01982 \text{ L/hab/s}) = 5.4505 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{ máximo futuro}} = (522) (0.01982 \text{ L/hab/s}) = 10.3460 \text{ L/s}$$

3.4. Diseño hidráulico

3.4.1. Pendientes

Los colectores o tuberías deben dirigir el flujo hacía los puntos más bajos, seguir la pendiente del terreno natural para evitar costos de excavación siempre y cuando permita la topografía, la pendiente debe estar en función y cumplir, con el rango de las velocidades permisibles para tubería de PVC (sección 3.4.4), para asegurar el arrastre de excretas, en cuanto a tramos con pendientes pronunciadas, se utilizará pozos de visita intermedios con pendientes aceptables o la máxima pendiente de tubería.

3.4.2. Cotas invert

La cota invert es la altura a la que se coloca la tubería medida hasta la parte inferior que conecta dos pozos de visita y también determinan la altura de estos. Se calculan en entradas y salidas de las tuberías dentro de ambos pozos.

Las aguas residuales que ingresan a los pozos de visita circulen fácilmente, se debe permitir una pendiente del 2%, es decir dos cm (0.02 m) más baja la altura de salida del colector. Se calculan de la siguiente manera:

$$J \quad S_{\text{terreno}} (\%) = ((CT_i - CT_f) / DH) \times 100$$

$$J \quad CT_f = CT_i - (DH \times (S_{\text{terreno}} \% / 100))$$

$$J \quad Cl_E = CT_i - H_{\text{min.pozo}}$$

$$J \quad Cl_s = Cl_E - 0.02 \text{ m}$$

$$J \quad Cl_{E2} = Cl_s - (DH \times (S_{\text{terreno}} \% / 100))$$

$$J \quad Cl_{s2} = Cl_{E2} - 0.02$$

Donde

0.02 m = Desnivel requerido de entrada y salida de pozo de visita.

CT = Cota de terreno

$S_{\text{terreno}} (\%)$ = Pendiente del terreno (sobre tramo)

CT_i = Cota de terreno (pozo 1)

CT_f = Cota de terreno (pozo 2)

DH = Distancia horizontal del tramo

CIE = Cota invert de entrada (pozo 1)

CIS = Cota invert de salida (pozo 1)

H_{min.pozo} = Altura mínima de pozo

CIE₂ = Cota invert de entrada (pozo 2)

CIS₂ = Cota invert de salida (pozo 2)

3.4.3. Pozos de visita

Son parte de las obras de un alcantarillado, el cual permite la inspección y limpieza. Se recomienda colocarlos generalmente en distancias no mayores de 100 m, al inicio de cualquier ramal, en intersección de colectores y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Para este diseño serán de ladrillo de barro cocido. No es necesario reforzarlos, debido que no existen pozos de visita mayores de tres metros de profundidad.

) **Profundidad mínima de tubería**

OPS (2005)

Al punto de partida de los colectores pequeños la profundidad mínima debe ser suficiente para: (a) permitir todas las conexiones a los hogares y (b) tener un recubrimiento sobre la corona de la tubería que la proteja contra daños estructurales de cargas externas.

En el sistema simplificado, las profundidades mínimas de las alcantarillas serán determinadas por el recubrimiento mínimo de las tuberías (p. 44).

Tabla 45. **Profundidad mínima de tubería**

Ubicación del colector	Profundidad mínima (m)
Áreas verdes y veredas	0.45 – 0.65
Red principal por la calzada de la vía pública	0.85 – 1.00

Fuente: OPS. 2005. p. 44.

La profundidad mínima de la tubería incluyendo el diámetro exterior, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Profundidad mínima} = 1.00 + \varnothing \text{ exterior de tubería.}$$

) **Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas y transportarlas al colector principal del alcantarillado sanitario. La conexión domiciliar deberá tener los siguientes componentes:

- o El elemento de reunión constituido por una caja de registro (tubo de concreto de 12" de diámetro y tapadera) cuyos detalles son especificadas en planos.

- o El elemento de conducción conformado por una tubería de PVC 4" de diámetro con una pendiente mínima (2%).
- o El elemento de empotramiento, compuesto por un accesorio de empalme que permita libre descarga sobre el colector principal.

3.4.4. Velocidades permisibles

Amanco manual de diseño (s.f)

Se recomienda que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillados no sea menor de 0.60 m/s para proporcionar una acción de autolimpieza, es decir, capacidad de arrastre de partículas. En casos especiales podrán emplearse velocidades de 0.40 m/s en tramos iniciales y con bajo caudal.

Las velocidades máximas recomendadas son de 5.0 m/s. Para velocidades mayores se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones especiales para la disipación de energía, evitando la erosión de los pozos de visita o de cualquier estructura de concreto (cap. 6.3, p.9).

3.4.5. Selección del tipo de tubería

El tubo de material de PVC cloruro de polivinilo, puede ser adquirido comercialmente en diferentes diámetros con longitud de 6 metros, este tiene muchas ventajas con la tubería de concreto.

En este caso, se propone utilizar tubería de material PVC, la cual debe cumplir con las siguientes características:

Amanco manual de diseño (s.f)

- J La materia prima de la tubería debe cumplir con las especificaciones de la norma ASTM D 1784.
- J Las uniones realizadas entre tramos de tubería, así como entre tubos y conexiones, garantizan la estanqueidad del sistema. El empaque de hule utilizado para el sello entre tuberías y conexiones, con los requerimientos de la norma ASTM F 477.
- J Los requerimientos de dimensiones, rigidez y resistencia a impacto, con la norma ASTM F 949.
- J La tubería que se empleará debe contar con pared interna lisa que garantiza alto desempeño hidráulico, una pared externa corrugada que asegura un alto valor de rigidez por tanto un óptimo comportamiento estructural y un sistema de unión por medio de sellos elastoméricos que garantizan su hermeticidad.
- J Los accesorios deben cumplir con la norma ASTM F 949 (cap. 3, p. 4).

3.4.5.1. Diámetros

El diámetro de la tubería de los colectores es una de las fases a calcular, se debe seguir ciertas normas para evitar que la tubería no se obstruya. Los sistemas de alcantarillados simplificados recomiendan “adoptar 6 pulgadas como diámetro mínimo de los alcantarillados y 4 pulgadas en la conexión domiciliar” (Cabrera, 1989, cap. 3, p. 54).

La tubería a utilizar para el diseño fue elegida bajo las condiciones que se pretende construir el alcantarillado, para lo cual intervienen diferentes aspectos: eficiencia, economía, durabilidad, facilidad de manejo y colocación.

3.4.6. Velocidad a sección llena - fórmula de Manning-

Cabrera (1989)

Toda alcantarilla circular puede trabajar a sección llena y a sección parcialmente llena, siendo lo último lo más común, ya que el gasto nunca es constante y esto incide directamente con una variación de la altura del flujo, que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de este (cap. 1, p.10).

INFOM (2001)

La fórmula de Manning establece que las tuberías funcionan como canales, para que el agua circule por acción de la gravedad y sin ninguna presión. La velocidad de una tubería a sección llena se determina por:

$$V = \frac{(0.03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2})}{n}$$

Donde

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

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

S = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.010)(p.15).

El coeficiente de rugosidad para calcular la velocidad, en el diseño es 0.009, porque la tubería será de material PVC y fabricantes diseñan con ese valor.

) **Caudal a sección llena**

El caudal a sección llena se determina por medio de la ecuación de continuidad:

$$Q = A \times V$$

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)

) **Relaciones hidráulicas**

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección llena, para poder agilizar de alguna manera los resultados, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial, los resultados que se obtienen son caudal, velocidad, área y tirante hidráulico.

) **Relación hidráulica para tirante**

El tirante hidráulico se obtiene a partir de la relación de caudal de diseño con el caudal a sección llena (q/Q). Esta relación se busca en las tablas del Anexo C, de no encontrarse el valor exacto se aproxima al más cercano, luego

de obtener el valor de (q/Q) , se procede a encontrar la relación de tirante hidráulico (d/D) que se ubica en la misma fila.

El alcantarillado sanitario, 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.

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

Donde

d/D = relación de tirantes

) **Relación hidráulica para velocidad**

La relación hidráulica para velocidad (v/V) , se obtiene de la misma manera descrita en el inciso anterior, esta relación se multiplica a la sección llena y se obtiene a sección parcialmente llena. Este parámetro debe cumplir con los límites descritos en la sección 3.4.4.

3.4.7. Desfogue

Para desfogar las aguas residuales y grises, se propone que la municipalidad gestione y construya plantas de tratamiento en los desfogues propuestos, las cuales se sujeten como mínimo al tratamiento primario y secundario, antes de arrojarlas a un río.

Debido a la topografía del barrio Los Marines, la cual no permite desfogar en una sola dirección, se propone dos diferentes desfogues, para tener un mejor flujo a favor de la gravedad y evitar mayor excavación.

3.4.7.1. Tratamiento de aguas negras

Cabrera (1989)

Una planta de tratamiento se diseña para retirar del agua negra la cantidad suficiente de solidos 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, controlada y facilitan condiciones favorables para la aceleración de las condiciones físicas y biológicas. Dentro de los objetivos que se consideran:

-) La conservación de la fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico.
-) La prevención de enfermedades.
-) La prevención de molestias y malos olores.
-) El mantenimiento de aguas limpias para baño y otros propósitos recreativos.
-) Mantener limpias las aguas que se usan para la propagación y supervivencia de los peces.
-) Conservación del agua para usos industriales y agrícolas.

Los métodos usados, para el tratamiento de las aguas residuales pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, cloración y tratamiento de lodos (cap. 3, pp. 62-63).

“Todas las descargas deberán tener un tratamiento adecuado a las condiciones del cuerpo receptor de la descarga. El tratamiento a establecer deberá ser como mínimo el primario, pero si se exige un mayor nivel, se deberá cumplir” (INFOM, 2001, p. 18).

3.4.8. Excavación

) Volumen de excavación

La cantidad de material que se removerá, para colocar la tubería será determinada a partir de la profundidad de los pozos de visita, ancho de la zanja y la longitud entre pozos.

Cabrera (1989)

El volumen de excavación se determina con la siguiente fórmula:

$$V = \left[\left(\frac{H_{\text{pozo1}} + H_{\text{pozo2}}}{2} \right) \times DH \times t \right]$$

Donde

V = Volumen de excavación (m³)

H₁ = Profundidad del primer pozo de visita (m)

H₂ = Profundidad del segundo pozo de visita (m)

DH = Distancia entre pozos (m)

t = Ancho de zanja (m) (cap. 2, p. 36).

J **Excavación y dimensiones de zanjas**

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral.

Para un mejor rendimiento en excavación de la línea central, instalación de tubería y volúmenes precisos, es necesario utilizar maquinaria (retroexcavadora) para obtener zanjas uniformes. El ancho de zanja será 0.80 metro o 32 pulgadas, debido a que esta medida tiene el ancho del cucharón de la máquina.

3.4.9. Ejemplo de tramo de diseño hidráulico

Tramo PV 12 - PV 11

Datos

Dímetro de tubería mínimo: 6"

Tipo de pozo: de inicio

Cota de terreno inicial: 110.29

Cota de terreno final: 109.59

Longitud horizontal de tramo: 47.88 m.

Pendiente de terreno: 1.46 %

) **Longitud a servir:**

Longitud de tubería local = 47.88 m

Longitud de tubería acumulada = 47.88 m

) **Población de diseño a servir**

Se obtiene del total de metros que están comprendidos entre pozos, ya que se trabaja con longitudes acumuladas.

Número de habitantes = Longitud acumulada x densidad por metro lineal.

Densidad habitante por cada metro lineal de tubería

$$= \frac{\text{Población futura}}{\text{Longitud total de tubería}} = \frac{522 \text{ Hab}}{983 \text{ m}} = 0.5310 \text{ Hab/m}$$

Este coeficiente, se utilizará en el tramo que se esté diseñando; de igual manera se obtuvo para cada tramo de todo el sistema de alcantarillado.

Número de habitantes local = (0.5310 Hab./m x 47.88 m) = 25.43 habitantes.

Número de habitantes acumulados = (0.5310 Hab./m x 47.88 m) = 25.43 habitantes.

) **Factor de caudal medio:**

Factor de caudal medio = 0.005

) **Factor de Harmon:**

Factor de Harmon: 3.9645

) **Caudal de diseño**

Q de Diseño = (Número de Habitantes local o acumulado) (Factor de Harmon)
(Factor de caudal medio).

$$Q \text{ de Diseño}_{PV12 \text{ a } PV11} = (25.43) (3.96) (0.005) = 0.5040 \text{ L/s}$$

) **Pendiente de tubería (S) (%)**

Para este tramo, la pendiente de tubería, que se utilizó es de 1.50 %.
Porque sigue el desnivel natural del terreno y cumple con el rango de
velocidades permitidas.

$$S = 1.50 \%$$

) **Velocidad a sección llena:**

Para la velocidad a sección llena, se asumió el diámetro mínimo de 6”
por ser tramo inicial, luego se comprobará si cumple con los requisitos.

Empleando la fórmula de Manning se consigue la velocidad a sección
llena (V) de la tubería (sección 3.4.6.).

$$V = \frac{(0.03429 \times (D)^{2/3} \times (S)^{1/2})}{n}$$

$$V = \frac{(0.03429 \times (6)^{2/3} \times (1.5/100)^{1/2})}{0.009}$$

$$V = 1.54 \text{ m/s}$$

) **Caudal a sección llena:**

$$Q = A \times V$$

$$A = (\pi \times D^2 / 4)$$

$$A = (\pi \times 6^2 / 4)$$

$$A = 28.274 \text{ pulgadas}^2$$

$$A = 0.0182$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (0.0182 \text{ m}^2) \times (1.54 \text{ m/s}) \times 1,000$$

$$Q = 28.106 \text{ L/s}$$

) **Cálculo de la relación hidráulica para el caudal:**

$$q/Q = q / Q \text{ sección llena}$$

$$q/Q = 0.504 \text{ L/s} / 28.106 \text{ L/s}$$

$$q/Q = 0.0179$$

) **Cálculo de la verificación de tirante**

De acuerdo con la relación hidráulica de caudal (q/Q) elegida de las tablas del anexo C, se obtiene la relación para tirante hidráulico (d/D).

$$d/D = 0.0930 = 0.10$$

La relación hidráulica para el tirante cumple con los rangos establecidos en estas relaciones de $0.1 \leq d/D \leq 0.8$.

) **Cálculo de la verificación de velocidad**

En la tabla C1 del anexo C, se ubica la relación hidráulica para velocidad.

$$v/V = 0.3831$$

Verificación de velocidad (v) = (0.3831) (1.5408 m/s)

Verificación de velocidad (v) = 0.59 m/s = 0.60 m/s

Se observa con el resultado anterior, que sí se cumple con la velocidad de tramo inicial, a pesar de que es un escaso caudal (sección 3.1.4.).

3.5. Especificaciones técnicas

3.5.1. Especificaciones técnicas de construcción

) **Trazo**

El trazo será como lo indicado en planos, es responsabilidad del ejecutor y del supervisor del proyecto la interpretación de los mismos.

) **Excavación**

Amanco manual de diseño (s.f)

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral.

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado, a una distancia no menor que 60 cm del borde y la altura del montículo no mayor de 1.25 m, para evitar que la carga produzca derrumbes. Como regla general, no deben excavar las zanjas con mucha anticipación a la colocación de la tubería.

Si el trabajo de excavación se realiza en época lluviosa, se debe tapar el material excavado de la zanja, y que posea características idóneas para ser utilizado como relleno, con un plástico para evitar una saturación de humedad (cap.9.1, pp. 28-29).

Las excavaciones para instalaciones de tubería se realizarán con retroexcavadora y la profundidad será la indicada en planos.

) **Cama de apoyo o base**

Amanco manual de diseño (s.f)

El tubo debe descansar sobre un lecho de material selecto libre de rocas, para proporcionarle un adecuado y uniforme soporte longitudinal. Si el material producto de la excavación es compactable, podrá utilizarse colocándolo en

una capa con un espesor mínimo de 10 cm. Esta sección de la instalación se denomina encamado, cama de apoyo o base.

En caso de que el fondo de la zanja sea de roca u otro material punzo cortante, es necesario formar una cama de arena o material selecto de 15 cm de espesor, para evitar la concentración de esfuerzos en las paredes de la tubería.

Si hay presencia de agua en el fondo de la zanja, se debe colocar a manera de filtro una capa de piedra o grava con un espesor de 15 cm (6 pulg). El tamaño del agregado no debe ser mayor de 12 mm. Sobre esta capa se coloca posteriormente la cama de apoyo.

En caso de que el nivel freático represente peligro para la estabilidad de los materiales de relleno o de las paredes de la zanja, podrá colocarse un filtro textil como protección para la instalación (cap.9.2, p. 29).

El relleno final se hará hasta la cota de terreno indicada en planos, sin dejar ningún desnivel o imperfección en la rasante.

) **Colocación de tubería**

Amanco manual de diseño (s.f)

Como en todo proceso constructivo de sistemas de alcantarillado, la instalación de la tubería deberá iniciarse a partir del extremo aguas abajo de cada tramo. En el caso de tuberías norma F-949, las campanas se colocan en sentido contrario a la dirección del flujo. La unión de los tubos se efectúa de la siguiente manera:

- o Limpiar cuidadosamente el extremo espiga del tubo hasta los tres primeros valles y el interior de la campana. No remover el empaque, si éste ya viene incorporado en la espiga del tubo.
- o Aplicar generosamente lubricante en el interior de la campana y sobre el empaque. Puede hacerlo con una brocha, esponja, mecha o trapo.
- o Alinear cuidadosamente la unión y luego introduzca la espiga dentro de la campana. Para realizar esta operación es necesario utilizar una barra y una pieza de madera a manera de palanca, asegurándose de que la pieza de madera proteja el extremo del tubo.
- o La tubería se suministra en longitudes de 6.0 m, sin embargo, es frecuente cortarla para alcanzar las longitudes exactas de cada tramo, o para colocar accesorios. Los cortes deben hacerse lo más recto posible, siempre en los valles, eliminar los rebordes con lima.
- o Limpiar cuidadosamente al menos los 3 primeros valles cercanos al corte. Colocar el empaque a partir del primer valle, teniendo en cuenta que la parte de mayor bisel (chaflán) quede hacia el extremo recién cortado. Verificar que el empaque quede firmemente asentado.
- o Proceder a realizar la unión tal como se describió en los pasos anteriores (cap. 9.3, pp. 30-31).

La tubería a emplear en los colectores será de material PVC norma ASTM F949, el diámetro de tubería será el indicado en planos.

) Relleno y compactación

Amanco manual de diseño (s.f)

El relleno de la zanja debe seguir a la colocación de la tubería tan pronto como sea posible. El material de relleno no debe ser lanzado desde alturas superiores a 1.5 m y deber estar libre de elementos de gran tamaño y peso. De esta manera, se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún daño.

El relleno debe efectuarse en capas de 0.15 m (6"), iniciando por los costados de la tubería en el extremo libre del tubo, con el objeto de mantener el alineamiento horizontal de la tubería. Se utilizará para ello material granular fino o material seleccionado de la excavación, apisonándolo por medios manuales hasta alcanzar el grado de compactación necesario para obtener el módulo de reacción del suelo (E') especificado en el diseño. En ausencia de tal especificación, debe asegurarse por lo menos un valor de E' de 70 kgf/cm² (1000 psi). El relleno se continuará hasta una altura mínima de 15 cm (6") sobre la corona del tubo. Esta zona de la zanja es conocida como relleno inicial.

En zonas sin tráfico de vehículos, el relleno final se podrá efectuar mediante volteo manual o mecánico, dejando un borde o lomo sobre el nivel del terreno para compensar el asentamiento ocasionado por la consolidación de los materiales (cap. 9.5, pp. 30-31).

) **Pendiente de tubería**

La pendiente de tubería se indica en planos o apéndice G, de realizarse variaciones, informar al supervisor, quien deberá de autorizar los cambios para que la pendiente cumpla con los parámetros de diseño.

) **Unión de tubería**

“Cada tubería se fabrica con un extremo espiga (que incluye un empaque de hule) y un extremo de campana, lo cual permite una fácil y rápida unión entre tubos y no requiere del uso de cemento solvente” (Amanco, cap. 4.1, p.5).

Amanco manual de instalación (s.f)

La unión de tubos se debe efectuar respetando los siguientes pasos, para instalación:

- o Limpiar cuidadosamente el extremo espiga del tubo hasta los 3 primeros valles y el interior de la campana. No remover el empaque, si este ya viene incorporado en la espiga del tubo.
- o Aplicar generosamente lubricante en el interior de la campana y sobre el empaque. Se puede aplicar con una brocha, esponja, mecha o trapo.
- o Alinear cuidadosamente la unión y luego introducir la espiga dentro de la campana. No girar la tubería, solo empujar cuidadosamente.

- o Las campanas se deberán colocar en sentido contrario a la dirección del flujo (p.3).

) Pozos de visita

INFOM Especificaciones Generales y Técnicas de construcción (s.f)

El tipo de pozo a construir será el indicado en los planos correspondientes. Los materiales a utilizar serán de la calidad y características descritas en estas especificaciones. La cota de la tapadera de los pozos de visita deberá ser la misma del nivel de rasante de la calle; excepto indicación contraria.

Todo pozo deberá incluir escalones espaciados adecuadamente, que permitan el acceso e inspección del mismo, en forma cómoda y segura.

En aquellos casos, en los cuales los pozos se construyan de mampostería de ladrillo, éstos deberán ser colocados de punta y levantados en hiladas horizontales con juntas de un espesor máximo igual a 1.5 cm.

Cada hilada horizontal deberá quedar desplazada con respecto a la anterior, de tal forma que no exista coincidencia entre las juntas verticales de los ladrillos que las forman, cumpliendo así, con la norma ASTM C-62.

A todo pozo de visita, deberá aplicarse un recubrimiento interior o acabado final, con el objeto de impermeabilizar y sellar los muros y el fondo, y así evitar infiltraciones.

Para este recubrimiento puede utilizarse un mortero de un espesor mínimo igual a 1 cm, y en este caso deberá aplicarse un procedimiento de

curado, durante un tiempo mínimo igual a 10 días. Cualquier otro método de impermeabilización deberá ser sometido al análisis y posterior aprobación, si procede, de la supervisión.

La construcción de la losa de fondo de los pozos de visita deberá hacerse previamente a la colocación de la tubería, para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos de las tuberías y que éstos se dañen.

En el fondo del pozo de visita deberá construirse un canal de *media caña* con su respectivo relleno; esto con el objetivo de conducir y evacuar las aguas que ingresan al pozo, en forma directa, hacia la salida del mismo. Esto permitirá que no se acumulen las aguas residuales en el fondo y que estas circulen en forma continua.

En la tapadera de cada pozo deberán rotularse en bajo relieve, los siguientes datos: nomenclatura correspondiente indicada en planos de la red general, año de construcción y la identificación abreviada de la Institución. Un ejemplo de la colocación de estos datos:

PV-No

Año de construcción (cap. 3, pp. 155-156).

Los ladrillos serán de barro cocido de 6.5x11x23 cm. colocados de punta, el mortero para pegar ladrillos debe ser de: cemento + cal + arena de río, de proporción 1:2:2 (1 saco de cemento + 2 sacos de cal + 3 botes de arena) (bote = 5 galones de capacidad).

La altura de los pozos de visita será la indicada en los planos. El revestimiento debe ser cemento y arena de río de proporción 1:3 (1 saco de cemento + 4.5 botes de arena de río).

La tapadera será de concreto armado, el concreto tendrá una resistencia $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3,000 PSI) proporción 1:2:2, equivalente a 1 saco de cemento + 3 botes de arena + 3 botes de pedrín y el acero tendrá una resistencia $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$. El cemento será tipo Portland y el agregado grueso será pedrín triturado de 1/2".

) **Conexiones domiciliare**

INFOM (s.f)

Deberá realizarse de acuerdo con lo indicado en planos. Se colocarán conexiones en las viviendas definidas en los planos de densidad de vivienda, debiendo verificarse que el número total de estas coincida con el número que aparezca en el contrato de obra. Podrá colocarse un número mayor de unidades, en casos en los cuales, dentro de la planificación del proyecto, incluida en planos y estas especificaciones, se hayan previsto conexiones futuras; pero en ningún caso se permitirá un número de conexiones menor al número de viviendas existentes al momento de la ejecución del proyecto.

Deberán construirse cumpliendo con las dimensiones, detalles estructurales y materiales indicados en planos.

Si el colector principal es de PVC, la tubería de acometida de la conexión domiciliar deberá ser también de PVC de un diámetro mínimo igual a 4", y deberán utilizarse de igual manera, accesorios PVC. Los acoples se harán con

el sistema de junta rápida, para esto, tanto la tubería, como los accesorios deberán cumplir con la norma ASTM 3034 (cap. 3, p. 158). Los accesorios norma ASTM 3034 son codos y silletas.

El concreto a usar será de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de proporción 1:2:2 (1 saco de cemento + 3 botes de arena + 3 botes de piedrín). La caja de registro será un tubo de concreto de 12" (pulgadas) de diámetro con su respectiva base, brocal y tapadera, la cual debe tener una profundidad mínima de 0.90 m. El acero a utilizar será $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.2. Planos constructivos

Los planos constructivos del proyecto alcantarillado sanitario barrio Los Marines de Río Hondo, Zacapa, se muestran en el apéndice F, con la consecutiva lista:

- 1/11. Plano de localización
- 2/11. Plano de ubicación
- 3/11. Planta topográfica
- 4/11. Curvas de nivel
- 5/11. Red de alcantarillado sanitario
- 6/11. Planta y perfil de pozo de visita 1 a pozo de visita 7
- 7/11. Planta y perfil de pozo de visita 12 a pozo de visita 7
- 8/11. Planta y perfil de pozo de visita: 12 a 15 y de 16 a 15
- 9/11. Planta y perfil pozos de visitas de: 15 a 19, 20 a 19 y 19 a 22
- 10/11. Detalles de pozo de visita
- 11/11. Detalles de conexión domiciliar

3.6. Presupuesto

Se define como presupuesto “Una suposición del valor de un producto para condiciones definidas a un tiempo inmediato” (Suárez, 2010, p. 271). El precio total del proyecto, alcantarillado sanitario barrio Los Marines, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa, es de Q.665,813.64 (Seiscientos sesenta y cinco mil ochocientos trece con 64/100).

Tabla 46. **Resumen presupuesto**

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
1	Trabajos preliminares	983.00	m	Q 6.08	Q 5,976.64
2	Retiro de adoquín	2101.26	m ²	Q 19.50	Q 40,974.57
3	Excavación (línea central y conexión domiciliar).	1546.89	m ³	Q 47.35	Q 73,245.35
4	Suministro e instalación tubería PVC (6)	983.00	m	Q 155.69	Q 153,043.27
5	Relleno y compactado para tubería PVC (6") y conexión domiciliar Ø	1528.00	m ³	Q 56.85	Q 86,866.80
6	Conexión domiciliar	55.00	unidad	Q 1,606.50	Q 88,357.50
7	Pozo de visita (promedio de 2.00 m de altura)	22.00	unidad	Q 7,360.00	Q 161,920.00
8	Retiro de material sobrante	272.00	m ³	Q 82.10	Q 22,331.20
9	Colocación de adoquín	2101.26	m ²	Q 13.45	Q 28,261.95
10	Limpieza final	983.00	m	Q 4.92	Q 4,836.36
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO					Q 665,813.64
Precio total del proyecto: Seiscientos sesenta y cinco mil ochocientos trece con 64/100.					

Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Integración de precios unitarios

En el presupuesto de alcantarillado sanitario, se determinan valores y cantidades para dar un costo. Por lo tanto, se integró por renglones de trabajo, en el orden que tendrá la ejecución constructiva del proyecto.

Cada renglón, se compone por: cantidades, unidades y precio unitario; de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, posteriormente se calculan

los costos subtotales directos e indirectos, la suma de estos, proporciona el valor total del renglón, el cual se divide por la cantidad de la unidad principal (del renglón) y así obtener el precio unitario en unidades de medidas, que puede ser metros, metros cuadrados, cúbicos entre otros.

Los precios de cada renglón se cotizaron en ferreterías y comercializadoras del área de la cabecera municipal de Río Hondo, estos pueden variar en el transcurso del tiempo, por circunstancias múltiples. La mano de obra se cuantificó por día trabajado y el valor que se asignó, es el que regularmente cobran para este tipo de oficios.

El costo indirecto es “Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo” (Suárez, 2010, p. 25). Para la integración de estos costos en el tiempo determinado de ejecución, se tomaron en cuenta los siguientes: gastos administrativos, utilidad, impuestos e imprevistos, estos se detallan en la tabla 57.

Tabla 47. **Trabajos preliminares**

1	Trabajos preliminares	Cantidad	Unidad		
		983.00	m		
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cal hidratada		5.00	saco	Q 35.00	Q 175.00
Pintura		2.00	spray	Q 30.00	Q 60.00
Clavos		5.00	libra	Q 7.00	Q 35.00
SUB-TOTAL DE MATERIALES				Q	270.00
Equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Alquiler equipo de topografía		4.00	día	Q 500.00	Q 2,000.00
SUB-TOTAL DE EQUIPO				Q	2,000.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Topógrafo		4.00	día	Q 250.00	Q 1,000.00
Cadenero		4.00	día	Q 150.00	Q 600.00
Ayudante		4.00	día	Q 100.00	Q 400.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA				Q	2,000.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				Q	4,270.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				14.00%	Q 597.80
Utilidad				13.00%	Q 555.10
Impuestos				8.00%	Q 341.60
Imprevistos				5.00%	Q 212.14
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q	1,706.64
PRECIO UNITARIO				m	Q 6.08
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	5,976.64

Fuente: elaboración propia.

Tabla 48. **Retiro de adoquín**

2	Retiro de adoquín	Cantidad	Unidad		
		2,101.26	m²		
Maquinaria y/o equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Palas		25.00	unidad	Q 125.00	Q 3,125.00
Piochas		25.00	unidad	Q 125.00	Q 3,125.00
Carretillas de mano		25.00	unidad	Q 500.00	Q 12,500.00
SUB-TOTAL MAQUINARIA					Q 18,750.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Retiro de adoquín		2,101.26	m²	Q 5.00	Q 10,506.30
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 10,506.30
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q 29,256.30
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				14.00%	Q 4,095.88
Utilidad				13.00%	Q 3,803.32
Impuestos				8.00%	Q 2,340.50
Imprevistos				5.00%	Q 1,478.57
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q 11,718.27
PRECIO UNITARIO				m²	Q 19.50
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					Q 40,974.57

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. **Excavación de línea central y conexión domiciliar**

3	Excavación (línea central y conexión domiciliar).	Cantidad	Unidad		Unidad	
		1546.89			m³	
Maquinaria		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total	
Retroexcavadora (incluye operador)		78.00	hora	Q 350.00	Q	27,300.00
Camión de volteo de doble eje (incluye		8.00	día	Q 1,600.00	Q	12,800.00
		SUB-TOTAL DE MAQUINARÍA				Q 40,100.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total	
Ayudante		32.00	día	Q 100.00	Q	3,200.00
Ayudante		90.00	día	Q 100.00	Q	9,000.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 12,200.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO					Q	52,300.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total	
Gastos administrativos				14.00%	Q	7,322.00
Utilidad				13.00%	Q	6,799.00
Impuestos				8.00%	Q	4,184.00
Imprevistos				5.00%	Q	2,640.24
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO					Q	20,945.24
P. Unitario				m³		Q 47.35
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN					Q	73,245.24

Fuente: elaboración propia.

Tabla 50. **Suministro e instalación de tubería PVC (Ø 6")**

4	Suministro e instalación tubería PVC (6")	CANTIDAD	UNIDAD		
		983.00	m		
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Tubo de 6", con empaque de		168.00	tubo	Q 610.00	Q 102,480.00
Lubricante (vegetal)		9.00	galón	Q 65.00	Q 585.00
		SUB-TOTAL DE MATERIALES			Q 103,065.00
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Albañil		25.00	día	Q 150.00	Q 3,750.00
Ayudante		25.00	día	Q 100.00	Q 2,500.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA			Q 6,250.00
		COSTO SUB-TOTAL DIRECTO			Q 109,315.00
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total	
Gastos administrativos			14.00%	Q	15,304.10
Utilidad			13.00%	Q	14,210.95
Impuestos			8.00%	Q	8,745.20
Imprevistos			5.00%	Q	5,468.02
		COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO			Q 43,728.27
P. Unitario			m	Q	155.69
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	153,043.27

Fuente: elaboración propia.

Tabla 51. **Relleno, compactado para tubería PVC (Ø 6") y conexión domiciliar**

5	Relleno y compactado para tubería PVC (6") y conexión domiciliar	CANTIDAD		UNIDAD	
		1,528.00		m³	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Material selecto para cama base (e= 0.10)		85.00	m³	Q 75.00	Q 6,375.00
		SUB-TOTAL DE MATERIALES Q 6,375.00			
Maquinaria y equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Retroexcavadora (incluye operador)		51.00	hora	Q 350.00	Q 17,850.00
Vibrocompactador tipo bailarina		102.00	día	Q 250.00	Q 25,500.00
		SUB-TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO Q 43,350.00			
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Ayudante		123.00	día	Q 100.00	Q 12,300.00
		SUB-TOTAL MANO DE OBRA Q 12,300.00			
		COSTO SUB-TOTAL DIRECTO Q 62,025.00			
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				14.00%	Q 8,683.50
Utilidad				13.00%	Q 8,063.25
Impuestos				8.00%	Q 4,962.00
Imprevistos				5.00%	Q 3,133.05
				COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO Q 24,841.80	
P. Unitario				m	Q 56.85
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	86,866.80

Fuente: elaboración propia.

Tabla 52. **Conexión domiciliar**

6	Conexión domiciliar	CANTIDAD		UNIDAD	
		55.00		unidad	
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Cemento solvente		1.00	galón	Q 550.00	Q 550.00
Tubo de PVC 4" ASTM F-949		42.00	tubo	Q 239.00	Q 10,038.00
Silleta "Y" de 6" x 4" norma ASTM F-949		55.00	unidad	Q 185.00	Q 10,175.00
Codo de PVC 4" ASTM F-949 de 90°		55.00	unidad	Q 118.08	Q 6,494.40
Codo de PVC 4" ASTM F-949 de 45°		55.00	unidad	Q 118.08	Q 6,494.40
Cabo transformador de 4"x3" ASTM F-949		55.00	unidad	Q 33.00	Q 1,815.00
Tubo de concreto 12"		55.00	tubo	Q 75.00	Q 4,125.00
Cemento Portland		50.00	saco	Q 76.00	Q 3,800.00
Arena de río		3.00	m³	Q 150.00	Q 450.00
Piedrín triturado (1/2")		5.00	m³	Q 200.00	Q 1,000.00
Hierro No.2 comercial (1/4")		4.00	qq	Q 225.00	Q 900.00
Alambre para amarre		13.00	libra	Q 8.00	Q 104.00
Clavo de 3" o 4"		9.00	libra	Q 7.00	Q 63.00
SUB-TOTAL DE MATERIALES				Q	46,008.80
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Albañil (2)		38.00	día	Q 300.00	Q 11,400.00
Ayudante		57.00	día	Q 100.00	Q 5,700.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q	17,100.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				Q	63,108.80
Costos indirectos (sobre costo directo)				Total	
Gastos administrativos			14.00%	Q	8,835.23
Utilidad			13.00%	Q	8,204.14
Impuestos			8.00%	Q	5,048.70
Imprevistos			5.00%	Q	3,160.62
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q	25,248.70
P. Unitario			m	Q	1,606.50
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	88,357.50

Fuente: elaboración propia.

Tabla 53. Pozo de visita

7	Pozo de visita (promedio de 2.00 m de altura)	CANTIDAD		UNIDAD	
		22.00		unidad	
	Equipo	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	Vibrocompactador Manual (tipo bailarina)	6.00	día	Q 250.00	Q 1,500.00
	SUB-TOTAL DE EQUIPO				Q 1,500.00
	Materiales	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	Ladrillo tayuyo de 6.5 x 11 x 23 cm	17,641.00	unidad	Q 3.00	Q 52,923.00
	Cal hidratada	44.00	saco	Q 35.00	Q 1,540.00
	Cemento tipo portland	48.00	saco	Q 76.00	Q 3,648.00
	Arena de río (tapadera, fondo y levantado)	29.00	m³	Q 150.00	Q 4,350.00
	Piedrín triturado (1/2") (tapadera, fondo y	4.00	m³	Q 200.00	Q 800.00
	Hierro No.2 comercial (1/4") (para tapadera)	89.00	varilla	Q 9.00	Q 801.00
	Hierro No. 4 legitimo (1/2") (tapadera)	41.00	varilla	Q 35.00	Q 1,435.00
	Hierro No. 5 legitimo (5/8") (escalones)	20.00	varilla	Q 75.00	Q 1,500.00
	Alambre para amarre	77.00	libra	Q 8.00	Q 616.00
	Madera para formaleta	236.00	Pie-tabla	Q 7.00	Q 1,652.00
	Clavo de 3"	1.00	libra	Q 7.00	Q 7.00
	Lamina galvanizada lisa de 4 x 8 pie	2.00	unidad	Q 140.00	Q 280.00
	SUB-TOTAL MANO DE MATERIALES				Q 69,552.00
	Mano de obra	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	Albañil	110.00	día	Q 300.00	Q 33,000.00
	Ayudante	116.00	día	Q 100.00	Q 11,600.00
	SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 44,600.00
	COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				Q 115,652.00
	Costos indirectos (sobre costo directo)				Total
	Gastos administrativos			14.00%	Q 16,191.28
	Utilidad			13.00%	Q 15,034.76
	Impuestos			8.00%	Q 9,252.16
	Imprevistos			5.00%	Q 5,789.80
	COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q 46,268.00
	P. Unitario			Unidad	Q 7,360.00
	COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q 161,920.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 54. Retiro de material sobrante

8	Retiro de material sobrante	CANTIDAD		UNIDAD	
		272.00		m³	
	Maquinaria	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	Retroexcavadora (con operador)	11.00	hora	Q 350.00	Q 3,850.00
	Camión de volteo (con operador)	23.00	viaje	Q 500.00	Q 11,500.00
	SUB-TOTAL DE MAQUINARÍA				Q 15,350.00
	Mano de obra	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	Ayudante	6.00	jornal	Q 100.00	Q 600.00
	SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 600.00
	COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				Q 15,950.00
	Costos indirectos (sobre costo directo)				Total
	Gastos administrativos			14.00%	Q 2,233.00
	Utilidad			13.00%	Q 2,073.50
	Impuestos			8.00%	Q 1,276.00
	Imprevistos			5.00%	Q 798.70
	COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q 6,381.20
	P. Unitario			m³	Q 82.10
	COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q 22,331.20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 55. Colocación de adoquín

9	Colocación de adoquín	Cantidad	Unidad	Unidad		
		2,101.26		m²		
Materiales		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total	
Cemento		50.00	saco	Q 76.00	Q 3,800.00	
Arena de río		15.00	m³	Q 150.00	Q 2,250.00	
Piedrín triturado		5.00	m³	Q 225.00	Q 1,125.00	
		SUB-TOTAL MAQUINARÍA			Q 7,175.00	
Maquinaria y/o equipo		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total	
Mezcladora		1.00	mes	Q 2,500.00	Q 2,500.00	
		SUB-TOTAL MAQUINARÍA			Q 2,500.00	
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total	
Colocación de adoquín		2,101.26	m²	Q 5.00	Q 10,506.30	
		SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA			Q 10,506.30	
		COSTO SUB-TOTAL DIRECTO			Q 20,181.30	
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total	
Gastos administrativos			14.00%	Q	2,825.38	
Utilidad			13.00%	Q	2,623.57	
Impuestos			8.00%	Q	1,614.50	
Imprevistos			5.00%	Q	1,017.20	
			COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO			Q 8,080.65
PRECIO UNITARIO			m²	Q	13.45	
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	28,261.95	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 56. **Limpieza final**

10	Limpieza final	CANTIDAD		UNIDAD	
		983.00		m	
Mano de obra		Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
Ayudante		24.00	día	Q 100.00	Q 2,400.00
Peón		12.00	jornal	Q 88.00	Q 1,056.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q	3,456.00
COSTO SUB-TOTAL DIRECTO				Q	3,456.00
Costos indirectos (sobre costo directo)					Total
Gastos administrativos				14.00%	Q 483.84
Utilidad				13.00%	Q 449.28
Impuestos				8.00%	Q 276.48
Imprevistos				5.00%	Q 170.76
COSTO SUB-TOTAL INDIRECTO				Q	1,380.36
P. Unitario			m	Q	4.92
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	4,836.36

Fuente: elaboración propia.

Tabla 57. Integración de costos indirectos

Costos directos				
Total de materiales	Q	232,445.80		
Total mano de obra	Q	119,518.60		
Total maquinaria y equipo	Q	123,550.00		
Total (costo directo)	Q	475,514.40		
1. Gastos administrativos (5 meses)				
Dirección de campo o técnica				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Ingeniero	1.00	Q 88.00	Q 2,640.00	Q 13,200.00
Auxiliar de ingeniero	1.00	Q 50.00	Q 1,500.00	Q 7,500.00
Secretaría	0.50	Q 15.00	Q 225.00	Q 1,125.00
Contador	1.00	Q 20.00	Q 600.00	Q 3,000.00
Dibujante	1.00	Q 20.00	Q 600.00	Q 3,000.00
Guardían	8.00	Q 11.00	Q 2,640.00	Q 13,200.00
Total			Q 8,205.00	Q 41,025.00
Alquileres y depreciaciones				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Alquiler de local	1.00	Q 3.00	Q 90.00	Q 450.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1.00	Q 2.00	Q 60.00	Q 300.00
Depreciaciones de oficina	1.00	Q 2.00	Q 60.00	Q 300.00
Depreciaciones de vehículos	1.00	Q 2.00	Q 60.00	Q 300.00
Mantenimiento en general	1.00	Q 2.00	Q 60.00	Q 300.00
Total			Q 330.00	Q 1,650.00
Consumos y varios				
	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Impresiones y papelería de oficina	1.00	Q 1.00	Q 30.00	Q 150.00
Combustibles, lubricantes	4.00	Q 10.00	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Construcciones provisionales			Q 500.00	Q 2,500.00
Total			Q 1,730.00	Q 8,650.00
Obligaciones y seguro				
			Costo/mes	Subtotal
Seguros			Q 100.00	Q 500.00
Prestaciones laborales 41 % (vacaciones, aguinaldo, bono 14, IGSS, indemnización).			Q 3,364.05	Q 16,820.25
Total			Q 3,464.05	Q 17,320.25
Total				Q 68,645.25
Gastos administrativos % (sobre costo directo)				14%
2. Impuestos				
ISR 25% (de utilidad)	Q	15,454.22		
IVA 12% (mano de obra + utilidad)	Q	21,760.26		
Total	Q	37,214.47		
Impuestos %				8%
3. Utilidad				
Descripción		Total		
Utilidad 13% (costos directos)	Q	61,816.87		
4. Imprevistos				
Imprevistos 5% (costos directos)		Total		
	Q	23,775.72		

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	
Gastos administrativos	14%
Impuestos	8%
Utilidad	13%
Imprevistos	5%
Total	40%

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tabla 58. **Ejecución físico y financiero**

No.	DESCRIPCIÓN RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TIEMPO DE EJECUCIÓN										SUB-TOTAL	
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5							
1	Trabajos preliminares	983.00	m	Q 6.08											Q 5,976.64	0.90%
2	Retiro de adoquín	2101.26	m²	Q 19.50											Q 40,974.57	6.15%
3	Excavación (línea central y conexión domiciliar).	1546.89	m³	Q 47.35											Q 73,245.35	11.00%
4	Suministro e instalación tubería PVC (6")	983.00	m	Q 155.69											Q 153,043.27	22.99%
5	Relleno y compactado para tubería PVC (6") y conexión domiciliar	1528.00	m³	Q 56.85											Q 86,866.80	13.05%
6	Conexión domiciliar	55.00	unidad	Q 1,606.50											Q 88,357.50	13.27%
7	Pozo de visita (promedio de 2.00 m de altura)	22.00	unidad	Q 7,360.00											Q 161,920.00	24.32%
8	Retiro de material sobrante	272.00	m³	Q 82.10											Q 22,331.20	3.35%
9	Colocación de adoquín	2101.26	m²	Q 13.45											Q 28,261.95	4.24%
10	Limpieza final	983.00	m	Q 4.92											Q 4,836.36	0.73%
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO															Q 665,813.64	100.00%
Precio total del proyecto: Seiscientos sesenta y cinco mil ochocientos trece con 64/100.																
Tiempo de ejecución 5 meses calendario (150 días)																

Fuente: elaboración propia.

3.7. Análisis de impacto ambiental

El análisis de impacto ambiental está definido en la sección 2.13. Para el proyecto de alcantarillado sanitario del barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa. Los posibles efectos ambientales y acciones de mitigación que se consideran son:

- J Aire
- J Suelo
- J Agua
- J Flora y fauna
- J Medio socioeconómico

) **Aire**

o Impacto

Las emisiones a la atmósfera, se verá impactado durante la fase de construcción debido principalmente al movimiento de tierras, el traslado de maquinarias y emisión de gases, generación de partículas de polvo las cuales quedan suspendidas en el área de construcción. Esto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área.

o Acciones de mitigación

Todas las maquinarias o fuentes móviles de combustión usadas deberán tener un mantenimiento mecánico continuo y poseer filtros, las que no garanticen las emisiones límite permisible deberá ser retirado.

Se solicitará a los habitantes que procuren estar lo más retirados al área de trabajo, para evitar molestias respiratorias. Se suministrará del conveniente equipo de protección al personal de obra (principalmente mascarillas).

Riego periódico de las superficies de actuación (vías de accesos y la propia obra), con el fin de mantener húmedo el suelo y minimizar las ráfagas de viento con polvo.

) **Suelo**

o Impacto

Durante el proceso de excavación y relleno de zanjas, se pueden dar procesos erosivos y alteraciones de las propiedades físicas del suelo.

o Acciones de mitigación

En lo que refiere a excavaciones de zanjas, para prevenir la erosión se utilizará mecanismos de compactación mecánica o manual. El material extraído se mantendrá acumulado, humedecido o protegido a fin de evitar que sea volátil o desparramado. Los desechos de los cortes no serán arrojados a los cursos de agua, estos serán reutilizados como material de relleno (si son adecuados).

La disposición de desechos de construcción o los residuos de derrames accidentales de concreto, lubricantes, combustibles (Martínez, 2011) deberán ser recolectados de inmediato, en los lugares seleccionados para tal fin. También cabe mencionar que en horarios fuera de trabajo las zanjas permanecerán tapadas a fin de minimizar los riesgos de accidentes.

) **Agua**

o Impacto

Posible contaminación a causa de desechos sólidos derramados en los ríos en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado. Contaminación de quebradas y ríos a causa del desfogue que le han dado a

las aguas residuales, antes de la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

- o Acciones de mitigación

Durante la construcción se debe tener atención de no verter las aguas residuales en la superficie, se deberá construir una planta de tratamiento, para las aguas residuales provenientes del barrio.

No se verterá ningún tipo de material en las riberas o cauces de los cursos de agua, por ningún motivo se verterá materiales aceitosos a los cuerpos de agua, el mantenimiento de la maquinaria y la recarga de combustible se realizará solamente en el área para tal fin, los restos de materiales de construcción no tendrán como receptor concluyente el lecho de algún curso de agua.

) **Flora y fauna**

- o Impacto

Alteración temporal del hábitat para especies de animales, pérdida de vegetación por derrame de residuos que la contaminan, debido a esto existirán impactos negativos relacionados directamente con el paisaje, debido a que es posible que se tenga que devastar mínimas áreas verdes donde se ubicarán los desfuegos.

o Acciones de mitigación

Incluso cuando la flora y fauna local no es abundante en el área de la obra, se deberá de proteger y conservar de posibles afectaciones de las actividades de trabajo, a las especies que puedan surgir en la localidad.

La ubicación de bodegas u otras infraestructuras provisionales, se hará en áreas sin vegetación o donde esta no sea densa.

No se permitirá: que residuos sólidos, líquidos u otros, contaminen áreas verdes, que talen arboledas para ocupar su madera en la obra, tampoco se permitirá el uso de fuego que sitúe en riesgo tales áreas.

) **Medio socioeconómico**

o Impacto

El proyecto aportará un sistema que evacuará las aguas resultantes de las viviendas, respecto al desarrollo tiene un impacto positivo considerable, dado que se implementará el servicio de alcantarillado sanitario, contribuyendo a elevar la calidad de vida de los habitantes del barrio Los Marines.

Es importante considerar, en la etapa de ejecución, un impacto positivo considerable, se refleja en el aumento de los ingresos en la población como resultado que generará fuentes de trabajo de mano de obra no calificada durante dicha construcción.

o Acciones de mitigación

Intervención de la municipalidad de Río Hondo, Zacapa, en la contratación de personal de obra, provenientes del barrio o de la cabecera municipal.

3.8. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico para proyectos productivos y sociales se explicó en la sección 2.14.

3.8.1. Valor actual neto

El valor actual neto -VAN- se determinó en la sección 2.14.1. Para el proyecto de alcantarillado sanitario del barrio Los Marines, la vida útil es de 30 años, se invertirá un costo mensual por mantenimiento estimado de Q.225.00, según el departamento municipal de planificación -DMP- de Río Hondo, Zacapa. También el costo del valor de ingreso inicial, el cual se refiere al derecho de acoplarse al sistema es de Q.600.00 por cada vivienda actual.

Donde

$$VRI = (Q.600.00 \times 55 \text{ viv.}) = Q.33,000.00$$

$$CI = Q.665,813.64$$

$$VRA = 0.000$$

$$CMA = (Q.225.00 \times 12 \text{ meses}) = Q.2,700.00$$

$$i = 13.08\% \text{ (Banguat)}$$

$$n = 30 \text{ años}$$

Entonces sustituyendo para P/A y utilizando la fórmula del VAN de acuerdo con la sección 2.14.1.:

$$P/A = \left[\frac{(1+0.131)^{30} - 1}{0.131 (1 + 0.131)^{30}} \right]$$

$$P/A \cong 7.44$$

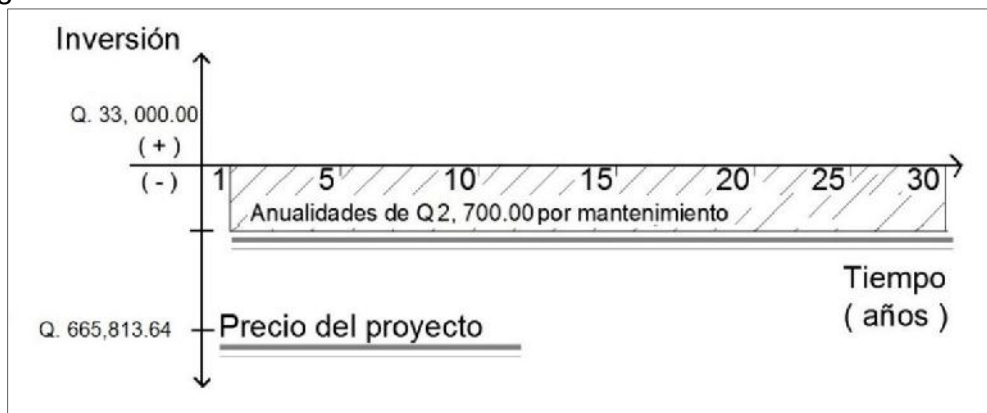
$$VAN = VRI - CI + \left[\left(P/A, i, n \right) (VRA - CMA) \right]$$

$$VAN = Q.33,000.00 - Q.665,813.64 + [(7.44)(- Q.2,700.00)]$$

$$VAN = - Q.652,901.64$$

El valor negativo (menor que cero) indica que la inversión del proyecto no es rentable o que no produce ninguna utilidad, cumpliendo son su objetivo de carácter social, lo cual es aumentar el desarrollo del barrio, por lo tanto, la inversión deberá ser proporcionada por alguna institución gubernamental o no gubernamental.

Figura 26. **Gráfica -VAN- alcantarillado sanitario barrio Los Marines**



Fuente: elaboración propia. Sin escala.

3.8.2. Tasa interna de retorno

Martínez (2011)

Ésta es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio (p. 58).

3.8.3. Análisis costo/eficiencia

SNIP (2002)

El objetivo es determinar que alternativa de proyecto logra los objetivos deseados al mínimo costo (es decir más eficientemente). El término eficiencia se refiere a la forma como se logran ciertos resultados dentro de un proceso con los insumos utilizados en el mismo. En un proyecto social, la eficiencia se puede medir en términos físicos y monetarios, es por eso que los criterios más utilizados son: costo de inversión por persona atendida y por metro cuadrado de construcción (pp. 38-39).

Datos

Costo = Q.665,813.64

Eficiencia = No. de habitantes beneficiados

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q.665,813.64}}{522 \text{ habitantes}} = \text{Q. 1,275.50/habitante}$$

CONCLUSIONES

1. Por medio del aporte de la planificación de proyectos de infraestructura en dos comunidades del municipio de Río Hondo, se espera contribuir con el desarrollo socioeconómico.
2. Se realizó el diseño de pavimento rígido de la carretera a caserío El Cajón de Jones de acuerdo con el método simplificado de la Portland Cement Association -PCA- y el espesor determinando de la carpeta de rodadura es de 0.13 m. Esta carretera se definió de sección tipo F de acuerdo con las condiciones topográficas y con base en normas de la Dirección General de Caminos -DGC-.
3. Se efectuó el diseño de alcantarillado sanitario del barrio los Marines, con base en normas -INFOM- y se determinó un colector principal con longitud de 983 m, 22 pozos de visita ubicados donde el diseño lo requirió, 55 conexiones domiciliarias. Por características de la topografía natural del terreno, se plantearon dos desfogues estos situados en los puntos más bajos y en los límites del barrio, para que funcione por gravedad.
4. El Centro Universitario de Oriente -CUNORI- se proyectó a través de la carrera de Ingeniería Civil mediante el programa de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, aportando a la fomentación del desarrollo social.

RECOMENDACIONES

1. A la municipalidad de Río Hondo, efectuar las gestiones oportunas y adquirir los recursos financieros precisos para la construcción de ambos proyectos.
2. Para el proyecto de pavimento rígido, garantizar el uso de materiales de excelente calidad, emplear el diseño que se presenta, cualquier cambio deberá de ser aprobado por el supervisor de obra. Efectuar por lo menos dos veces al año el mantenimiento de cunetas y drenaje transversal, para la libre evacuación del agua. Revisar cualquier infiltración y objetos que dañen la carpeta de rodadura.
3. La municipalidad debe gestionar la construcción de plantas de tratamiento y que el desfogue de aguas residuales del barrio Los Marines, no afecte a los ríos aledaños. También sensibilizar, a los beneficiados el daño que causa depositar basura dentro del alcantarillado sanitario.
4. Garantizar la supervisión a cargo de un profesional, para la óptima realización de los proyectos. Acatar indicaciones de planos constructivos y especificaciones técnicas, para que estos funcionen en el período de tiempo planeados. Cumplir con medidas de seguridad en obra y de mitigación ambiental.

5. A las poblaciones beneficiadas con los diseños de proyectos, se les promueve que participen en la construcción, con el aporte de mano de obra no calificada. Además, que sean garantes de que se cumpla todo lo especificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Ruiz, Pedro. (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
2. American Concrete Institute -ACI-. (2008). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario*. USA.
3. Amanco. (sin fecha). *Manual de instalación de tubosistemas para alcantarillado sanitario y pluvial*. (Manual de instalación). Guatemala.
4. Amanco. (sin fecha). *Manual de Diseño de tubosistemas para alcantarillado sanitario y pluvial*. (Manual de diseño). Guatemala.
5. Amanco. (sin fecha). *Manual técnico de tubosistemas*. (Manual técnico). Guatemala.
6. Banco de Guatemala -Banguat- (2016). *Tasa de Interés Activa*. Recuperado el 25 de enero de 2016 de: <https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/imm/imm04>
7. Bowles, Joseph E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. México: Editorial McGraw-Hill.

8. Cabrera Riepele, Ricardo A. (1989). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
9. Cárdenas Grisales, James. (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Editorial ECOE Ediciones.
10. Cemex, (2010). *Pavimentos de concreto*. (Manual diseño de pavimentos rígidos). México: Editorial: Amarillo A.M. Print S.A. de C.V.
11. Coronado Iturbide, Jorge. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala.
12. Decreto No. 68-86. (1986). Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Guatemala.
13. Dirección General de Caminos -DGC-. (2001). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala.
14. Dirección General de Caminos -DGC-. (2002). -ETCR- *Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos Rurales*. Guatemala.
15. Dirección General de Servicios Técnicos -DGST- (s.f). Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para carreteras. México.

16. Donis Ceron, Pedro V. (1991). *El drenaje en las carreteras de Guatemala. Selección de la estructura requerida en función del gasto.* (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad Mariano Gálvez. Guatemala.
17. Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala -EMPAGUA-. (sin fecha). *Reglamentos para presentación de proyectos de agua potable.* (Reglamento). Guatemala.
18. García Martín, Antonio; Rosique Campoy, Manuel F.; Segado Vázquez, Francisco. (1994). *Topografía Básica para Ingenieros.* (Servicios Públicos). Universidad de Murcia. España.
19. Gesto, Ramón. (2008). *Geotecnia y Cimientos.* Demecánica.com. Recuperado el 2 marzo 2015, de <http://www.demecanica.com/Geotecnia/geotecnia.htm#Proctor>
20. Hernández Canales, Juan C. (2008). *Características Físicas y Propiedades Mecánicas de los Suelos y sus Métodos de Medición.* (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
21. Hun Aguilar Ligia E. (2003). *Diseño del pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea Santa María Cauque, del municipio de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez.* (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.

22. Instituto Colombiano de Productores de Cemento -ICPC-. (2008). *Manual de diseño e pavimentos de concreto para vías con bajos, medio y altos volúmenes de tránsito*. Colombia.
23. Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales -UNEPAR-, (2009). *Guía para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Zonas Rurales*. Guatemala.
24. Instituto de Fomento Municipal -INFOM-. (2001). *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados*. Guatemala.
25. Instituto de Fomento Municipal -INFOM-. (sin fecha). *Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción*. Guatemala.
26. Instituto Geográfico Nacional -IGN- y Laboratorio de Información Geográfica (2002). *Mapa de temperatura promedio anual República de Guatemala*. Guatemala.
27. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-. (2002). *Informe de Intensidades de Lluvia en Guatemala*. Guatemala.
28. Instituto Nacional de Vías -INV-. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia.

29. Lemus Arroyo, Edy A. (2015). *Diseño pavimento rígido tramo carretero de caserío Montesinas hacia predio basurero municipal y sistema alcantarillado sanitario 3ra. Avenida zona 1, ciudad de Esquipulas, municipio de Esquipulas*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos. Chiquimula, Guatemala.
30. Martínez Jordán, Oscar R. (2011). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario para el Barrio El Centro y Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para el Barrio La Tejera, Municipio de San Juan Ermita, Departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
31. McCormac, Jack. (2010). *Topografía*. México: Editorial Limusa Wiley.
32. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda -CIV-. (2010). *Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones*. Guatemala.
33. Ministerio de Transporte y Comunicaciones -MTC-, (2011). *Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras*. (Manual de diseño). Perú.
34. Morales Sosa, Hugo A. (2006). *Ingeniería Vial I*. República Dominicana.
35. Navarro, S. J. (2008). *Manual de Topografía-Planimetría*. Consultado el 1 de agosto de 2014 de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf>

36. Nij Reyes, César A. (2002). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario de la colonia el maestro de la ciudad de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
37. Nogales Soria, Santos F; Quispe Aricoma, Diómedes Tito. (2009). *Material de Apoyo Didáctico de Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales*. (Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
38. Organización Panamericana de la Salud -OPS-. (2005). *Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Perú.
39. Pérez García, Rafael A. (2010). *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea El Guayabal, municipio de Estanduela del departamento de Zacapa*. (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
40. Ramírez Posadas, Álvaro E. (2011). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chicolá, sector IA Tarrales y Pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera, municipio de San Pablo Jocopilas, Departamento de Suchitepéquez*. (Tesis de ingeniería civil). Universidad de San Carlos. Guatemala.
41. Roldán Sosa de Robles, Elva L. (2006). *Historia del Municipio de Río Hondo Departamento de Zacapa*. (Tesis de facultad de humanidades). Universidad de San Carlos. Guatemala.

42. Salazar Rodríguez, Aurelio. (1997). *Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos*. México.
43. Secretaria de Comunicación y Transporte -SCT-. (1991). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México.
44. Sistema Nacional de Inversión Pública -SNIP-. (2002). *Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos*. Guatemala.
45. Suarez Salazar, Carlos. (2010). *Costo y tiempo en edificación*. 3ª. Ed. México: Editorial Limusa.
46. Universidad Mayor de San Simón -UMSS-. (2004). *Pavimentos*. Departamento de Ingeniería Civil. (Texto guía facultad de Ciencias y Tecnología). Bolivia.

APÉNDICES

- APÉNDICE A.** Libreta topográfica de diseño de pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón De Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.
- APÉNDICE B.** Planos de construcción de diseño de pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón De Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.
- APÉNDICE C.** Hoja cartográfica, delimitación de área tributaria para drenaje transversal carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.
- APÉNDICE D.** Tabla de elementos geométricos carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.
- APÉNDICE E.** Libreta topográfica, Diseño sistema alcantarillado sanitario barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa.
- APÉNDICE F.** Planos de constructivos del proyecto alcantarillado sanitario barrio Los Marines, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.
- APÉNDICE G** Diseño y cálculo hidráulico, Alcantarillado Sanitario barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa.

APÉNDICE A

Tabla A. Libreta topográfica de diseño de pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón De Jones.

EST.	P.O.	AZIMUT			LEC. HILOS			Ang. Vert.			D.H.	COORD. TOTALES		NIVELACION
					hs	hm	hi					Y	X	COTA
	0											1000	1000	500.0000
0	R1	322	43	5	1.028	1.00	0.972	95	38	0	5.55	1004.41	996.64	500.0329
	R2	329	53	8	1.048	1.00	0.952	91	47	20	9.59	1008.30	995.19	500.2805
	R3	344	22	7	1.117	1.00	0.883	87	51	45	23.37	1022.50	993.70	501.4522
	R4	344	3	15	1.140	1.00	0.860	87	34	15	27.95	1026.87	992.32	501.7657
E-0	E-1	331	55	0	1.264	1.00	0.736	85	25	30	52.46	1046.29	975.30	504.7781
	R5	322	8	25	1.033	1.00	0.967	85	32	50	6.56	1051.47	971.28	505.8090
	R6	331	43	32	1.076	1.00	0.924	80	41	45	14.80	1059.32	968.29	507.7233
	R7	332	14	41	1.100	1.00	0.900	79	56	0	19.39	1063.45	966.27	508.7402
	R8	327	10	15	1.125	1.00	0.875	78	41	45	24.04	1066.49	962.27	510.1035
E-1	E-2	322	44	24	1.132	1.00	0.868	78	18	50	25.32	1066.44	959.97	510.5346
	R9	307	57	23	1.047	1.00	0.953	77	47	5	8.98	1071.96	952.89	512.9685
	R10	308	34	21	1.109	1.00	0.891	76	21	35	20.59	1079.27	943.88	516.0206
	R11	313	57	15	1.222	1.00	0.778	76	33	10	42.00	1095.59	929.74	521.0667
	R12	313	18	12	1.325	1.00	0.675	76	45	5	61.59	1108.68	915.16	525.5246
	R13	312	26	6	1.375	1.00	0.625	76	42	55	71.04	1114.37	907.54	527.7977
	R14	312	1	3	1.400	1.00	0.600	76	48	5	75.83	1117.19	903.64	528.8083
E-2	E-3	312	42	8	1.440	1.00	0.560	77	18	0	83.75	1123.23	898.43	529.8977
	R15	319	17	3	1.025	1.00	0.975	85	17	45	4.97	1127.00	895.19	530.8064
	R16	333	13	15	1.110	1.00	0.890	79	9	40	21.22	1142.18	888.87	534.4610
	R17	334	8	23	1.159	1.00	0.841	78	21	0	30.50	1150.68	885.13	536.6869
	R18	335	25	17	1.195	1.00	0.805	78	16	25	37.39	1157.23	882.88	538.1586
	R19	337	17	25	1.230	1.00	0.770	78	18	40	44.11	1163.92	881.40	539.5240
	R20	337	42	9	1.257	1.00	0.743	78	10	45	49.24	1168.79	879.75	540.7038
	R21	337	42	10	1.275	1.00	0.725	78	32	20	52.83	1172.11	878.39	541.1085
	R22	336	46	18	1.308	1.00	0.692	78	48	0	59.28	1177.70	875.05	542.1347
E-3	E-4	335	32	0	1.330	1.00	0.670	79	2	10	63.61	1181.13	872.08	542.7212
	R23	310	37	15	1.028	1.00	0.972	89	16	20	5.60	1184.78	867.83	543.3323
	R24	307	12	29	1.057	1.00	0.943	87	20	50	11.38	1188.01	863.02	543.7882
	R25	301	56	30	1.130	1.00	0.870	87	19	25	25.94	1194.86	850.07	544.4739
	R26	299	28	45	1.245	1.00	0.755	86	53	15	48.86	1205.18	829.55	545.9178
E-4	E-5	300	53	15	1.325	1.00	0.675	86	31	0	64.76	1214.38	816.51	547.2032
	R27	132	49	3	1.041	1.00	0.959	96	23	0	8.10	1208.87	822.45	546.8271
	R28	128	19	28	1.022	1.00	0.978	98	57	55	4.29	1211.72	819.88	547.0559
	R29	343	9	16	1.015	1.00	0.985	96	59	25	2.96	1217.21	815.65	547.3708
	R30	331	26	22	1.045	1.00	0.955	88	9	5	8.99	1222.27	812.21	548.0233
	R31	327	34	32	1.092	1.00	0.908	84	36	25	18.24	1229.77	806.73	549.4549
	R32	325	46	45	1.119	1.00	0.881	83	30	5	23.50	1233.81	803.30	550.4095
	R33	322	27	12	1.151	1.00	0.849	83	53	0	29.86	1238.05	798.31	550.9328
	R34	318	12	7	1.190	1.00	0.810	84	15	35	37.62	1242.42	791.43	551.5148
	R35	314	17	15	1.222	1.00	0.778	84	26	5	43.98	1245.09	785.02	552.0188
	R36	306	56	11	1.280	1.00	0.720	84	22	55	55.46	1247.71	772.18	553.1890
	R37	303	44	19	1.320	1.00	0.680	84	18	10	63.37	1249.57	763.81	554.0552
	R38	302	37	45	1.360	1.00	0.640	84	28	20	71.33	1252.84	756.43	554.6366
	R39	302	46	21	1.450	1.00	0.550	84	32	50	89.19	1262.66	741.52	556.2467
	R40	303	16	33	1.480	1.00	0.520	84	30	25	95.12	1266.57	736.98	556.8806

E-5	E-6	303	11	0	1.515	1.00	0.485	84	22	55	102.01	1270.21	731.13	557.7681
	R41	55	56	15	1.010	1.00	0.990	17	4	50	0.17	1270.31	731.27	558.8496
	R42	350	17	12	1.033	1.00	0.967	89	13	40	6.60	1276.72	730.02	558.3770
	R43	342	27	32	1.070	1.00	0.930	86	14	30	13.94	1283.50	726.93	559.2038
	R44	345	39	26	1.107	1.00	0.893	85	0	0	21.24	1290.79	725.87	560.1461
	R45	349	22	11	1.126	1.00	0.874	84	49	25	24.99	1294.78	726.52	560.5524
E-6	E-7	351	45	41	1.122	1.00	0.878	84	43	0	24.19	1294.16	727.66	560.5253
	R46	15	35	32	1.023	1.00	0.977	90	43	25	4.60	1298.59	728.90	561.0272
	R47	26	46	13	1.042	1.00	0.958	87	53	5	8.39	1301.64	731.44	561.3951
	R48	37	40	36	1.065	1.00	0.935	86	2	25	12.94	1304.40	735.57	561.9809
	R49	50	51	42	1.245	1.00	0.755	82	49	5	48.23	1324.60	765.08	567.1633
	R50	51	10	30	1.300	1.00	0.700	82	30	0	58.98	1331.13	773.61	568.8499
	R51	50	53	15	1.332	1.00	0.668	82	12	35	65.18	1335.27	778.24	570.0026
	R52	50	32	21	1.362	1.00	0.638	82	7	50	71.04	1339.31	782.51	570.9047
E-7	E-8	49	54	12	1.410	1.00	0.590	81	56	0	80.39	1345.93	789.16	572.4781
	R53	260	44	23	1.013	1.00	0.987	15	59	0	0.20	1345.90	788.96	573.7064
	R54	3	39	31	1.035	1.00	0.965	85	25	20	6.96	1352.87	789.60	573.5750
	R55	8	2	16	1.105	1.00	0.895	83	18	45	20.72	1366.44	792.05	575.4470
	R56	8	18	42	1.135	1.00	0.865	82	53	15	26.59	1372.24	793.00	576.3355
	R57	6	52	35	1.172	1.00	0.828	83	3	30	33.90	1379.58	793.21	577.1452
	R58	5	46	16	1.210	1.00	0.790	83	1	55	41.38	1387.10	793.32	578.0758
	R59	3	23	25	1.260	1.00	0.740	83	7	5	51.25	1397.09	792.19	579.2041
	R60	1	23	30	1.288	1.00	0.712	83	8	20	56.78	1402.69	790.54	579.8499
E-8	E-9	343	56	10	1.580	1.00	0.420	82	27	15	114.00	1455.48	757.61	588.1192
	R61	136	1	25	1.145	1.00	0.855	97	10	30	28.55	1434.93	777.43	585.0255
	R62	129	52	22	1.100	1.00	0.900	97	16	35	19.68	1442.86	772.71	586.1065
	R63	125	41	14	1.067	1.00	0.933	98	30	50	13.11	1447.83	768.26	586.6572
	R64	111	1	32	1.021	1.00	0.979	12	54	0	0.21	1455.40	757.81	589.5332
	R65	352	29	40	1.025	1.00	0.975	89	4	20	5.00	1460.43	756.96	588.7002
	R66	339	51	36	1.105	1.00	0.895	84	28	45	20.81	1475.01	750.45	590.6302
	R67	341	2	31	1.15	1.00	0.850	83	51	15	29.66	1483.53	747.98	591.8126
	R68	344	54	15	1.215	1.00	0.785	83	18	30	42.42	1496.43	746.56	593.5957
E-9	E-10	346	11	0	1.262	1.00	0.738	83	0	0	51.62	1505.61	745.28	594.9576
	R69	114	32	15	1.012	1.00	0.988	14	6	15	0.14	1505.55	745.41	596.0248
	R70	28	5	29	1.046	1.00	0.954	85	23	50	9.14	1513.67	749.59	596.1935
	R71	25	44	34	1.096	1.00	0.904	83	40	10	18.97	1522.69	753.52	597.5618
	R72	21	41	26	1.140	1.00	0.860	83	8	30	27.60	1531.25	755.48	598.7773
	R73	15	11	32	1.180	1.00	0.820	83	1	30	35.47	1539.84	754.58	599.7969
	R74	10	51	41	1.203	1.00	0.797	83	3	35	40.01	1544.90	752.82	600.3275
	R75	0	0	0	1.300	1.00	0.700	82	42	5	59.03	1564.64	745.28	603.0183
	R76	356	37	28	1.330	1.00	0.670	82	27	0	64.86	1570.35	741.46	604.0542
	R77	355	8	17	1.362	1.00	0.638	82	23	20	71.13	1576.48	739.25	604.9624
	R78	354	38	25	1.405	1.00	0.595	82	17	45	79.54	1584.80	737.85	606.2183
	R79	355	59	31	1.418	1.00	0.582	82	15	15	82.08	1587.49	739.55	606.6223
	R80	356	6	19	1.470	1.00	0.530	81	48	30	92.09	1597.48	739.03	608.7145
	R81	355	37	21	1.587	1.00	0.413	81	12	50	114.66	1619.93	736.53	613.1796
	R82	355	39	32	1.650	1.00	0.350	80	58	40	126.80	1632.05	735.69	615.5916
E-10	E-11	355	15	11	1.690	1.00	0.310	80	57	10	134.59	1639.73	734.15	616.8879
	R83	10	24	27	1.026	1.00	0.974	88	32	25	5.20	1644.84	735.08	617.5603
	R84	6	16	38	1.061	1.00	0.939	84	20	30	12.08	1651.74	735.47	618.6249
	R85	11	27	26	1.105	1.00	0.895	82	45	15	20.67	1659.99	738.25	620.0554
	R86	17	33	15	1.182	1.00	0.818	81	58	25	35.69	1673.76	744.91	622.4606
	R87	17	13	23	1.209	1.00	0.791	81	29	50	40.89	1678.78	746.25	623.5404
	R88	15	20	38	1.24	1.00	0.760	81	16	45	46.90	1684.96	746.55	624.6215
E-11	E-12	14	21	5	1.25	1.00	0.750	81	19	0	48.86	1687.07	746.26	624.8900
	R90	352	26	23	1.095	1.00	0.905	86	5	30	18.91	1705.82	743.77	626.7221
	R91	355	10	35	1.152	1.00	0.848	85	9	15	30.18	1717.14	743.72	627.9889
E-12	E-13	353	39	10	1.195	1.00	0.805	84	49	25	38.68	1725.51	741.98	628.9344
	R92	96	37	5	1.011	1.00	0.989	13	34	15	0.12	1725.50	742.10	629.9062
	R93	40	41	36	1.023	1.00	0.977	91	32	25	4.60	1729.00	744.98	629.2808
	R94	33	27	5	1.05	1.00	0.950	87	17	40	9.98	1733.84	747.48	629.8759
	R95	30	34	13	1.088	1.00	0.912	86	58	15	17.55	1740.62	750.91	630.3331

E-13	E-14	33	55	10	1.117	1.00	0.883	87	11	5	23.34	1744.88	755.01
	R96	14	43	28	1.07	1.00	0.930	89	42	35	14.00	1758.42	758.56
	R97	16	2	31	1.109	1.00	0.891	88	57	40	21.79	1765.83	761.03
	R98	15	24	28	1.16	1.00	0.840	88	29	55	31.98	1775.71	763.50
	R99	12	46	16	1.21	1.00	0.790	88	18	45	41.96	1785.81	764.28
	R100	11	50	34	1.24	1.00	0.760	88	12	10	47.95	1791.82	764.85
	R101	11	43	27	1.266	1.00	0.734	88	3	5	53.14	1796.91	765.80
	R102	13	6	19	1.295	1.00	0.705	87	53	0	58.92	1802.27	768.37
E-14	E-15	14	52	20	1.365	1.00	0.635	87	38	10	72.88	1815.32	773.71
	R103	31	31	35	1.148	1.00	0.852	86	13	25	29.47	1840.44	789.12
	R104	34	46	40	1.25	1.00	0.750	85	37	30	49.71	1856.15	802.06
	R105	34	20	36	1.31	1.00	0.690	85	40	55	61.65	1866.22	808.49
	R106	34	4	24	1.352	1.00	0.648	85	56	5	70.05	1873.34	812.95
E-15	E-16	34	29	15	1.379	1.00	0.621	86	1	15	75.43	1877.50	816.42
	R107	80	11	28	1.015	1.00	0.985	96	10	30	2.97	1878.00	819.35
	R108	70	12	34	1.07	1.00	0.930	89	15	15	14.00	1882.24	829.60
	R109	67	23	26	1.095	1.00	0.905	88	43	20	18.99	1884.80	833.96
	R110	63	56	23	1.122	1.00	0.878	88	25	35	24.38	1888.21	838.33
E-16	E-17	60	53	25	1.165	1.00	0.835	88	6	40	32.96	1893.53	845.22
	R111	40	4	36	1.085	1.00	0.915	87	53	15	16.98	1906.52	856.15
	R112	41	4	29	1.12	1.00	0.880	86	59	45	23.93	1911.58	860.95
	R113	39	42	34	1.147	1.00	0.853	86	34	10	29.29	1916.07	863.94
	R114	37	16	15	1.175	1.00	0.825	86	22	5	34.86	1921.27	866.33
	R115	34	53	27	1.205	1.00	0.795	86	6	0	40.81	1927.01	868.57
E-17	E-18	34	48	0	1.21	1.00	0.790	86	3	5	41.80	1927.86	869.08
	R116	359	2	15	1.019	1.00	0.981	96	3	30	3.76	1931.61	869.02
	R117	1	32	26	1.052	1.00	0.948	88	57	30	10.40	1938.25	869.36
	R118	4	43	34	1.086	1.00	0.914	87	31	35	17.17	1944.97	870.50
	R119	9	22	15	1.12	1.00	0.880	86	27	5	23.91	1951.45	872.97
	R120	14	9	19	1.168	1.00	0.832	85	9	0	33.36	1960.20	877.24
	R121	14	37	24	1.2	1.00	0.800	84	46	20	39.67	1966.24	879.10
	R122	12	45	36	1.24	1.00	0.760	84	54	45	47.62	1974.30	879.60
E-18	E-19	12	53	15	1.25	1.00	0.750	85	1	0	49.62	1976.23	880.15
	R123	344	37	23	1.024	1.00	0.976	94	51	0	4.77	1980.82	878.88
	R124	352	3	35	1.05	1.00	0.950	91	19	0	9.99	1986.13	878.77
	R125	359	25	16	1.073	1.00	0.927	90	13	0	14.60	1990.83	880.00
	R126	10	30	37	1.096	1.00	0.904	89	53	0	19.20	1995.11	883.65
	R127	23	13	14	1.12	1.00	0.880	89	24	0	24.00	1998.28	889.61
	R128	29	32	25	1.149	1.00	0.851	89	3	0	29.79	2002.15	894.84
	R129	28	38	36	1.18	1.00	0.820	89	36	0	36.00	2007.82	897.40
	R130	26	32	14	1.207	1.00	0.793	89	57	0	41.40	2013.27	898.65
E-19	E-20	26	8	25	1.325	1.00	0.675	89	45	0	65.00	2034.58	908.79
	R131	208	34	35	1.103	1.00	0.897	89	48	35	20.60	2016.49	898.93
	R132	214	41	40	1.07	1.00	0.93	90	53	40	14.00	2023.07	900.82
	R133	0	44	26	1.02	1.00	0.98	96	41	55	3.95	2038.53	908.84
	R134	6	50	28	1.049	1.00	0.951	93	5	45	9.77	2044.28	909.95
	R135	2	18	16	1.078	1.00	0.922	92	26	10	15.57	2050.14	909.41
	R136	354	6	23	1.126	1.00	0.874	92	24	5	25.16	2059.60	906.20
	R137	351	26	25	1.161	1.00	0.839	92	25	0	32.14	2066.37	904.00
	R138	351	41	35	1.2	1.00	0.8	92	34	10	39.92	2074.08	903.02
	R139	353	40	41	1.243	1.00	0.757	92	32	20	48.50	2082.79	903.44

E-20	E-21	354	44	10	1.312	1.00	0.688	92	43	55	62.26	2096.58	903.07	648.0302
	R140	21	4	5	1.09	1.00	0.91	94	28	40	17.89	2113.27	909.50	647.1192
	R141	19	43	34	1.182	1.00	0.818	94	29	10	36.18	2130.63	915.28	645.6818
	R142	24	25	16	1.275	1.00	0.725	93	51	25	54.75	2146.43	925.71	644.8290
	R143	24	25	28	1.32	1.00	0.68	93	45	5	63.73	2154.60	929.42	644.3418
E-21	E-22	22	16	5	1.35	1.00	0.65	93	47	20	69.69	2161.07	929.48	643.9047
	R144	5	40	29	1.048	1.00	0.952	99	38	30	9.33	2170.36	930.41	642.8395
	R145	7	55	37	1.08	1.00	0.92	99	10	30	15.59	2176.52	931.63	641.9061
	R146	13	26	35	1.14	1.00	0.86	99	55	35	27.17	2187.50	935.80	639.6702
	R147	15	20	16	1.162	1.00	0.838	99	18	5	31.55	2191.50	937.83	639.2568
	R148	20	20	14	1.2	1.00	0.8	98	30	0	39.13	2197.76	943.08	638.5772
	R149	24	44	28	1.22	1.00	0.78	97	54	20	43.17	2200.28	947.55	638.4304
	R150	24	55	40	1.24	1.00	0.76	97	9	45	47.25	2203.92	949.40	638.4865
E-22	E-23	26	54	10	1.275	1.00	0.725	96	36	0	54.27	2209.47	954.04	638.1450
	R151	6	59	37	1.085	1.00	0.915	96	22	35	16.79	2226.14	956.09	636.8387
	R152	9	34	28	1.12	1.00	0.88	97	1	40	23.64	2232.78	957.97	635.8007
	R153	5	36	19	1.2	1.00	0.8	94	55	55	39.70	2248.99	957.92	635.2889
	R154	357	4	24	1.365	1.00	0.635	90	48	45	72.99	2282.36	950.31	637.6800
	R155	355	8	17	1.42	1.00	0.58	88	47	10	83.96	2293.13	946.92	640.4941
	R156	356	28	35	1.95	1.50	1.05	87	48	5	89.87	2299.17	948.52	641.6652

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE B

Planos de construcción de diseño de pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón De Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.

1/18. Plano de localización

2/18. Plano de ubicación

3/18. Planta topográfica I y II

4/18. Planta topográfica III y IV

5/18. Planta de curvas de nivel

6/18. Planta y perfil 0+000.00 a 0+240.00

7/18. Planta y perfil 0+240.00 a 0+660.00

8/18. Planta y perfil 0+660.00 a 0+920.00

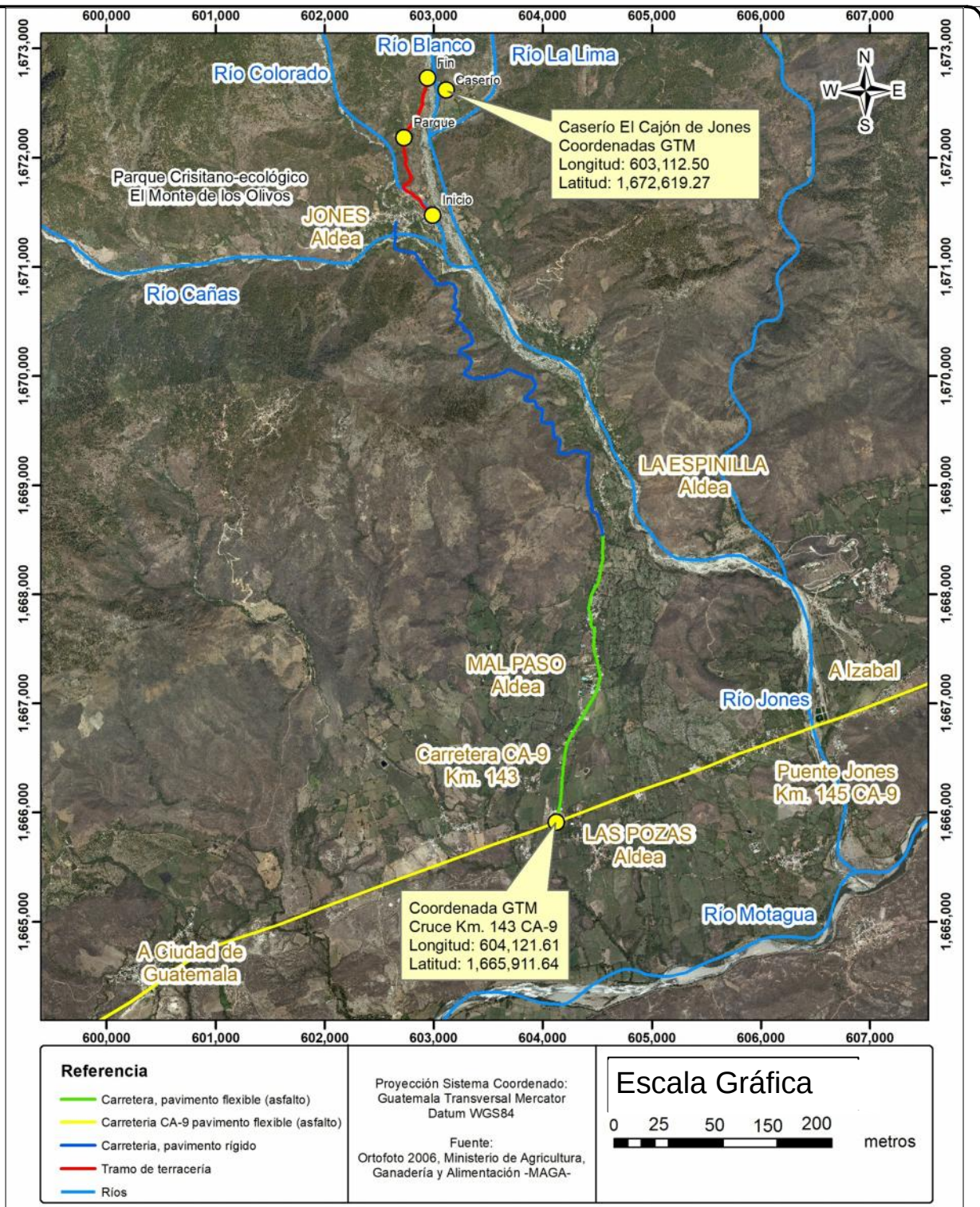
9/18. Planta y perfil 0+920.00 a 1+220.00

10/18. Planta y perfil 1+220.00 a 1+526.50

11/14 a 16/18 Secciones transversales

17/14. Detalles de pavimento, cuneta y bordillo

18/18. Drenaje transversal



PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA
A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES

UBICACIÓN: CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACIÓN.

Diseño:
Emily E. Vargas Cerna

Calculó:
Emily E. Vargas Cerna

Dibujó:
Emily E. Vargas Cerna

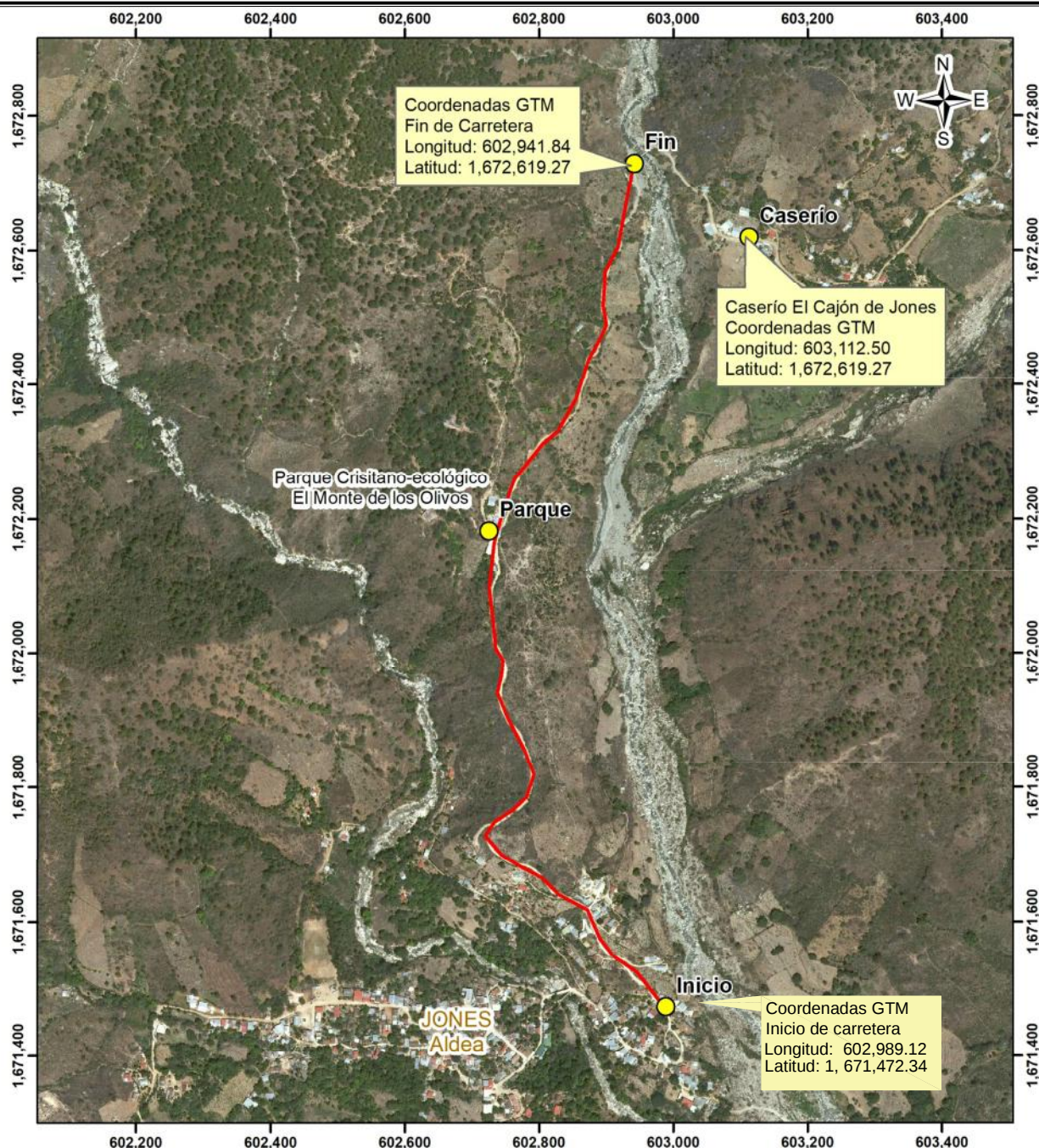
Escala:
Indicada

Revisó: _____

Vo Bo: _____

Hoja: 1 / 18





Referencia — Tramo de terracería	Proyección Sistema Coordinado: Guatemala Transversal Mercator Datum WGS84 Fuente: Ortofoto 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-	Escala Gráfica 0 50 100 200 300 400 Metros
---	---	---

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES

UBICACIÓN: CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, ALDEA JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN.



Diseño: Emily E. Vargas Cerna	Calculó: Emily E. Vargas Cerna	Dibujó: Emily E. Vargas Cerna	Escala: Indicada
Revisó: _____	Vo Bo: _____	Hoja: 2 / 18	

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJON DE JONES.

DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJON DE JONES, RIO HONDO, ZACAPA

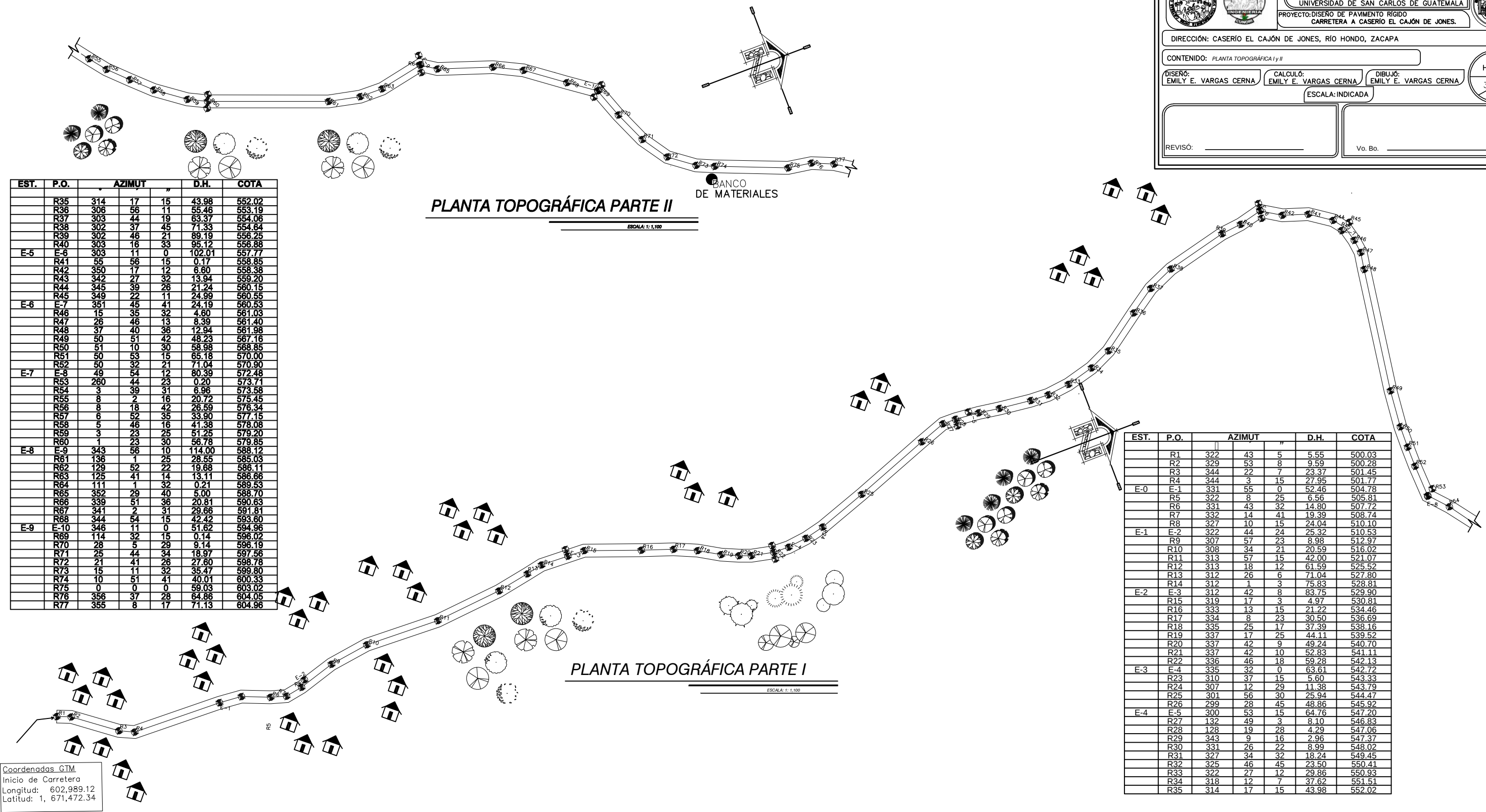
CONTENIDO: PLANTA TOPOGRAFICA I y II

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____ Vo. Bo. _____

HOJA: 3 / 18



EST.	P.O.	AZIMUT		D.H.	COTA
	R35	314	17	15	43.98
	R36	306	56	11	55.46
	R37	303	44	19	63.37
	R38	302	37	45	71.33
	R39	302	46	21	89.19
	R40	303	16	33	95.12
E-5	E-6	303	11	0	102.01
	R41	55	56	15	0.17
	R42	350	17	12	6.60
	R43	342	27	32	13.94
	R44	345	39	26	21.24
	R45	349	22	11	24.99
E-6	E-7	351	45	41	24.19
	R46	15	35	32	4.60
	R47	26	46	13	8.39
	R48	37	40	36	12.94
	R49	50	51	42	48.23
	R50	51	10	30	58.98
	R51	50	53	15	65.18
	R52	50	32	21	71.04
E-7	E-8	49	54	12	80.39
	R53	260	44	23	0.20
	R54	3	39	31	6.96
	R55	8	2	16	20.72
	R56	8	18	42	26.59
	R57	6	52	35	33.90
	R58	5	46	16	41.38
	R59	3	23	25	51.25
	R60	1	23	30	56.78
E-8	E-9	343	56	10	114.00
	R61	136	1	25	28.55
	R62	129	52	22	19.68
	R63	125	41	14	13.11
	R64	111	1	32	0.21
	R65	352	29	40	5.00
	R66	339	51	36	20.81
	R67	341	2	31	29.66
	R68	344	54	15	42.42
E-9	E-10	346	11	0	51.62
	R69	114	32	15	0.14
	R70	28	5	29	9.14
	R71	25	44	34	18.97
	R72	21	41	26	27.60
	R73	15	11	32	35.47
	R74	10	51	41	40.01
	R75	0	0	0	59.03
	R76	356	37	28	64.86
	R77	355	8	17	71.13

EST.	P.O.	AZIMUT		D.H.	COTA
	R1	322	43	5	5.55
	R2	329	53	8	9.59
	R3	344	22	7	23.37
	R4	344	3	15	27.95
E-0	E-1	331	55	0	52.46
	R5	322	8	25	6.56
	R6	331	43	32	14.80
	R7	332	14	41	19.39
	R8	327	10	15	24.04
E-1	E-2	322	44	24	25.32
	R9	307	57	23	8.98
	R10	308	34	21	20.59
	R11	313	57	15	42.00
	R12	313	18	12	61.59
	R13	312	26	6	71.04
	R14	312	1	3	75.83
E-2	E-3	312	42	8	83.75
	R15	319	17	3	4.97
	R16	333	13	15	21.22
	R17	334	8	23	30.50
	R18	335	25	17	37.39
	R19	337	17	25	44.11
	R20	337	42	9	49.24
	R21	337	42	10	52.83
	R22	336	46	18	59.28
E-3	E-4	335	32	0	63.61
	R23	310	37	15	5.60
	R24	307	12	29	11.38
	R25	301	56	30	25.94
	R26	299	28	45	48.86
E-4	E-5	300	53	15	64.76
	R27	132	49	3	8.10
	R28	128	19	28	4.29
	R29	343	9	16	2.96
	R30	331	26	22	8.99
	R31	327	34	32	18.24
	R32	325	46	45	23.50
	R33	322	27	12	29.86
	R34	318	12	7	37.62
	R35	314	17	15	43.98

Coordenadas GTM
Inicio de Carretera
Longitud: 602,989.12
Latitud: 1, 671,472.34



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.



DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

DISEÑO:
EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO:
EMILY E. VARGAS CERNA

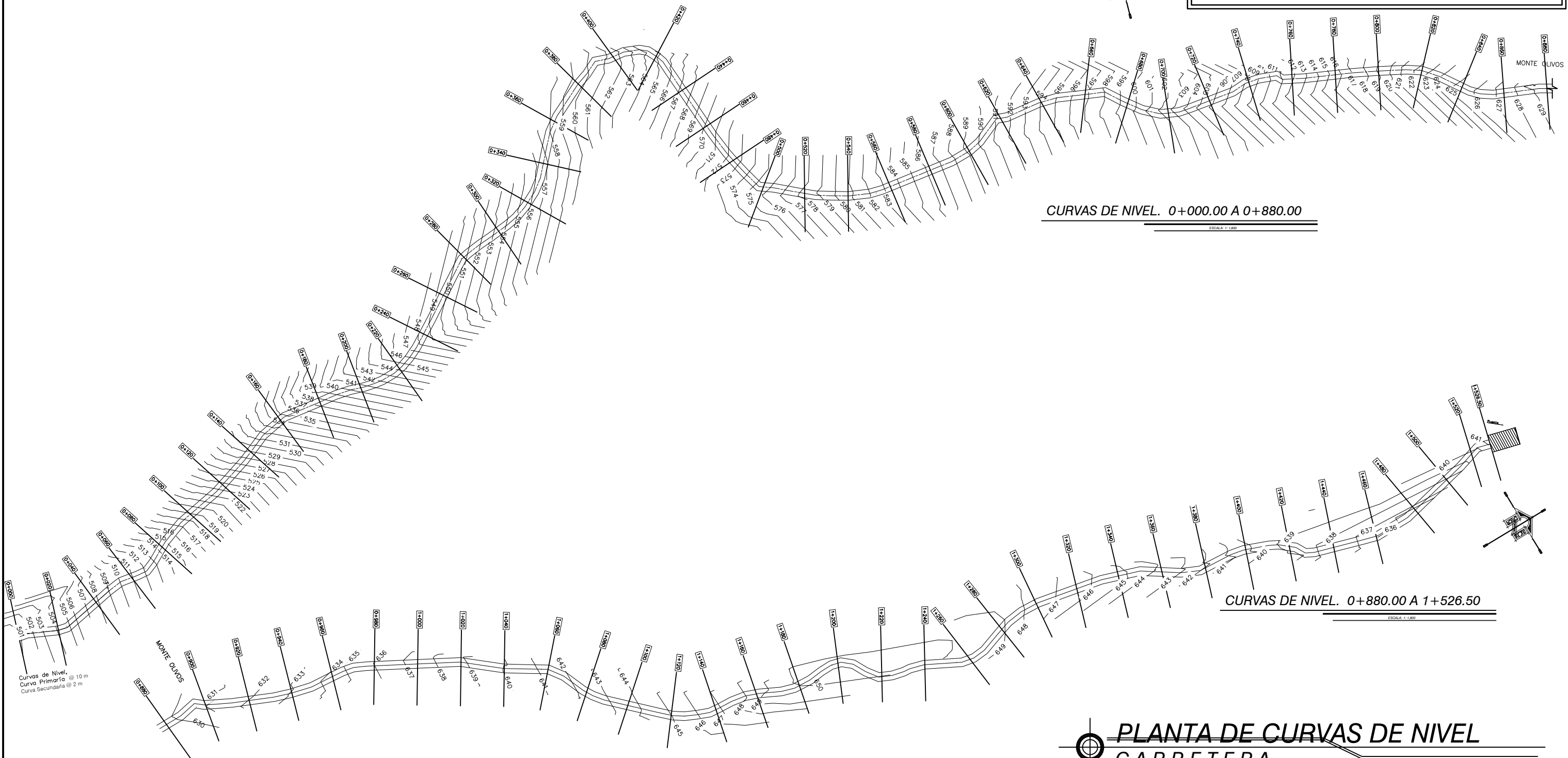
DIBUJO:
EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____

HOJA:
5
18



CURVAS DE NIVEL. 0+000.00 A 0+880.00

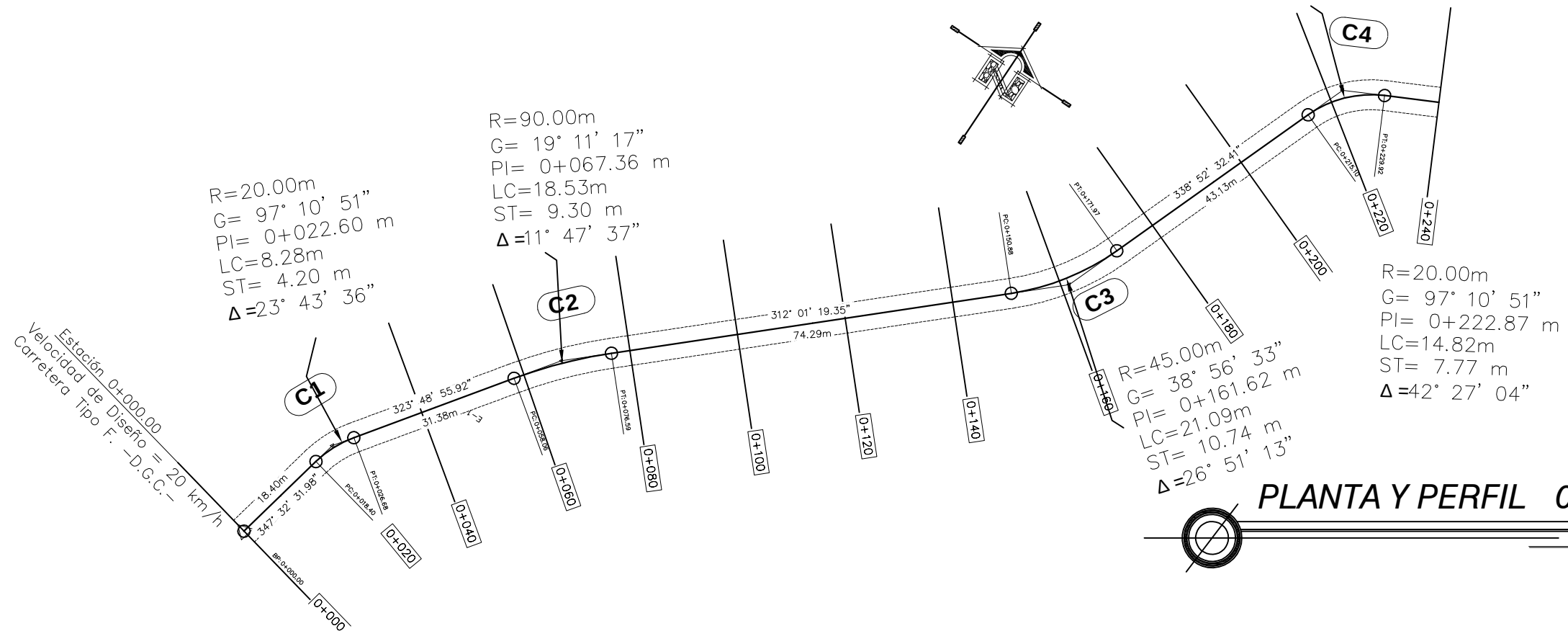
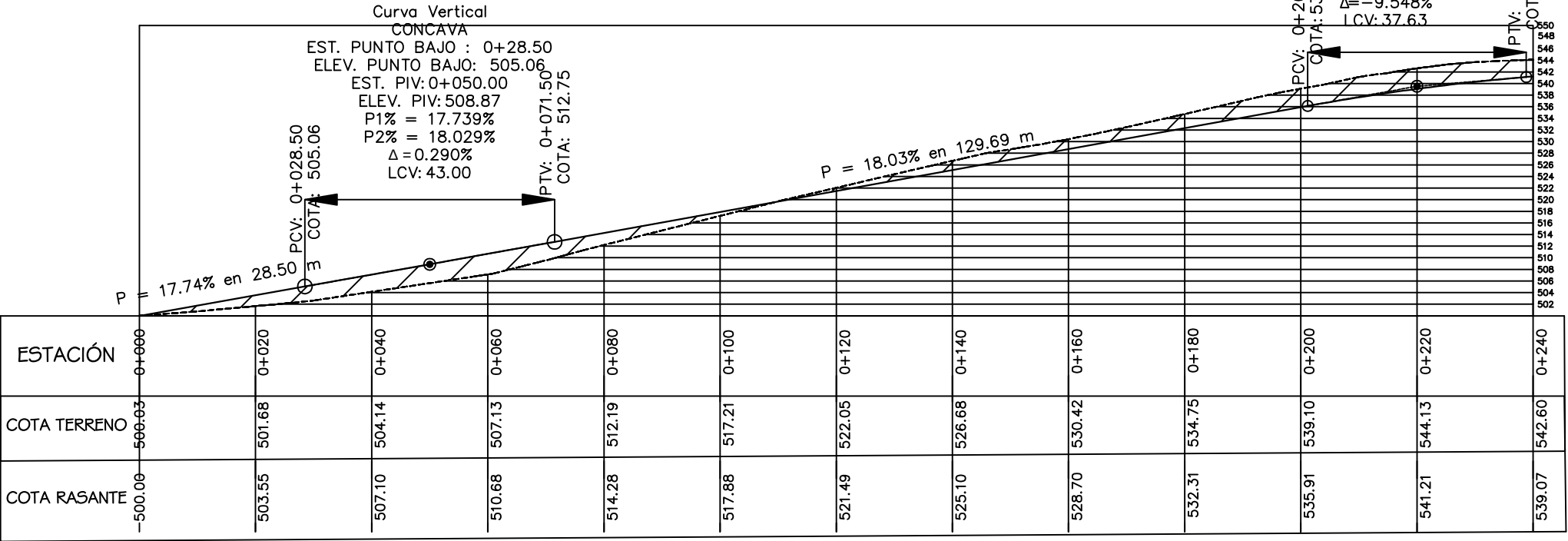
ESCALA 1:1,800

CURVAS DE NIVEL. 0+880.00 A 1+526.50

ESCALA 1:1,800

Curvas de Nivel @ 10 m
Curva Primaria @ 2 m
Curva Secundaria @ 2 m

PERFIL LONGITUDINAL 1
INICIO 0+000.00 A 0+240.00
ESC.V:1000



PLANTA Y PERFIL 0+000.00 A 0+240.00

ESCALA: 1: 1000



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJON DE JONES.

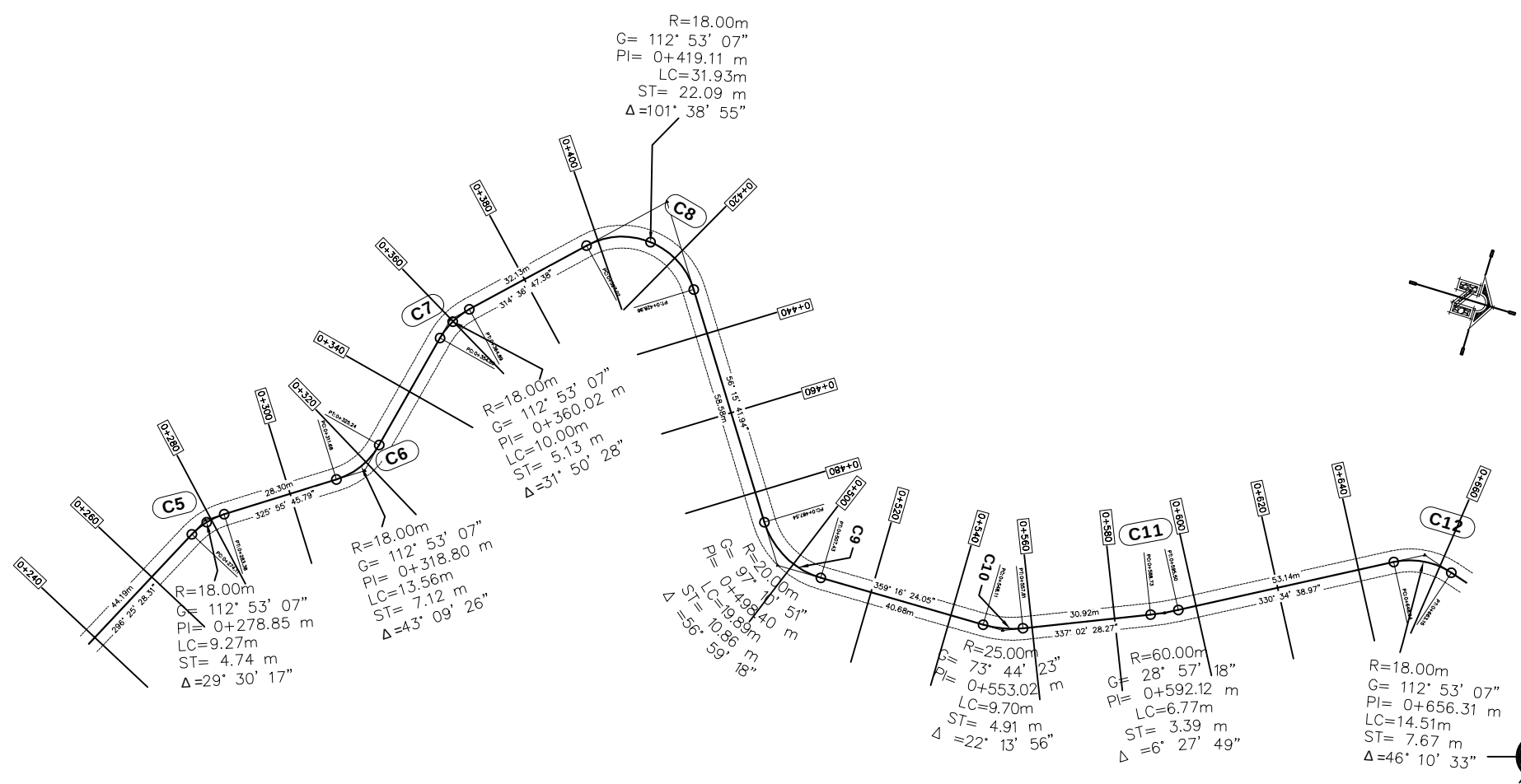
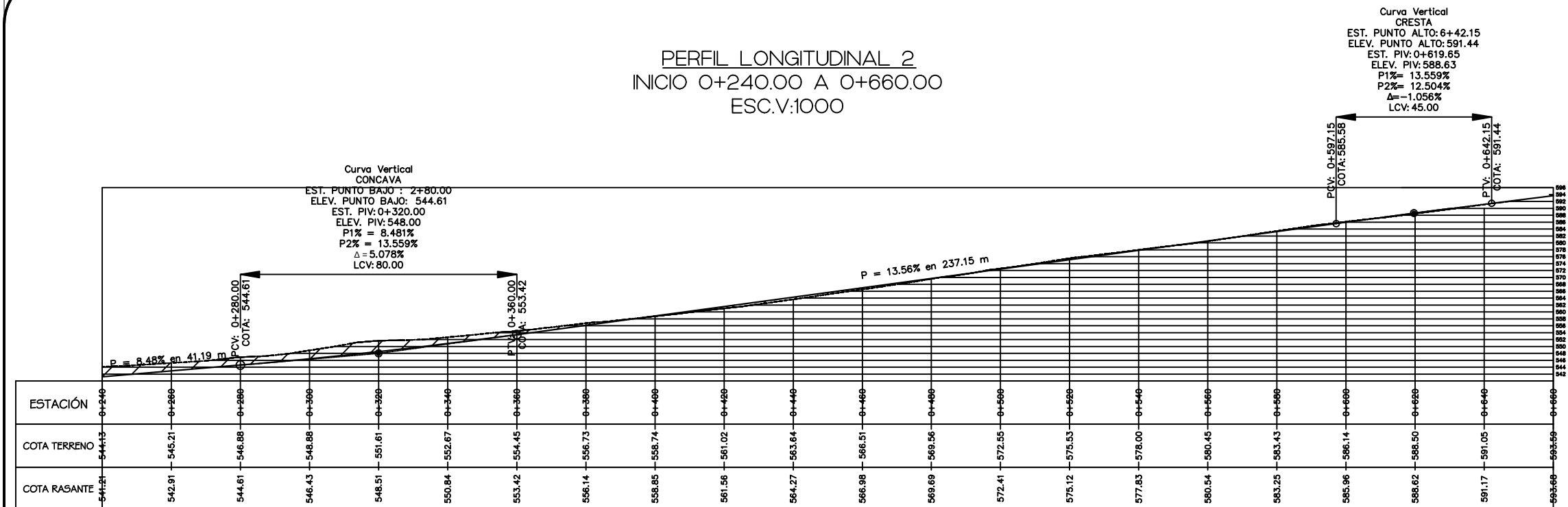
DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJON DE JONES, RIO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA 0+000.00 A 0+240.00

HOJA: 6/18

REVISÓ: _____ Vo. Bo. _____

PERFIL LONGITUDINAL 2
INICIO 0+240.00 A 0+660.00
ESC.V:1000





CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJON DE JONES.



DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJON DE JONES, RIO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA 0+240.00 A 0+660.00

DISEÑO:
EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO:
EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO:
EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

HOJA:
7 / 18

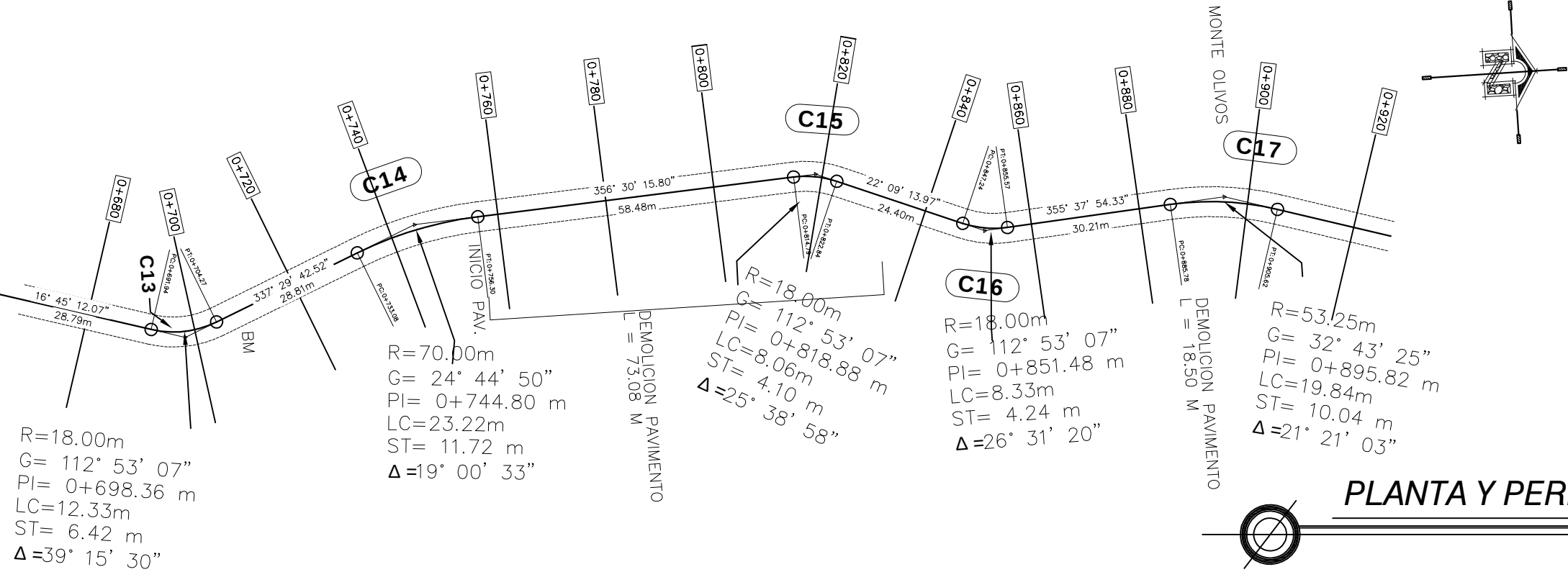
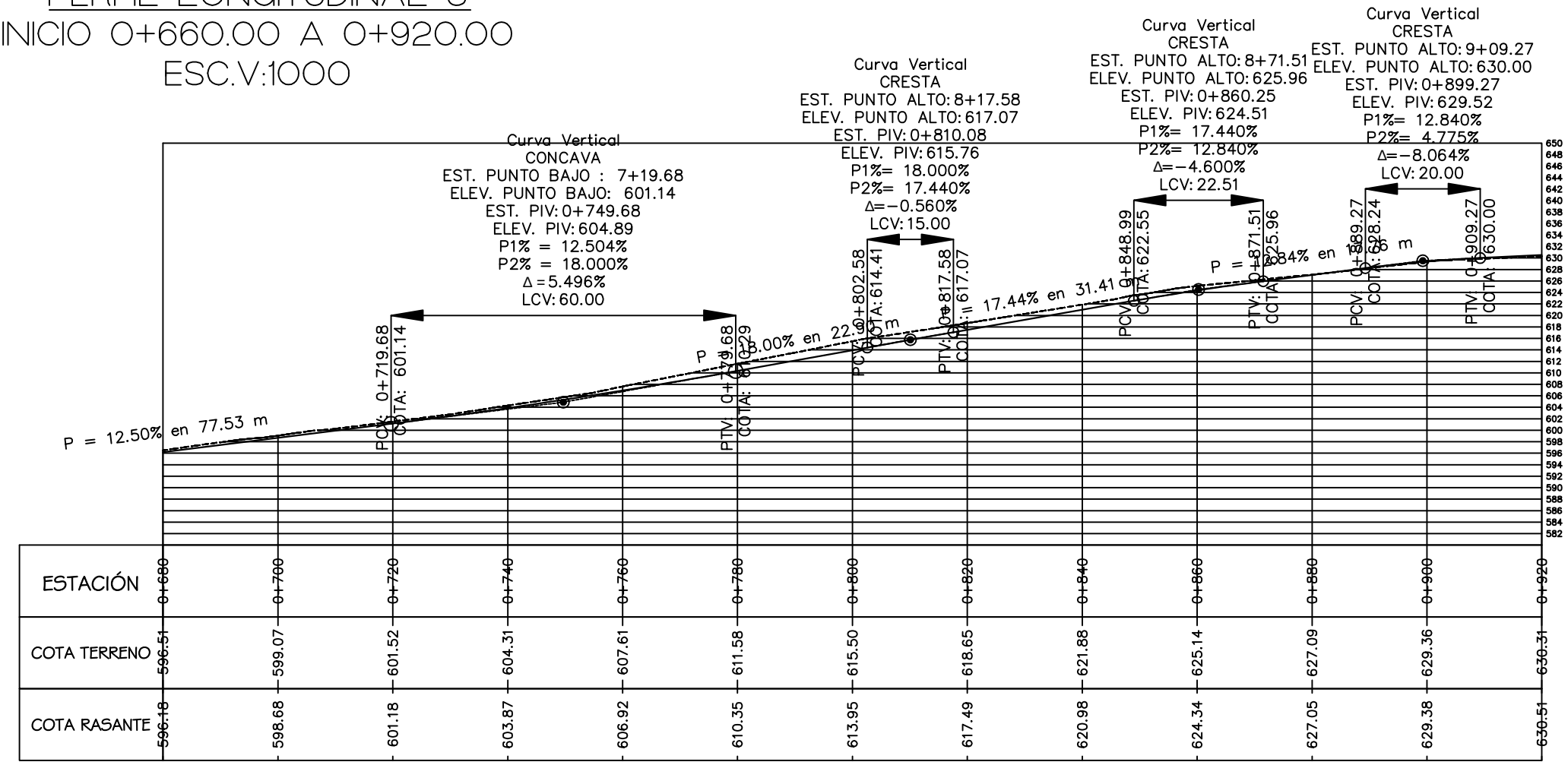
REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

PLANTA Y PERFIL 0+240.00 A 0+660.00

ESCALA: 1:1,500

PERFIL LONGITUDINAL 3
INICIO 0+660.00 A 0+920.00
ESC.V:1000



DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA 0+660.00 A 0+920.00

HOJA: 8 / 18

REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____

PERFIL LONGITUDINAL 4
INICIO 0+920.00 A 1+220.00
ESC.V:1000



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.



DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA 0+920.00 A 1+220.00

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

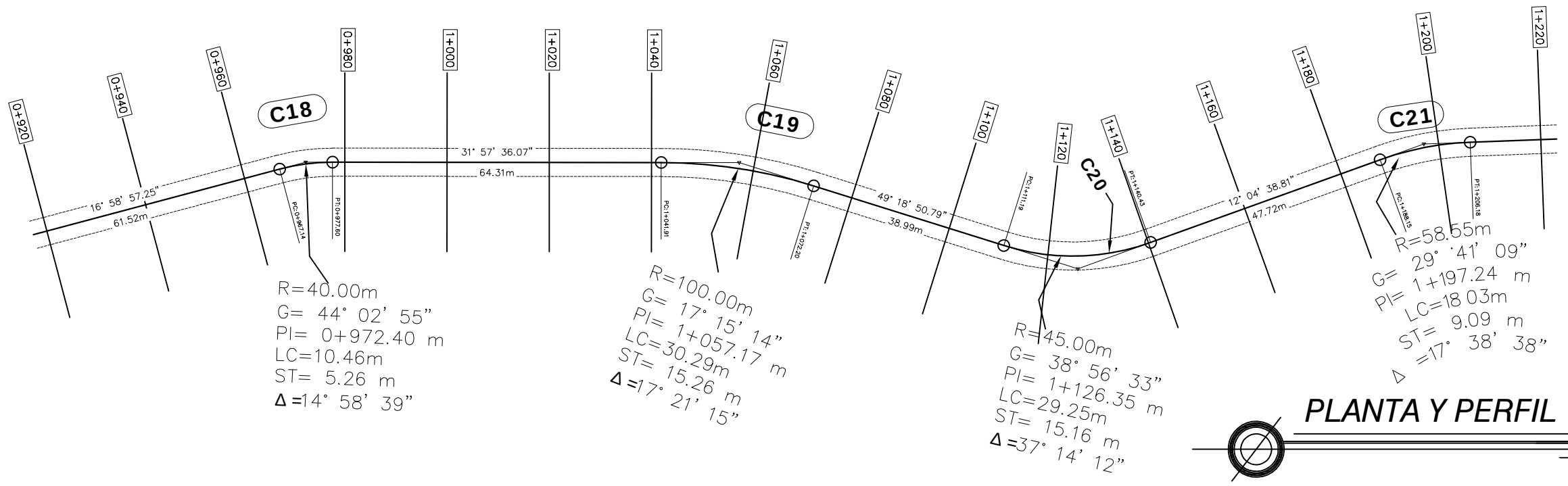
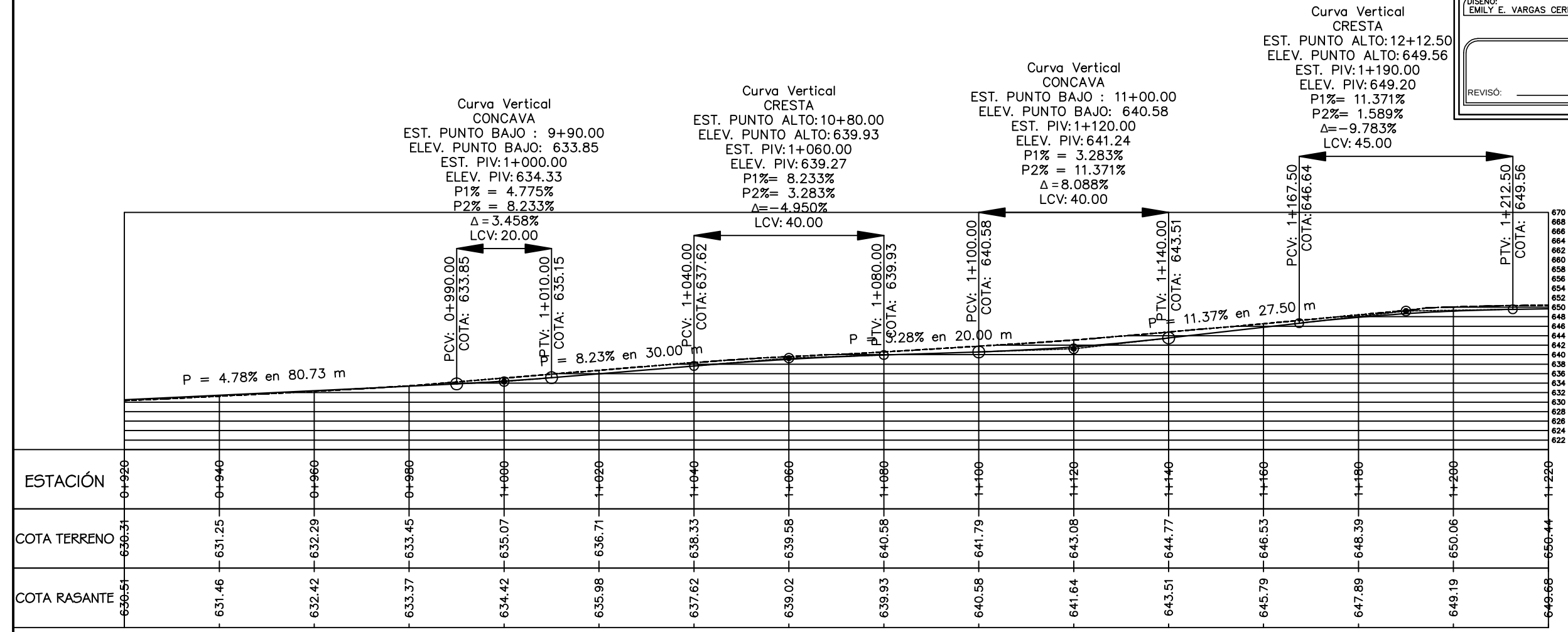
DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

HOJA: 9 / 18



PLANTA Y PERFIL 0+920.00 A 1+220.00

ESCALA: 1:1,000



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.



DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA 1+220.00 A 1+526.43

DISEÑO:
EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO:
EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO:
EMILY E. VARGAS CERNA

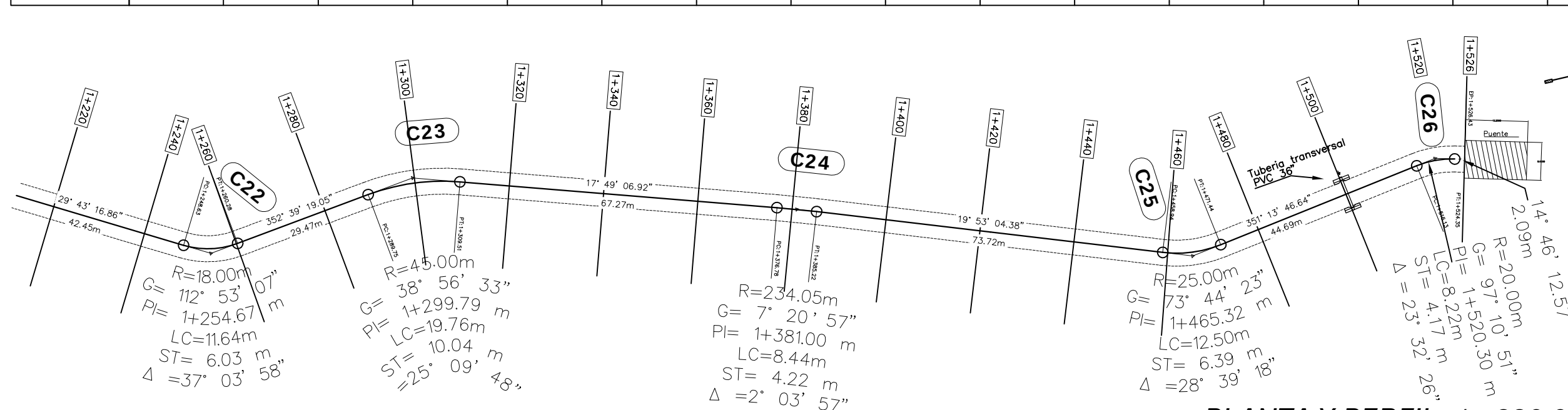
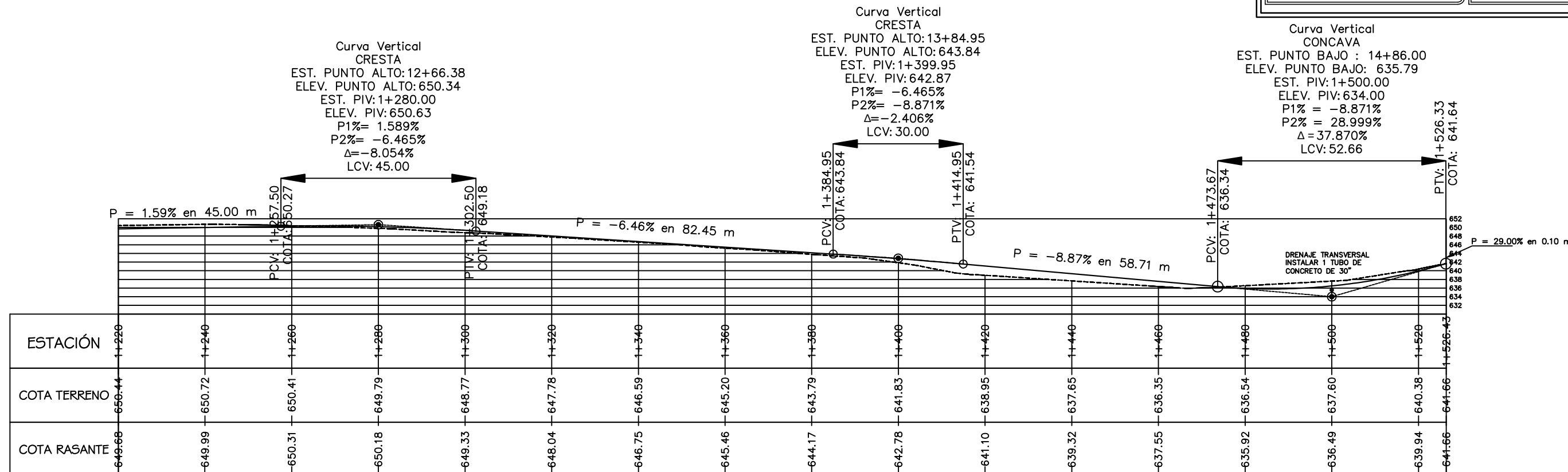
HOJA:
10
18

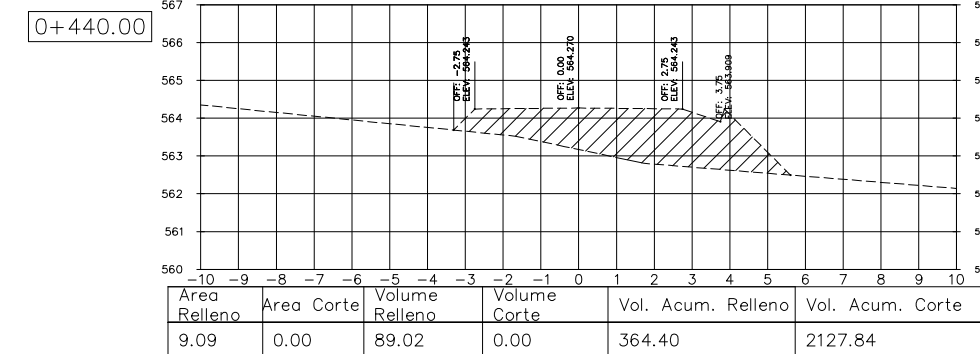
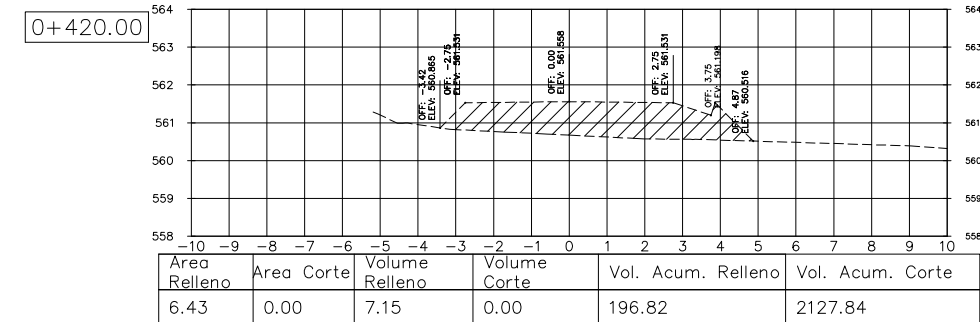
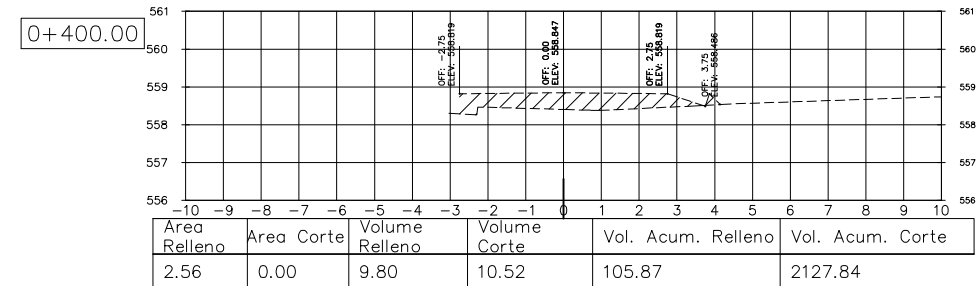
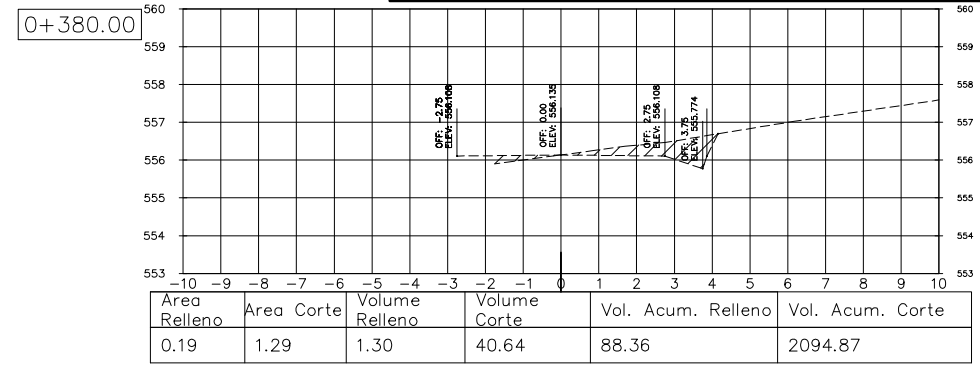
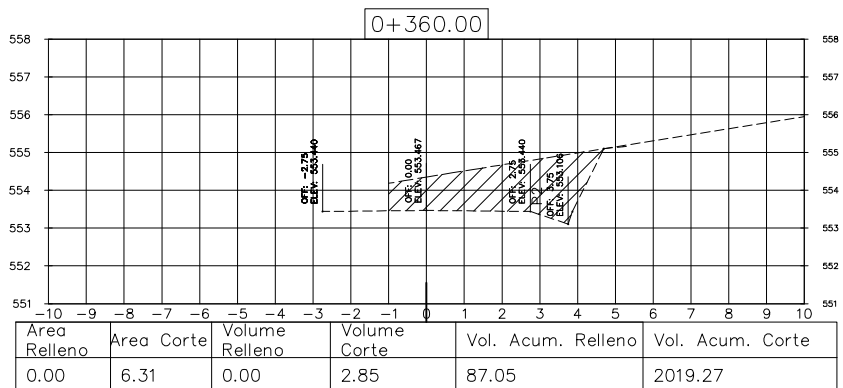
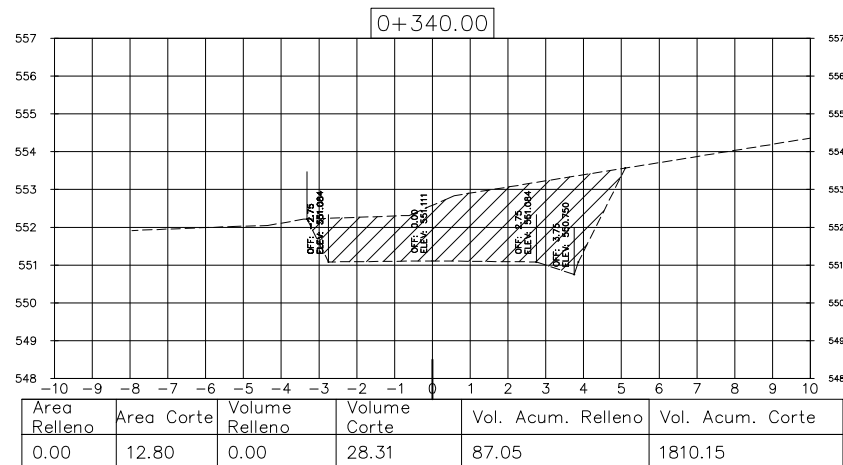
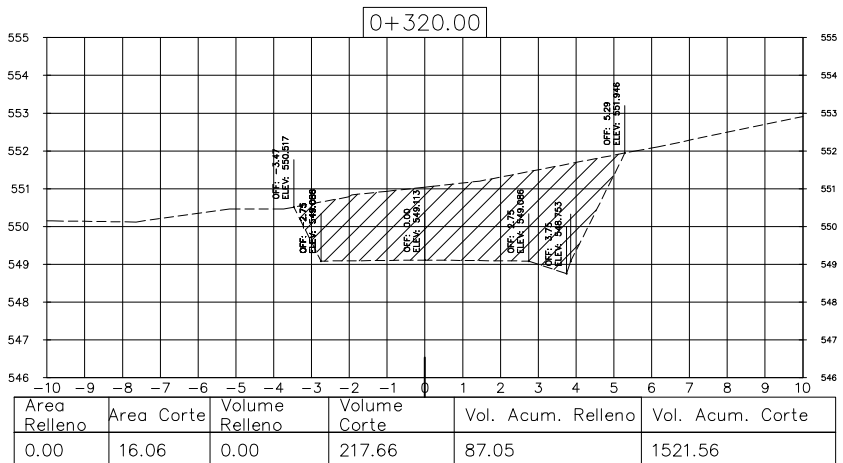
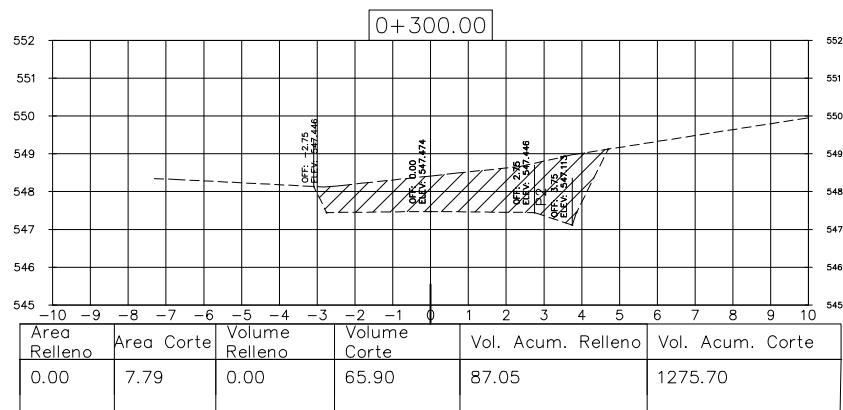
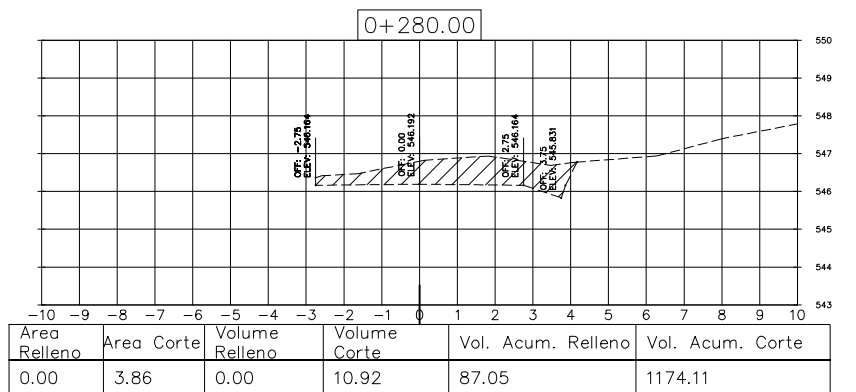
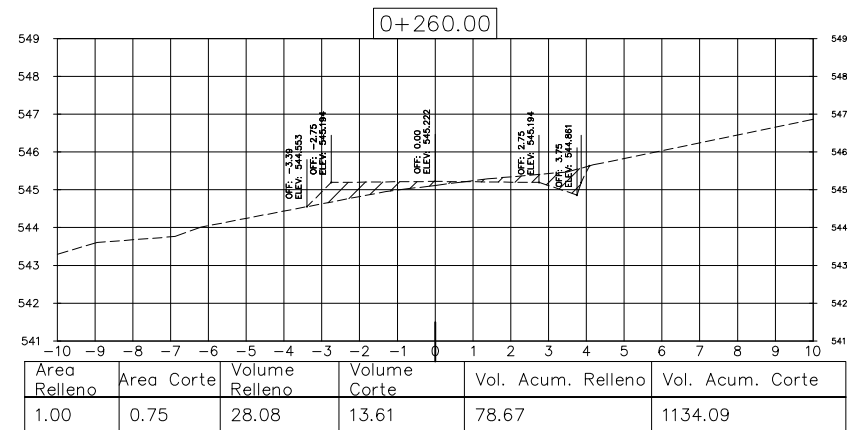
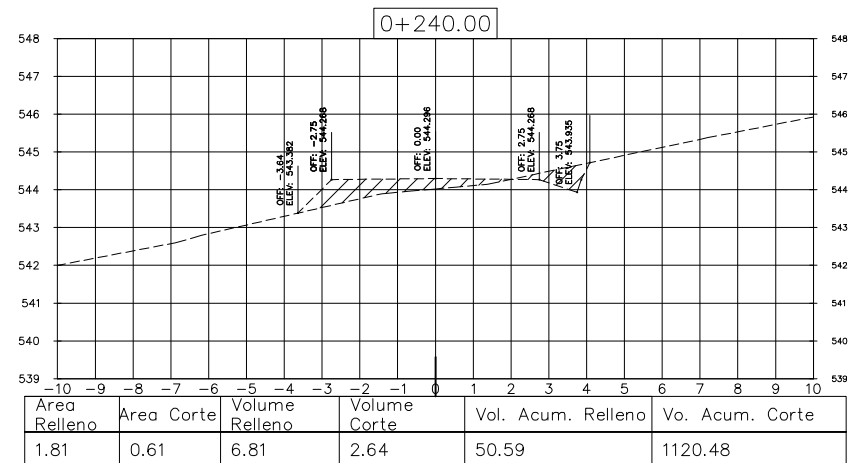
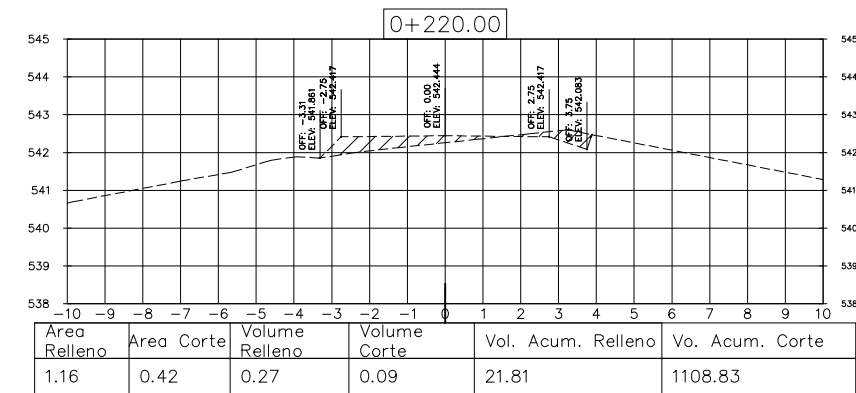
ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____

PERFIL LONGITUDINAL 5 INICIO 1+220.00 A 1+526.43 ESC.V:1000







CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO
CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES.

DIRECCIÓN: CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA SECCIONES TRANSVERSALES II

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

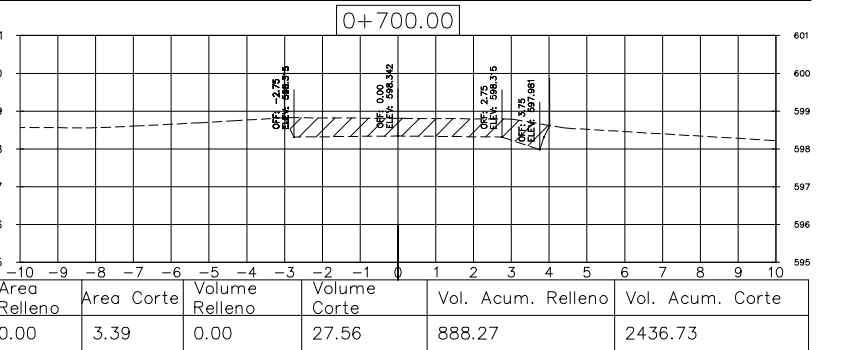
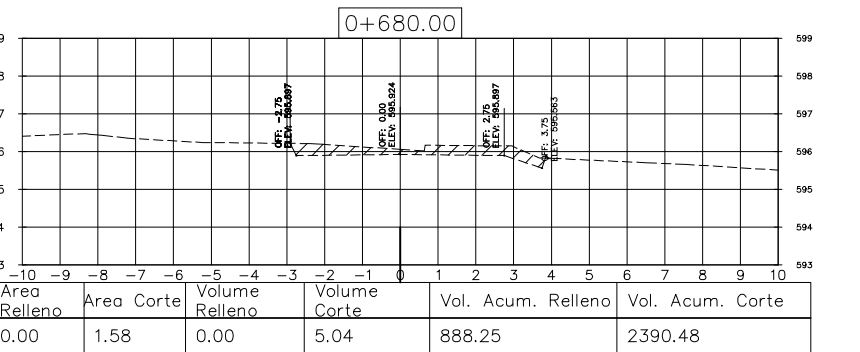
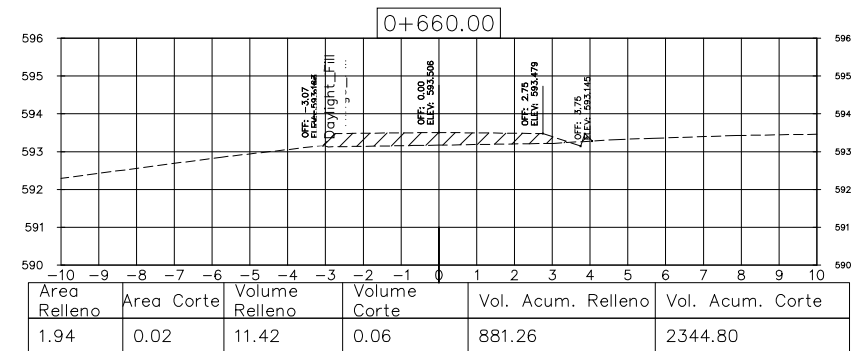
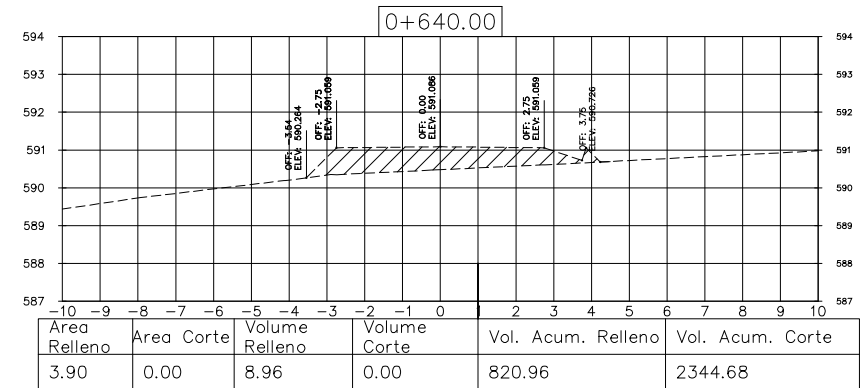
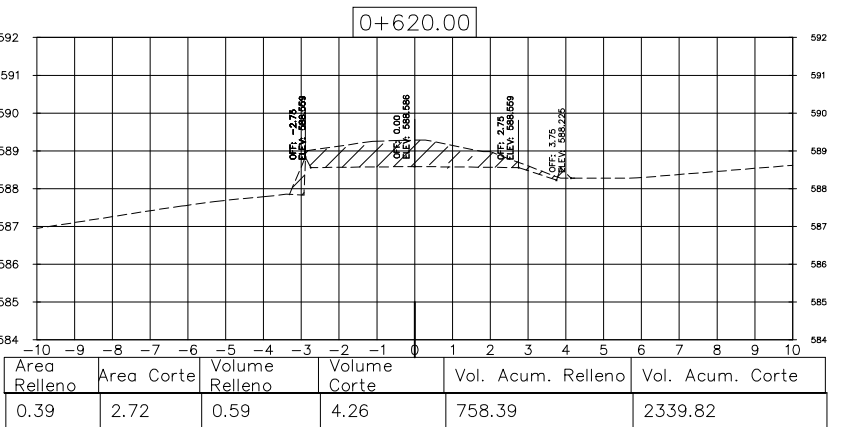
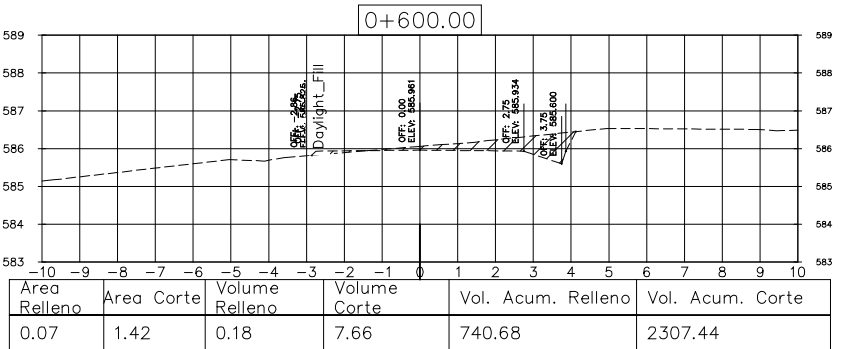
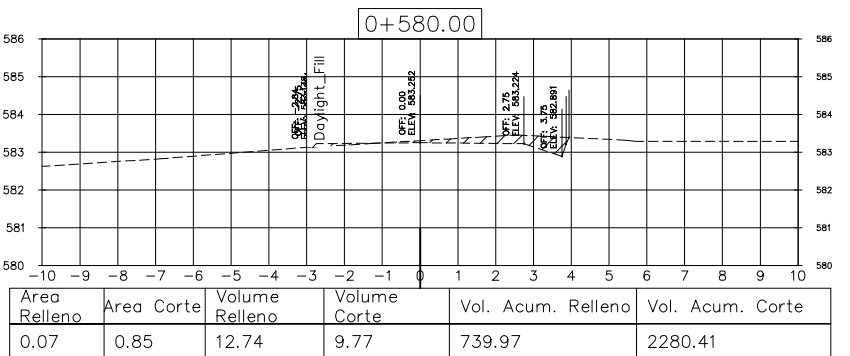
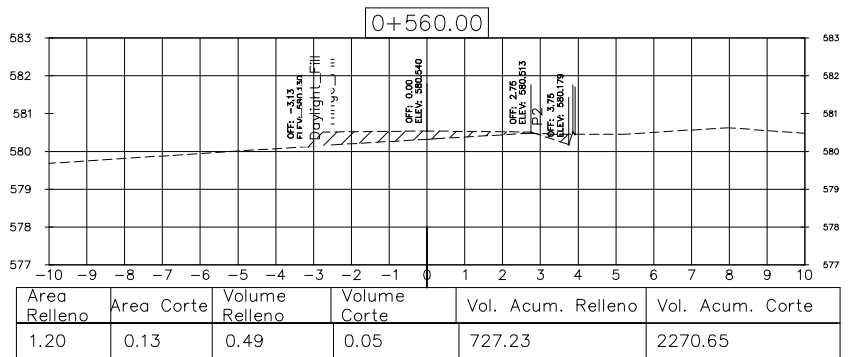
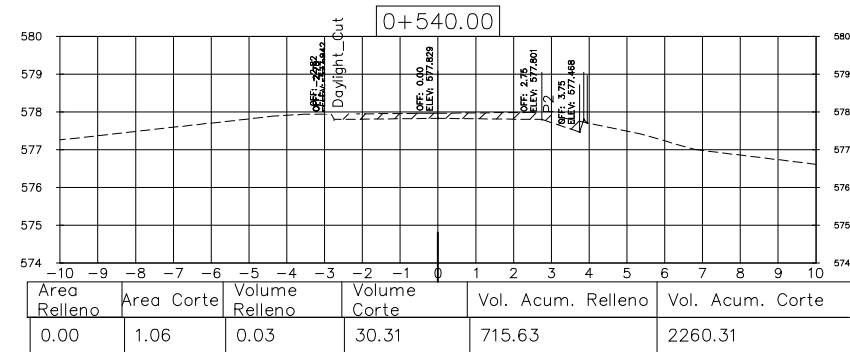
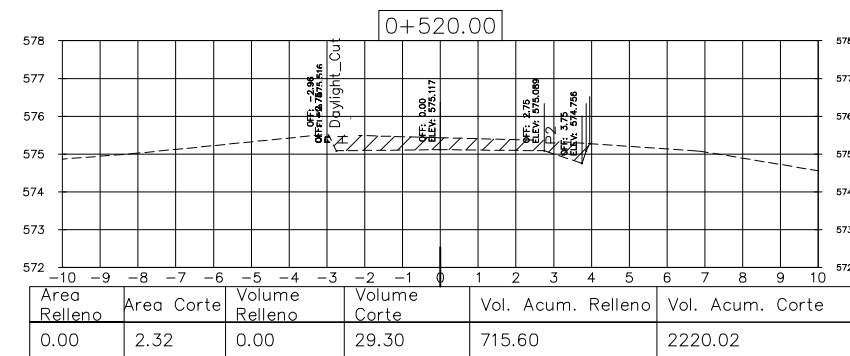
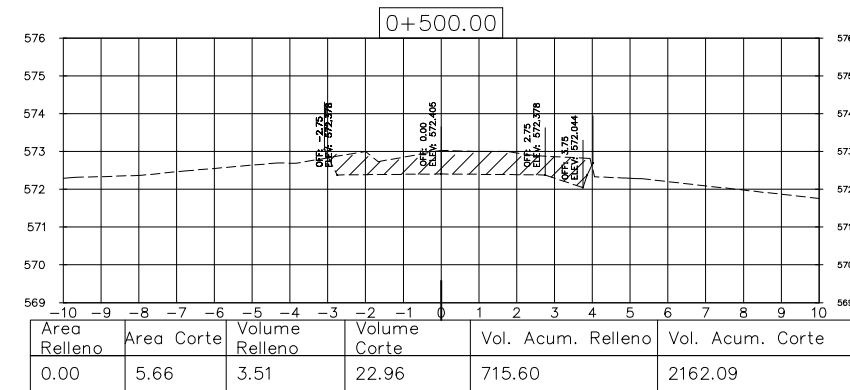
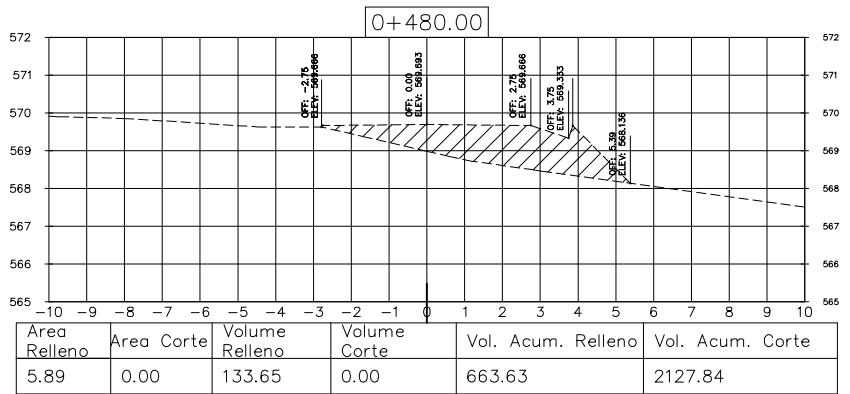
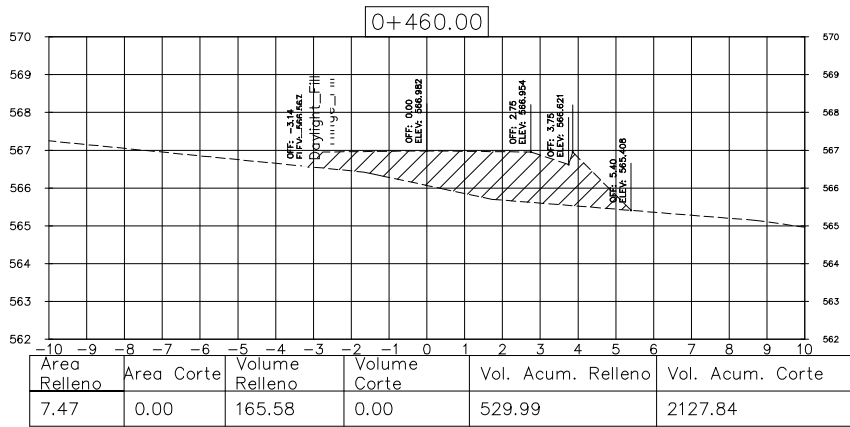
ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____

HOJA: 12/18

SECCIONES TRANSVERSALES II



SECCIONES TRANSVERSALES III

ESCALA: 1: 200



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.

DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA SECCIONES TRANSVERSALES III

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

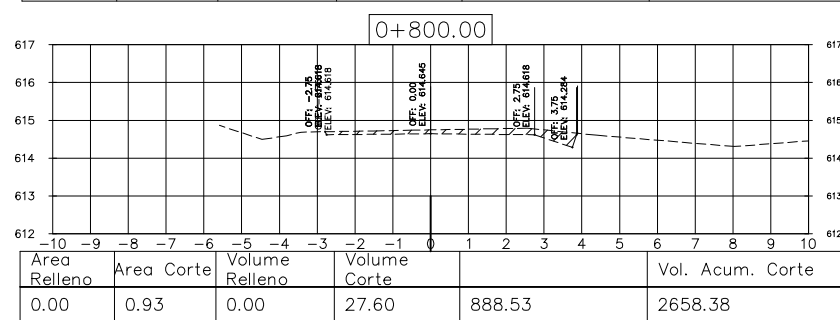
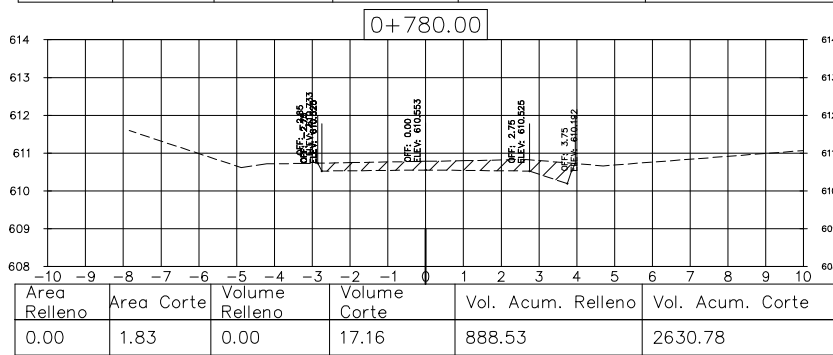
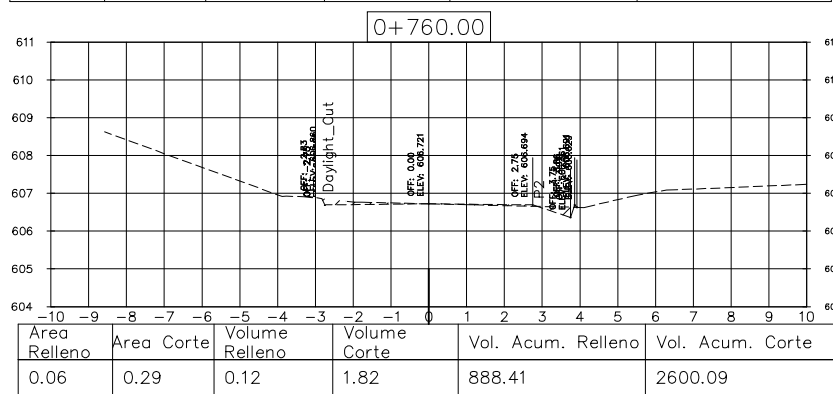
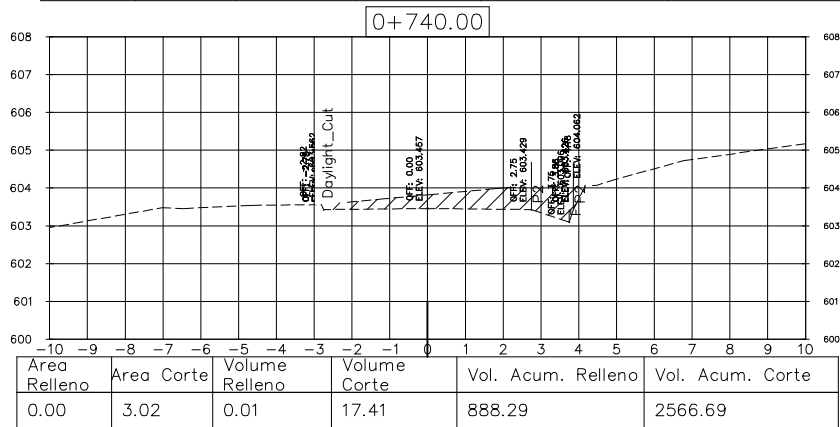
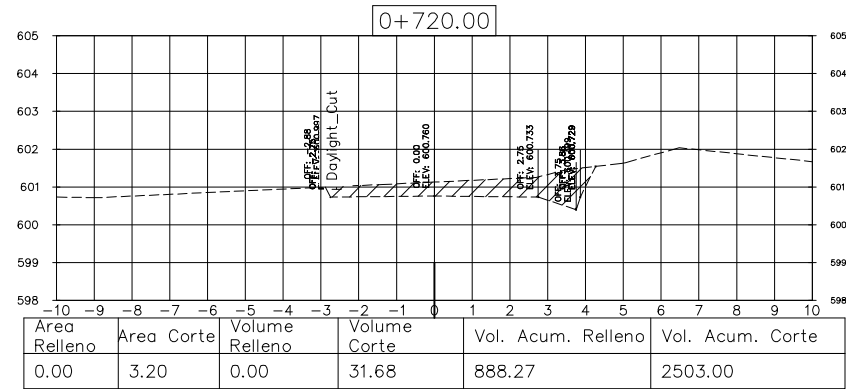
DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

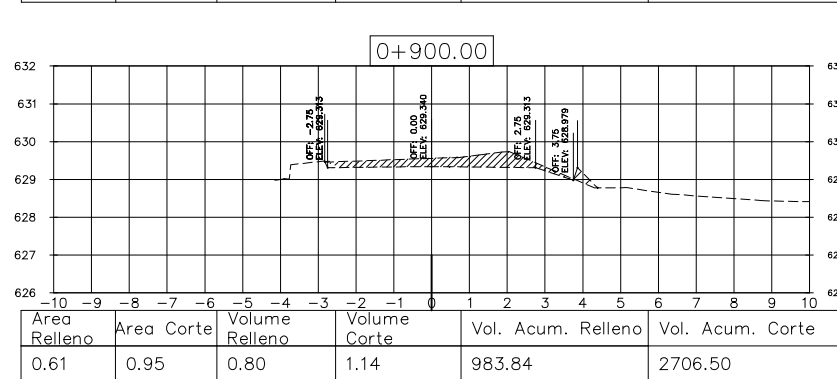
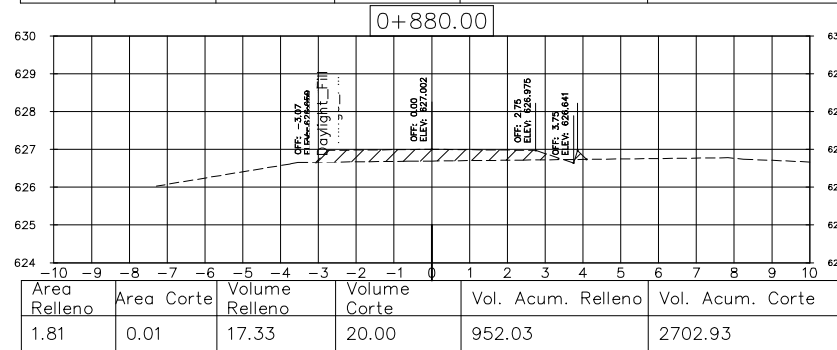
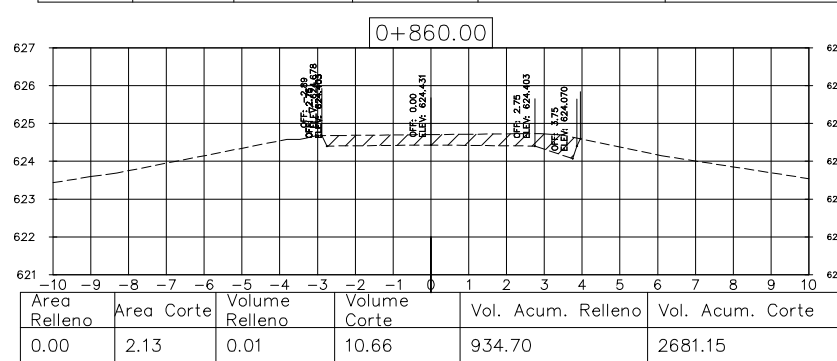
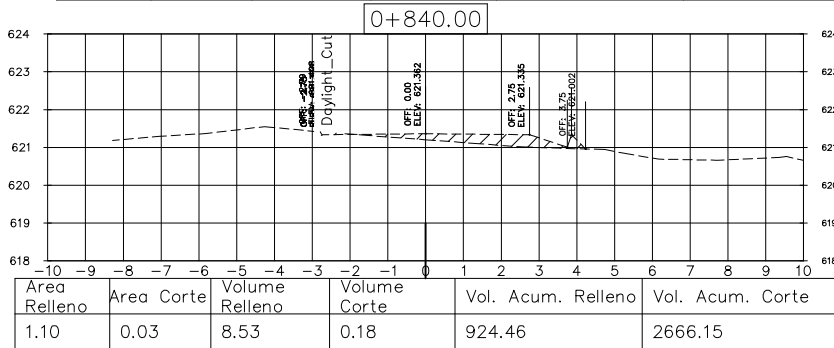
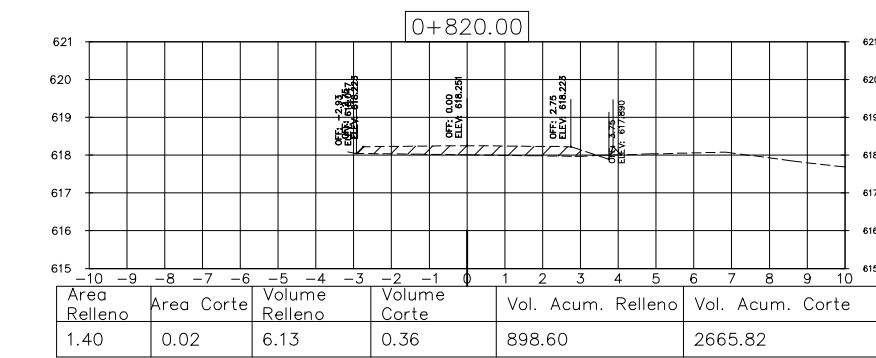
HOJA: 13/18

REVISÓ: _____

Va. Bo. _____



Vol. Acum. Relleno



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJON DE JONES.

DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJON DE JONES, RIO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA SECCIONES TRANSVERSALES IV

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

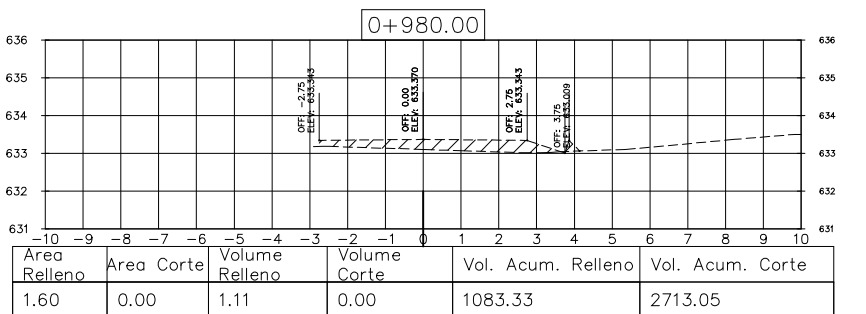
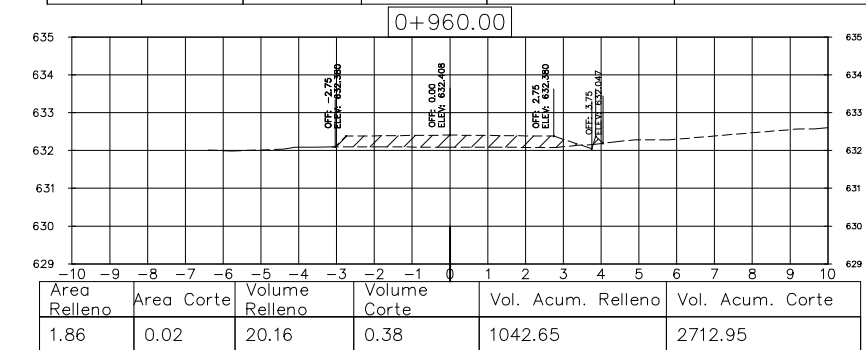
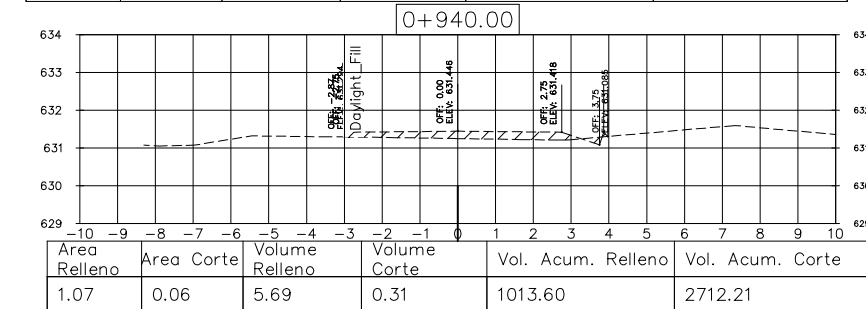
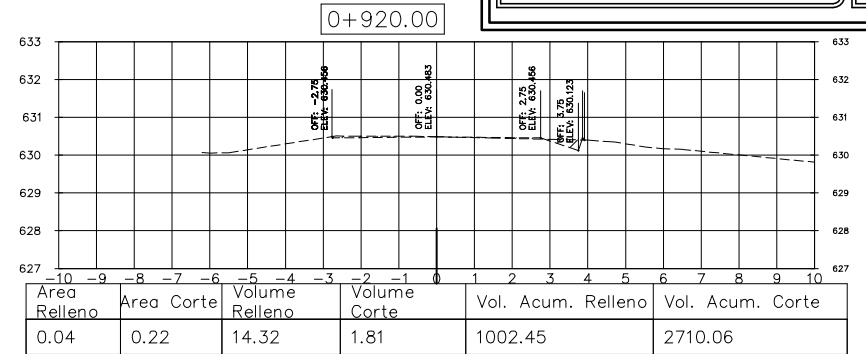
DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

HOJA: 14/18

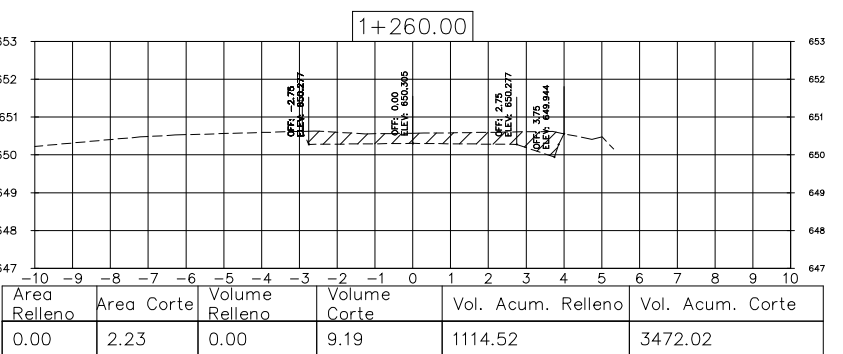
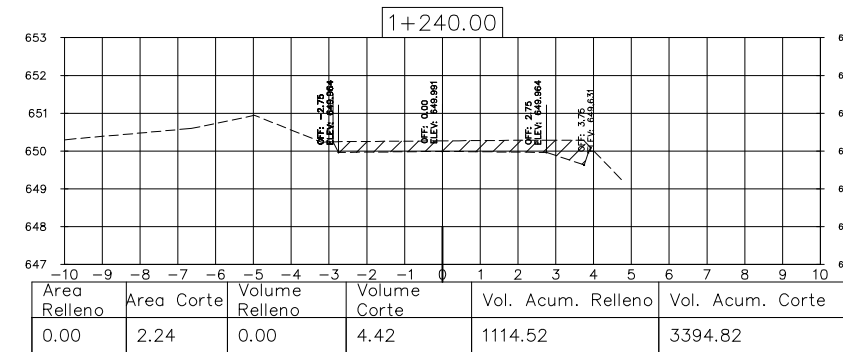
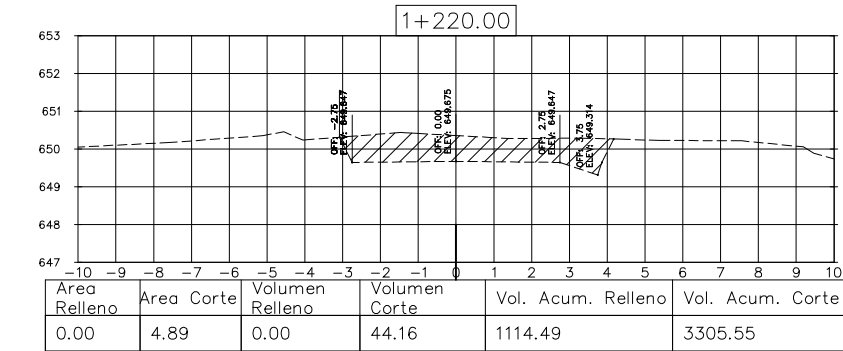
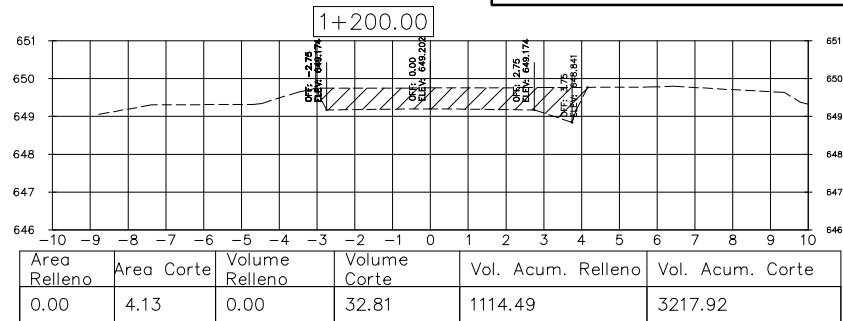
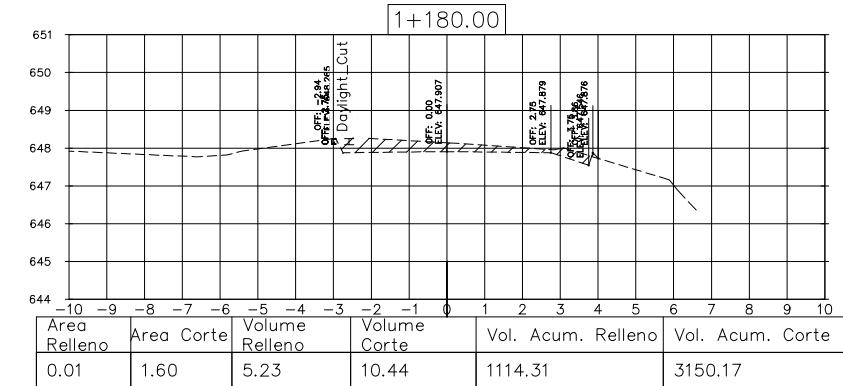
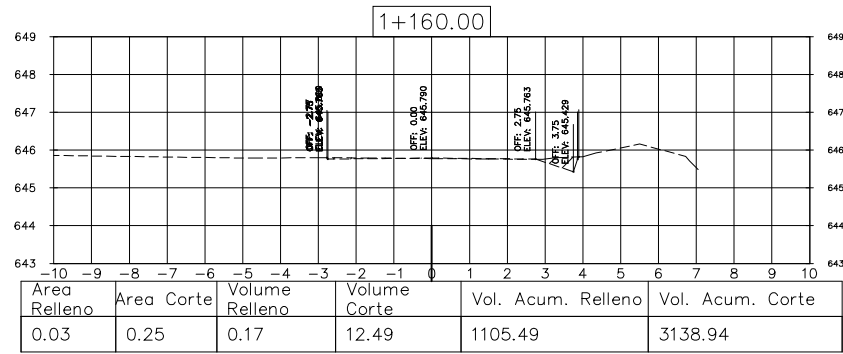
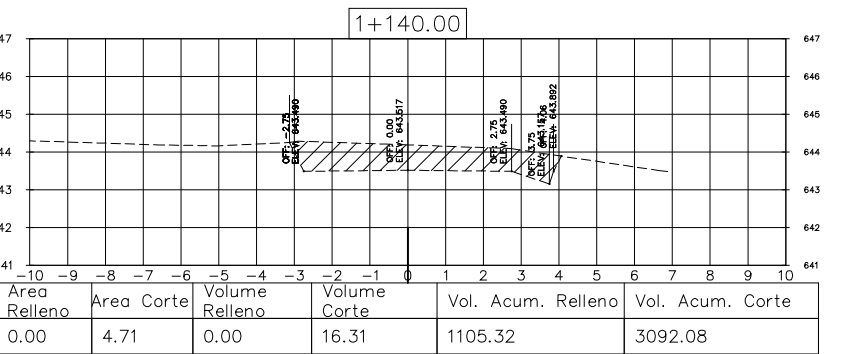
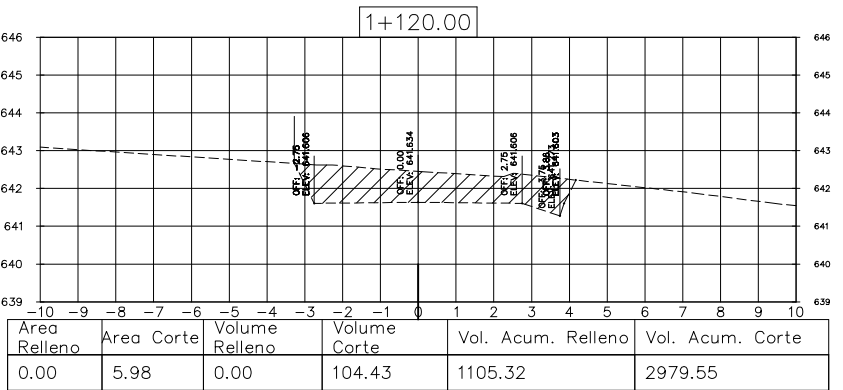
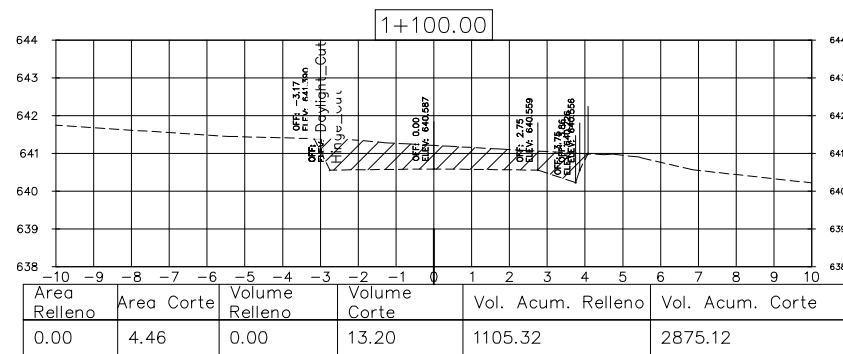
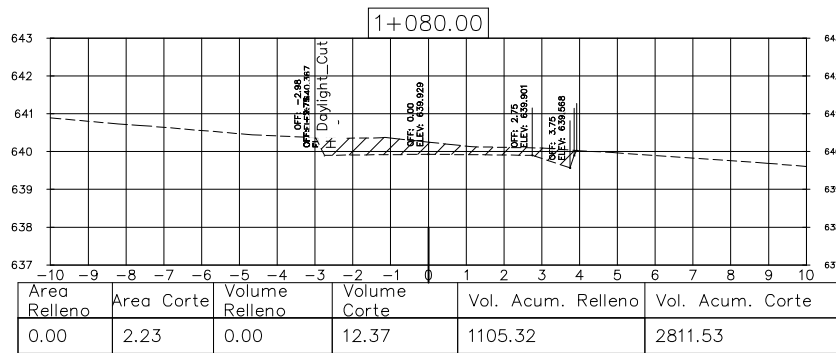
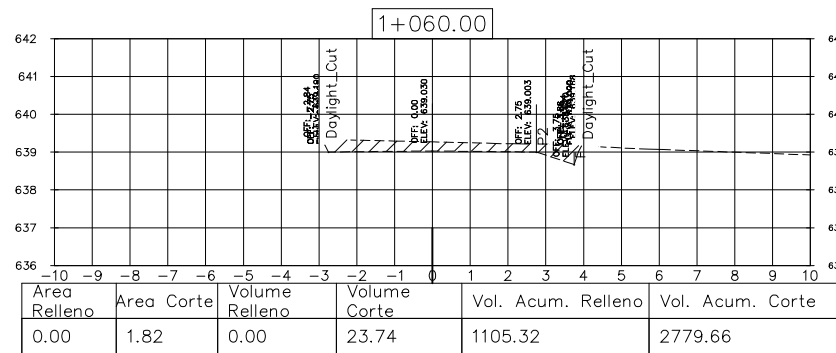
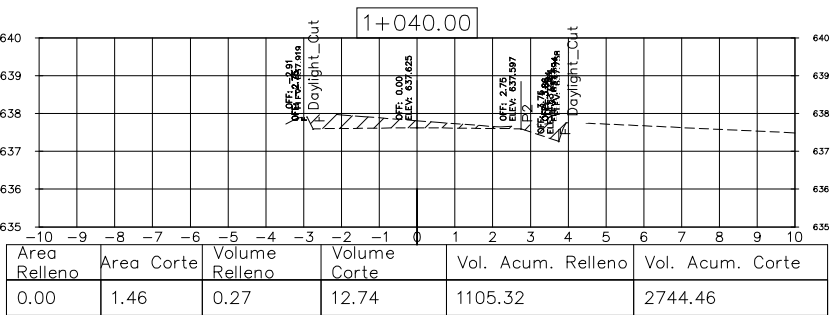
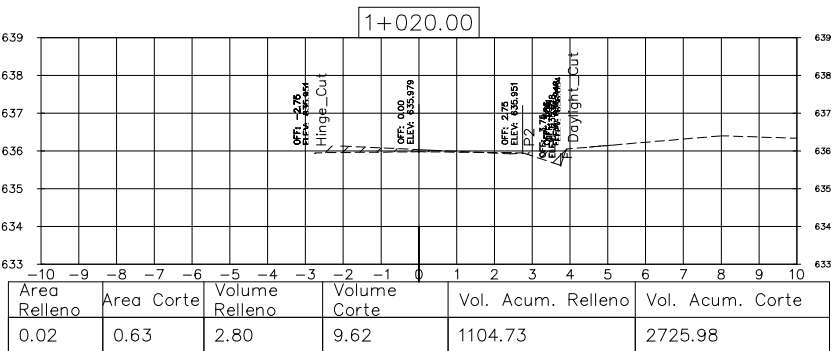
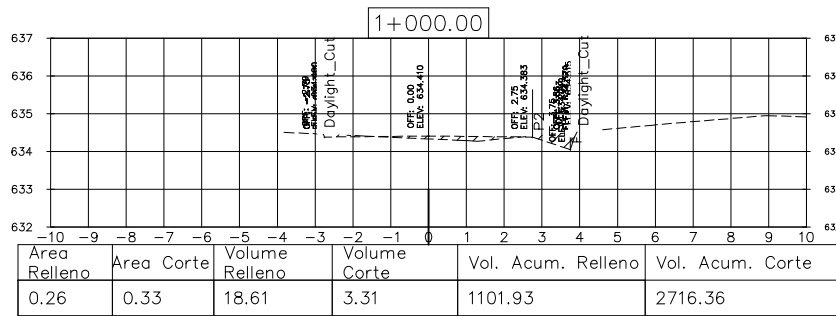
REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____



SECCIONES TRANSVERSALES IV

ESCALA: 1:200





CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.



HOJA:
15
14

DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA SECCIONES TRANSVERSALES V

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

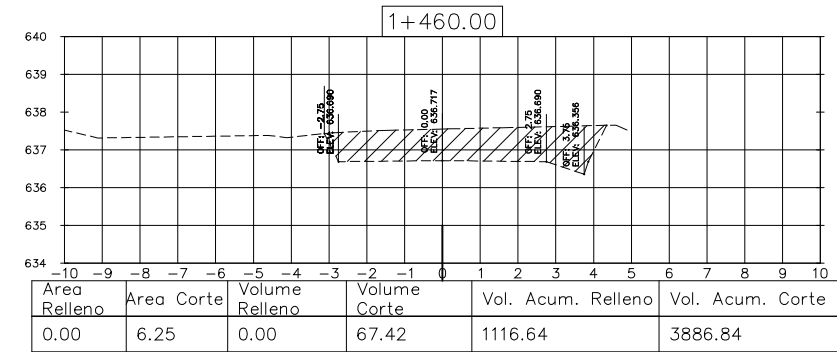
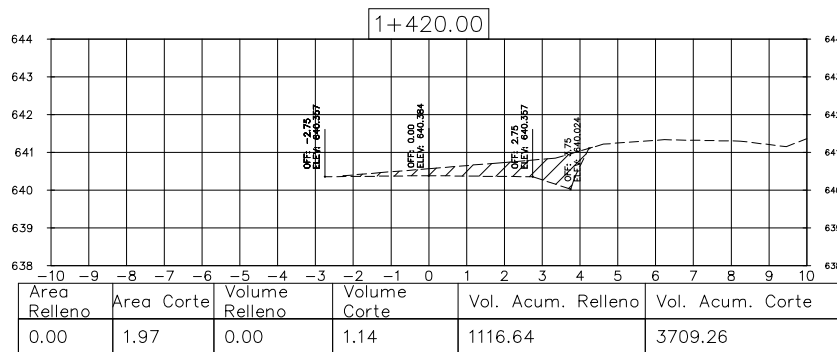
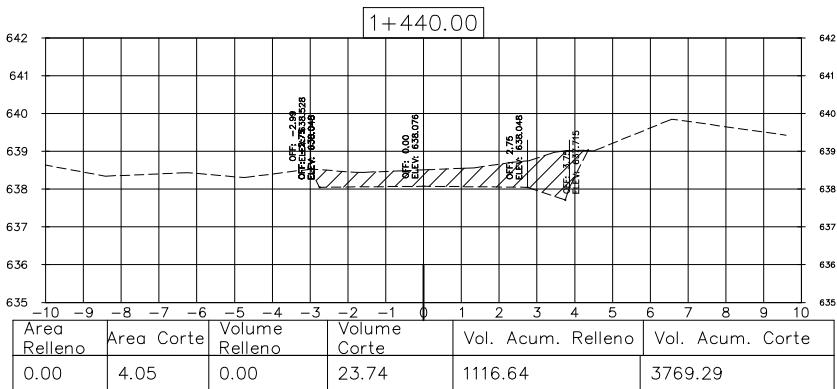
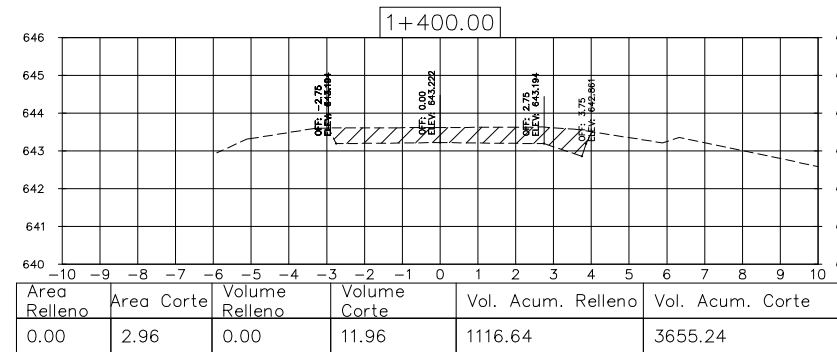
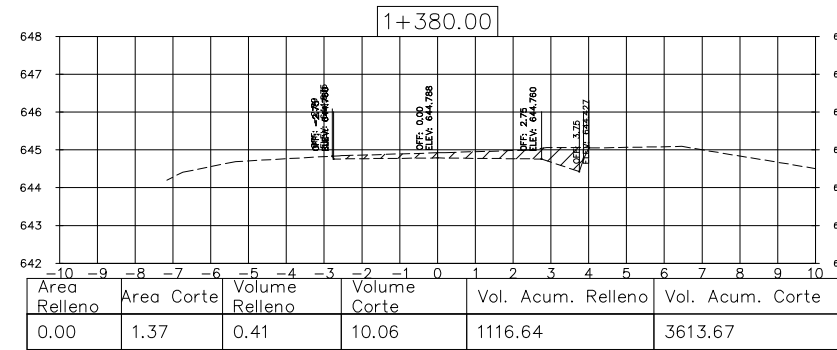
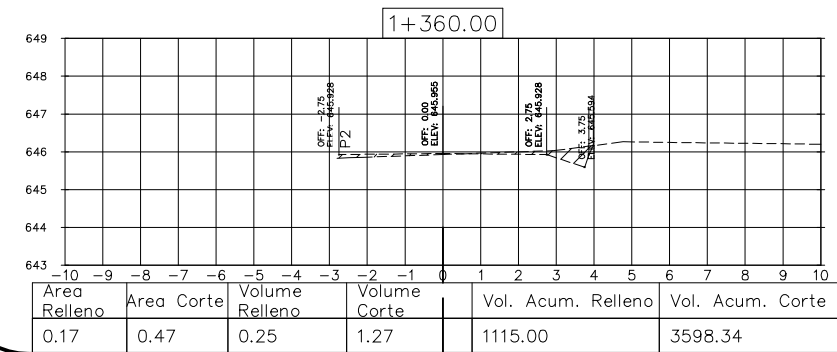
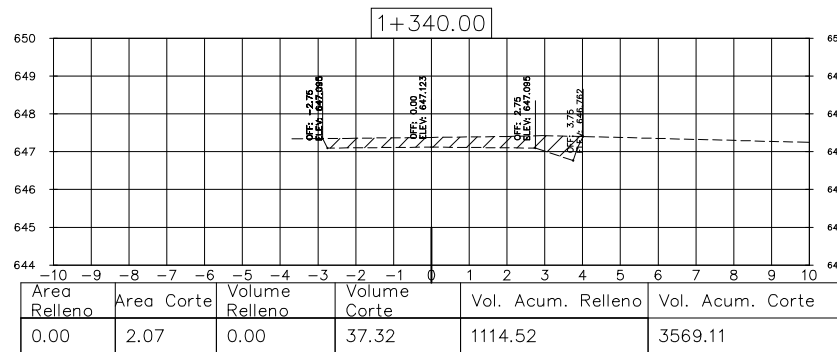
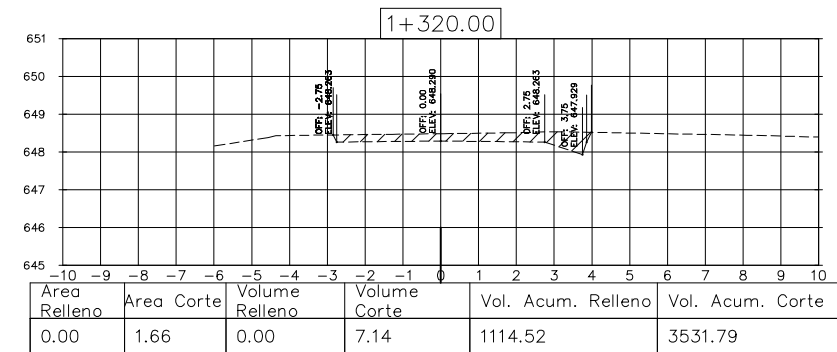
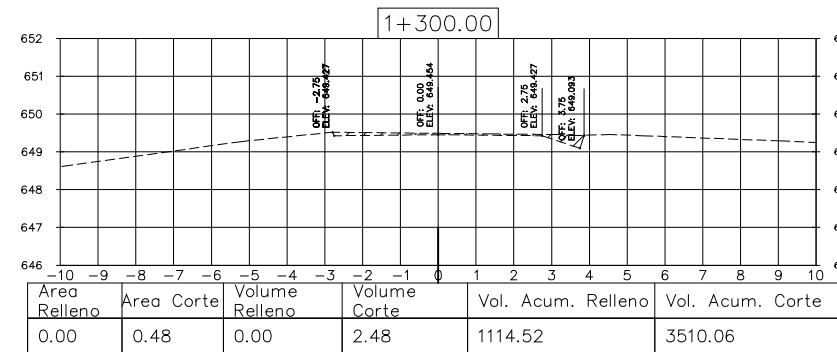
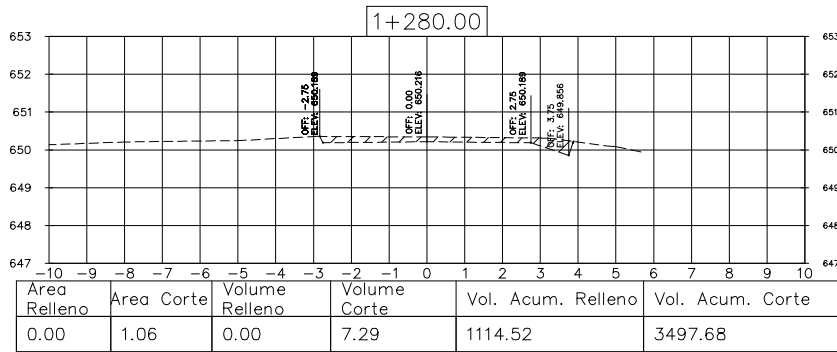
DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

SECCIONES TRANSVERSALES V





CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO
CARRETERA A CASERIO EL CAJÓN DE JONES.

DIRECCIÓN: CASERIO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: PLANTA SECCIONES TRANSVERSALES VI

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

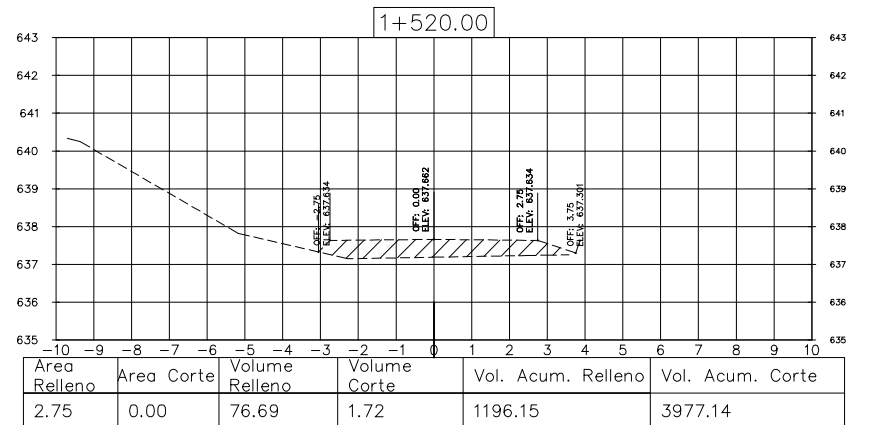
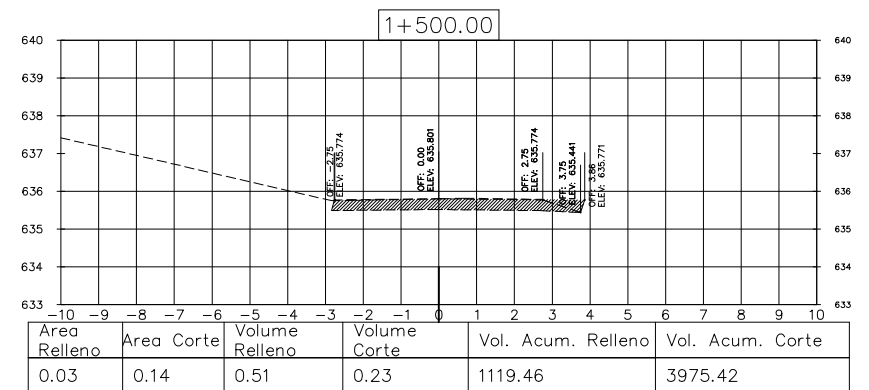
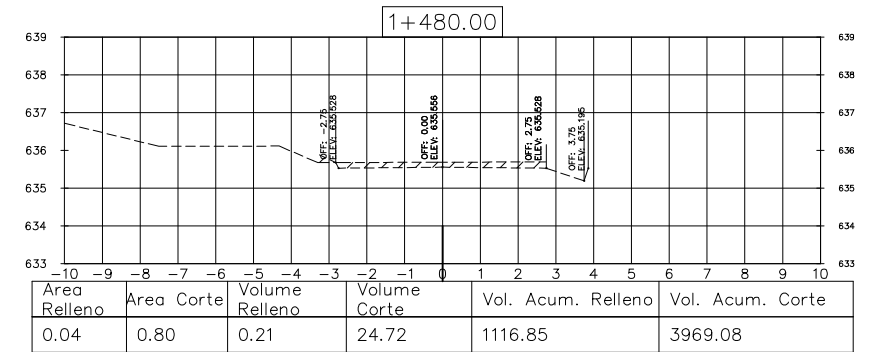
DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

HOJA: 16 18

ESCALA: INDICADA

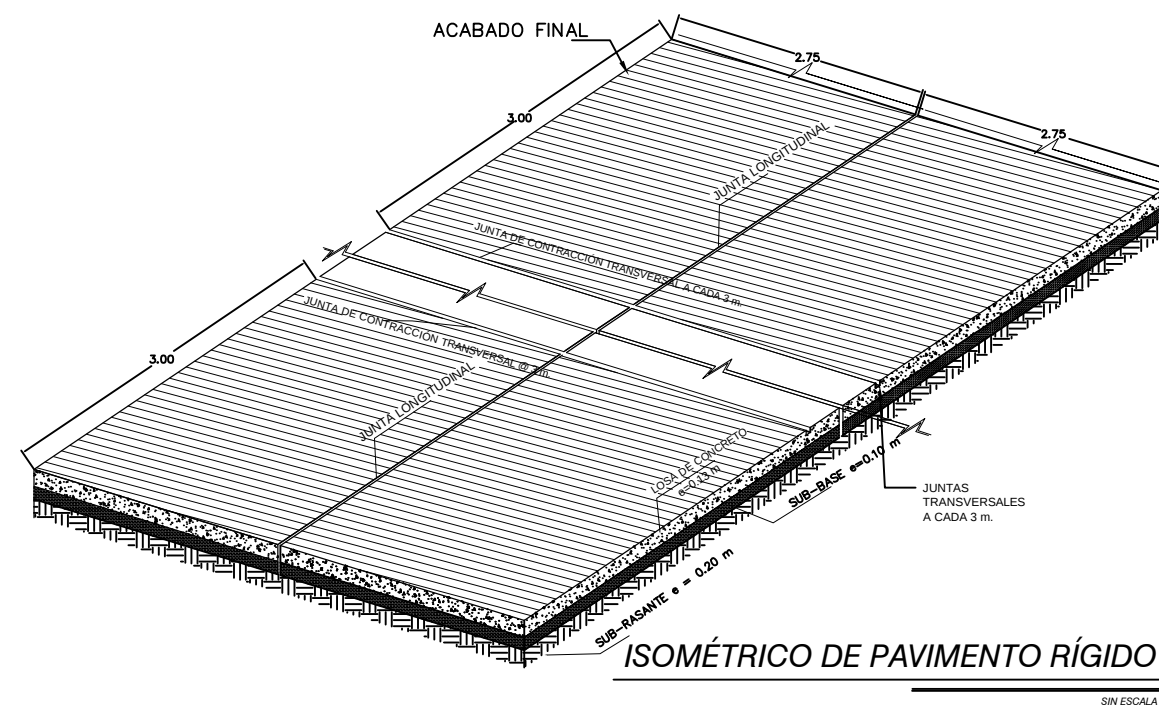
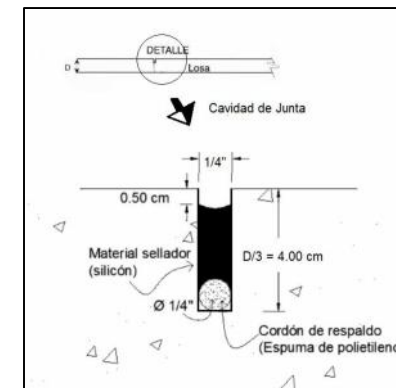
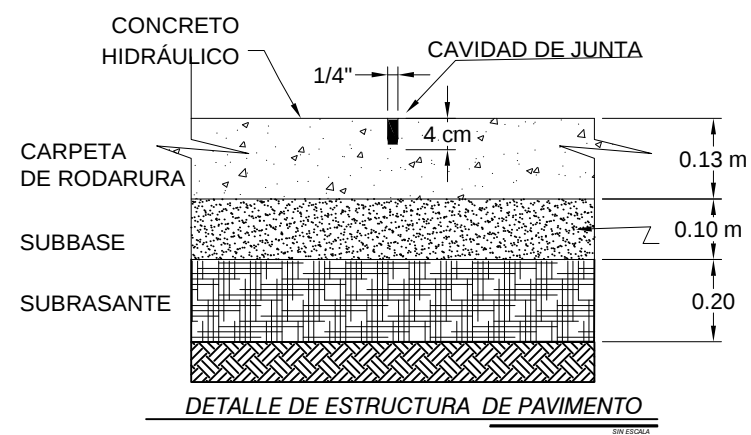
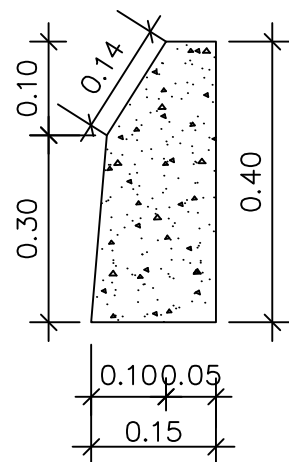
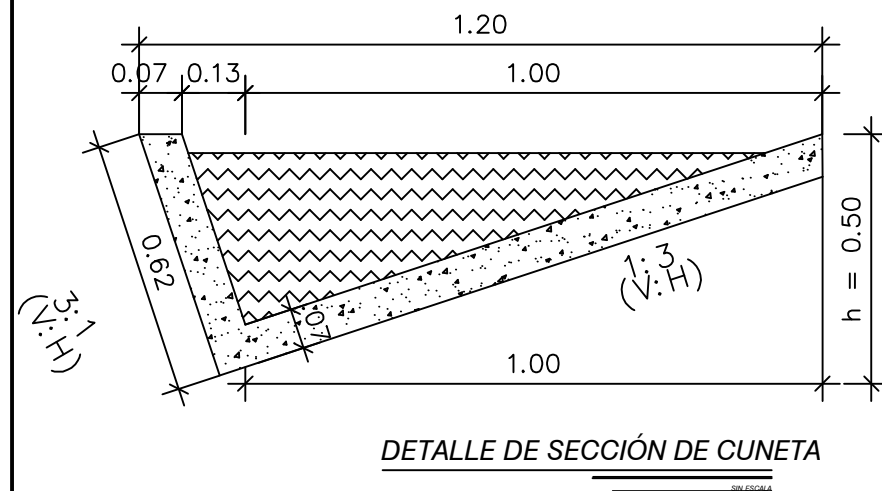
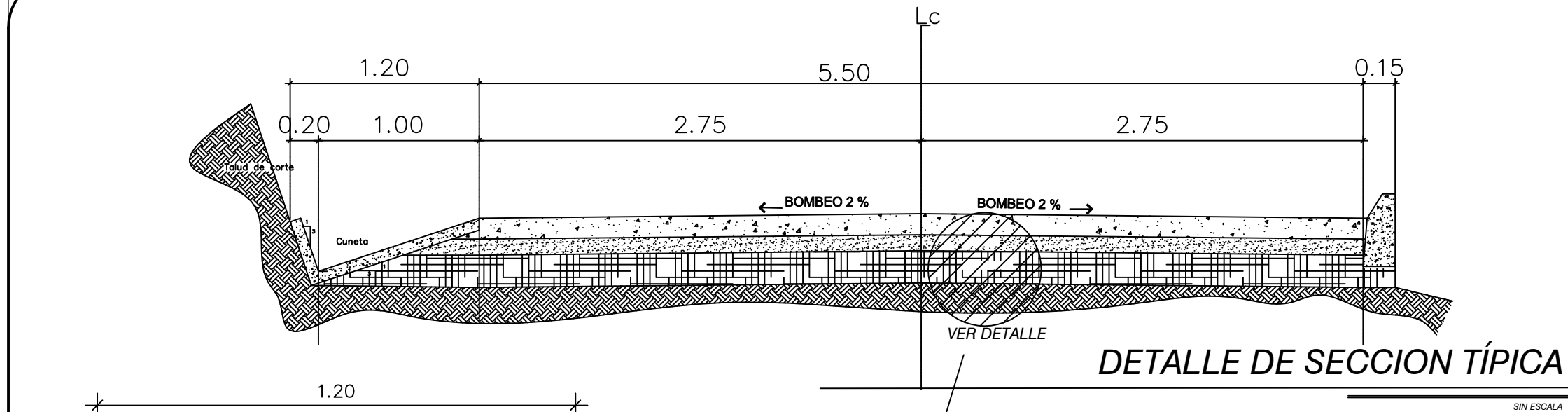
REVISÓ: _____

Va. Bo. _____



SECCIONES TRANSVERSALES VI

ESCALA: 1: 1, 000



ESPECIFICACIONES:

- El esesor de la carpeta de rodadura debe ser de 0.13 metros (13 cm) de concreto hidráulico con una resistencia $f'c = 4,000$ PSI (280 kg/cm²) a los 28 días de fraguado.
- Agregado grueso de 1" .
- Agregado fino tiene que se limpio y libre de materia inorgánica.
- Agua debe de estar limpia de sustancias que perjudiquen el concreto.
- Los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- El corte de todas las juntas, deberá ser de al menos un tercio del espesor de la losa 4 cm (D/3) y tener un ancho mínimo de 1/8 de pulgada (3 mm).
- El corte de las juntas deberá realizarse antes de 48 horas y antes de que cualquier equipo pesado o vehículo circule sobre el pavimento. Para la realización de juntas, se deben de aserrar en concreto endurecido.
- El sellado a utilizar en las juntas, debe ser sellador a base de silicona que cumpla con la norma ASTM-C920 o del tipo recomendado por los fabricantes.
- Acabado del pavimento, debe darse a la superficie un acabado por barrido con escoba, cepillo, lona, brin u otro elemento, de un ancho de 2 a 5 mm con una profundidad de 3 a 5 mm y la superficie terminada debe quedar sin irregularidades.
- Las Cunetas: el concreto debe tener una resistencia $f'c = 2,000$ PSI (140kg/cm²) a los 28 días de fraguado.
- Los Bordillos; deberán ser de concreto simple fundido in sitio, con una resistencia $f'c = 4,000$ PSI (280 kg/cm²) a los 28 días de fraguado.
- Se deben realizar juntas de dilatación a cada 9 m como máximo, éstas deben coincidir con las del pavimento, en las cunetas y bordillos.
- Para bordillos, se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia vertederos adecuadamente ubicados a una distancia de entre 50 y 100 metros. Para cunetas el desfogue debe ser a distancia de 200 m y 250 m como máximo.



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO
CARRETERA A CASERÍO EL CAJÓN DE JONES.



DIRECCIÓN: CASERÍO EL CAJÓN DE JONES, RÍO HONDO, ZACAPA

CONTENIDO: DRENAJE TRANSVERSAL

DISEÑO:
EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO:
EMILY E. VARGAS CERNA

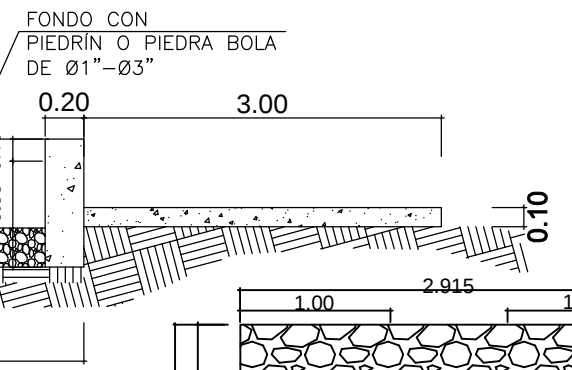
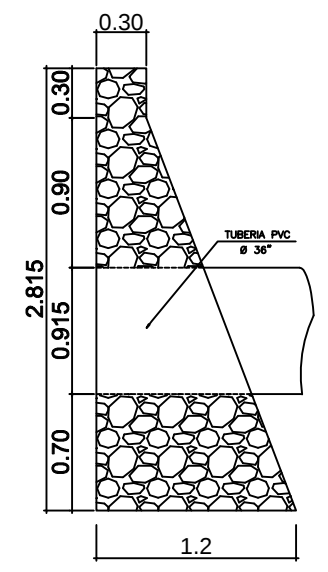
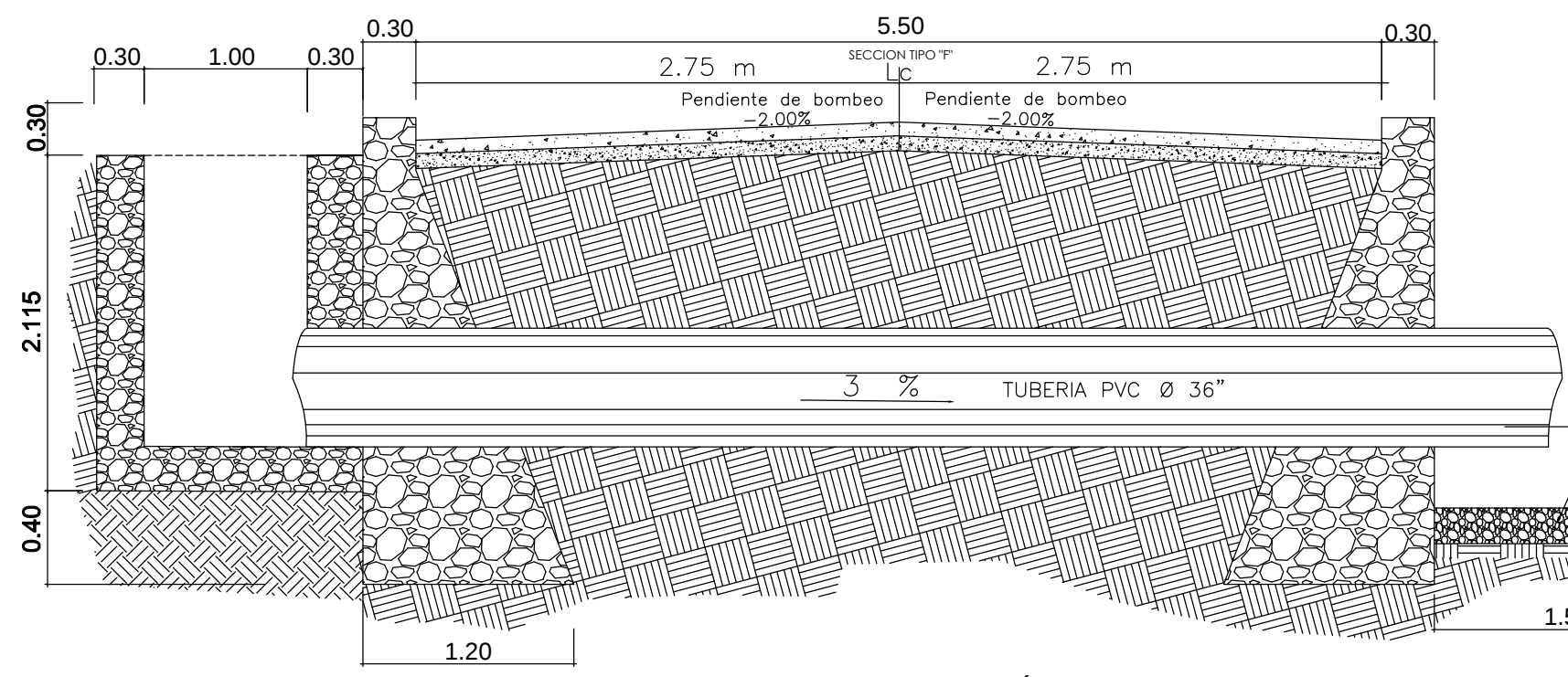
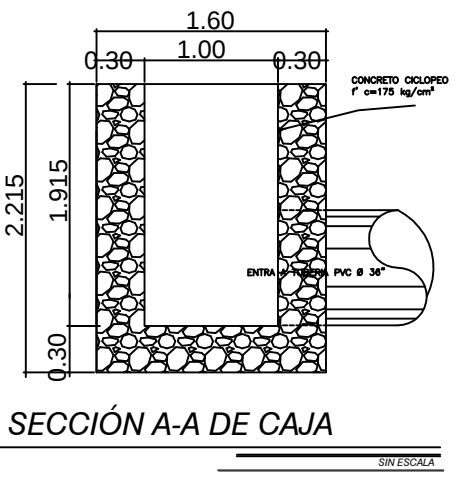
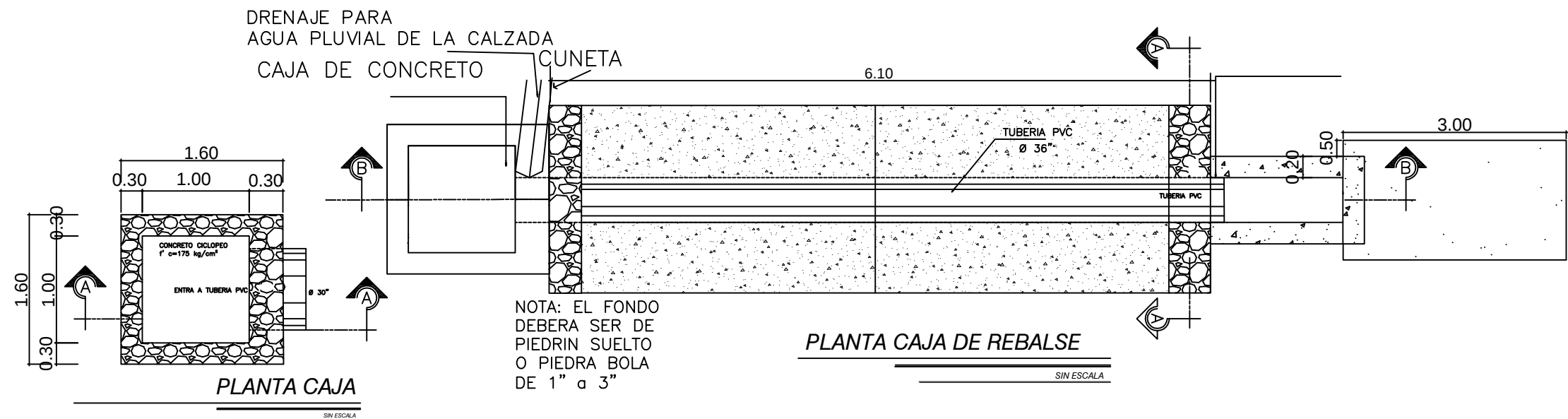
DIBUJO:
EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

HOJA:
18 / 18

REVISÓ: _____

Vo. Bo. _____

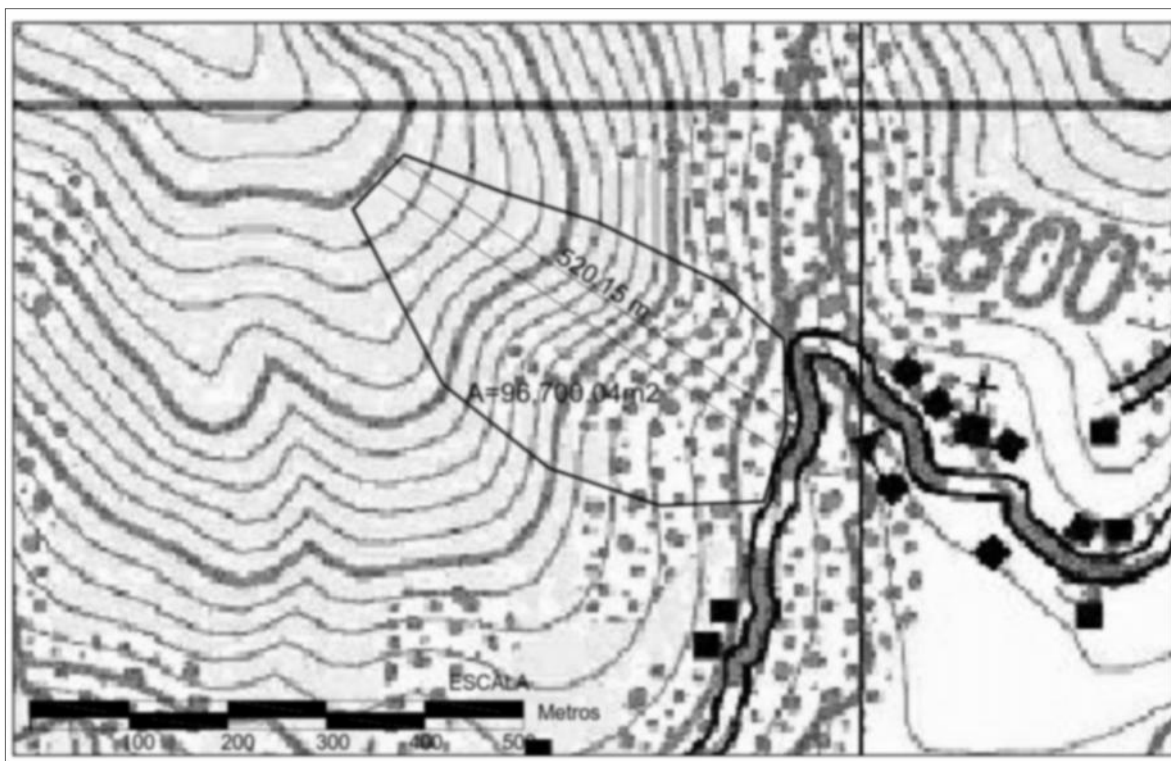


ESPECIFICACIONES:

- Los cabezales y cajas deben ser contruidos de concreto ciclópeo, con proporción de 70% piedra bola y 30% concreto.
- El concreto utilizado debe tener una resistencia f'c = 2,500 PSI (175 kg/cm2) a los 28 días de fraguado .
- 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 intemperie; no debe ser mayor a 300 mm (DGC).
- La piedra debe ser colocada cuidadosamente, sin dejarla caer o tirarla. Toda piedra antes de ser colocada debe limpiarse y mojarse con agua limpia, para evitar que la piedra absorba agua del concreto. Cada piedra debe estar rodeada de por lo menos 80 mm de concreto.
- El piedrín a utilizar debe ser de 1" y el agua debe estar limpia.

APÉNDICE C

Hoja cartográfica, delimitación de área tributaria carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo.



Fuente: elaboración propia. Escala gráfica.

APÉNDICE D

Tabla de elementos geométricos carretera a caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.

Tabla de elementos de curva														
No. Curva (PI)	Grado curvatura (G)	Dirección	Delta (Δ)	Radio (R)	Subtangente (ST)	Longitud de curva (LC)	External (e)	Cuerdda máxima (CM)	Ordenada media (OM)	Punto de intersección (PI)	Principio de curva (PC)	Principio de tangencia (PT)	Coordenada de PI (X)	Coordenada de PI (Y)
PI1	85° 56' 37"	335° 40' 44"	23° 43' 36"	20.00	4.20	8.28	0.44	8.22	0.43	0+022.60	0+018.40	0+026.68	991.76	1026.48
PI2	19° 05' 55"	317° 55' 08"	11° 47' 37"	90.00	9.30	18.53	0.48	18.49	0.48	0+067.36	0+058.06	0+076.59	965.27	1062.70
PI3	38° 11' 50"	325° 26' 56"	26° 51' 13"	45.00	10.74	21.09	1.26	20.90	1.23	0+161.62	0+150.88	0+171.97	895.19	1125.85
PI4	85° 56' 37"	317° 39' 00"	42° 27' 04"	20.00	7.77	14.82	1.46	14.48	1.36	0+222.87	0+215.10	0+229.92	872.98	1183.35
PI5	95° 29' 35"	311° 10' 37"	29° 30' 17"	18.00	4.74	9.27	0.61	9.17	0.59	0+278.85	0+274.11	0+283.38	822.20	1208.58
PI6	95° 29' 35"	304° 21' 03"	43° 09' 26"	18.00	7.12	13.56	1.36	13.24	1.26	0+318.80	0+311.68	0+325.24	799.71	1241.84
PI7	95° 29' 35"	298° 41' 34"	31° 50' 28"	18.00	5.13	10.00	0.72	9.87	0.69	0+360.02	0+354.89	0+364.89	758.84	1251.11
PI9	85° 56' 37"	27° 46' 03"	56° 59' 18"	20.00	10.86	19.89	2.76	19.08	2.42	0+498.40	0+487.54	0+507.43	792.70	1343.63
PI10	68° 45' 18"	348° 09' 26"	22° 13' 56"	25.00	4.91	9.70	0.48	9.64	0.47	0+553.02	0+548.11	0+557.81	791.98	1400.07
PI11	28° 38' 52"	333° 48' 34"	6° 27' 49"	60.00	3.39	6.77	0.10	6.77	0.10	0+592.12	0+588.73	0+595.50	776.69	1436.18
PI12	95° 29' 35"	353° 39' 56"	46° 10' 33"	18.00	7.67	14.51	1.57	14.12	1.44	0+656.31	0+648.64	0+663.15	745.15	1492.10
PI13	95° 29' 35"	357° 07' 27"	39° 15' 30"	18.00	6.42	12.33	1.11	12.09	1.05	0+698.36	0+691.94	0+704.27	757.51	1533.16
PI14	24° 33' 19"	346° 59' 59"	19° 00' 33"	70.00	11.72	23.22	0.97	23.12	0.96	0+744.80	0+733.08	0+756.30	739.54	1576.54
PI15	95° 29' 35"	9° 19' 45"	25° 38' 58"	18.00	4.10	8.06	0.46	7.99	0.45	0+818.88	0+814.79	0+822.84	735.01	1650.70
PI16	95° 29' 35"	8° 53' 34"	26° 31' 20"	18.00	4.24	8.33	0.49	8.26	0.48	0+851.48	0+847.24	0+855.57	747.35	1681.02
PI17	32° 16' 50"	6° 18' 26"	21° 21' 03"	53.25	10.04	19.84	0.94	19.73	0.92	0+895.82	0+885.78	0+905.62	743.97	1725.38
PI18	42° 58' 19"	24° 28' 17"	14° 58' 39"	40.00	5.26	10.46	0.34	10.43	0.34	0+972.40	0+967.14	0+977.60	766.40	1798.84
PI19	17° 11' 19"	40° 38' 13"	17° 21' 15"	100.00	15.26	30.29	1.16	30.17	1.14	1+057.17	1+041.91	1+072.20	811.30	1870.81
PI20	38° 11' 50"	30° 41' 45"	37° 14' 12"	45.00	15.16	29.25	2.49	28.73	2.36	1+126.35	1+111.19	1+140.43	863.94	1916.07
PI21	29° 21' 18"	20° 53' 58"	17° 38' 38"	58.55	9.09	18.03	0.70	17.96	0.69	1+197.24	1+188.15	1+206.18	879.00	1986.44
PI22	95° 29' 35"	11° 11' 18"	37° 03' 58"	18.00	6.03	11.64	0.98	11.44	0.93	1+254.67	1+248.63	1+260.28	907.54	2036.44
PI23	38° 11' 50"	5° 14' 13"	25° 09' 48"	45.00	10.04	19.76	1.11	19.60	1.08	1+299.79	1+289.75	1+309.51	901.72	2081.61
PI24	7° 20' 39"	18° 51' 06"	2° 03' 57"	234.05	4.22	8.44	0.04	8.44	0.04	1+381.00	1+376.78	1+385.22	926.67	2159.24
PI25	68° 45' 18"	5° 33' 26"	28° 39' 18"	25.00	6.39	12.50	0.80	12.37	0.78	1+465.32	1+458.94	1+471.44	955.35	2238.53
PI26	85° 56' 37"	3° 00' 00"	23° 32' 26"	20.00	4.17	8.22	0.43	8.16	0.42	1+520.30	1+516.13	1+524.35	946.93	2293.12

APÉNDICE E

Tabla E. Libreta topográfica, Diseño sistema alcantarillado sanitario barrio
Los Marines, Río Hondo, Zacapa.

LIBRETA TOPOGRÁFICA						
Est.	P.O.	Azimut			D.H. (m)	Cota
E-0			⊗			100.00
	1	339	46	10	29.5916	101.08
	2	336	6	20	17.9894	100.14
	3	294	50	12	3.9031	99.97
	4	2	32	28	6.5552	100.04
	5	261	47	5	16.3201	99.44
	6	254	45	20	41.8882	98.42
	7	252	3	13	29.8847	98.72
	8	203	21	25	3.5260	100.07
	9	117	41	14	5.1681	100.17
	10	151	25	8	21.1956	100.89
	11	157	18	6	22.7948	100.92
	12	142	34	12	21.9954	100.90
	13	150	12	29	37.9299	102.21
E-0	E-1	142	17	30	51.8820	103.05
	14	156	56	20	7.1814	104.04
	15	96	41	13	7.1999	103.65
	16	124	25	25	21.9267	104.94
	17	112	48	12	17.9470	104.65
	18	137	33	28	21.0961	105.16
	19	124	28	15	31.8535	105.84
	20	114	51	27	29.8640	105.69
E-1	E-2	119	39	5	34.8449	106.00
	21	142	52	16	15.9534	107.44
	22	149	38	27	18.9174	107.83
	23	148	31	30	35.8621	108.80
	24	147	48	18	40.2263	109.22
	25	139	35	5	46.8080	109.58

Continuación Tabla E1.

E-2	E-3	138	6	15	78.2328	110.20
	26	320	51	21	11.5999	110.73
	27	39	46	13	1.4435	110.29
	28	125	20	7	22.7196	109.41
	29	125	20	11	47.9713	109.59
	30	122	52	24	82.5959	110.18
E-3	E-4	122	59	30	104.7956	110.09
	31	291	44	13	24.3912	111.12
	32	105	25	13	22.1529	109.63
	33	116	3	21	25.6657	108.79
	34	115	58	30	35.2328	108.22
	35	115	2	5	45.8265	107.83
	36	112	43	14	57.8069	107.31
	37	110	50	9	68.8208	107.14
	38	108	0	10	75.7979	106.74
	39	110	21	39	93.6645	105.05
E-4	E-5	107	44	0	94.0640	105.03
	40	109	21	17	31.4368	101.34
	41	113	16	23	37.5748	101.55
E-5	E-6	105	59	13	79.7968	101.52
	42	97	11	29	43.9951	102.56
	43	91	35	12	73.5625	103.75
E-6	E-7	91	17	7	71.9630	103.72
	44	63	43	27	11.1993	104.18
	45	82	28	30	13.5854	104.72
	46	75	57	18	24.7173	105.70
	47	69	25	5	51.6905	108.27
	48	65	44	13	51.7200	108.08
E-7	E-8	68	25	10	70.0201	109.43
	49	101	13	14	11.5871	110.39
	50	92	53	9	29.8421	112.17
	51	90	1	10	41.8530	112.48

Continuación Tabla E1.

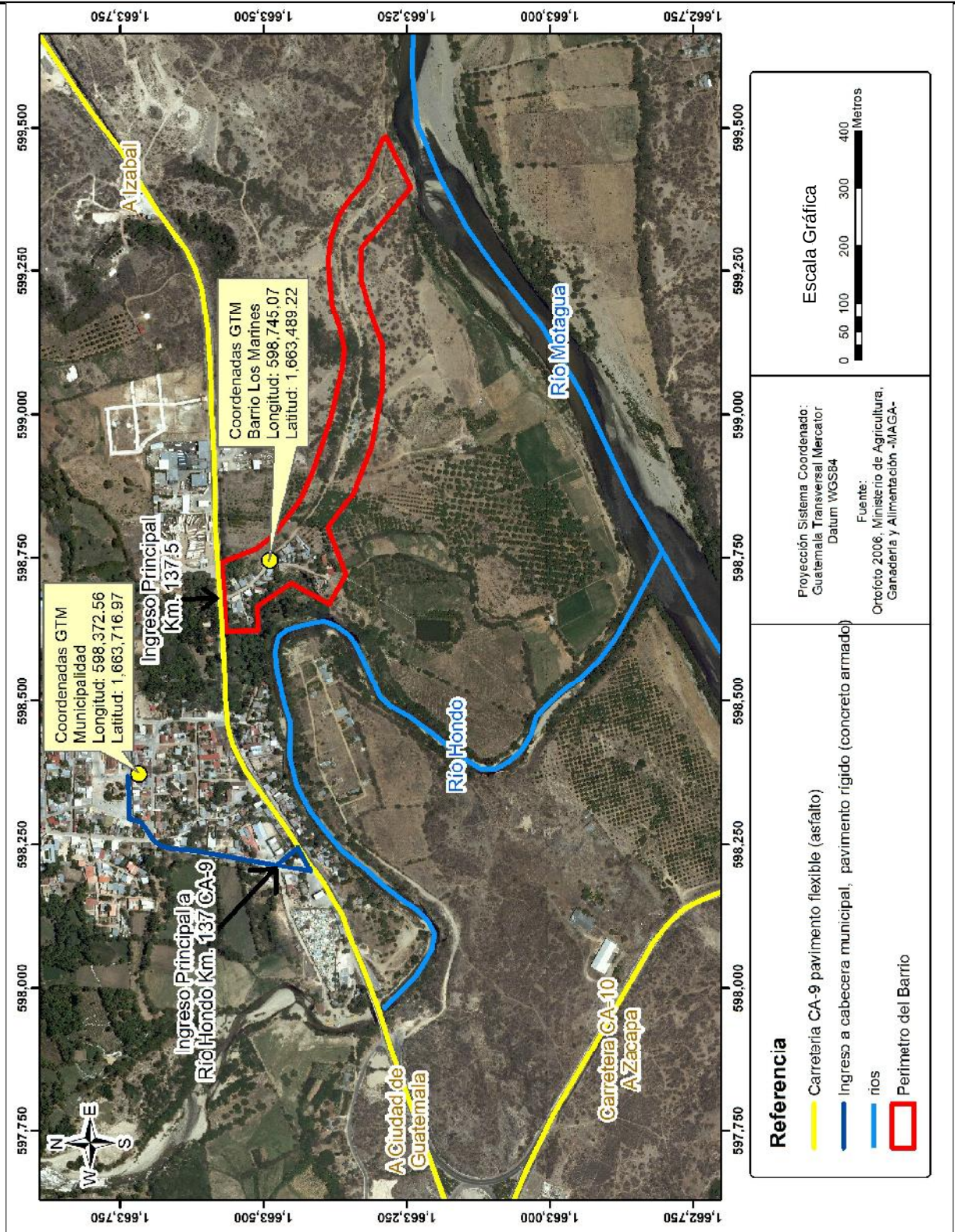
16	65	191	43	31	19.9219	106.81
	66	186	2	27	20.9031	108.73
	67	185	53	12	28.2482	109.38
	68	190	16	9	30.8621	109.37
65	E-16	190	20	22	41.0899	109.44
	69	85	20	13	3.1829	109.76
	70	194	3	25	9.5359	109.21
	71	188	34	14	16.9440	109.02
	72	201	15	8	40.9198	108.18
	73	198	49	6	49.5768	108.92
	74	204	35	12	41.9241	108.21
	75	201	43	23	69.0000	110.03
6	E-17	194	7	35	20.4138	95.54
E-17	E-18	233	25	13	13.0938	93.54

Fuente: elaboración propia

APÉNDICE F

Planos de constructivos del proyecto alcantarillado sanitario barrio Los Marines, municipio de Río Hondo departamento de Zacapa.

- 1/11. Plano de localización
- 2/11. Plano de ubicación
- 3/11. Planta topográfica
- 4/11. Curvas de nivel
- 5/11. Red de alcantarillado sanitario
- 6/11. Planta y perfil de pozo de visita 1 a pozo de visita 7
- 7/11. Planta y perfil de pozo de visita 12 a pozo de visita 7
- 8/11. Planta y perfil de pozo de visita: 12 a 15 y de 16 a 15
- 9/11. Planta y perfil pozos de visitas de: 15 a 19, 20 a 19 y 19 a 22
- 10/11. Detalles de pozo de visita
- 11/11. Detalles de conexión domiciliar



PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

UBICACIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPA.

CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACIÓN.

Diseño:
Emily E. Vargas Cerna

Calculó:
Emily E. Vargas Cerna

Dibujó:
Emily E. Vargas Cerna

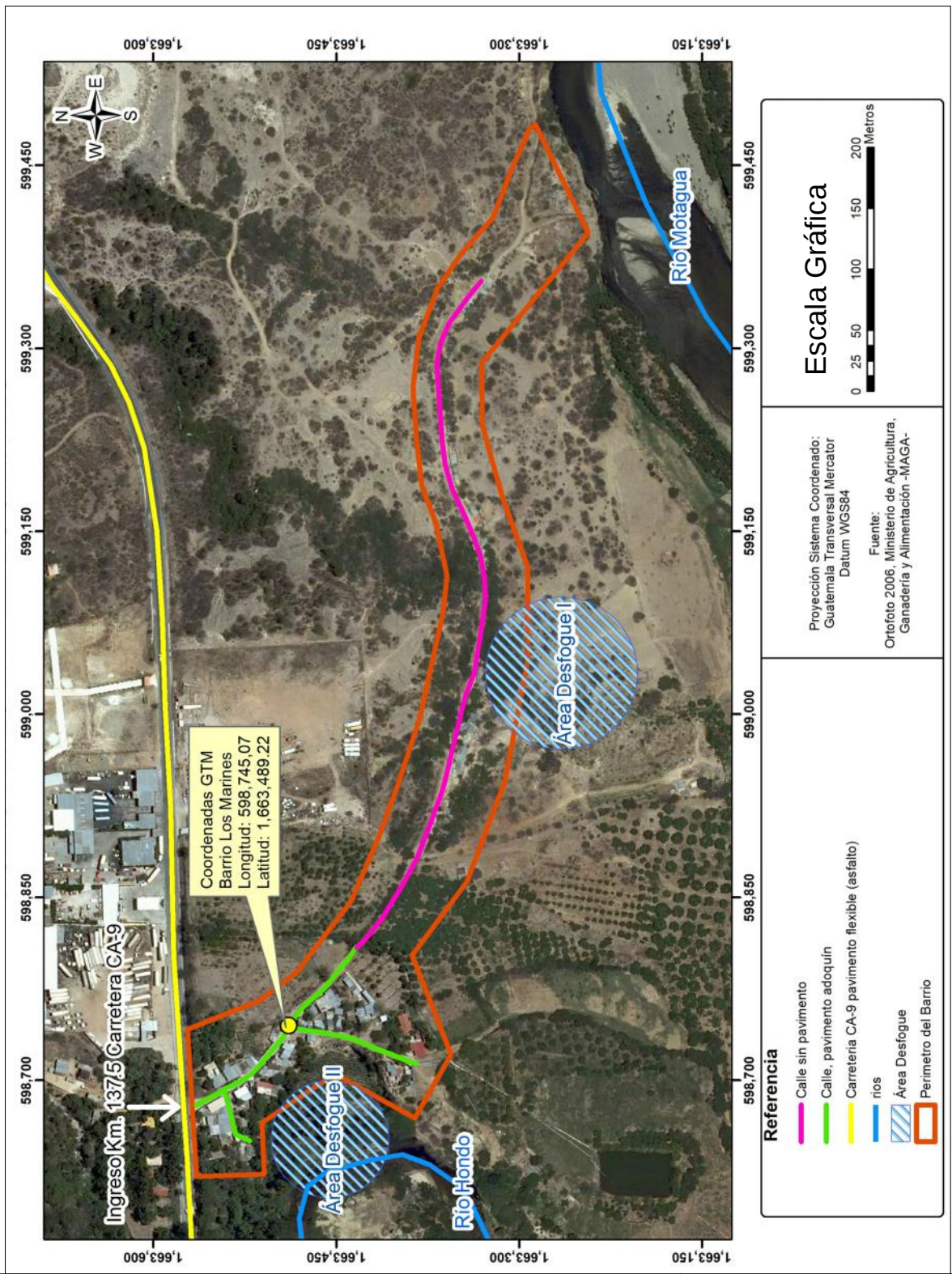
Escala:
Indicada

Revisó: _____

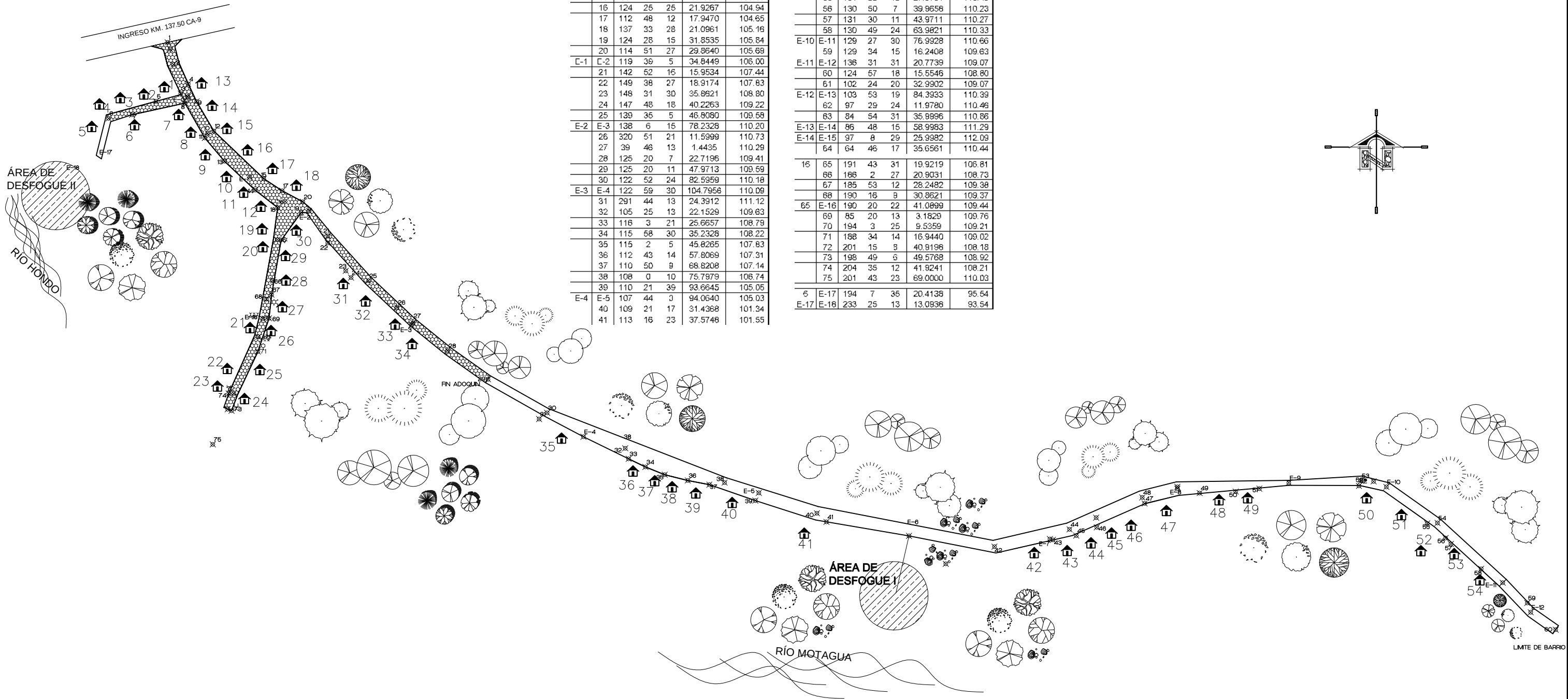
Vo Bo: _____

Hoja: 1 / 11





PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.			
UBICACIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPA.			
CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN.			
Diseño: Emily E. Vargas Cerna	Calculó: Emily E. Vargas Cerna	Dibujó: Emily E. Vargas Cerna	Escala: Indicada
Revisó: _____	Vo Bo: _____	Hoja: 2 / 11	



LIBRETA TOPOGRAFICA						
Est.	P.O.	Azimut		D.H. (m)	Cota	
E-0					100.00	
	1	339	46	10	29.5916	101.08
	2	336	6	20	17.9894	100.14
	3	294	50	12	3.9031	99.97
	4	2	32	28	6.5552	100.04
	5	261	47	5	16.3201	99.44
	6	254	45	20	41.8862	98.42
	7	252	3	13	29.8847	98.72
	8	203	21	25	3.5260	100.07
	9	117	41	14	5.1681	100.17
	10	151	25	8	21.1956	100.89
	11	157	18	6	22.7948	100.92
	12	142	34	12	21.9954	100.90
E-0	13	150	12	29	37.9299	102.21
	E-1	142	17	30	51.8820	103.05
	14	156	58	20	7.1814	104.04
	15	96	41	13	7.1999	103.65
	16	124	25	25	21.9267	104.94
	17	112	48	12	17.9470	104.65
	18	137	33	28	21.0961	105.16
	19	124	28	15	31.8535	105.84
	20	114	51	27	29.8640	105.69
	E-1	E-2	119	39	5	34.8449
21		142	52	16	15.9534	107.44
22		149	38	27	18.9174	107.83
23		148	31	30	35.8621	108.80
24		147	48	18	40.2263	109.22
25		139	36	5	46.8080	109.58
E-2		E-3	138	6	16	78.2328
	26	320	51	21	11.5999	110.73
	27	39	46	13	1.4435	110.29
	28	125	20	7	22.7196	109.41
	29	125	20	11	47.9713	109.59
	30	122	52	24	82.5959	110.18
	E-3	E-4	122	59	30	104.7956
31		291	44	13	24.3912	111.12
32		105	25	13	22.1529	109.63
33		116	3	21	25.6657	108.79
34		115	68	30	35.2328	108.22
35		115	2	5	45.8265	107.83
36		112	43	14	57.8069	107.31
37		110	50	9	68.8208	107.14
38		108	0	10	75.7979	106.74
39		110	21	39	93.6645	105.05
E-4	E-5	107	44	3	94.0640	105.03
	40	109	21	17	31.4368	101.34
	41	113	16	23	37.5748	101.55

E-5	E-6	105 59 13	79.7968	101.52
	42	97 11 29	43.9951	102.66
	43	91 35 12	73.5625	103.75
E-6	E-7	91 17 7	71.9630	103.72
	44	63 43 27	11.1993	104.18
	45	82 28 30	13.5854	104.72
	46	75 57 18	24.7173	105.70
	47	69 25 5	51.6905	108.27
	48	65 44 13	51.7200	108.08
E-7	E-8	68 25 10	70.0201	109.43
	49	101 13 14	11.5871	110.39
	50	92 53 9	29.8421	112.17
	51	90 1 10	41.8530	112.48
E-8	E-9	87 1 20	57.0333	113.08
	52	82 30 12	35.8317	111.17
	53	88 21 9	36.8242	111.08
E-9	E-10	92 23 27	49.8421	110.82
	54	125 12 21	31.9575	110.23
	55	131 52 13	27.9701	110.49
	56	130 50 7	39.9658	110.23
	57	131 30 11	43.9711	110.27
	58	130 49 24	63.9821	110.33
E-10	E-11	129 27 30	76.9928	110.66
	59	129 34 15	16.2408	109.63
E-11	E-12	136 31 31	20.7739	109.07
	60	124 57 18	15.5546	108.80
	61	102 24 20	32.9902	109.07
E-12	E-13	103 53 19	84.3933	110.39
	62	97 29 24	11.9780	110.46
	63	84 54 31	35.9996	110.86
E-13	E-14	86 48 15	58.9983	111.29
E-14	E-15	97 8 29	25.9982	112.09
	64	64 46 17	35.6561	110.44
65	65	191 43 31	19.9219	106.81
	66	186 2 27	20.9031	108.73
	67	185 53 12	28.2482	109.98
	68	190 16 9	30.8621	109.37
65	E-16	190 20 22	41.0899	109.44
	69	85 20 13	3.1829	109.76
	70	194 3 25	9.5359	109.21
	71	188 34 14	16.9440	109.02
	72	201 15 9	40.9198	108.18
	73	198 49 5	49.5768	108.92
	74	204 35 12	41.9241	108.21
	75	201 43 23	69.0000	110.03
6	E-17	194 7 36	20.4138	95.54
E-17	E-18	233 25 13	13.0938	93.54



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPÁ

CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

HOJA: 3 / 11

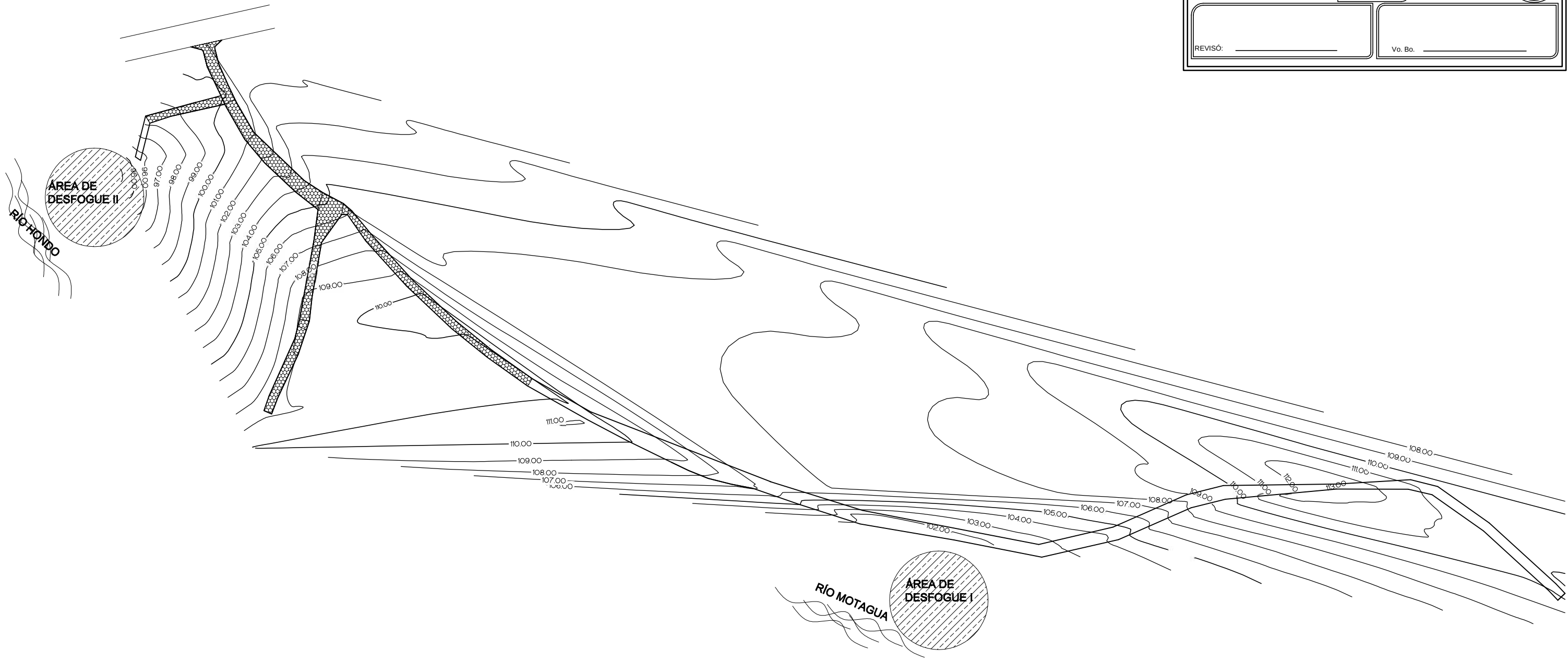
REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

PLANTA TOPOGRÁFICA.

ESCALA 1: 2,000

		CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
DIRECCIÓN:		BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPÁ		
CONTENIDO: CURVAS DE NIVEL				
DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA	CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA	DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA		HOJA: 4 / 11
ESCALA: INDICADA				
REVISÓ: _____		Vo. Bo. _____		





CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

CARRERAS DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPÁ

CONTENIDO: RED GENERAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

ESCALA: INDICADA

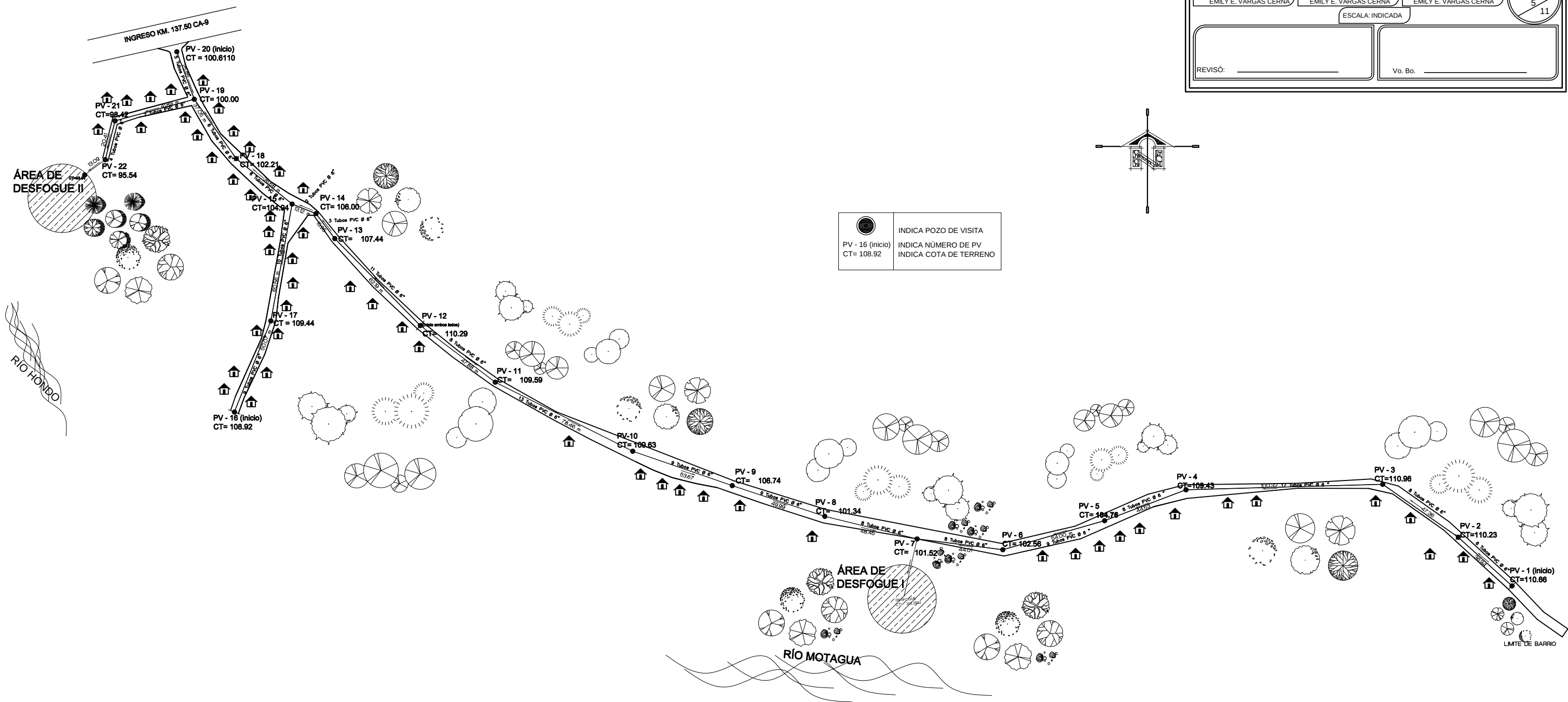
REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

HOJA:

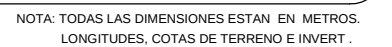
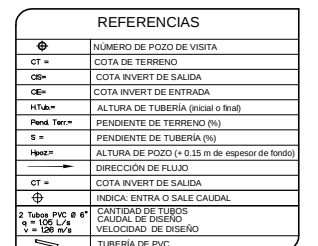
5

11

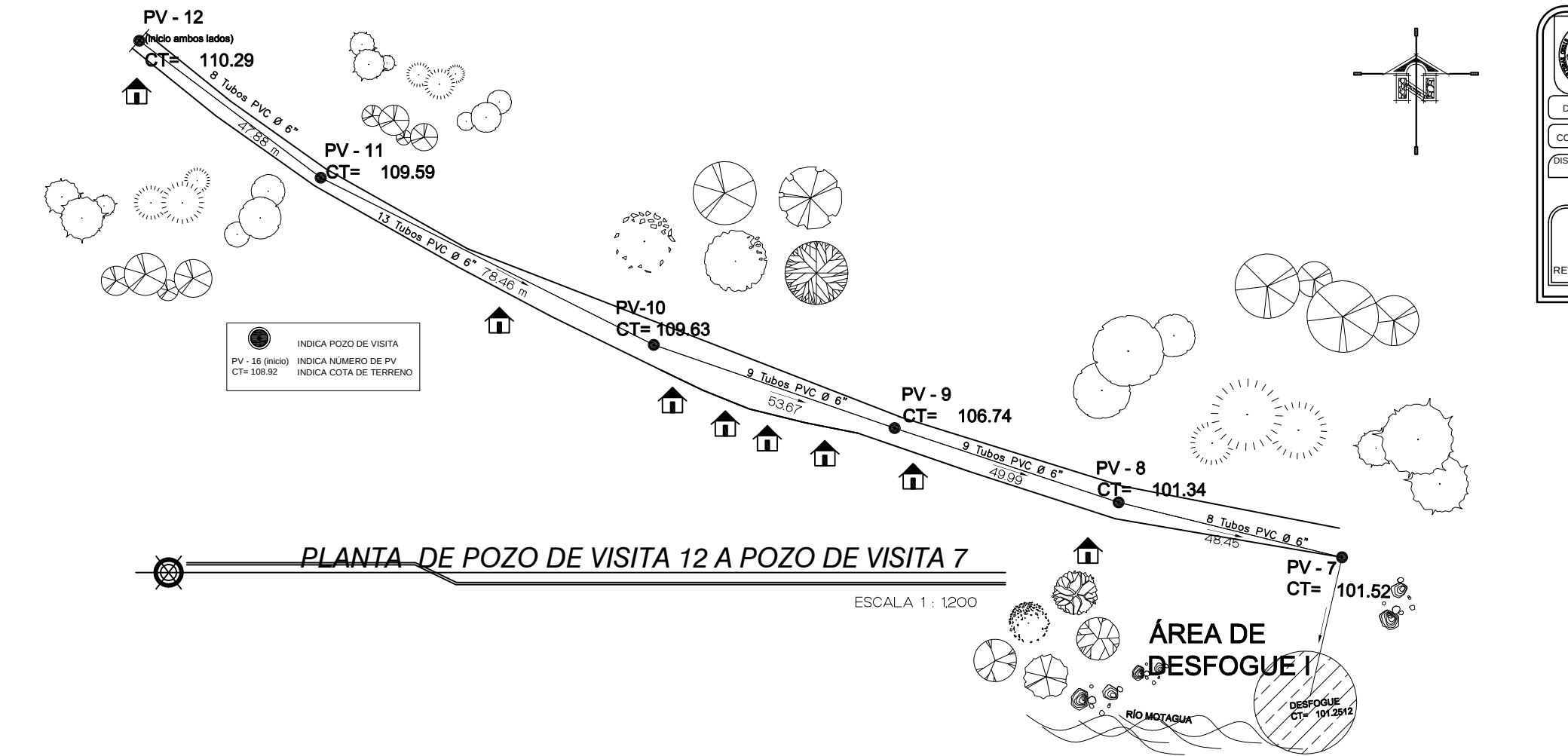




ESCALA 1 : 1,200



ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 200



● INDICA POZO DE VISITA
PV - 16 (inicio) INDICA NÚMERO DE PV
CT= 108.92 INDICA COTA DE TERRENO

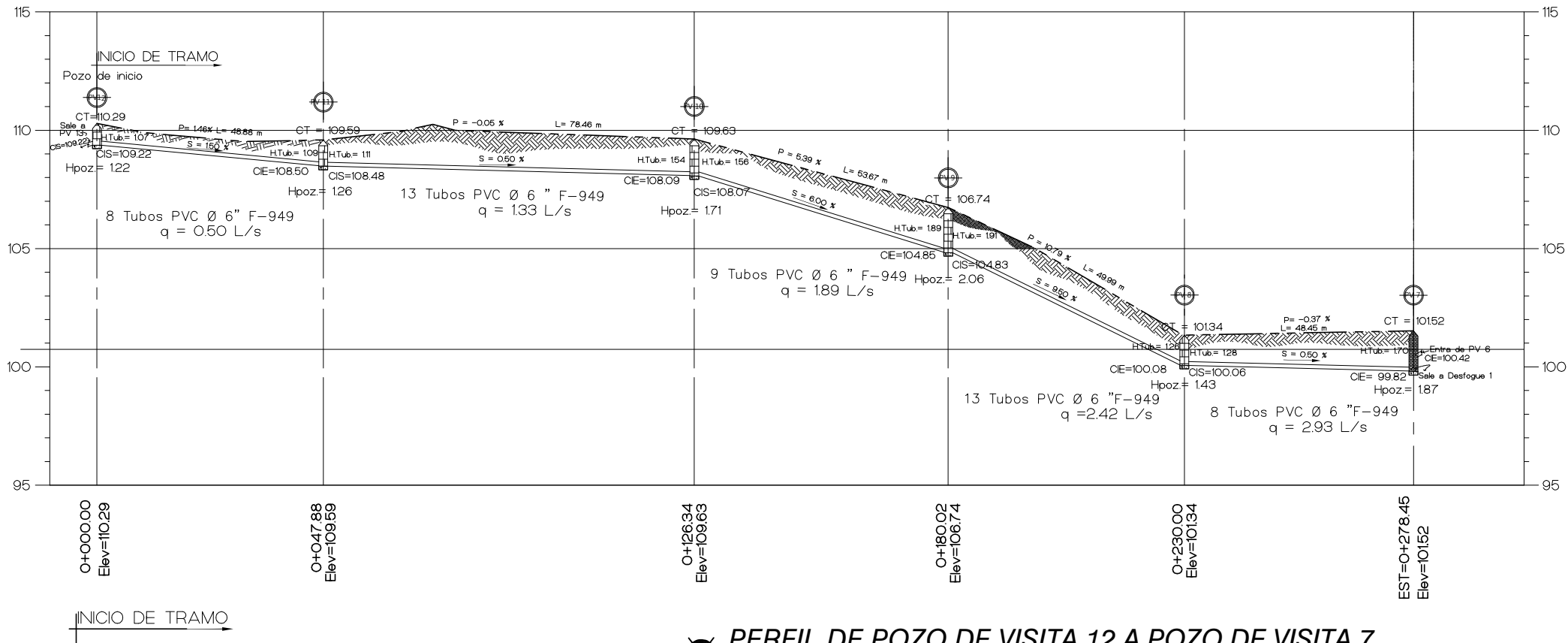
PLANTA DE POZO DE VISITA 12 A POZO DE VISITA 7

ESCALA 1 : 1,200

ÁREA DE
DESFOGUE I

RIO MOTAGUA

DESFOGUE
CT= 101.2912



PERFIL DE POZO DE VISITA 12 A POZO DE VISITA 7

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 200



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPÁ

CONTENIDO: PERFIL DE POZO DE VISITA 12 A POZO DE VISITA 7

DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA

CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA

DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA

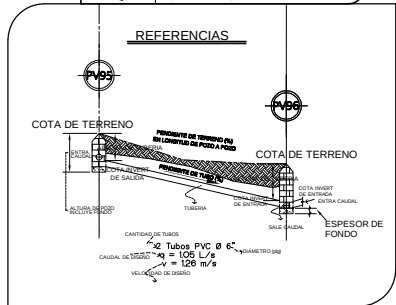
ESCALA: INDICADA

REVISÓ: _____

Va. Bo. _____

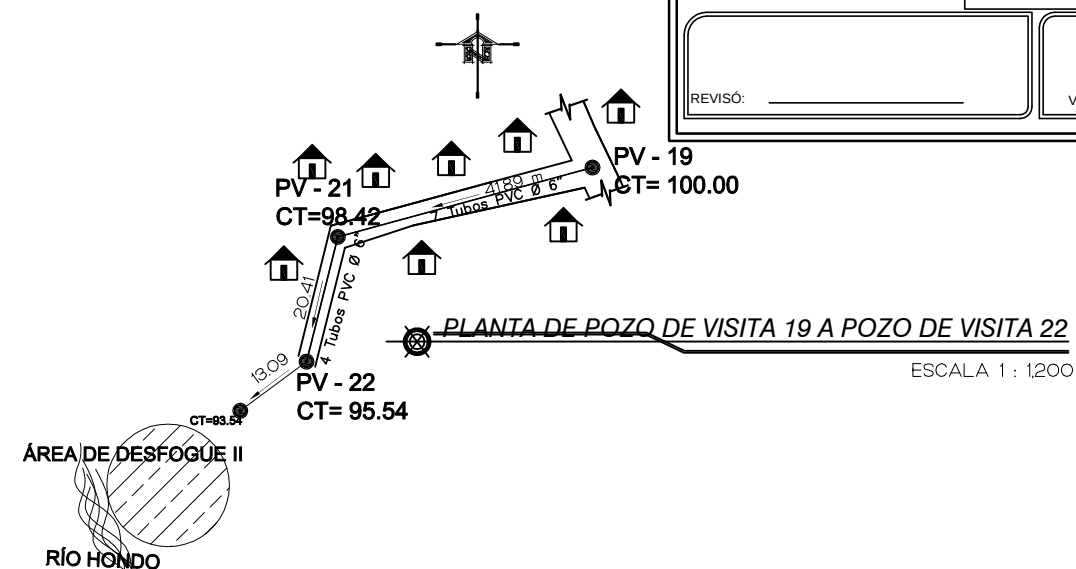
HOJA: 7 / 11

REFERENCIAS	
●	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT =	COTA DE TERRENO
CE =	COTA INVERT DE SALIDA
CI =	COTA INVERT DE ENTRADA
HTub =	ALTURA DE TUBERÍA (inicial o final)
Pend. Terr =	PENDIENTE DE TERRENO (‰)
S =	PENDIENTE DE TUBERÍA (‰)
Hpoz =	ALTURA DE POZO (+ 0.15 m de espesor de fondo)
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT =	COTA INVERT DE SALIDA
CI =	INDICA ENTRADA O SALIDA CAUDAL
2 Tubos PVC Ø 6"	CANTIDAD DE TUBOS
q = 106 L/s	CAUDAL DE DISEÑO
v = 128 m/s	VELOCIDAD DE DISEÑO
→	TUBERÍA DE PVC



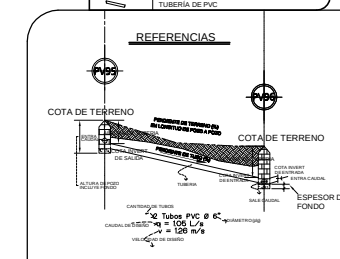
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.
LONGITUDES, COTAS DE TERRENO E INVERT .

NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS
LONGITUDES, COTAS DE TERRENO E INVERT .



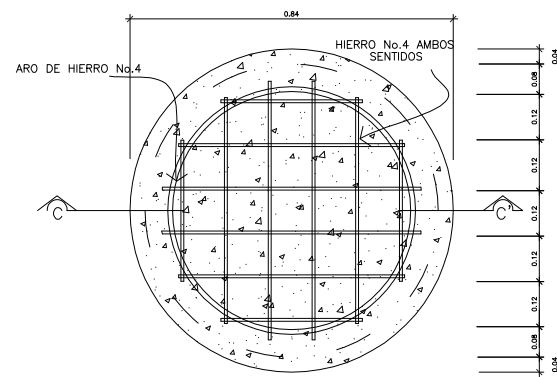
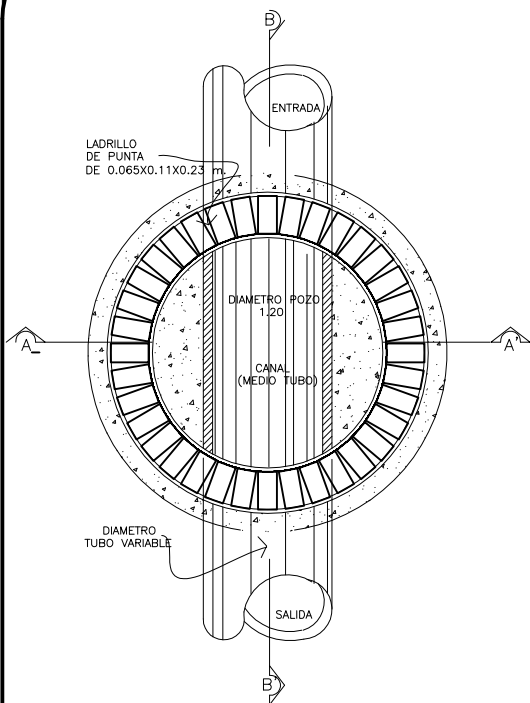
	CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
DIRECCIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPA		
CONTENIDO: PERFIL DE POZO DE VISITA 12 A POZO DE VISITA 7		
DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA	CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA	DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA
ESCALA: INDICADA		
REVISÓ: _____	Vo. Bo. _____	

REFERENCIAS	
	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT =	COTA DE TERRENO
OS =	COTA INVERT DE SALIDA
OE =	COTA INVERT DE ENTRADA
H _{Tub} =	ALTURA DE TUBERÍA (inicial o final)
Pend. Ter. =	PENDIENTE DE TERRENO (%)
Pend. Tub =	PENDIENTE DE TUBERÍA (%)
H _{pozo} =	ALTURA DE POZO (+ 0.15 m de espesor de fondo)
	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT =	COTA INVERT DE SALIDA
	INDICA: ENTRADA O SALE CAUDAL
2 tubos PVC ø 6"	CANTIDAD DE TUBOS
q = 100 L/s	CAUDAL DE DISEÑO
v = 120 m/s	VELOCIDAD DE DISEÑO



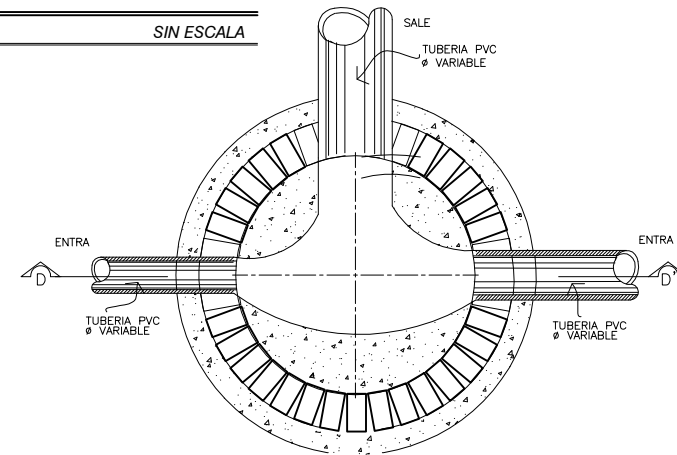
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS
LONGITUDES, COTAS DE TERRENO E INVERT.

DETALLES DE POZO DE VISITA TÍPICO.



PLANTA TAPADERA DE POZO

SIN ESCALA

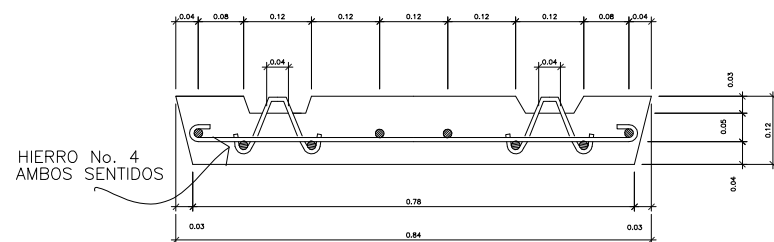


PLANTA E-E'

CON 3 ENTRADAS SIN ESCALA

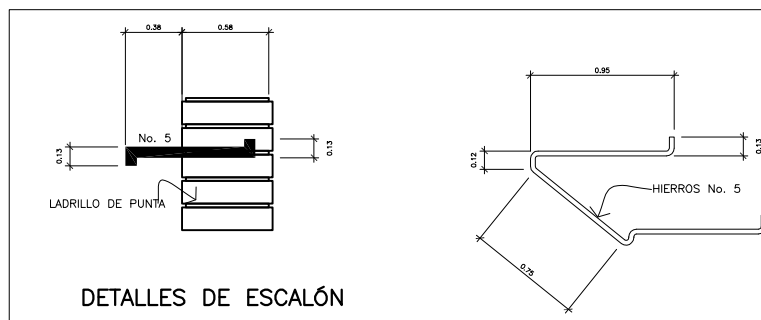
PLANTA

SIN ESCALA



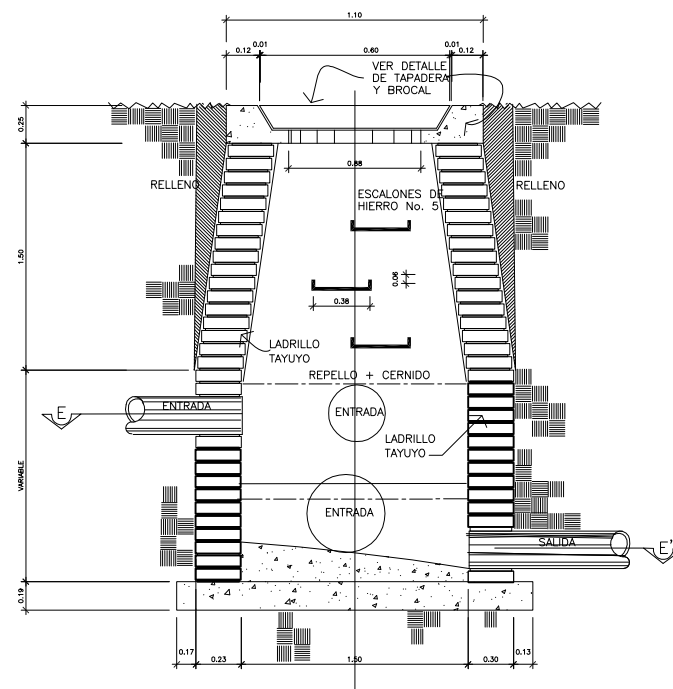
SECCIÓN C-C' DE TAPADERA

SIN ESCALA



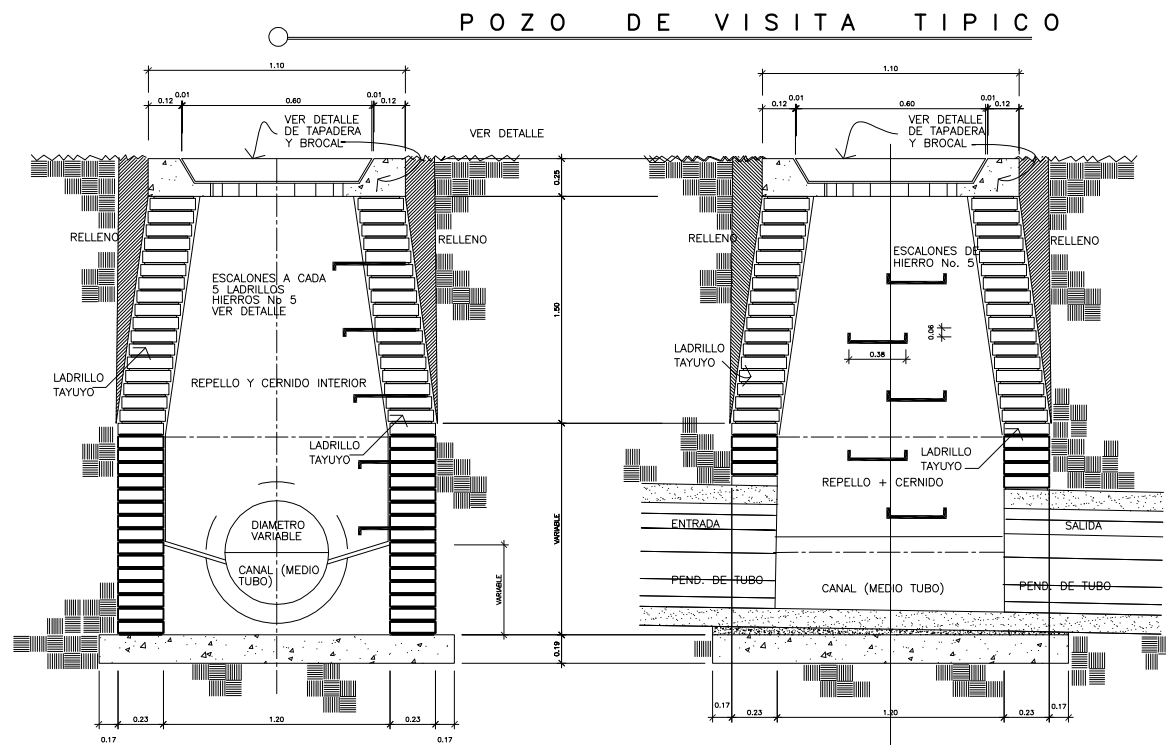
DETALLES DE ESCALÓN

DETALLE DE POZO CON 3 ENTRADAS



SECCION D-D'

SIN ESCALA

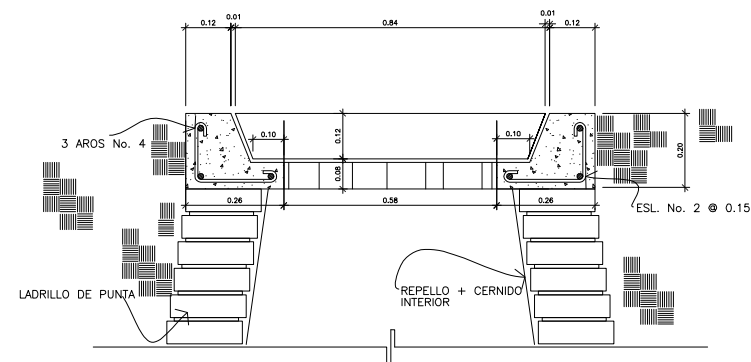


SECCION A-A'

SIN ESCALA

SECCION B-B'

SIN ESCALA



DETALLE DE BROCAL POZO

SIN ESCALA

  			
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO			
DIRECCIÓN: BARRIO LOS MARINES, RÍO HONDO, ZACAPÁ		HOJA: 10/11	
CONTENIDO: DETALLES DE POZO DE VISITA.		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: EMILY E. VARGAS CERNA	CALCULO: EMILY E. VARGAS CERNA	DIBUJO: EMILY E. VARGAS CERNA	
REVISÓ: _____		Vo. Bo. _____	

ESPECIFICACIONES

1. LAS TAPADERAS DE POZOS DE VISITA DEBERA IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL:

PV-No

Año de Construcción.

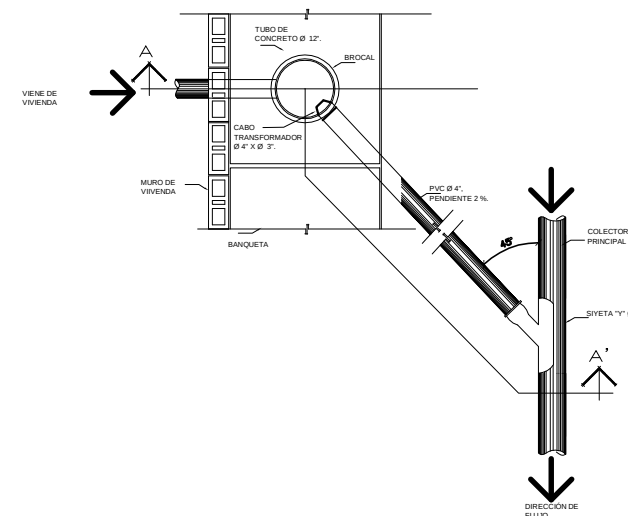
2. LOS POZOS SERÁN DE PAREDES DE LADRILLO DE BARRO COCIDO O TAYUYO DE 6.5X11X23 CENTÍMETROS.

3. EL MORTERO PARA PEGAR LADRILLOS DEBE SER DE: CEMENTO+CAL+ARENA DE RÍO, DE PROPORCIÓN 1:2:2 (1 saco de cemento+ 2 saco de cal+ 3 botes de arena). (Bote = 5 galones de capacidad).

4. EL REVESTIMIENTO DEBE SER CEMENTO Y ARENA DE RÍO DE PROPORCIÓN 1:3 (1 saco de cemento + 4.5 botes de arena de río).

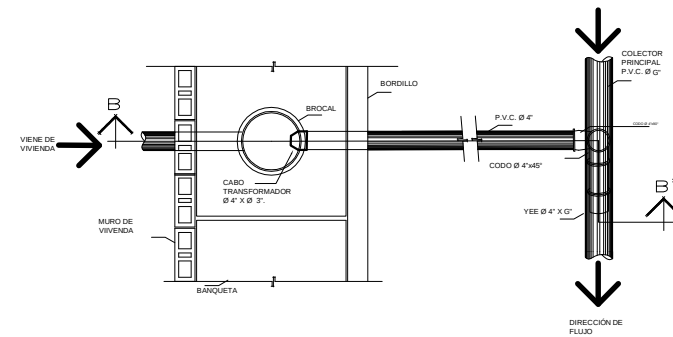
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.

6. EL CONCRETO A USAR SERÁ DE $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ DE PROPORCIÓN 1:2:2 (1 saco de cemento + 3 botes de arena + 3 botes de piedrín).



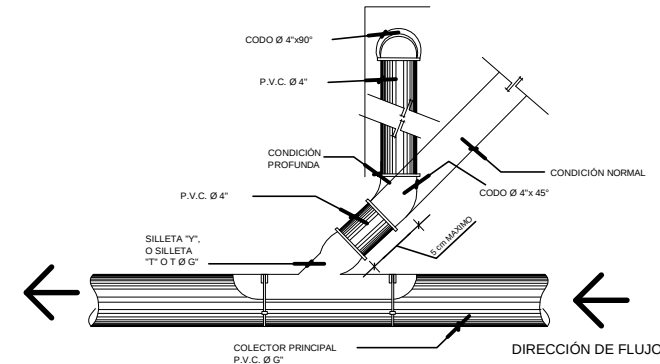
PLANTA (condición normal)

h<2m SIN ESCALA



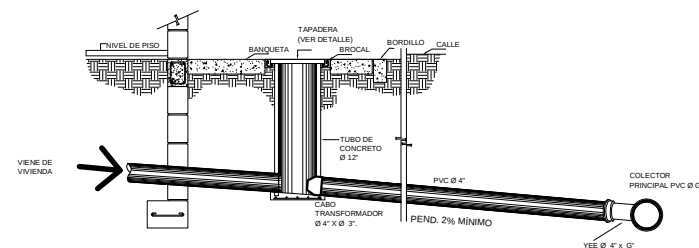
PLANTA (condición profunda)

h>2m SIN ESCALA



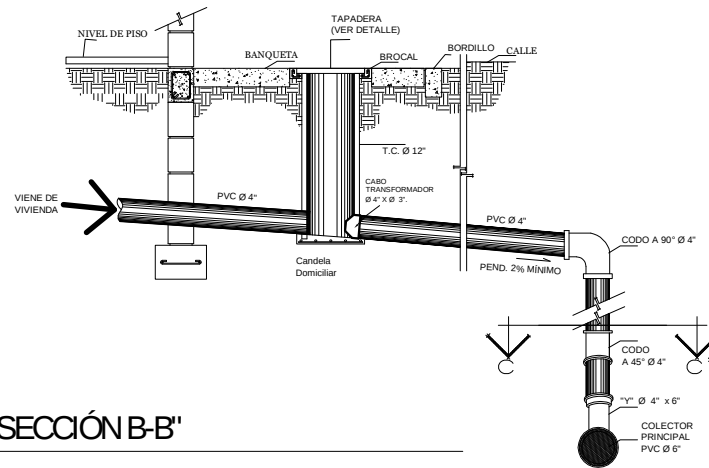
CORTE LONGITUDINAL

SIN ESCALA



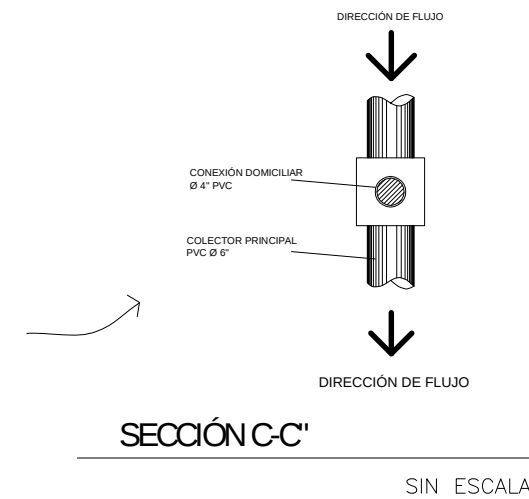
SECCIÓN A-A'

condición normal SIN ESCALA



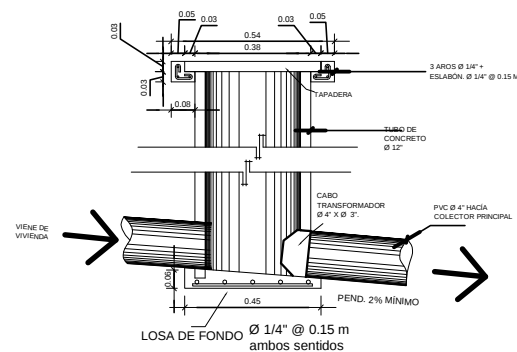
SECCIÓN B-B'

condición profunda SIN ESCALA



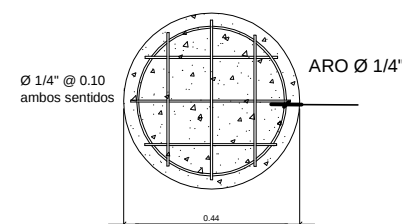
SECCIÓN C-C'

SIN ESCALA



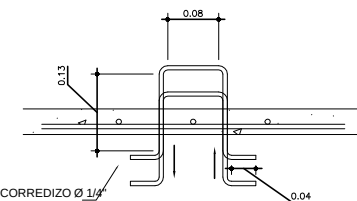
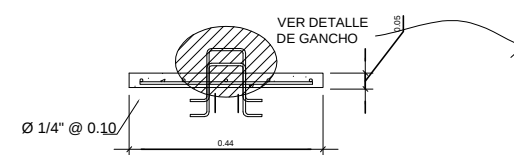
DETALLE CAJA DE REGISTRO

SIN ESCALA



DETALLE DE TAPADERA

SIN ESCALA



DETALLE DE GANCHO

SIN ESCALA

DETALLES DE CONEXIONES DOMICILIARES

SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES

- LA TUBERÍA PARA LA CONEXIÓN DOMILIAR DEBE SER DE PVC Ø 4", AST F-949.
- EL CONCRETO A USAR SERÁ DE $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ DE PROPORCIÓN 1:2:2 (1saco de cemento +3 botes de arena + 3 botes de pedrín).
- LA CAJA DE REGISTRO SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE Ø 12" , CON SU RESPECTIVA BASE, BROCAL Y TAPADERA, CON PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 0.90 m.
- EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
- LA MANERA DE CONECTAR AL COLECTOR PRINCIPAL SERÁ "Y" CUANDO LA TUBERÍA NO SEA MAYOR DE 8".
- SE UTILIZARÁ UN CODO DE 45° Y UN CODO DE 90° CUANDO LA PROFUNDIDAD DE LA TUBERÍA SEA MAYOR A 2 m.

APÉNDICE G

Tabla G. **Diseño y cálculo hidráulico, alcantarillado sanitario barrio Los Marines, Río Hondo, Zacapa**

TERRENO						HIDRÁULICA DE TUBERÍA																POZOS DE VISITA							
De PV No.	A PV No.	Long. H. (m)	Cota		Pend.	Longitud de Tubería		Número de Habitantes		Factor de caudal medio	Factor de Harmon	Q de Diseño	No. T u b o s	Díametro Ø tubería PVC (plg)	Pend.	Prof.	Prof.	Sección llena		Relaciones Hidráulicas				Velocidad de diseño	Cota Invert		Prof. total de PV de Inicio (m).	Prof. total de PV Final. (m)	Díametro pozo ø. (m)
			de tubo (%)	Inicial de tubo											Final de tubo														
			Inicial	Final	terr. (%)	Local	Acum.	Local	Acum.		Local	q (L/s)			S	(m)	(m)	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	v (m/s)	Inicial	Final				
1	2	36.94	110.66	110.23	1.15	36.94	36.94	19.62	19.62	0.0050	3.9645	0.389	6	6	1.50	1.07	1.20	1.5408	28.106	0.0138	0.1	0.3536	0.54	109.59	109.03	1.22	1.37	1.20	
2	3	47.36	110.23	110.96	-1.54	47.36	84.30	25.15	44.77	0.0050	3.9645	0.887	8	6	0.50	1.22	2.19	0.8896	16.227	0.0547	0.2	0.5335	0.47	109.01	108.77	1.37	2.36	1.20	
3	4	100.32	110.96	109.43	1.53	100.32	184.63	53.27	98.04	0.0050	3.9645	1.943	17	6	1.00	2.21	1.68	1.258	22.948	0.0847	0.2	0.6077	0.76	108.75	107.75	2.36	1.85	1.20	
4	5	44.53	109.43	104.76	10.49	44.53	229.15	23.64	121.69	0.0050	3.9645	2.412	8	6	9.50	1.70	1.26	3.8775	70.732	0.0341	0.1	0.4639	1.80	107.73	103.50	1.85	1.43	1.20	
5	6	54.00	104.76	102.56	4.08	54.00	283.15	28.68	150.36	0.0050	3.9645	2.981	9	6	4.00	1.28	1.24	2.5161	45.897	0.0649	0.2	0.5618	1.41	103.48	101.32	1.43	1.41	1.20	
6	7	44.01	102.56	101.52	2.36	44.01	327.16	23.37	173.73	0.0050	3.9645	3.444	8	6	2.00	1.26	1.10	1.7791	32.454	0.1061	0.2	0.6490	1.15	101.30	100.42	1.41	1.87	1.20	
12	11	47.88	110.29	109.59	1.46	47.88	47.88	25.43	25.43	0.0050	3.9645	0.504	8	6	1.50	1.07	1.09	1.5408	28.106	0.0179	0.1	0.3831	0.59	109.22	108.50	1.22	1.26	1.20	
11	10	78.46	109.59	109.63	-0.05	78.46	126.34	41.67	67.09	0.0050	3.9645	1.330	13	6	0.50	1.11	1.54	0.8896	16.227	0.0820	0.2	0.6021	0.54	108.48	108.09	1.26	1.71	1.20	
10	9	53.67	109.63	106.74	5.39	53.67	180.02	28.50	95.59	0.0050	3.9645	1.895	9	6	6.00	1.56	1.89	3.0815	56.212	0.0337	0.1	0.4616	1.42	108.07	104.85	1.71	2.06	1.20	
9	8	49.99	106.74	101.34	10.79	49.99	230.00	26.54	122.14	0.0050	3.9645	2.421	9	6	9.50	1.91	1.26	3.8775	70.732	0.0342	0.1	0.4639	1.80	104.83	100.08	2.06	1.43	1.20	
8	7	48.45	101.34	101.52	-0.37	48.45	278.45	25.73	147.87	0.0050	3.9645	2.931	8	6	0.50	1.28	1.70	0.8896	16.227	0.1806	0.3	0.7574	0.67	100.06	99.82	1.43	1.87	1.20	
12	13	62.19	110.29	107.44	4.58	62.19	62.19	33.02	33.02	0.0050	3.9645	0.655	11	6	5.50	1.07	1.64	2.9504	53.819	0.0122	0.1	0.3396	1.00	109.22	105.80	1.22	1.81	1.20	
13	14	15.95	107.44	106.00	9.04	15.95	78.14	8.47	41.49	0.0050	3.9645	0.823	3	6	7.00	1.66	1.33	3.3284	60.716	0.0135	0.1	0.3508	1.17	105.78	104.66	1.81	1.50	1.20	
14	15	13.12	106.00	104.94	8.06	13.12	91.26	6.97	48.46	0.0050	3.9645	0.961	2	6	7.00	1.35	1.21	3.3284	60.716	0.0158	0.1	0.3672	1.22	104.65	103.73	1.50	1.86	1.20	
16	17	50.07	108.92	109.44	-1.02	50.07	50.07	26.59	26.59	0.0050	3.9645	0.527	9	6	0.50	1.07	1.83	0.890	16.227	0.0325	0.1	0.4570	0.41	107.85	107.60	1.22	2.70	1.20	
17	15	60.56	109.44	104.94	7.42	60.56	110.64	32.16	58.75	0.0050	3.9645	1.165	10	6	6.00	2.55	1.69	3.0815	56.212	0.0207	0.1	0.3986	1.23	106.89	103.25	2.70	1.86	1.20	
15	18	36.68	104.94	102.21	7.44	36.68	238.58	19.48	126.69	0.0050	3.9645	2.511	6	6	6.00	1.71	1.18	3.0815	56.212	0.0447	0.1	0.5040	1.55	103.23	101.03	1.86	1.35	1.20	
18	19	37.05	102.21	100.00	5.97	37.05	275.63	19.68	146.37	0.0050	3.9645	2.901	6	6	6.00	1.2	1.21	3.0815	56.212	0.0516	0.2	0.5252	1.62	101.01	98.79	1.35	1.35	1.20	
20	19	25.86	100.14	100.00	0.56	25.86	25.86	13.73	13.73	0.0050	3.9645	0.272	5	6	1.00	1.07	1.18	1.258	22.948	0.0119	0.1	0.3365	0.42	99.07	98.82	1.22	1.35	1.20	
19	21	41.89	100.00	98.42	3.78	41.89	343.38	22.24	182.34	0.0050	3.9645	3.615	7	6	6.00	1.2	2.13	3.0815	56.212	0.0643	0.2	0.5598	1.73	98.80	96.29	1.35	2.30	1.20	
21	22	20.41	98.42	95.54	14.11	20.41	363.79	10.84	193.18	0.0050	3.9645	3.829	4	6	9.00	2.15	1.11	3.7741	68.845	0.0556	0.2	0.5376	2.03	96.27	94.43	2.30	1.28	1.20	
22	FIN	13.09	95.54	93.54	15.23	13.09	376.89	6.95	200.14	0.0050	3.9645	3.967	2	6	9.00	1.13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.28	---	---	
Prof. = Profundidad. Acum= Acumulado. Q = Caudal . q = Caudal de diseño. S = Pendiente de tubo.						983.00	983.00	522.00	522.00																				
						Tramo con pozo de inicio. Pend. terr. = Pendiente de terreno.																							

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo A Laboratorio de suelos, diseño de pavimento rígido carretera hacia caserío El Cajón De Jones, aldea Jones, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa.

Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la subrasante:

- Anexo A-1. Análisis granulométrico.
- Anexo A-2. Ensayo de Limites de Atterberg.
- Anexo A-3. Ensayo de Razón Soporte California (CBR).
- Anexo A-4. Ensayo de compactación.

Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra del banco de material:

- Anexo A-5. Análisis granulométrico para subbase.
- Anexo A-6. Ensayo de Limites de Atterberg para subbase.
- Anexo A-7. Ensayo de Razón Soporte California (CBR) para subbase.
- Anexo A-8. Ensayo de compactación para subbase.

Anexo B Evaluación de tránsito.

Anexo C Relaciones hidráulicas.

Anexo D Mapa de temperatura promedio anual República de Guatemala.

Anexo A-1. Análisis granulométrico de la muestra de la subrasante.



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



INFORME No. 175 S.S.

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a Caserio El Cajon de Jones, Municipio de Río

Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa

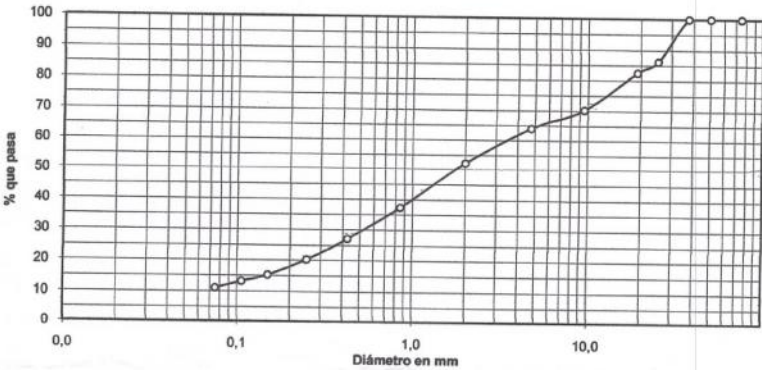
Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014

O.T. No. 32.438

Muestra: 1

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2,00 mm	52,27
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	37,41
1 1/2"	37,5 mm	100,00	40	425 μ m	27,17
1"	25 mm	86,22	60	250 μ m	20,25
3/4"	19,0 mm	82,55	100	150 μ m	15,27
3/8"	9,5 mm	70,26	140	106 μ m	13,23
4	4,75 mm	63,99	200	75 μ m	11,05



Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café

Clasificación: S.C.U.: SP-SM % de Grava: 36,01 D10: *

P.R.A.: A-1-b % de Arena: 52,94 D30: 0,50 mm

% de finos: 11,05 D60: 3,50 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

* Diámetro efectivo no aplica

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales

DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omer Enrique Medrano Méndez

Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-. USAC.

Anexo A-2. **Ensayo de Limites 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.	174 S.S.	O.T.: 32.438												
Interesado:	Emily Elizabeth Vargas Cerna													
Proyecto:	EPS "Diseño pavimento rígido carretero a Caserío El Cajon de Jones, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa"													
Asunto:	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG													
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90													
Ubicación:	Municipalidad de Río Hondo, Zacapa													
FECHA:	Martes, 11 de Marzo de 2014													
 RESULTADOS:														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="width: 10%;">ENSAYO No.</th><th style="width: 10%;">MUESTRA No.</th><th style="width: 10%;">L.L. (%)</th><th style="width: 10%;">I.P. (%)</th><th style="width: 15%;">CLASIFICACION *</th><th style="width: 45%;">DESCRIPCION DEL SUELO</th></tr></thead><tbody><tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">N.P.</td><td style="text-align: center;">N.P.</td><td style="text-align: center;">ML</td><td style="text-align: center;">Arena con Grava Limosa Color Beige</td></tr></tbody></table>			ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO	1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena con Grava Limosa Color Beige
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO									
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena con Grava Limosa Color Beige									
 (*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD														
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado														
Atentamente,														
Vo.Bo.	 Inga. Telma Marcela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC	 Ing. Omar Enrique Mazarano 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-. Usac.

Anexo A-3. **Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la subrasante.**



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



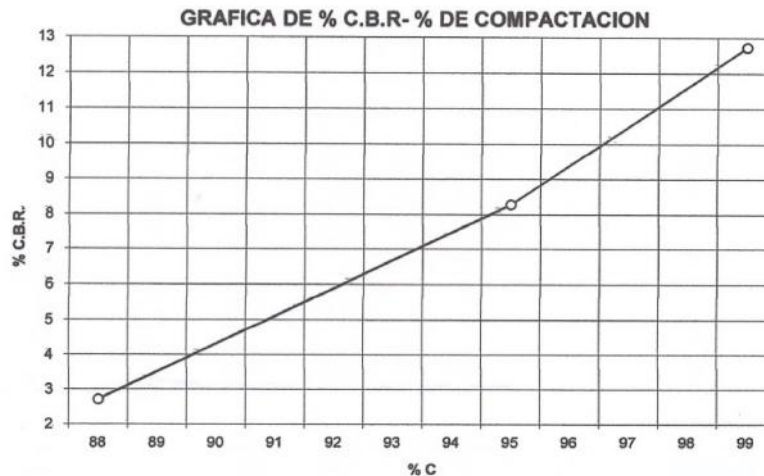
INFORME No. 177 S.S.

O.T.: 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a Caserío El Cajon de Jones, Municipio de Río Hondo, I

Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa
Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Beige
Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	4,00	111,52	88,3	0,87	2,72
2	30	4,00	120,30	95,2	1,99	8,28
3	65	4,00	125,96	99,7	2,73	12,73



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesada.

Vo. Bo.

Atentamente,
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Ing. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

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-. USAC.

Anexo A-4. Ensayo de compactación de la muestra de la subrasante



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



INFORME No. 176 S.S.

O.T.: 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

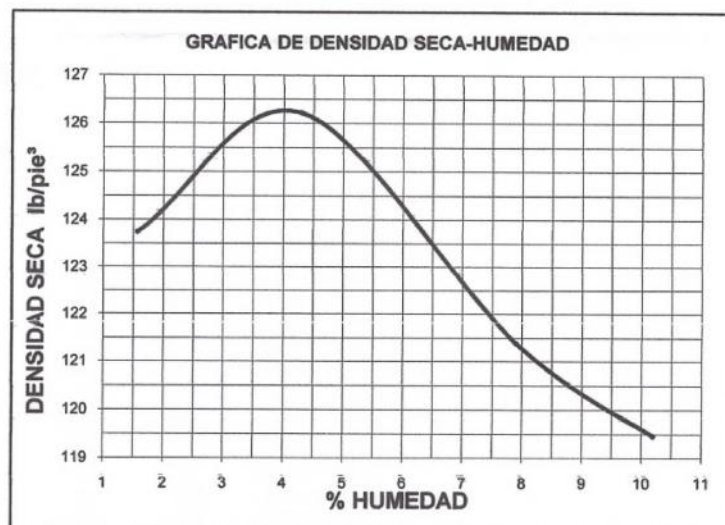
Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a
Caserio El Cajon de Jones, Municipio de
Río Hondo, Departamento de Zacapa"

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

Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa

Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014



Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Beige

Densidad seca máxima γ_d : 2.023,33 Kg/m³ 126,30 lb/pe³

Humedad óptima Hop.: 4,00 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo. Bo.

Atentamente,

Inga. Telma Mariela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Anexo A-5. Análisis granulométrico para subbase



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



INFORME No. 171 S.S.

O.T. No. 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a Caserio El Cajon de Jones, Municipio de Río

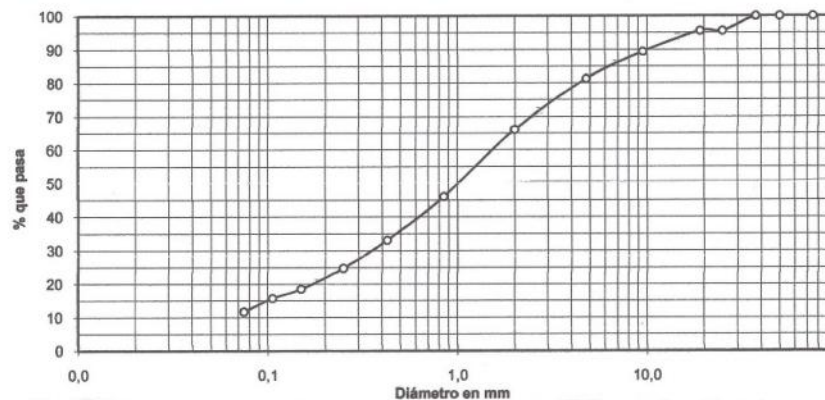
Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa

Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014

Muestra: 1

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2.00 mm	88,09
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	48,13
1 1/2"	37.5 mm	100,00	40	425 μ m	33,15
1"	25 mm	95,56	60	250 μ m	24,87
3/4"	19.0 mm	95,56	100	150 μ m	18,55
3/8"	9.5 mm	89,44	140	106 μ m	15,73
4	4.75 mm	81,29	200	75 μ m	11,72



Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café

Clasificación:

S.C.U.:

SP-SM

P.R.A.:

A-1-b

% de Grava: 18,71

% de Arena: 69,57

% de finos: 11,72

D10: *

D30: 0.35 mm

D60: 1.55 mm

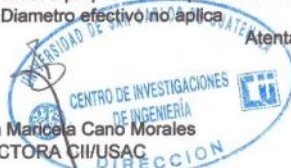
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

* Diámetro efectivo no aplica

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. USAC.

Anexo A-6. Ensayo de Limites de Atterberg para subbase



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



INFORME No. 170 S.S.

O.T.: 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna

Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretero a Caserio El Cajon de Jones, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa

FECHA: Martes, 11 de Marzo de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	26,6	5,1	ML	Arena con Grava Limosa Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. USAC.

Anexo A-7. Ensayo de Razón Soporte California (CBR) para subbase



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



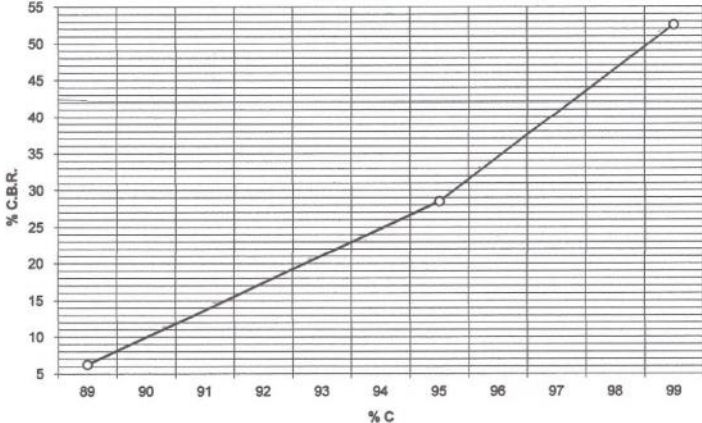
INFORME No. 173 S.S.

O.T.: 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a Caserio El Cajon de Jones, Municipio de Río Hondo, I
 Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa
 Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café
 Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pe ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	8,75	115,19	89,5	0,92	6,28
2	30	8,75	122,53	95,2	1,55	28,53
3	65	8,75	128,50	99,8	1,68	52,56

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



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Marcela Cárdena Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9118, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-. USAC.

Anexo A-8. Ensayo de compactación para subbase



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

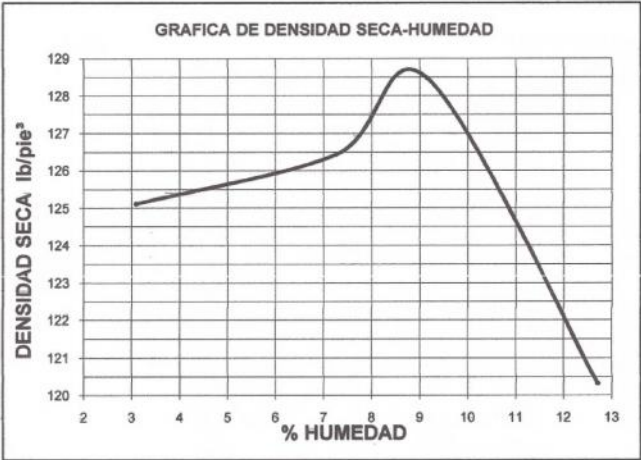


INFORME No. 172 S.S.

O.T.: 32.438

Interesado: Emily Elizabeth Vargas Cerna
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proyecto: EPS "Diseño pavimento rígido carretera a Caserio El Cajon de Jones, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa" Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180
Ubicación: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa
Fecha: Martes, 11 de Marzo de 2014

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% Humedad	Densidad Seca lb/ft³
3.5	125.2
4.0	125.5
5.0	125.8
6.0	126.2
7.0	126.8
8.0	127.8
8.75	128.7
9.0	128.5
10.0	127.5
11.0	126.0
12.0	124.0
12.5	120.5

Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café

Densidad seca máxima γ_d : 2.061,77 Kg/m³ 128,70 lb/ft³

Humedad óptima Hop.: 8,75 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



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: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

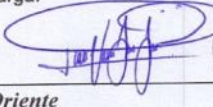
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. USAC.

ANEXO B

ANEXO B. Evaluación de tránsito.

 MUNICIPALIDAD DE RIO HONDO DEPARTAMENTO DE ZACAPA PBX: 7961 8585 E-mai munirio1@yahoo.es 					
Evaluación de Tránsito carretera al caserío El Cajón de Jones, aldea Jones, Río Hondo, Zacapa.					
Tipo de tránsito	Enero				Mes
Semana	I	II	III	IV	Total
Tránsito liviano	175	70	56	30	331
Tránsito pesado	0	1	1	2	4
Febrero					
Tránsito liviano	35	42	84	56	217
Tránsito pesado	2	0	3	1	6
Marzo					
Tránsito liviano	42	35	161	182	420
Tránsito pesado	1	1	2	0	4
Abril					
Tránsito liviano	105	28	56	35	224
Tránsito pesado	2	1	2	1	6
Mayo					
Tránsito liviano	105	35	28	42	210
Tránsito pesado	1	3	0	1	5
Junio					
Tránsito liviano	35	28	56	84	203
Tránsito pesado	2	1	1	1	5
Julio					
Tránsito liviano	63	35	56	63	217
Tránsito pesado	1	2	1	2	6
Agosto					
Tránsito liviano	85	96	140	154	475
Tránsito pesado	4	5	4	6	19
Septiembre					
Tránsito liviano	91	161	85	63	400
Tránsito pesado	4	6	4	6	20
Octubre					
Tránsito liviano	42	35	35	30	142
Tránsito pesado	1	2	0	1	4
Noviembre					
Tránsito liviano	126	105	89	91	411
Tránsito pesado	7	4	6	4	21
Diciembre					
Tránsito liviano	84	126	140	133	483
Tránsito pesado	6	8	2	2	18

El Total de tránsito liviano anual es 3,733 y el total tránsito pesado anual es de 118 vehículos. Vehículos livianos: automóvil, pick-up, camión de cuatro llantas, autobús. Vehículos pesados: camiones de eje simple de seis llantas de 341 quintales de carga.


DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN
MUNICIPALIDAD DE RIO HONDO, ZACAPA.

Río Hondo, Reino Ecológico de Oriente

Fuente: Dirección Municipal de Planificación -DMP-, Municipalidad de Río Hondo, Zacapa.

ANEXO C

Tabla C. **Relaciones Hidráulicas.**

q/Q	d/D	v/V	a/A
0.000001	0.001	0.019224	0.000054
0.000005	0.002	0.030507	0.000152
0.000011	0.003	0.039963	0.000279
0.000021	0.004	0.048396	0.000429
0.000034	0.005	0.056141	0.000599
0.00005	0.006	0.06337	0.000788
0.00007	0.007	0.070215	0.000992
0.000093	0.008	0.076728	0.001212
0.00012	0.009	0.08297	0.001446
0.000151	0.01	0.08898	0.001693
0.000185	0.011	0.094787	0.001952
0.000223	0.012	0.100417	0.002224
0.000265	0.013	0.105887	0.002506
0.000311	0.014	0.111215	0.0028
0.000361	0.015	0.116413	0.003105
0.000415	0.016	0.121493	0.003419
0.000473	0.017	0.126464	0.003744
0.000536	0.018	0.131335	0.004078
0.000602	0.019	0.136112	0.004421
0.000672	0.02	0.140803	0.004773
0.000746	0.021	0.145412	0.005134
0.000825	0.022	0.149945	0.005503
0.000908	0.023	0.154406	0.005881
0.000995	0.024	0.1588	0.006266
0.001086	0.025	0.163129	0.00666
0.001182	0.026	0.167398	0.007061
0.001282	0.027	0.171609	0.00747
0.001386	0.028	0.175765	0.007887
0.001495	0.029	0.179868	0.008311

0.001608	0.03	0.183921	0.008741
0.01725	0.031	0.187926	0.009179
0.001847	0.032	0.191885	0.009624
0.001973	0.033	0.1958	0.010076
0.002103	0.034	0.19962	0.010534
0.002238	0.035	0.203503	0.010999
0.002378	0.036	0.207295	0.01147
0.002521	0.037	0.211049	0.011947
0.00267	0.038	0.214766	0.012431
0.002823	0.039	0.218448	0.012921
0.00298	0.04	0.222095	0.013417
0.003308	0.042	0.229291	0.014427
0.003479	0.043	0.232842	0.014941
0.003654	0.044	0.236362	0.01546
0.003814	0.045	0.239853	0.015985
0.004019	0.046	0.243315	0.016516
0.004208	0.047	0.246749	0.017052
0.004401	0.048	0.250157	0.017594
0.004599	0.049	0.253537	0.018141
0.004802	0.05	0.256893	0.018693
0.005009	0.051	0.260223	0.019251
0.005221	0.052	0.263528	0.019813
0.005438	0.053	0.26681	0.020381
0.005659	0.054	0.270068	0.020954
0.005885	0.055	0.273304	0.021532
0.006115	0.056	0.276517	0.022116
0.00635	0.057	0.279709	0.022703
0.00659	0.058	0.282879	0.023296
0.006834	0.059	0.286029	0.023894
0.007083	0.06	0.289158	0.024496

0.007337	0.061	0.292267	0.025103
0.007595	0.062	0.295356	0.025715
0.007858	0.063	0.298427	0.026332
0.008126	0.064	0.30148	0.026953
0.008398	0.065	0.304512	0.027578
0.008675	0.066	0.307527	0.028208
0.008956	0.067	0.310524	0.028843
0.009243	0.068	0.313504	0.029481
0.009533	0.069	0.316466	0.030125
0.009829	0.07	0.319412	0.030772
0.010129	0.071	0.322342	0.031424
0.010434	0.072	0.325255	0.03208
0.010744	0.073	0.328152	0.032741
0.011058	0.074	0.331034	0.033405
0.011377	0.075	0.3339	0.034074
0.011701	0.076	0.33651	0.034746
0.012029	0.077	0.33958	0.035423
0.012362	0.078	0.342408	0.036104
0.0127	0.079	0.345215	0.036789
0.013043	0.08	0.348007	0.037478
0.01339	0.081	0.350786	0.038171
0.013742	0.082	0.353551	0.038868
0.014098	0.083	0.356302	0.039568
0.014459	0.084	0.359039	0.040273
0.014825	0.085	0.361764	0.040981
0.015571	0.087	0.367173	0.042409
0.015951	0.088	0.369859	0.043128
0.016336	0.089	0.372532	0.043851
0.016726	0.09	0.375193	0.044578
0.01712	0.091	0.37842	0.045309
0.017518	0.092	0.380479	0.046043
0.017922	0.093	0.383103	0.046781
0.01833	0.094	0.385717	0.047522
0.018743	0.095	0.388318	0.048267

0.019161	0.096	0.390908	0.049016
0.019583	0.097	0.393487	0.049768
0.02001	0.098	0.396055	0.050523
0.020441	0.099	0.398611	0.051282
0.020878	0.1	0.401157	0.052044
0.021319	0.101	0.403692	0.05281
0.021765	0.102	0.406216	0.053579
0.022215	0.103	0.40873	0.054351
0.02267	0.104	0.411234	0.055127
0.02313	0.105	0.413727	0.055906
0.023594	0.106	0.41621	0.056688
0.024063	0.107	0.418683	0.057473
0.024537	0.108	0.421146	0.058262
0.025015	0.109	0.423599	0.059054
0.025498	0.11	0.426042	0.059849
0.025986	0.111	0.428476	0.060648
0.026479	0.112	0.430901	0.061449
0.026976	0.113	0.433316	0.062254
0.027477	0.114	0.435721	0.063062
0.027984	0.115	0.438117	0.063873
0.028495	0.116	0.440505	0.064686
0.02901	0.117	0.442883	0.065503
0.029531	0.118	0.445252	0.066323
0.030056	0.119	0.447612	0.067146
0.030585	0.12	0.449964	0.067972
0.031119	0.121	0.452307	0.068801
0.031658	0.122	0.454641	0.069633
0.032202	0.123	0.456967	0.070468
0.03275	0.124	0.459284	0.071306
0.033302	0.125	0.461593	0.072147
0.03386	0.126	0.463893	0.07299
0.034422	0.127	0.466185	0.073837
0.034988	0.128	0.46847	0.074686
0.035559	0.129	0.470746	0.075538

0.036135	0.13	0.473014	0.076393
0.036715	0.131	0.475274	0.077251
0.0373	0.132	0.477526	0.078112
0.03789	0.133	0.47977	0.078975
0.038484	0.134	0.482007	0.079841
0.039083	0.135	0.484236	0.08071
0.039686	0.136	0.486457	0.081582
0.040294	0.137	0.488671	0.082456
0.040906	0.138	0.490877	0.083333
0.041523	0.139	0.493076	0.084212
0.042145	0.14	0.495268	0.085095
0.042771	0.141	0.497452	0.08598
0.043401	0.142	0.499629	0.086867
0.044036	0.143	0.501799	0.087757
0.044676	0.144	0.503961	0.08865
0.04532	0.145	0.506117	0.089545
0.045969	0.146	0.508265	0.090443
0.046622	0.147	0.510407	0.091344
0.04728	0.148	0.512541	0.092247
0.047943	0.149	0.514669	0.093152
0.048609	0.15	0.51679	0.09406
0.049281	0.151	0.518904	0.094971
0.049956	0.152	0.52011	0.095884
0.050637	0.153	0.523112	0.096799
0.051322	0.154	0.525206	0.097717
0.052011	0.155	0.527293	0.098637
0.052705	0.156	0.529374	0.09956
0.053403	0.157	0.531449	0.100485
0.054106	0.158	0.533517	0.101413
0.054813	0.159	0.535578	0.102343
0.055524	0.16	0.537633	0.103275
0.05624	0.161	0.539682	0.10421
0.056961	0.162	0.541725	0.105147
0.057686	0.163	0.543761	0.106087

0.058415	0.164	0.545792	0.107028
0.059149	0.165	0.547816	0.107972
0.059887	0.166	0.549834	0.108919
0.06063	0.167	0.551845	0.109867
0.061377	0.168	0.553851	0.110818
0.062128	0.169	0.555851	0.111772
0.062884	0.17	0.557845	0.112727
0.063644	0.171	0.559833	0.113685
0.064409	0.172	0.561815	0.114645
0.065178	0.173	0.563791	0.115607
0.065951	0.174	0.565762	0.116571
0.066729	0.175	0.567726	0.117537
0.067511	0.176	0.569685	0.118506
0.068298	0.177	0.571638	0.119477
0.069088	0.178	0.573586	0.12045
0.069883	0.179	0.575528	0.121425
0.070683	0.18	0.577464	0.122402
0.071487	0.181	0.59395	0.123382
0.072295	0.182	0.58132	0.124363
0.073107	0.183	0.58324	0.125347
0.073924	0.184	0.585154	0.126332
0.074745	0.185	0.587063	0.12732
0.07557	0.186	0.588966	0.12831
0.0764	0.187	0.590864	0.129302
0.077234	0.188	0.592756	0.130296
0.078072	0.189	0.594644	0.131292
0.078914	0.19	0.596526	0.13229
0.079761	0.191	0.598402	0.13329
0.080612	0.192	0.600274	0.134292
0.081467	0.193	0.60214	0.135296
0.082326	0.194	0.604001	0.136302
0.08319	0.195	0.605857	0.13731
0.0840058	0.196	0.607708	0.13832
0.08493	0.197	0.609553	0.139331

0.085806	0.198	0.611394	0.140345
0.086687	0.199	0.61323	0.141361
0.087571	0.2	0.61506	0.142377
0.08846	0.201	0.61689	0.143398
0.089353	0.202	0.61872	0.144419
0.09025	0.203	0.62055	0.145443
0.091152	0.204	0.62238	0.146468
0.092057	0.205	0.62421	0.147495
0.092967	0.206	0.62604	0.148524
0.093881	0.207	0.62787	0.149555
0.094799	0.208	0.6297	0.150587
0.095721	0.209	0.63153	0.151622
0.096647	0.21	0.63336	0.152658
0.097577	0.211	0.634871	0.153696
0.098512	0.212	0.636643	0.154736
0.09945	0.213	0.638415	0.155778
0.100393	0.214	0.640187	0.156821
0.10134	0.215	0.641959	0.157867
0.10229	0.216	0.643731	0.158914
0.103245	0.217	0.645503	0.159963
0.104204	0.218	0.647275	0.161013
0.105167	0.219	0.649047	0.162065
0.106134	0.22	0.650819	0.163119
0.107105	0.221	0.652382	0.164175
0.10808	0.222	0.654108	0.165233
0.109059	0.223	0.655834	0.166292
0.110042	0.224	0.65756	0.167353
0.111029	0.225	0.659286	0.168415
0.11202	0.226	0.661012	0.169479
0.113015	0.227	0.662738	0.170545
0.114014	0.228	0.664464	0.171613
0.115017	0.229	0.66619	0.172682
0.116024	0.23	0.667916	0.173753
0.117035	0.231	0.669441	0.174825

0.11805	0.232	0.671122	0.175899
0.119069	0.233	0.672803	0.176975
0.120091	0.234	0.674484	0.178052
0.121118	0.235	0.676165	0.179131
0.122149	0.236	0.677846	0.180212
0.123183	0.237	0.679527	0.181294
0.124221	0.238	0.681208	0.182377
0.125263	0.239	0.682889	0.183463
0.12631	0.24	0.68457	0.184549
0.12736	0.241	0.686065	0.185638
0.128413	0.242	0.687704	0.186728
0.129471	0.243	0.689343	0.187819
0.130533	0.244	0.690982	0.188912
0.131598	0.245	0.692621	0.190006
0.132667	0.246	0.69426	0.191102
0.13374	0.247	0.695899	0.1922
0.134817	0.248	0.697538	0.193299
0.135897	0.249	0.699177	0.194399
0.136982	0.25	0.700816	0.195501
0.13807	0.251	0.702273	0.196605
0.139162	0.252	0.703871	0.197709
0.140258	0.253	0.705469	0.198816
0.141357	0.254	0.707067	0.199923
0.14246	0.255	0.708665	0.201033
0.143567	0.256	0.710263	0.202143
0.144678	0.257	0.711861	0.203255
0.145792	0.258	0.713459	0.204369
0.14691	0.259	0.715057	0.205484
0.148032	0.26	0.716655	0.2066
0.149158	0.261	0.718079	0.207718
0.150287	0.262	0.719635	0.208837
0.15142	0.263	0.721191	0.209957
0.152556	0.264	0.722747	0.211079
0.153696	0.265	0.724303	0.212202

0.15484	0.266	0.725859	0.213327
0.155988	0.267	0.727415	0.214452
0.157139	0.268	0.728971	0.21558
0.158293	0.269	0.730527	0.216708
0.159452	0.27	0.732083	0.217838
0.160613	0.271	0.733498	0.218969
0.161779	0.272	0.735	0.220102
0.162948	0.273	0.736502	0.221236
0.164121	0.274	0.738004	0.222371
0.165297	0.275	0.739506	0.223507
0.166477	0.276	0.741008	0.224645
0.16766	0.277	0.74251	0.225784
0.168847	0.278	0.744012	0.226924
0.170037	0.279	0.745514	0.228065
0.171231	0.28	0.747016	0.229208
0.172428	0.281	0.748542	0.230352
0.173629	0.282	0.750015	0.231497
0.174833	0.283	0.751488	0.232644
0.176041	0.284	0.752961	0.233792
0.177253	0.285	0.754434	0.23494
0.178467	0.286	0.755907	0.236091
0.179686	0.287	0.75738	0.237242
0.180907	0.288	0.758853	0.238394
0.182132	0.289	0.760326	0.239548
0.183361	0.29	0.761799	0.240703
0.184593	0.291	0.763223	0.241859
0.185828	0.292	0.76466	0.243016
0.187066	0.293	0.766097	0.244175
0.188309	0.294	0.767534	0.245334
0.189554	0.295	0.768971	0.246495
0.190803	0.296	0.770408	0.247657
0.192055	0.297	0.771845	0.24882
0.19331	0.298	0.773282	0.249984
0.194569	0.299	0.774719	0.251149

0.195831	0.3	0.776156	0.252316
0.197097	0.301	0.777553	0.253461
0.198365	0.302	0.778955	0.254622
0.199637	0.303	0.780357	0.255783
0.200913	0.304	0.781759	0.256944
0.202191	0.305	0.783161	0.258105
0.203473	0.306	0.784563	0.259266
0.204758	0.307	0.785965	0.260427
0.206046	0.308	0.787367	0.261588
0.207338	0.309	0.788769	0.262749
0.208633	0.31	0.790171	0.26391
0.20993	0.311	0.791539	0.265071
0.21232	0.312	0.79291	0.266232
0.212536	0.313	0.794281	0.267393
0.213843	0.314	0.795652	0.268554
0.215154	0.315	0.797023	0.269715
0.216468	0.316	0.798394	0.270876
0.217785	0.317	0.799765	0.272037
0.219105	0.318	0.801136	0.273198
0.220428	0.319	0.802507	0.274359
0.221755	0.32	0.803878	0.27552
0.223084	0.321	0.805193	0.276681
0.224416	0.322	0.806527	0.277842
0.225752	0.323	0.807861	0.279003
0.227091	0.324	0.809195	0.280164
0.228433	0.325	0.810529	0.281325
0.229777	0.326	0.811863	0.282486
0.231125	0.327	0.813197	0.283647
0.232476	0.328	0.814531	0.284808
0.23383	0.329	0.815865	0.285969
0.235187	0.33	0.817199	0.28713
0.236547	0.331	0.818521	0.288291
0.23791	0.332	0.819823	0.289452
0.239275	0.333	0.821125	0.290613

0.240644	0.334	0.822427	0.291774
0.242016	0.335	0.823729	0.292935
0.243391	0.336	0.825031	0.294096
0.244768	0.337	0.826333	0.295257
0.246149	0.338	0.827635	0.296418
0.247532	0.339	0.828937	0.297579
0.248919	0.34	0.830239	0.29874
0.250308	0.341	0.831531	0.299901
0.2517	0.342	0.832802	0.301062
0.253095	0.343	0.834073	0.302223
0.254493	0.344	0.835344	0.303384
0.255894	0.345	0.836615	0.304545
0.257297	0.346	0.837886	0.305706
0.258704	0.347	0.839157	0.306867
0.260113	0.348	0.840428	0.308028
0.261525	0.349	0.841699	0.309189
0.26294	0.35	0.84297	0.311919
0.264357	0.351	0.844231	0.313134
0.265778	0.352	0.84547	0.314349
0.267201	0.353	0.846709	0.315564
0.268627	0.354	0.847948	0.316779
0.270055	0.355	0.849187	0.317994
0.271487	0.356	0.850426	0.319209
0.272921	0.357	0.851665	0.320424
0.274357	0.358	0.852904	0.321639
0.275797	0.359	0.854143	0.322854
0.277239	0.36	0.855382	0.324069
0.278684	0.361	0.856627	0.325284
0.280131	0.362	0.85784	0.326499
0.281581	0.363	0.859053	0.327714
0.283034	0.364	0.860266	0.328929
0.284489	0.365	0.861479	0.330144
0.285947	0.366	0.862692	0.331359
0.287407	0.367	0.863905	0.332574

0.288871	0.368	0.865118	0.333789
0.290336	0.369	0.866331	0.335004
0.291805	0.37	0.867544	0.336219
0.293275	0.371	0.868725	0.337434
0.294749	0.372	0.869907	0.338649
0.296225	0.373	0.871089	0.339864
0.297703	0.374	0.872271	0.341079
0.299184	0.375	0.873453	0.342294
0.300667	0.376	0.874635	0.343509
0.302153	0.377	0.875817	0.344724
0.303642	0.378	0.876999	0.345939
0.305132	0.379	0.878181	0.347154
0.306626	0.38	0.879363	0.348369
0.308121	0.381	0.88053	0.349584
0.30962	0.382	0.881694	0.350799
0.31112	0.383	0.882858	0.352014
0.312623	0.384	0.884022	0.353229
0.314128	0.385	0.885186	0.354444
0.315636	0.386	0.88635	0.355659
0.317146	0.387	0.887514	0.356874
0.318659	0.388	0.888678	0.358089
0.320174	0.389	0.889842	0.359304
0.321691	0.39	0.890908	0.360519
0.32321	0.391	0.892047	0.361734
0.324732	0.392	0.893186	0.362949
0.326256	0.393	0.894325	0.364164
0.327782	0.394	0.895464	0.365379
0.329311	0.395	0.896603	0.366594
0.330842	0.396	0.897742	0.367809
0.332375	0.397	0.898881	0.369024
0.33391	0.398	0.90002	0.370239
0.335448	0.399	0.901057	0.371454
0.336988	0.4	0.90217	0.37353
0.33853	0.401	0.903283	0.374778

0.340074	0.402	0.904396	0.376026
0.34162	0.403	0.905509	0.377274
0.343169	0.404	0.906622	0.378522
0.34472	0.405	0.907735	0.37977
0.346272	0.406	0.908848	0.381018
0.347827	0.407	0.909961	0.382266
0.349385	0.408	0.911074	0.383514
0.350944	0.409	0.912187	0.384762
0.352505	0.41	0.9133	0.38601
0.354068	0.411	0.914237	0.387258
0.355634	0.412	0.915317	0.388506
0.357201	0.413	0.916397	0.389754
0.358771	0.414	0.917477	0.391002
0.360342	0.415	0.918557	0.39225
0.361916	0.416	0.919637	0.393498
0.363492	0.417	0.920717	0.394746
0.365069	0.418	0.921797	0.395994
0.366649	0.419	0.922877	0.397242
0.36823	0.42	0.923957	0.39849
0.369814	0.421	0.924918	0.399738
0.371399	0.422	0.925971	0.400986
0.372986	0.423	0.927021	0.402234
0.374576	0.424	0.928071	0.403482
0.376167	0.425	0.929121	0.40473
0.37776	0.426	0.930171	0.405978
0.379355	0.427	0.931221	0.407226
0.380952	0.428	0.932271	0.408474
0.382551	0.429	0.933321	0.409722
0.384151	0.43	0.934299	0.41097
0.385753	0.431	0.93532	0.412218
0.387358	0.432	0.936341	0.413466
0.388964	0.433	0.937362	0.414714
0.390571	0.434	0.938383	0.415962
0.392181	0.435	0.939404	0.41721

0.393792	0.436	0.940425	0.418458
0.395405	0.437	0.941446	0.419706
0.39702	0.438	0.942467	0.420954
0.398637	0.439	0.943488	0.422202
0.400255	0.44	0.944509	0.42345
0.401875	0.441	0.945469	0.424698
0.403497	0.442	0.94646	0.425946
0.40512	0.443	0.947451	0.427194
0.406745	0.444	0.948442	0.428442
0.408372	0.445	0.949433	0.42969
0.41	0.446	0.950424	0.430938
0.41163	0.447	0.951415	0.432186
0.413262	0.448	0.952406	0.433434
0.414895	0.449	0.953397	0.434682
0.41653	0.45	0.954388	0.43593
0.418166	0.451	0.955346	0.437178
0.419804	0.452	0.956312	0.438426
0.421443	0.453	0.957278	0.439674
0.423084	0.454	0.958244	0.440922
0.424727	0.455	0.95921	0.44217
0.426371	0.456	0.960176	0.443418
0.428016	0.457	0.961142	0.444666
0.429663	0.458	0.962108	0.445914
0.431312	0.459	0.963074	0.447162
0.432962	0.46	0.96404	0.44841
0.434613	0.461	0.964962	0.449658
0.436266	0.462	0.9659	0.450906
0.43792	0.463	0.966838	0.452154
0.439576	0.464	0.967776	0.453402
0.441233	0.465	0.968714	0.45465
0.442891	0.466	0.969652	0.455898
0.444551	0.467	0.97059	0.457146
0.446212	0.468	0.971528	0.458394
0.447874	0.469	0.972466	0.459642

0.449538	0.47	0.973404	0.46089
0.451203	0.471	0.974317	0.462138
0.452869	0.472	0.97523	0.463386
0.454537	0.473	0.976143	0.464634
0.456206	0.474	0.977056	0.465882
0.457876	0.475	0.977969	0.46713
0.459548	0.476	0.978882	0.468378
0.46122	0.477	0.979795	0.469626
0.462894	0.478	0.980708	0.470874
0.464569	0.479	0.981621	0.472122
0.466246	0.48	0.982534	0.47337
0.467923	0.481	0.983415	0.474618
0.469602	0.482	0.9843	0.475866
0.471281	0.483	0.985185	0.477114
0.472962	0.484	0.98607	0.478362
0.474644	0.485	0.986955	0.47961
0.476327	0.486	0.98784	0.480858
0.478012	0.487	0.988725	0.482106
0.479697	0.488	0.98961	0.483354
0.481383	0.489	0.990495	0.484602
0.483071	0.49	0.99138	0.48585
0.484759	0.491	0.992258	0.487098
0.486449	0.492	0.99312	0.488346
0.488139	0.493	0.993982	0.489594
0.489831	0.494	0.994844	0.490842
0.491523	0.495	0.995706	0.49209
0.493217	0.496	0.996568	0.493338
0.494911	0.497	0.99743	0.494586
0.496607	0.498	0.998292	0.495834
0.498303	0.499	0.999154	0.497082
0.5	0.5	1.000016	0.5
0.501698	0.501	1.000848	0.501273
0.503397	0.502	1.00169	0.502546
0.505097	0.503	1.002532	0.503819

0.506798	0.504	1.003374	0.505092
0.508499	0.505	1.004216	0.506365
0.510202	0.506	1.005058	0.507638
0.511905	0.507	1.0059	0.508911
0.513609	0.508	1.006742	0.510184
0.515314	0.509	1.007584	0.511457
0.517019	0.51	1.008426	0.51273
0.518726	0.511	1.009185	0.514003
0.520433	0.512	1.01	0.515276
0.52214	0.513	1.010815	0.516549
0.523849	0.514	1.01163	0.517822
0.525558	0.515	1.012445	0.519095
0.527268	0.516	1.01326	0.520368
0.528979	0.517	1.014075	0.521641
0.53069	0.518	1.01489	0.522914
0.532402	0.519	1.015705	0.524187
0.534114	0.52	1.01652	0.52546
0.535828	0.521	1.017271	0.526733
0.537541	0.522	1.018057	0.528006
0.539256	0.523	1.018843	0.529279
0.54097	0.524	1.019629	0.530552
0.542686	0.525	1.020415	0.531825
0.544402	0.526	1.021201	0.533098
0.546118	0.527	1.021987	0.534371
0.547836	0.528	1.022773	0.535644
0.549553	0.529	1.023559	0.536917
0.551271	0.53	1.024345	0.53819
0.55299	0.531	1.025108	0.539463
0.554709	0.532	1.02587	0.540736
0.556428	0.533	1.026632	0.542009
0.558148	0.534	1.027394	0.543282
0.559868	0.535	1.028156	0.544555
0.561589	0.536	1.028918	0.545828
0.56331	0.537	1.02968	0.547101

0.565031	0.538	1.030442	0.548374
0.566753	0.539	1.031204	0.549647
0.568475	0.54	1.031966	0.55092
0.570197	0.541	1.032696	0.552193
0.57192	0.542	1.033433	0.553466
0.573643	0.543	1.03417	0.554739
0.575366	0.544	1.034907	0.556012
0.57709	0.545	1.035644	0.557285
0.578814	0.546	1.036381	0.558558
0.580538	0.547	1.037118	0.559831
0.582262	0.548	1.037855	0.561104
0.583986	0.549	1.038592	0.562377
0.585711	0.55	1.039329	0.56365
0.587436	0.551	1.040036	0.564923
0.589161	0.552	1.04075	0.566196
0.590886	0.553	1.041464	0.567469
0.592611	0.554	1.042178	0.568742
0.594336	0.555	1.042892	0.570015
0.596062	0.556	1.043606	0.571288
0.597787	0.557	1.04432	0.572561
0.599513	0.558	1.045034	0.573834
0.601239	0.559	1.045748	0.575107
0.602964	0.56	1.046462	0.57638
0.60469	0.561	1.047128	0.577653
0.606416	0.562	1.047815	0.578926
0.608141	0.563	1.048502	0.580199
0.609867	0.564	1.049189	0.581472
0.611593	0.565	1.049876	0.582745
0.613318	0.566	1.050563	0.584018
0.615044	0.567	1.05125	0.585291
0.616769	0.568	1.051937	0.586564
0.618494	0.569	1.052624	0.587837
0.620219	0.57	1.053311	0.58911
0.621944	0.571	1.053973	0.590383

0.623669	0.572	1.054635	0.591656
0.625394	0.573	1.055297	0.592929
0.627119	0.574	1.055959	0.594202
0.628843	0.575	1.056621	0.595475
0.630567	0.576	1.057283	0.596748
0.632291	0.577	1.057945	0.598021
0.634015	0.578	1.058607	0.599294
0.635738	0.579	1.059269	0.600567
0.637461	0.58	1.059931	0.60184
0.639184	0.581	1.06057	0.603113
0.640906	0.582	1.061208	0.604386
0.642629	0.583	1.061846	0.605659
0.64435	0.584	1.062484	0.606932
0.646072	0.585	1.063122	0.608205
0.647793	0.586	1.06376	0.609478
0.649514	0.587	1.064398	0.610751
0.651234	0.588	1.065036	0.612024
0.652954	0.589	1.065674	0.613297
0.654673	0.59	1.066312	0.61457
0.656392	0.591	1.06692	0.615843
0.658111	0.592	1.06753	0.617116
0.659829	0.593	1.06814	0.618389
0.661546	0.594	1.06875	0.619662
0.663263	0.595	1.06936	0.620935
0.66498	0.596	1.06997	0.622208
0.666696	0.597	1.07058	0.623481
0.668411	0.598	1.07119	0.624754
0.670126	0.599	1.0718	0.626027
0.67184	0.6	1.07241	0.6264
0.673554	0.601	1.073021	0.627717
0.675267	0.602	1.073606	0.629034
0.676979	0.603	1.074191	0.630351
0.678691	0.604	1.074776	0.631668
0.680401	0.605	1.075361	0.632985

0.682112	0.606	1.075946	0.634302
0.683821	0.607	1.076531	0.635619
0.68553	0.608	1.077116	0.636936
0.687238	0.609	1.077701	0.638253
0.688945	0.61	1.078286	0.63957
0.690652	0.611	1.078871	0.640887
0.692357	0.612	1.079456	0.642204
0.694062	0.613	1.080041	0.643521
0.695766	0.614	1.080581	0.644838
0.697469	0.615	1.08114	0.646155
0.699172	0.616	1.081699	0.647472
0.700873	0.617	1.082258	0.648789
0.702574	0.618	1.082817	0.650106
0.704273	0.619	1.083376	0.651423
0.705972	0.62	1.083935	0.65274
0.707669	0.621	1.084494	0.654057
0.709366	0.622	1.085053	0.655374
0.711062	0.623	1.085567	0.656691
0.712757	0.624	1.0861	0.658008
0.71445	0.625	1.086633	0.659325
0.716143	0.626	1.087166	0.660642
0.717834	0.627	1.087699	0.661959
0.719525	0.628	1.088232	0.663276
0.721214	0.629	1.088765	0.664593
0.722903	0.63	1.089298	0.66591
0.72459	0.631	1.089829	0.667227
0.726276	0.632	1.09035	0.668544
0.727961	0.633	1.09086	0.669861
0.729645	0.634	1.09137733	0.671178
0.731327	0.635	1.09189283	0.672495
0.733008	0.636	1.09240833	0.673812
0.734688	0.637	1.09292383	0.675129
0.736367	0.638	1.09343933	0.676446
0.738045	0.639	1.09395483	0.677763

0.739721	0.64	1.09447033	0.67908
0.741396	0.641	1.09498583	0.680397
0.743069	0.642	1.095424	0.681714
0.744742	0.643	1.095909	0.683031
0.746413	0.644	1.096394	0.684348
0.748082	0.645	1.096879	0.685665
0.74975	0.646	1.097364	0.686982
0.751417	0.647	1.097849	0.688299
0.753082	0.648	1.098334	0.689616
0.754726	0.649	1.098819	0.690933
0.756408	0.65	1.099304	0.69225
0.758069	0.651	1.099789	0.693567
0.759729	0.652	1.100274	0.694884
0.761387	0.653	1.100759	0.696201
0.763043	0.654	1.101178	0.697518
0.764698	0.655	1.101635	0.698835
0.766351	0.656	1.102092	0.700152
0.768002	0.657	1.102549	0.701469
0.769652	0.658	1.103006	0.702786
0.771301	0.659	1.103463	0.704103
0.772947	0.66	1.10392	0.70542
0.774592	0.661	1.104377	0.706737
0.776236	0.662	1.104834	0.708054
0.777877	0.663	1.105291	0.709371
0.779517	0.664	1.105748	0.710688
0.781155	0.665	1.106205	0.712005
0.782791	0.666	1.106563	0.713322
0.784426	0.667	1.106985	0.714639
0.786059	0.668	1.107407	0.715956
0.78769	0.669	1.107829	0.717273
0.789319	0.67	1.108251	0.71859
0.790946	0.671	1.108673	0.719907
0.792571	0.672	1.109095	0.721224
0.794195	0.673	1.109517	0.722541

0.795816	0.674	1.109939	0.723858
0.797436	0.675	1.110361	0.725175
0.799054	0.676	1.110783	0.726492
0.800669	0.677	1.111205	0.727809
0.802283	0.678	1.111627	0.729126
0.803895	0.679	1.112049	0.730443
0.805504	0.68	1.112471	0.73176
0.807112	0.681	1.112768	0.733077
0.808717	0.682	1.11314	0.734394
0.810321	0.683	1.113512	0.735711
0.811922	0.684	1.113884	0.737028
0.813521	0.685	1.114256	0.738345
0.815118	0.686	1.114628	0.739662
0.816713	0.687	1.115	0.740979
0.818305	0.688	1.115372	0.742296
0.819896	0.689	1.115744	0.743613
0.821484	0.69	1.116116	0.74493
0.82307	0.691	1.116488	0.746247
0.824653	0.692	1.11686	0.747564
0.826235	0.693	1.117232	0.748881
0.827814	0.694	1.117604	0.750198
0.82939	0.695	1.117976	0.751515
0.830964	0.696	1.118348	0.752832
0.832536	0.697	1.11872	0.754149
0.834106	0.698	1.119092	0.755466
0.835673	0.699	1.119464	0.756783
0.837238	0.7	1.119836	0.747684
0.8388	0.701	1.120116	0.748851
0.84036	0.702	1.120439	0.750018
0.841917	0.703	1.120762	0.751185
0.843471	0.704	1.121085	0.752352
0.845024	0.705	1.121408	0.753519
0.846573	0.706	1.121731	0.754686
0.84812	0.707	1.122054	0.755853

0.849664	0.708	1.122377	0.75702
0.851206	0.709	1.1227	0.758187
0.852745	0.71	1.123023	0.759354
0.854282	0.711	1.123346	0.760521
0.855815	0.712	1.123669	0.761688
0.857346	0.713	1.123992	0.762855
0.858875	0.714	1.124315	0.764022
0.8604	0.715	1.124638	0.765189
0.861923	0.716	1.124961	0.766356
0.863443	0.717	1.125284	0.767523
0.86496	0.718	1.125607	0.76869
0.866474	0.719	1.12593	0.769857
0.867985	0.72	1.126253	0.771024
0.869494	0.721	1.126383	0.772191
0.870999	0.722	1.12666	0.773358
0.872502	0.723	1.126937	0.774525
0.874002	0.724	1.127214	0.775692
0.875498	0.725	1.127491	0.776859
0.876992	0.726	1.127768	0.778026
0.878482	0.727	1.128045	0.779193
0.87997	0.728	1.128322	0.78036
0.881455	0.729	1.128599	0.781527
0.882936	0.73	1.128876	0.782694
0.884414	0.731	1.129099	0.783861
0.885889	0.732	1.129344	0.785028
0.887361	0.733	1.129589	0.786195
0.88883	0.734	1.129834	0.787362
0.890296	0.735	1.130079	0.788529
0.891758	0.736	1.130324	0.789696
0.893217	0.737	1.130569	0.790863
0.894673	0.738	1.130814	0.79203
0.896125	0.739	1.131059	0.793197
0.897575	0.74	1.131304	0.794364
0.89902	0.741	1.131532	0.795531

0.900463	0.742	1.13175	0.796698
0.901902	0.743	1.131968	0.797865
0.903337	0.744	1.132186	0.799032
0.90477	0.745	1.132404	0.800199
0.906198	0.746	1.132622	0.801366
0.907623	0.747	1.13284	0.802533
0.909045	0.748	1.133058	0.8037
0.910463	0.749	1.133276	0.804867
0.911878	0.75	1.133494	0.806034
0.913289	0.751	1.133674	0.805601
0.914696	0.752	1.133865	0.806701
0.9161	0.753	1.134056	0.807801
0.9175	0.754	1.134247	0.808901
0.918896	0.755	1.134438	0.810001
0.920288	0.756	1.134629	0.811101
0.921677	0.757	1.13482	0.812201
0.923062	0.758	1.135011	0.813301
0.924443	0.759	1.135202	0.814401
0.925821	0.76	1.135393	0.815501
0.927194	0.761	1.13552	0.816601
0.928564	0.762	1.13568	0.817701
0.92993	0.763	1.13584	0.818801
0.931292	0.764	1.136	0.819901
0.934003	0.766	1.13632	0.822101
0.935353	0.767	1.136482	0.823201
0.936699	0.768	1.136625	0.824301
0.938041	0.769	1.136768	0.825401
0.939379	0.77	1.136911	0.826501
0.940712	0.771	1.137054	0.827601
0.942042	0.772	1.137199	0.828701
0.943367	0.773	1.13733	0.829801
0.944688	0.774	1.137461	0.830901
0.946005	0.775	1.137592	0.832001
0.947317	0.776	1.137723	0.833101

0.948626	0.777	1.137854	0.834201
0.94993	0.778	1.137985	0.835301
0.951229	0.779	1.138116	0.836401
0.952524	0.78	1.138247	0.837501
0.953815	0.781	1.138293	0.838601
0.955102	0.782	1.138399	0.839701
0.956384	0.783	1.138501	0.840801
0.957661	0.784	1.138601	0.841901
0.958934	0.785	1.138697	0.843001
0.960203	0.786	1.138793	0.844101
0.961466	0.787	1.138889	0.845201
0.962726	0.788	1.138985	0.846301
0.96398	0.789	1.13904	0.847401
0.96523	0.79	1.139095	0.848501
0.966476	0.791	1.13915	0.849601
0.967716	0.792	1.139205	0.850701
0.968952	0.793	1.13926	0.851801
0.970183	0.794	1.139315	0.852901
0.971409	0.795	1.13937	0.854001
0.972631	0.796	1.139425	0.855101
0.973847	0.797	1.139593	0.856201
0.975059	0.798	1.139635	0.857301
0.976265	0.799	1.139677	0.858401
0.977467	0.8	1.139719	0.859501
0.978664	0.801	1.139761	0.858369
0.979855	0.802	1.139803	0.859655
0.981042	0.803	1.139845	0.860941
0.982223	0.804	1.139887	0.862227
0.983399	0.805	1.139929	0.863513
0.984571	0.806	1.139971	0.864799
0.985737	0.807	1.140013	0.866085
0.986897	0.808	1.140055	0.867371
0.988053	0.809	1.140097	0.868657
0.989203	0.81	1.140139	0.869943

0.990348	0.811	1.140023	0.871229
0.991487	0.812	1.140028	0.872515
0.992621	0.813	1.140033	0.873801
0.99375	0.814	1.140027	0.875087
0.994873	0.815	1.140021	0.876373
0.995991	0.816	1.140015	0.877659
0.997103	0.817	1.140009	0.878945
0.998209	0.818	1.140003	0.880231
0.99931	0.819	1.139997	0.881517
1.000405	0.82	1.139991	0.882803
1.001495	0.821	1.139985	0.884089
1.002579	0.822	1.139877	0.885375
1.003657	0.823	1.139841	0.886661
1.004729	0.824	1.139802	0.887947
1.005795	0.825	1.139763	0.889233
1.006856	0.826	1.139724	0.883429
1.00791	0.827	1.139685	0.884393
1.008959	0.828	1.139646	0.885357
1.010002	0.829	1.139551	0.886321
1.011038	0.83	1.139489	0.887285
1.012069	0.831	1.139423	0.888249
1.013093	0.832	1.139357	0.889213
1.014112	0.833	1.139291	0.890177
1.015124	0.834	1.139225	0.891141
1.01613	0.835	1.139159	0.892105
1.017129	0.836	1.139039	0.893069
1.018122	0.837	1.13895	0.894033
1.019109	0.838	1.138861	0.894997
1.02009	0.839	1.138772	0.895961
1.021064	0.84	1.138683	0.896925
1.022031	0.841	1.138594	0.897889
1.022992	0.842	1.138446	0.898853
1.023947	0.843	1.138333	0.899817
1.024895	0.844	1.13822	0.900781

1.025836	0.845	1.138107	0.901745
1.02677	0.846	1.137994	0.902709
1.027698	0.847	1.137881	0.903673
1.028619	0.848	1.137768	0.904637
1.029533	0.849	1.137569	0.905601
1.03044	0.85	1.137427	0.90594
1.031341	0.851	1.137281	0.906848
1.032234	0.852	1.137135	0.907756
1.03312	0.853	1.136989	0.908664
1.033999	0.854	1.136843	0.909572
1.034871	0.855	1.136697	0.91048
1.035736	0.856	1.136486	0.911388
1.036594	0.857	1.136313	0.912296
1.037444	0.858	1.136137	0.913204
1.038287	0.859	1.135956	0.914112
1.039122	0.86	1.13577	0.91502
1.039951	0.861	1.135594	0.915928
1.040771	0.862	1.135413	0.916836
1.041584	0.863	1.135232	0.917744
1.04239	0.864	1.134983	0.918652
1.043187	0.865	1.134775	0.91956
1.043978	0.866	1.134562	0.920468
1.04476	0.867	1.134349	0.921376
1.045534	0.868	1.134136	0.922284
1.046301	0.869	1.133923	0.923192
1.04706	0.87	1.13371	0.9241
1.04781	0.871	1.133497	0.925008
1.048553	0.872	1.133186	0.925916
1.049287	0.873	1.13294	0.926824
1.050013	0.874	1.132689	0.927732
1.050731	0.875	1.132433	0.928806
1.051441	0.876	1.132172	0.929572
1.052142	0.877	1.131921	0.930338
1.052835	0.878	1.131665	0.931104

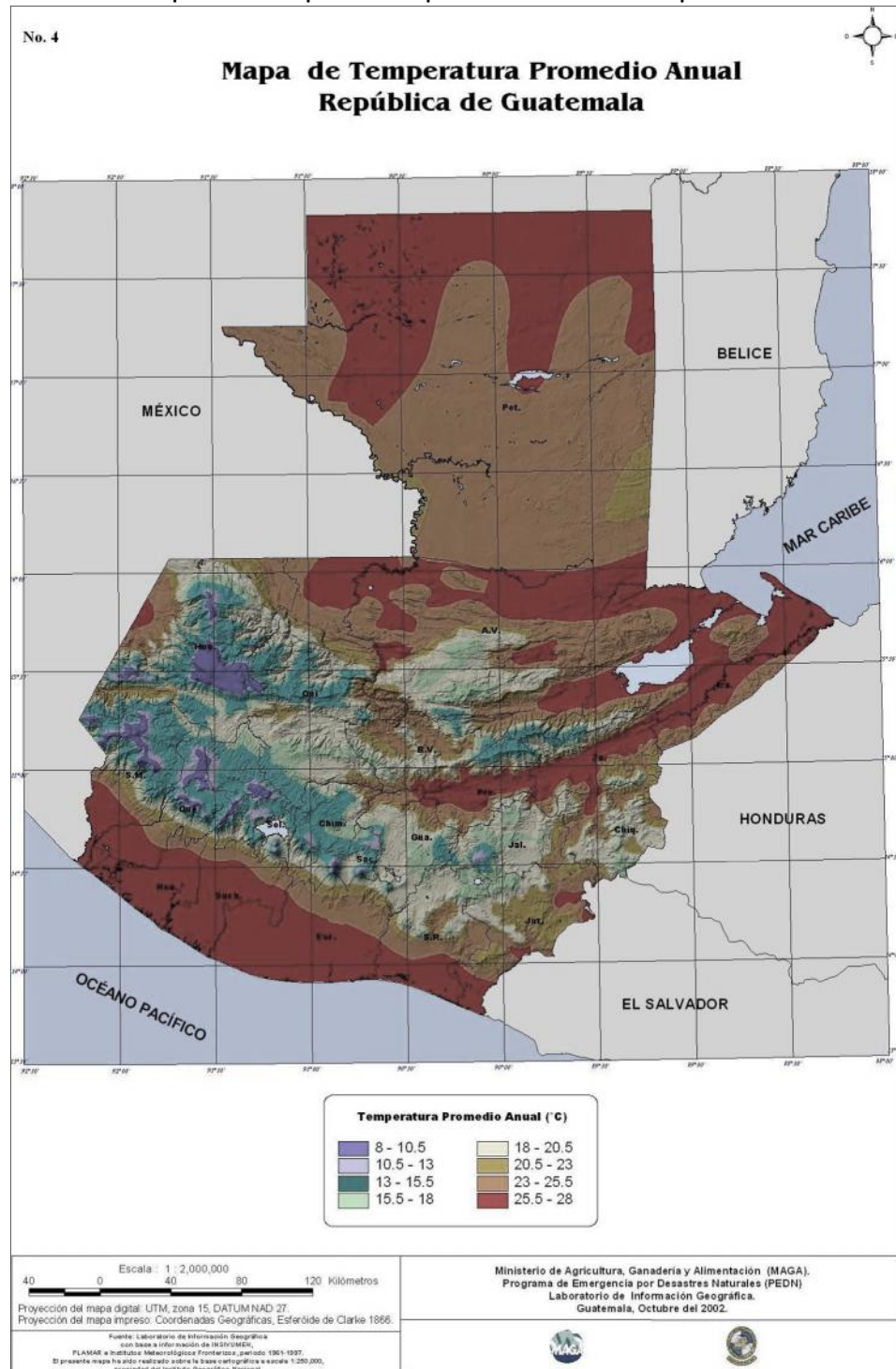
1.05352	0.879	1.131409	0.93187
1.054195	0.88	1.131077	0.932636
1.054863	0.881	1.130791	0.933402
1.055521	0.882	1.130499	0.934168
1.056171	0.883	1.130203	0.934934
1.056811	0.884	1.129907	0.9357
1.057443	0.885	1.129611	0.936466
1.058066	0.886	1.129315	0.937232
1.05868	0.887	1.129019	0.937998
1.059284	0.888	1.128638	0.938764
1.05988	0.889	1.128309	0.93953

1.060466	0.89	1.127975	0.940296
1.061043	0.891	1.127634	0.941062
1.06161	0.892	1.127293	0.941828
1.062168	0.893	1.126952	0.942594
1.062716	0.894	1.126611	0.94336
1.063254	0.895	1.12627	0.944126
1.063783	0.896	1.125847	0.944892
1.064301	0.897	1.125472	0.945658
1.06481	0.898	1.125097	0.946424
1.065309	0.899	1.124722	0.94719
1.065797	0.9	1.124311	0.947956

Fuente: Nij, 2002. Anexo A.

ANEXO D

ANEXO D. Mapa de temperatura promedio anual República de Guatemala.



Fuente: -IGN- Laboratorio de Información Geográfica -MAGA-. 2002.