

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

**DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL
TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO,
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN

CHIQUIMULA, GUATEMALA, JUNIO DE 2016

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

**DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL
TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO,
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, JUNIO DE 2016

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:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Coordinador de Carrera:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Secretario:	MSc. René Estuardo Alvarado Gonzáles
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

Ing. Jorge Mauricio López Vanegas
Lic. Mario Augusto Rodas Chactún
Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia



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



JMLV.01.16

Chiquimula, 25 de febrero de 2016.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado -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 APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, presentado por el estudiante **JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN**.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Civil Jorge Mauricio López Vanegas
Ingeniero Asesor - Revisor



C.c. archivo



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



SARU.01.16

Chiquimula, 01 de marzo de 2016.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado -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 APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, presentado por el estudiante **JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN**.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



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



CEPSIC.03.2016

Chiquimula, 26 de mayo de 2016.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC

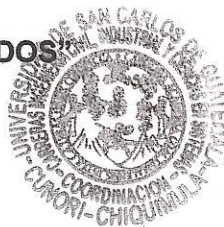
Respetable Ingeniero Luis Quijada:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, elaborado por el estudiante **JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Jorge Mauricio López Vanegas y Sergio Antonio Ramos Urrutia.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante José Roberto Flores Leytán, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



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

C.c. archivo



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



ALTG.03.16

Chiquimula, 30 de mayo de 2016.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingenierías

CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

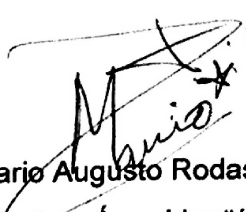
El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado **“DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**; elaborado por el estudiante **JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN**

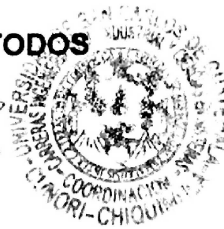
El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Mario Augusto Rodas Chactún
Revisor Área Lingüística



C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



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



TGIC.03-2016

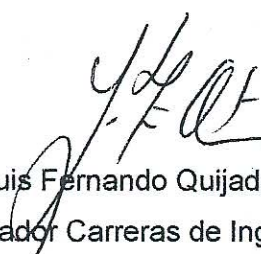
Chiquimula, 31 de mayo de 2016.

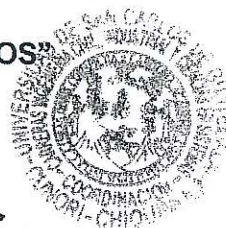
MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

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. Jorge Mauricio López Vanegas, Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil, el Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Mario Augusto Rodas Chactún, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante José Roberto Flores Leytán, titulado: **"DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomendando la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


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



C.c. archivo

D-TG-IC-059/2016

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **JOSÉ ROBERTO FLORES LEYTÁN** titulado **“DISEÑO DE APERTURA TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación a Nivel de Licenciatura**, previo a obtener el título de **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el veintiuno de junio de dos mil dieciséis.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



AGRADECIMIENTOS A:

Dios

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

Mis padres

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

Mis hermanos

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

Centro Universitario de Oriente

Por ser la casa de estudios y compartir sus instalaciones en las cuales viví muchas experiencias.

Los catedráticos de la carrera Ingeniería Civil

Por compartir sus conocimientos durante el proceso de aprendizaje y formación profesional

La municipalidad de Chiquimula.

En especial al personal de la Dirección Municipal de Planificación y a los compañeros de EPS

Mis amigos

Por su amistad otorgada y los buenos
momentos convividos.

ACTO DEDICO A:

Dios

Por dar la sabiduría, salud y tenacidad ayudándome a culminar los estudios.

Mis padres

Alba Dinora Leytán Escobar y Enrique Salvador Flores Sagastume, por darme su apoyo y ser un ejemplo a seguir.

Mis hermanos

José Salvador y Dinora José Flores Leytán, por su apoyo y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA DE LAS COMUNIDADES	1
1.1 Descripción de las comunidades	1
1.1.1 Introducción	1
1.1.2 Monografía geográfica y socioeconómica del área urbana y de las comunidades beneficiadas	1
1.1.2.1 Localización	1
1.1.2.2 Vías de acceso	4
1.1.2.3 Clima	5
1.1.2.4 Población	6
1.1.2.5 Aspectos socioeconómicos de las comunidades	6
1.1.2.6 Servicios públicos	7
1.1.2.7 Evaluación de las necesidades más prioritarias en cuanto a servicios básicos	8
1.1.3 Saneamiento ambiental	8

2. DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA	11
2.1. Descripción del proyecto	11
2.2. Levantamiento topográfico	11
2.2.1. Planimetría y altimetría	11
2.3. Diseño geométrico de la carretera	12
2.3.1. Diseño en planta	12
2.3.1.1. Curvas horizontales	13
2.3.1.1.1. Tangentes	15
2.3.1.1.2. Ángulo de intersección	17
2.3.1.1.3. Radio de curvatura	19
2.3.1.1.4. Grado de curvatura	20
2.3.1.1.5. Longitud de la curva	20
2.3.1.1.6. Subtangente	21
2.3.1.1.7. External	22
2.3.1.1.8. Ordenada media	22
2.3.1.1.9. Cuerda máxima	23
2.3.1.1.10. Punto de intersección corregido	24
2.3.1.1.11. Principio y final de una curva circular	24
2.3.2. Diseño de perfil longitudinal	25
2.3.2.1. Pendiente vertical	26
2.3.2.2. Trazado de tangentes verticales	27
2.3.2.3. Curvas verticales	27
2.3.2.3.1. Longitud de la curva vertical	28
2.3.2.3.2. Ordenada media	33
2.3.2.3.3. Constante vertical	34
2.3.2.3.4. Cálculo de subrasante	36
2.3.2.3.5. Cota corregida de subrasante	38
2.3.3. Ancho de calzada	39

2.4.	Drenajes	39
2.4.1	Drenaje longitudinal	40
2.4.1.1.	Cunetas	40
2.4.1.2.	Contracunetas	41
2.4.2.	Diseño de drenaje transversal	41
2.4.2.1.	Ubicación de drenajes	41
2.4.2.2.	Cálculo de intensidad de lluvia	42
2.4.2.3.	Cuencas tributarias	44
2.4.2.4.	Coeficiente de escorrentía	45
2.4.2.5.	Cálculo hidráulico	46
2.4.2.5.1.	Método racional	47
2.4.2.5.2.	Cálculo de diámetro de tuberías	48
2.5.	Movimiento de tierras	50
2.5.1.	Secciones transversales	51
2.5.1.1.	Talud de corte	51
2.5.1.2.	Talud de relleno	52
2.5.1.3.	Bombeo	53
2.5.1.4.	Cálculo de área	53
2.5.2.	Cálculo de volumen	55
2.5.2.1.	Volumen de corte	56
2.5.2.2.	Volumen de relleno	57
2.5.2.3.	Distancia de paso	58
2.5.3.	Balance de masas	60
2.5.3.1.	Diagrama de masas	61
2.5.3.2.	Diseño y cálculo de la línea de balance	62
2.5.3.3.	Elementos condicionantes en el diseño de la línea de balance	64
2.5.3.4.	Coeficiente de contracción e hinchamiento	66
2.6.	Análisis de suelos	68
2.6.1.	Ensayos para la clasificación del suelo	68
2.6.1.1.	Análisis granulométrico	68

2.6.1.2.	Límites de Atterberg	69
2.6.1.3.	Ensayo de compactación Proctor	69
2.6.1.4.	Ensayo del valor soporte del suelo CBR	69
2.6.2.	Análisis de resultados	70
2.7.	Carpeta de rodadura	71
2.8.	Especificaciones técnicas	71
2.9.	Presupuesto	77
2.9.1.	Integración de precios unitarios	77
2.9.2.	Cronograma de ejecución físico y financiero	90
2.10.	Análisis de impacto ambiental	92
2.10.1.	Cambios en calidad	92
2.10.2.	Alteración del régimen hídrico	93
2.10.3.	Flora y fauna	93
2.10.4.	Desechos sólidos	94
2.10.5.	Ruidos, vibraciones y polvo	95
2.11.	Análisis socioeconómico	95
2.10.1.	Valor actual neto	96
2.10.2.	Tasa interna de retorno	99
3.	DISEÑO DE LA FASE IV DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA EL MAESTRO, CIUDAD DE CHIQUIMULA	101
3.1.	Descripción del proyecto	101
3.2.	Levantamiento topográfico	101
3.2.1.	Planimetría y altimetría	102
3.3.	Parámetros de diseño	103
3.3.1.	Descripción del sistema a utilizar	104
3.3.2.	Selección de ruta	105
3.3.3.	Velocidades máximas y mínimas	106
3.3.4.	Período de diseño	106

3.3.5.	Densidad de población	107
3.3.6.	Población de diseño	108
3.3.6.1.	Método del incremento geométrico	108
3.3.7.	Diámetro de tubería	110
3.3.8.	Dotación	110
3.3.9.	Factor de retorno	111
3.3.10.	Integración de caudal de diseño	111
3.3.10.1.	Caudal domiciliar	112
3.3.10.2.	Caudal por infiltración	113
3.3.10.3.	Caudal comercial	114
3.3.10.4.	Caudal industrial	115
3.3.10.5.	Caudal pluvial	116
3.3.10.5.1.	Intensidad de lluvia	117
3.3.10.5.2.	Método racional	118
3.3.10.6.	Caudal por conexiones ilícitas	119
3.3.10.7.	Caudal medio	120
3.3.10.8.	Factor de caudal medio (FQM)	121
3.3.10.9.	Factor de Harmon	122
3.3.10.10.	Caudal de diseño	124
3.3.10.11.	Caudal unitario	125
3.4.	Diseño hidráulico	126
3.4.1.	Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning	126
3.4.2.	Caudal a sección llena	127
3.4.3.	Cálculo de pendientes	128
3.4.4.	Cotas invert	129
3.4.5.	Altura de pozos	132
3.5.	Obras accesorias	134
3.5.1.	Conexiones domiciliarias	134
3.5.2.	Pozos de visita	136
3.5.3.	Colectores	137

3.6.	Desfogue	137
3.7.	Volumen de excavación	137
3.8.	Presupuesto	140
3.8.1.	Criterios adoptados para la integración del presupuesto	141
3.8.2.	Integración de precios unitarios	142
3.8.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	147
3.9.	Análisis de impacto ambiental	149
3.9.1.	Peligro de contaminación sanitaria	149
3.9.2.	Contaminación de cauce natural	149
3.9.3.	Aumento de plusvalía	150
3.9.4.	Calidad de vida	150
3.9.5.	Salubridad	150
3.9.6.	Viabilidad	151
3.9.7.	Ruidos, vibraciones y polvo	151
3.10.	Análisis socioeconómico	151
3.10.2.	Valor actual neto	152
3.10.3.	Tasa interna de retorno	155
CONCLUSIONES		157
RECOMENDACIONES		159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		161
ANEXOS		165
APÉNDICES		169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Chiquimula	2
2.	Localización del caserío El Trapichito, aldea Guior y colonia El Maestro	4
3.	Curvas de nivel	12
4.	Los elementos de la curva horizontal	13
5.	Ángulo de intersección – Caso 1	17
6.	Ángulo de intersección – Caso 2	18
7.	Tipos de curva vertical	28
8.	Cota rasante corregida	38
9.	Interpolación de intensidad de lluvia El Trapichito – Guior	44
10.	Sección típica balasto	51
11.	Sección transversal estación 0+040.00	54
12.	Prismoide de corte o relleno	56
13.	Distancia de paso entre dos estaciones	59
14.	Diagrama de masas	62
15.	Diagrama de masas – Ejemplo de cálculo	64
16.	Diagrama de flujo del costo de ciclo de vida de un proyecto	97
17.	Diagrama de flujo de costos de la carreta del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior	98
18.	Secciones de canales	104
19.	Intensidad de lluvia colonia El Maestro	117
20.	Cálculo de pendiente de tubería de tramo -Caso b	129
21.	Cota invert Caso 1	130
22.	Cota invert Caso 2	130
23.	Cota invert Caso 3	131

24.	Cota invert Caso 4	131
25.	Perfil de candela domiciliar	135
26.	Detalle – conexión domiciliar–	135
27.	Volumen de excavación de un tramo sanitario	138
28.	Detalle de zanjeo	139
29.	Diagrama de flujo de costos del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula	155

TABLAS

1. Distancias de las comunidades a la cabecera municipal	5
2. Distancias de la ciudad de Guatemala al municipio de Chiquimula	5
3. Distancias horizontales de tangentes horizontal	16
4. Tangentes horizontales - caminamientos, distancias y azimut	18
5. Radio mínimo según tipo de carretera, tipo de terreno y velocidad de diseño	19
6. Caminamientos de punto de intersección (PI) corregidos	24
7. Pendiente máxima según región o tipo del terreno	26
8. Tangentes verticales (longitud y pendiente)	27
9. Valores de “K” según tipo de curva vertical	30
10. Valores de a y b, del centro meteorológico de La Fragua	43
11. Valores de a y b, del centro meteorológico de Esquipulas	43
12. Coeficiente de escorrentía (C)	46
13. Coeficiente de rugosidad (n)	49
14. Relaciones de talud de corte	52
15. Relaciones de talud de relleno	52
16. Coordenadas del polígono transversal (0+040.00)	54
17. Coeficiente de contracción según tipo de terreno	66
18. Resumen de precios unitarios del diseño de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior, municipio de Chiquimula	77
19. Costo unitario – Limpia, chapeo y destronque	78
20. Costo unitario – Replanteo topográfico	79
21. Costo unitario – Apertura de carretera	80
22. Costo unitario – Excavación material no clasificado de préstamo	81
23. Costo unitario – Excavación material no clasificada	82
24. Costo unitario – Conformación de relleno	83
25. Costo unitario – Reacondicionamiento de subrasante	84

26. Costo unitario – Drenajes transversales	85
27. Costo unitario – Cunetas naturales	86
28. Costo unitario – Balasto	87
29. Costo unitario – Transporte de maquinaria	88
30. Costo unitario – Desglose de gastos administrativos	89
31. Cronograma físico - financiero	91
32. Costo de mantenimiento anual	98
21. Datos del Valor Actual Neto	98
22. Dotacion según tipo de servicio	110
23. Valores de “n” en tuberías	127
24. Profundidades mínimas en tuberías de alcantarillado	133
25. Ancho mínimo de zanja angosta y altura promedio	138
26. Resumen de precios unitarios del diseño de la fase IV del sistema de alcantarillado	141
39. Costo unitario – Trabajos preliminares	142
40. Costo unitario – Pozos de visita promedio	143
41. Costo unitario – Tubería principal	144
42. Costo unitario – Conexiones domiciliarias	145
43. Desglose de gastos administrativos	146
44. Cronograma físico - financiero	148
28. Datos del Valor Actual Neto	154

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo:	Significado:
Δ	Ángulo de intersección
A	Diferencia algebraica entre las pendientes
A	Área
C	Coeficiente de escorrentía
Cam	Caminamiento
CM	Cuerda máxima
cm ²	Centímetros cuadrados
CT	Cota de terreno
DH	Distancia horizontal
Dist	Distancia
DMP	Dirección municipal de planificación
E	External
Est	Estación
FH	Factor de Harmon
FQM	Factor de caudal medio
G	Grado de curvatura
Ha	Hectáreas
I	Intensidad de lluvia
K	Constante según la velocidad de diseño
L / hab / día	Litros por habitante por día
L / seg	Litros por segundo
LC	Longitud de la curva
m	Metro
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mm / hora	Milímetros por hora
n	Coeficiente de rugosidad

OM	Ordenada media
P	Población
PO	Punto observado
PVC	Cloruro de polivinilo
PC	Principio de la curva
PE	Pendiente de tangente vertical de entrada
Pf	Población futura
PI	Punto de intersección
Po	Población inicial
PS	Pendiente de tangente vertical de salida
PT	Final de la curva
PV	Pozo de visita
Q	Caudal a sección llena
Qacu	Caudal acumulado
Qdis	Caudal de diseño
Rc	Radio de curvatura
S	Pendiente
ST	Subtangente
S.C.U.	Sistema unificado de clasificación
S.W.	Sand Well graded (Arena bien graduada)
V	Velocidad de flujo dentro de la alcantarilla

GLOSARIO

Acarreo	Es el transporte de material de excavación no clasificados de préstamo o de desperdicio.
Alcantarillado	Es el conjunto de obras accesorias, tuberías y conductos cerrados, que normalmente trabajan como canales a través de los cuales corren las aguas sanitarias.
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de carpeta de rodadura.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie del rodamiento.
Carpeta de rodadura	Área designada a la circulación de los vehículos.
Caudal	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.
Caudal comercial	Es el volumen de aguas negras que se desechan de los comercios.
Caudal doméstico	Es el caudal de aguas negras que se desechan de las viviendas.

Caudal de infiltración	Es el caudal de agua subterránea que se infiltra en la tubería.
Colector tubería	Conjunto de tramos que siguen la dirección de los gastos mayores.
Colector principal	Generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas grises y sanitarias de la población al lugar de desfogue.
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la tubería de la vivienda hasta el colector domiciliar.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Contra cuneta	Son los canales que se construyen en uno o ambos lados de la carretera, paralela a ellas y fuera de los límites de construcción, con el objeto de drenar el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas a dichos límites.
Cuneta	Zanja lateral, generalmente paralela al eje de la carretera o camino.
Densidad de vivienda	Es la relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.

Desfogue	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que deben estar tratadas, en un cuerpo receptor.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Excavación no clasificada	Es la acción de cortar y rellenar cualquier tipo de Clasificada material dentro o fuera de los límites de construcción.
Factor de retorno	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
INAB	Instituto Nacional de Bosques de Guatemala.
Pendiente	Relación entre la altura y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Rasante	Cota que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de una carretera
Sección típica	Es la representación grafica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.
Talud	Inclinación de la superficie de los cortes o de los rellenos.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima en la que un vehículo puede transitar con seguridad, en una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), realizado en el Departamento Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Chiquimula, tuvo como objetivo principal el apoyo técnico profesional para la elaboración de dos estudios de los siguientes proyectos de infraestructura:

- Diseño de apertura de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior, Chiquimula.
- Diseño de sistema de alcantarillado sanitario correspondiente a la Fase IV ubicado en la colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula, Chiquimula.

Para recabar la información de la monografía geográfica y económica de las comunidades bajo estudio, se realizó la técnica de investigación participativa, que consistió en que las comunidades participaran mediante entrevistas, aportando datos generales acerca de la población; condiciones sanitarias y de servicios básicos.

En los capítulos 2 y 3 se realizó el diseño técnico de los proyectos correspondientes a “Apertura de apertura tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior” y “Sistema de alcantarillado sanitario de la colonia El Maestro”, ambos pertenecientes al departamento y municipio de Chiquimula.

Finalmente, en los anexos y apéndices se incluyen los estudios de suelos, cuadros de cálculos, presupuestos y planos de construcción.

OBJETIVOS

General

Proporcionar a la municipalidad de Chiquimula el diseño de dos proyectos de infraestructura que aporten soluciones a las necesidades de las comunidades.

Específicos

1. Diseñar la apertura de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior, municipio y departamento de Chiquimula
2. Planificar el sistema de alcantarillado sanitario Fase IV colonia El Maestro, ciudad y departamento de Chiquimula.
3. Proyectar el Centro Universitario de Oriente (CUNORI) a la región nororiental por medio de apoyo técnico profesional de dos proyectos de infraestructura social, de parte del estudiante de la carrera Ingeniería Civil, por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.).

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país privilegiado por sus diversos recursos naturales hídricos, forestales, entre otros; a su vez existe una administración financiera inadecuada para hacer uso de los mismos; que limita el desarrollo del país tanto a nivel de infraestructura, socio económico, cultural, educativo, así como también el bienestar de sus habitantes.

El crecimiento poblacional y el espacio territorial, tanto en el área urbana, como rural, del municipio de Chiquimula, exige nuevas áreas de urbanización y como consecuencia a esto; genera la necesidad de implementación de servicios básicos, dentro de ellos se pueden destacar la apertura de tramo del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior y sistema de alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, que son las más prioritarias actualmente.

Para ayudar a solucionar las necesidades anteriores, se brindó un informe con el estudio de los proyectos como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en el Departamento Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Chiquimula.

El trabajo de graduación está estructurado de la siguiente forma; el capítulo 1 el cual hace referencia a la parte de investigación monográfica y diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura y comunidades de El Trapichito, Guior y colonia El Maestro del municipio de Chiquimula.

El capítulo 2 corresponde al diseño técnico normado, que contiene los aspectos que intervienen en el diseño de la carretera del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior y El capítulo 3 contiene el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula.

1. MONOGRAFÍA DE LAS COMUNIDADES

1.1. Descripción de las comunidades

1.1.1. Introducción

Las comunidades del caserío El Trapichito y aldea Guior, pertenecientes al municipio y departamento de Chiquimula, serán descritas de forma geográfica y socioeconómica, con el propósito de tener el conocimiento necesario acerca de las mismas.

Esta información irá acompañada con los servicios básicos prioritarios, saneamiento ambiental de las comunidades.

1.1.2. Monografía geográfica y socioeconómica del área urbana y de las comunidades beneficiadas

1.1.2.1. Localización

Departamento de Chiquimula

Chiquimula es un departamento ubicado en el oriente de Guatemala, limita al norte con Zacapa; al sur con la República de El Salvador y Jutiapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con Jalapa y Zacapa.

Municipio de Chiquimula

El municipio de Chiquimula básicamente está rodeado de montañas con un valle en la región central. La ciudad de Chiquimula se encuentra a 168 kilómetros de la capital de Guatemala, recorriendo 137 km, en la carretera CA-9 de la Ciudad de Guatemala hacía Rio Hondo Zacapa y 31 km en la CA-10 de Rio hondo Zacapa hacia Chiquimula. La altura promedio es de 432 metros sobre el nivel del mar, la ubicación geográfica del centro de la ciudad de Chiquimula ubicada en el banco de marca del parque central, tiene una latitud $14^{\circ} 48' 1.17''$, longitud $89^{\circ} 32' 45.83''$, con una altura de 432 m, sobre el nivel del mar, el centro de la colonia El Maestro tiene una latitud $14^{\circ} 47' 31.84''$, longitud $89^{\circ} 32' 43.14''$, con una altura de 423 m, sobre el nivel del mar.

Figura 1. Localización del municipio de Chiquimula



Fuente: Elaboración propia

Aldea Guior

Aldea del municipio de Chiquimula, ubicada en el noroeste de la cabecera municipal, Guior se encuentra a 8 km, al oeste de la ciudad de Chiquimula, recorriendo 5 km, al noroeste con carretera asfaltada hacia la aldea Shusho Arriba, continuando 3 km, al este por carretera de terracería hasta la aldea, sus colindancias son: al norte el caserío Las Mesas, al sur la aldea El Jute, al este el caserío El Limón y al oeste la aldea Shusho Arriba. La aldea se encuentra al margen de la quebrada del mismo nombre. Las coordenadas geográficas del centro de la aldea se encuentra a una latitud 14° 48' 45.33", longitud 89° 36' 25.68", con una altura de 655 m, sobre el nivel del mar.

Caserío El Trapichito

Caserío perteneciente a la aldea El Jute, se encuentra a 12 km, al oeste partiendo de la ciudad de Chiquimula, se debe recorrer 11 km, al este en carretera asfaltada hacia el cruce del caserío El Limón, seguidamente 1 km, al sur de carretera de terracería hasta el caserío El Trapichito. Sus colindancias geográficas son: al norte la aldea Guior, al sur el caserío El Limón, al este la aldea El Jute, al oeste caserío El Cerrón. Las coordenadas geográficas del mismo se encuentra a una latitud 14° 48' 20.87", longitud 89° 36' 36.29", con una altura de 875 m, sobre el nivel del mar.

Figura 2. Localización del Municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia

1.1.2.2. Vías de acceso

La colonia El Maestro, está ubicada en la ciudad de Chiquimula, teniendo dos accesos:

- Del parque central hacia el sur, al llegar a el parque el calvario, se ingresa al barrio El Molino 800 m en dirección suroeste por la 6ta av. de la zona 4, se gira al sureste y luego se recorre 1 km.
- Del parque central en dirección al este hacia la 8va. av, se gira al sur y se recorre 1.2 km.

Las distancias de cada comunidad a la cabecera de Chiquimula se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Distancias de las comunidades a la cabecera de Chiquimula

De:	A:	Distancia (km)	Tipo de acceso
Ciudad de Chiquimula	Aldea Shusho Arriba	8.00	Asfaltado
Aldea Shusho Arriba	Aldea Guior	12.00	Terracería
Ciudad de Chiquimula	Aldea El Limon	10.00	Asfaltado
Aldea El Limon	Caserío El Trapichito	2.00	Terracería

Fuente: Elaboración propia

De la ciudad de Guatemala la ruta de acceso hacia la colonia El Maestro va distribuida de la siguiente forma:

Tabla 2. Distancias de la ciudad de Guatemala a la ciudad de Chiquimula

De:	A:	Distancia (km)	Tipo de acceso
Ciudad de Guatemala	Rio Hondo	136.00	Asfaltado
Rio Hondo	Ciudad de Chiquimula	32.00	Asfaltado

Fuente: Elaboración propia

1.1.2.3. Clima

El clima del municipio de Chiquimula es variado, pasando de lo cálido en lugares de poca altitud, a lo templado en lugares con mayor altitud, la altura promedio de la ciudad de Chiquimula es de 432 msnm, con temperaturas que oscilan de entre 25°C a 38°C (según estadísticas meteorológicas del INSIVUMEH) durante todo el año. Los meses más cálidos son por lo general de marzo a septiembre y los menos cálidos de octubre a febrero. En el área urbana de la ciudad de Chiquimula, las temperaturas excepcionales en el verano han llegado a superar los 40°C, convirtiéndola en una de las ciudades más cálidas del

país, la precipitación pluvial varía entre 550 a 928 mm anuales, (según estadísticas meteorológicas INSIVUMEH).

El clima en el caserío El Trapichito y la aldea Guior es seco y cálido, menos cálido que en la ciudad de Chiquimula, con temperaturas que oscilan entre 20°C y 31°C (según datos obtenidos en el campo), esto se debe dado a que se encuentran a una altitud promedio de 650 msnm.

1.1.2.4. Población

La colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula, tiene una población en el año 2011 de 1503 habitantes, un 97% perteneciente a la etnia ladina, 3% a la etnia indígena, distribuidas en 236 viviendas. Por tratarse de un área urbana, la tasa de crecimiento es de 2.50 % (-INE- Censo Nacional 2002).

En el caserío El Trapichito y la aldea Guior conjuntamente tienen una población en el año 2015 de 718 habitantes, de los cuales, 431 habitantes son mujeres y 287 hombres; en su mayoría etnia ladina, distribuidas en 82 viviendas. Por tratarse de un área rural, la tasa de crecimiento es de 3.43 % (según Censo Nacional 2002 del INE).

1.1.2.5. Aspectos socioeconómicos de las comunidades

En la ciudad de Chiquimula se estima una población económicamente activa de un 50%, un 20% se dedican al comercio por mayor y menor, 15% a la agricultura, 10% a servicios públicos, 5% a actividades hoteleras y 5% a restaurantes. Uno de sus principales productos agrícolas es la manía, la cual se obtiene

principalmente de áreas cultivadas en los lugares como: el barrio El Molino y aldeas como: Xororaguá, Vega Arriba, Shusho abajo. En la colonia El Maestro la mayoría de viviendas son construidas de block, losa de concreto; con instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.

Los habitantes de las comunidades El Trapichito y Guior en su mayoría se dedican a la ganadería, siembra de maíz y frijol para consumo propio y comercialización, una minoría de los habitantes laburan en la cabecera municipal para empresas privadas. La mayoría de viviendas son construidas con paredes de madera o adobe y techo de lámina.

1.1.2.6. Servicios públicos

La colonia El Maestro cuenta con servicio de agua entubada, energía eléctrica, calles pavimentadas, escuela pública, transporte público y telefonía fija; El puesto de salud más cercano se encuentra en el centro de la ciudad de Chiquimula, a una distancia de 1 km, al norte de la colonia.

Las comunidades del Trapichito y Guior cuentan con servicio de agua entubada, energía eléctrica, escuela primaria y transporte extraurbano; El puesto de salud más cercano se encuentra en el centro de la ciudad de Chiquimula, a una distancia de 12 km.

1.1.2.7. Evaluación de las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos

Según la investigación realizada en las comunidades beneficiadas dio como resultado los siguientes servicios básicos prioritarios en su debido orden:

- Evacuación de aguas negras: es necesario completar el sistema de evacuación de excretas por medio de un alcantarillado sanitario, ya que actualmente solamente alrededor de un 25 % cuenta con dicho servicio.
- Abastecimiento de agua potable: cerca de un 90 % del sector beneficiado cuenta con servicio de agua entubada, la cual no satisface todos los parámetros establecidos para ser utilizada para consumo humano.
- Implementación de un camino de acceso para tránsito vehicular: el ingreso a las comunidades del Trapichito y Guior es por medio de una vereda en la cual únicamente ingresan caminando, transportando su comercio por medio de animales de carga.

1.1.3. Saneamiento ambiental

Las tres comunidades beneficiadas cuentan con servicio de agua entubada, la cual no cumple con todos los parámetros establecidos por El Ministerio de Salud para ser sanitariamente potable, el sistema de abastecimiento es por gravedad, con una dotación promedio de 150 l/hab/día para la colonia El Maestro y 90 l/hab/día para las comunidades

Guior y El Trapichito (según datos proporcionados por los presidentes de los COCODE).

Un 75 % de las comunidades no cuentan con sistema de alcantarillado sanitario, debido a eso, la mayoría de viviendas utilizan letrinas para evacuar las excretas y las aguas grises, aunque existen algunas viviendas donde evacuan dichas aguas a través de las calles, produciendo contaminación al medio ambiente y a su vez desagrado a la vecindad.

Debido a la falta de recursos, la mayor parte de los habitantes de dichas comunidades no cuentan con una dieta alimenticia adecuada, siendo esta una de las mayores razones que provocan enfermedades de la piel y gastrointestinales a sus habitantes; entre ellas: diarrea, parásitos, gastritis, desnutrición, entre otros.

A diferencia de las comunidades del El Trapichito y Guior, solamente la colonia El Maestro posee un sistema de evacuación de desechos sólidos; las restantes, lo depositan en lugares inadecuados, provocando contaminación ambiental, incremento de roedores y otros vectores, como también bajo nivel de vida.

2. DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL TRAPICHITO HACIA LA ALDEA GUIOR, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.

2.1. Descripción del proyecto

La longitud del tramo vial para comunicar las dos comunidades es de 760.05 m. Para el diseño se utilizó el tipo de carretera “F” según la clasificación de la Dirección General de Caminos, con un ancho de calzada de 5.50 m, la velocidad de diseño será de 20 km/h. La topografía del terreno es montañosa y ondulada, con pendientes máximas hasta del 14%. El tipo de material para la carpeta de rodadura será una capa de balasto con un espesor variable entre 10 a 20 centímetros.

2.2. Levantamiento topográfico

2.2.1. Planimetría y altimetría

El levantamiento topográfico se realizó por el método de conservación del azimut, partiendo del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior, estableciendo una medición a lo largo de todo el tramo carretero a diseñar y secciones transversales a cada 20 m, medidas de forma perpendicular al eje central, tomando 3 puntos: eje central, 10 metros (izquierda y derecha).

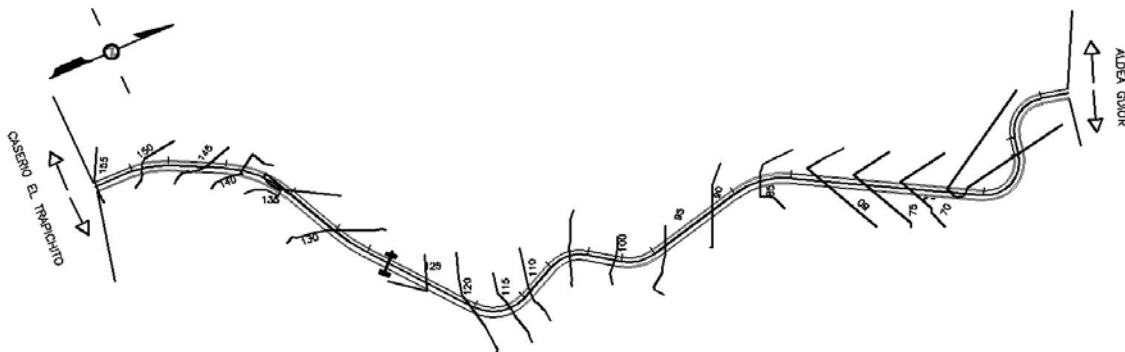
Para la realización de los trabajos de planimetría y señalización en campo se utilizó el equipo siguiente:

- Estación total
- Trípode
- Brújula
- Plomadas

- Cinta métrica
- Estacas

El caminamiento 0+000.00 se estableció en el caserío El Trapichito con altura inicial de 153.472 m. La longitud del eje central del tramo carretero, según el levantamiento topográfico es de 760.05 metros.

Figura 3: Curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

2.3. Diseño geométrico de la carretera

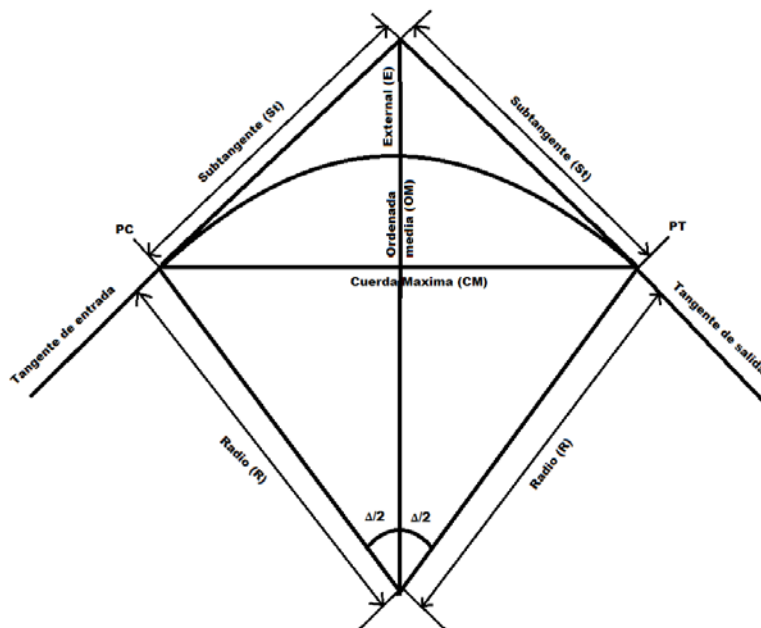
2.3.1. Diseño en planta

Para el trazo de selección de ruta se tomó en cuenta la topografía del terreno, los derechos de paso, la pendiente máxima, que para este caso, es el 14% debido a la topografía del terreno (ver tabla 7), cuidando de realizar el menor movimiento de tierra posible, debido a que pasará por terrenos cultivados con maíz y café.

2.3.1.1. Curvas horizontales

“Se llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal, que une dos tangentes consecutivas, en caminos vecinales de cualquier tipo se usaran únicamente curvas circulares simples, sin curvas de transición en los extremos de estas tangentes” (Castillo, 2008, p. 31).

Figura 4. Los elementos de la curva horizontal



Fuente: Elaboración propia

Gómez, (2013) afirma:

Normas para el alineamiento horizontal:

- a) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia

- b) La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad del proyecto.
- c) La distancia de visibilidad debe ser tomado en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia, requiere radios mayores que la velocidad en sí.
- d) El alineamiento debe ser direccional tanto como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas, pero con repetidos cortes y rellenos.
- e) Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de curvatura máxima posible. El proyectista debe tender, por lo general, a usar curvas suaves y dejar las curvaturas máximas para las condiciones más críticas.
- f) Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben de evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otro de curvas forzadas.
- g) En rellenos altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
- h) En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo, donde sea necesario proyectar curvas forzadas.

Las curvas compuestas se pueden emplear, siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 2.

- i) Debe evitarse el uso de curvas inversas que presentan cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril y peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
- j) Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 300 m.
- k) Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento de horizontal ha de estar coordinado con el vertical.
- l) Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias. (pp. 10 – 11)

2.3.1.1.1. Tangentes

El trazado se hace sobre el plano de planta, producto del levantamiento topográfico, siguiendo la ruta más plana posible y haciendo un promedio de dirección a modo que cada trazo sea completamente recto, el punto de

intersección entre dos tangentes en el cual representa un cambio considerable de dirección horizontal se representa por PI (punto de intersección).

Las distancias horizontales de las tangentes, como también el azimut correspondiente se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Distancias de tangentes horizontal

Est.	P.O.	Distancia horizontal (m)
0+000.00	PI-1	39.702
PI-1	PI-2	77.021
PI-2	PI-3	76.385
PI-3	PI-4	112.303
PI-4	PI-5	62.687
PI-5	PI-6	50.286
PI-6	PI-7	99.658
PI-7	PI-8	176.629
PI-8	PI-9	63.582
PI-9	0+803.14	44.892

Fuente: Elaboración propia

Los caminamientos de cada PI se calculan de la siguiente forma:

Para inicio de trazado de planta:

$$\text{Punto de intersección inicial (PI-1)} = \text{camino inicial} + T_1$$

Seguidamente:

$$\text{Punto de intersección (PI-n)} = \text{Cam. (PI}_{n-1}) + T_n$$

Para el cálculo de este diseño, se tomó como ejemplo la curva horizontal No. 6

Cálculo:

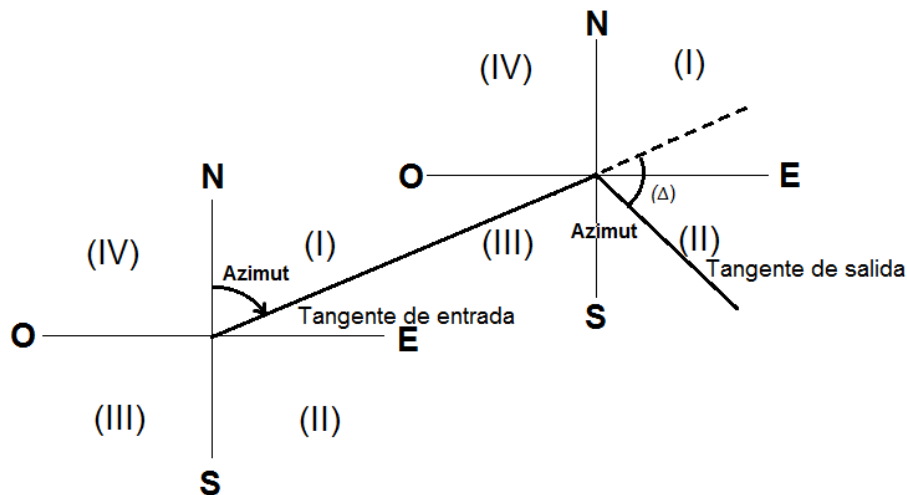
Punto de intersección inicial (PI-1) = 0+000.00 + 39.702 = 0+039.702

Punto de intersección (PI-6) = 0+368.100 + 50.286 = 0 + 418.386

2.3.1.1.2. Ángulo de intersección

El ángulo de intersección más conocido como *Delta* (Δ), es el cambio de dirección horizontal entre dos tangentes, normalmente se calcula de la siguiente forma:

Figura 5. Ángulo de intersección – caso No. 1

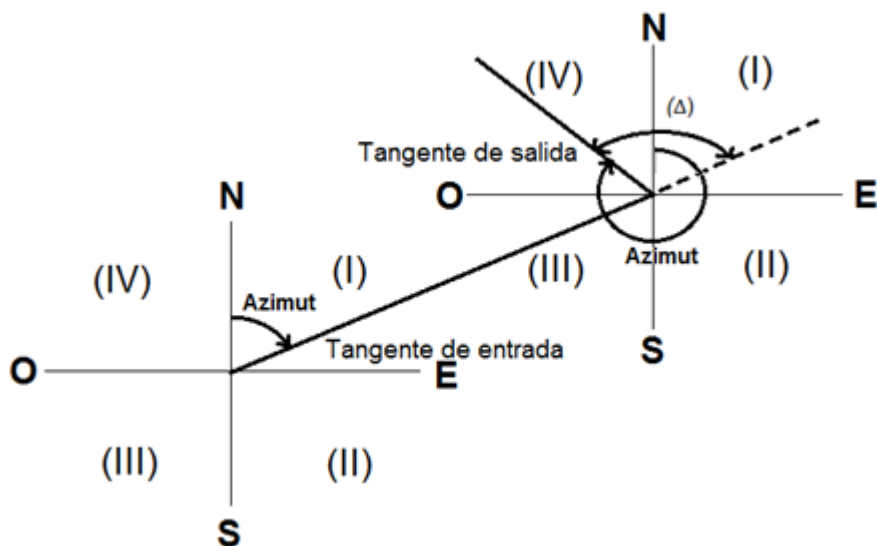


Fuente: Elaboración propia

Ángulo de intersección (Δ) = azimut (Tan. salida) – azimut (tan. entrada)

Sin embargo, no siempre se calcula igual, esto cambia si uno de los dos azimut encuentra en el cuarto cuadrante y el otro en el primer cuadrante, ahí la fórmula pasa a ser:

Figura 6. Ángulo de intersección – caso No. 2



Fuente: Elaboración propia

$$\Delta = (360^{\circ}0'00.00'' - \text{azimut (cuadrante IV)}) + \text{azimut (cuadrante I)}$$

Tabla 4. Tangentes horizontales - caminamientos, distancias y azimut

ESTACION		D.H	AZIMUT
CAMINAMIENTO	TIPO		
0+000.00			
0+039.70	PI-1	39.702	68° 18' 25.75"
0+116.72	PI-2	77.021	93° 50' 48.71"
0+193.11	PI-3	76.385	130° 39' 55.08"
0+305.41	PI-4	112.303	118° 3' 53.54"
0+368.10	PI-5	62.687	41° 57' 1.19"
0+418.38	PI-6	50.286	101° 42' 42.26"
0+518.04	PI-7	99.658	54° 10' 30.11"
0+694.67	PI-8	176.629	97° 50' 32.93"
0+758.25	PI-9	63.582	347° 44' 51.86"
0+803.14		44.892	80° 24' 24.29"

Fuente: Elaboración propia

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

Ángulo de intersección (Δ_6)= 101° 42' 42.26" - 54° 10' 30.11"

Ángulo de intersección (Δ_6)= 47° 32' 12.15" hacia la izquierda

2.3.1.1.3. Radio de curvatura

La selección del radio mínimo de la curva es establecido en base a: tipo de terreno, tipo de carretera y la velocidad de diseño a utilizar.

Tabla 5. Radio mínimo según tipo de carretera, tipo de terreno y velocidad de diseño

T.P.D	Carretera tipo "F"	Velocidad de diseño (K.P.H)	Radio minimo (m)
10 a 100	REGIONES DEL TERRENO:		
	Llanas	40	47
	Onduladas	30	30
	Montañosas	20	18

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T.P.D: Transito promedio diario

Para diseño de este tramo carretero se utilizó como velocidad de diseño 20 k.p.h, debido a que la región del terreno es de tipo montañosa, estableciendo como radio de curvatura mínimo 18 metros.

Debido a que el ángulo de intersección es alto, se estableció un radio de curvatura circular (R_{c-6}) = 25.465 m.

2.3.1.1.4. Grado de curvatura

“El grado máximo de curvatura que puede tener una curva es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con sobre elevación máxima a la velocidad del proyecto” (García, 2003, p.17).

Es el ángulo central (G) que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud, se calcula por la siguiente fórmula:

$$G/360 = 20/(211R_c)$$

$$G = (20 \cdot 360)/(211R_c)$$

$$G = 1145.9156/R_c$$

Donde:

R_c = radio de la curva circular

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{Grado de curvatura } (G-6) = 1145.9156/25.465 = 45^\circ 0' 0.00''$$

2.3.1.1.5. Longitud de la curva

Es la longitud de arco tipo circular (L_c), comprendida entre el principio de la curva (PC) y el final de la curva (PT), cuyo ángulo central es la deflexión (Δ).

$$\text{Longitud de curva } (L_{c-6}) = (20 \cdot \Delta)/G$$

Donde:

R= radio de la curva circular

Δ = ángulo de intersección

G= grado de curvatura

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

Para facilidad de cálculo se ha convertido el ángulo de intersección (Δ) y el grado de curvatura (G) a grados decimales.

$$\Delta = 47^{\circ} 32' 12.15'' = 47 + (32 + (12.15/60))/60 = 47.5367^{\circ}$$

$$\text{Longitud de curva (Lc-6)} = (20 * 47.5367) / 45 = 21.127 \text{ m.}$$

2.3.1.1.6. Subtangente

Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes, se representa por (ST).

$$\text{Subtangente (ST)} = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde:

R= radio de la curva circular

Δ = ángulo de intersección

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{Subtangente (ST-6)} = 25.465 * \tan \left(\frac{47.5367}{2} \right) = 11.214 \text{ m.}$$

2.3.1.1.7. External

Es la distancia mínima entre el PI al punto medio de la curva, se representa por E

$$\text{External (E)} = \frac{Rc(1 - \cos(\frac{\Delta}{2}))}{\cos(\frac{\Delta}{2})}$$

Donde:

Rc= radio de la curva circular

Δ = ángulo de intersección

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{External (E-6)} = \frac{25.465 (1 - \cos(\frac{47.5367}{2}))}{\cos(\frac{47.5367}{2})} = 2.360 \text{ m.}$$

2.3.1.1.8. Ordenada media

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

$$\text{Ordenada media (OM)} = Rc(1 - \cos(\frac{\Delta}{2}))$$

Donde:

Rc= radio de la curva circular

Δ = ángulo de intersección

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{Ordenada media (OM-6)} = 25.465 \left(1 - \cos \left(\frac{47.5367}{2} \right) \right) = 2.160 \text{ m.}$$

2.3.1.1.9. Cuerda máxima

Es la distancia en línea recta desde el PC al PT, se representa por CM

$$\text{Cuerda máxima (CM)} = 2 * Rc * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

Donde:

Rc= radio de la curva circular

Δ = ángulo de intersección

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{Cuerda máxima (CM-6)} = 2 * 25.465 * \text{sen} \left(\frac{47.5367}{2} \right) = 20.5267 \text{ m.}$$

2.3.1.1.10. Punto de intersección corregido

Al implementar curvas circulares a una serie de tangentes horizontales, se van acortando los caminamientos; es decir, la distancia total del tramo carretero con curvas circulares será menos que la suma de todas sus tangentes.

Esta distancia comienza a acortarse a partir de la segunda curva horizontal, se determina de la siguiente forma:

$$\text{Distancia acortada} = 2 * ST - Lc$$

Tabla 6. Caminamientos de punto de intersección (PI) corregidos

Tipo	Caminamiento	Distancia acortada (m)	Caminamiento corregido
PI-1	0+039.70		0+039.70
PI-2	0+116.72	0.431521517	0+116.29
PI-3	0+193.11	1.762228348	0+190.91
PI-4	0+305.41	0.102121406	0+303.11
PI-5	0+368.10	5.933709944	0+359.86
PI-6	0+418.38	3.040251043	0+407.105
PI-7	0+518.04	1.301661115	0+505.46
PI-8	0+694.67	1.939104635	0+680.153
PI-9	0+758.25	16.63406639	0+727.11

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.1.11. Principio y final de una curva circular

Los estacionamientos se calculan en base a las distancias entre los PI y la subtangente de la curva para cada curva horizontal, de la siguiente manera: se resta la longitud de la subtangente al caminamiento del PI, se ubica en el principio de la curva horizontal “PC”, al sumar la longitud de la curva circular “LC” al “PC”, se ubicará el estacionamiento final de la curva “PT”.

$$\text{Principio de curva circular (PC)} = PI(\text{corregido}) - ST$$

$$\text{Final de curva circular (PT)} = PC + LC$$

Donde:

ST = Subtangente de la curva circular

LC= longitud de la curva circular

Cálculo:

Curva horizontal No. 6

$$\text{Principio de curva circular (PC-6)} = 0 + 407.105 - 11.214 \text{ m.} = 0 + 395.89$$

$$\text{Final de curva circular (PT-6)} = 0 + 395.89 + 21.127 \text{ m.}$$

2.3.2. Diseño de perfil longitudinal de la subrasante

El perfil longitudinal de una carretera, es uno de los elementos que mejor la definen; es uno de los elementos imprescindibles para la construcción de la carretera, debido a los datos que contiene se interpretan de forma clara, sencilla y precisa.

El contenido gráfico de este perfil consta no solo de las diferentes rasantes y acuerdos que componen la vía, sino que viene acompañada del perfil topográfico del terreno preexistente. Además, sobre él se sitúan las distintas obras de arte que componen la obra: puentes, canoas de drenaje o túneles, así como las infraestructuras que interceptan su trayectoria, ferrocarriles, tendidos eléctricos, canales u otras carreteras, accidentes naturales, como lagos o ríos

La subrasante es el perfil de la terracería del camino, compuesta por líneas rectas con pendientes determinadas y unidas por arcos de curvas parabólicas determinadas.

Según el sentido del caminamiento, las pendientes ascendentes son positivas y las descendentes negativas. La subrasante que se proyecte debe compensar cortes y rellenos, pero no siempre es posible, pues algunas veces existen puntos obligados.

La subrasante define el volumen del movimiento de tierras, por lo cual la economía del proyecto depende de un buen diseño.

2.3.2.1. Pendiente vertical

Pendiente máxima: Es la mayor pendiente que se permite en un tipo de carretera, siendo 14% para el tipo "F". Los factores que la determinan: el tipo de clasificación según la Dirección General de Caminos, tráfico promedio diario carretera, determinado por TPDA y la topografía del terreno.

Tabla 7. Pendiente máxima según región o tipo del terreno

CARRETERA TIPO "F"	PENDIENTE MAXIMA (%)
REGIONES:	
Llanas	10
Onduladas	12
Montañosas	14

Fuente: Elaboración propia

Pendiente mínima: Se utiliza para la funcionalidad del drenaje. En rellenos podrá ser nula, debido que para drenar basta con la pendiente transversal de la misma. En los tramos en corte la pendiente mínima será de 0.5%

2.3.2.2. Trazado de tangentes verticales

Teniendo el perfil longitudinal del terreno producto del levantamiento topográfico, se hace el trazado de alineaciones rectas medias no excediéndose de la pendiente máxima, tomando como origen el inicio del tramo carretero hasta un punto donde el cambio pendiente es considerable (PIV), seguidamente se repite el proceso, solamente que se partirá del PIV anterior hasta el próximo PIV, así hasta llegar al caminamiento final de la carretera.

Tabla 8. Tangentes verticales (longitud y pendiente)

Tipo	Longitud (m)	Pendiente (%)
T1	129.320	-13.285
T2	92.166	-10.539
T3	178.513	-13.694
T4	54.55	-9.112
T5	144.760	-12.376
T6	115.340	-7.040

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3. Curvas verticales

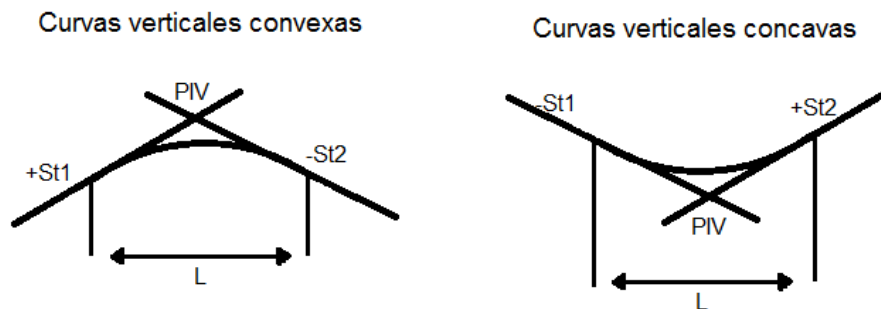
Castillo (2008) afirma:

Las curvas verticales tienen como finalidad, suavizar los cambios en el alineamiento vertical, ya que a través de su longitud, se efectúa un paso gradual, de la pendiente de la tangente de entrada a la de salida; proporcionando características para un drenaje adecuado y confortabilidad para su tránsito.

Una curva vertical puede ser cóncava o convexa, simétrica o asimétrica. Al momento de diseñar se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objeto de evitar traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores (p. 36).

Únicamente se proyectará curva vertical cuando la diferencia algebraica, entre las dos pendientes sea mayor de 0.5%, ya que en los casos de diferencia igual o menor de la indicada, el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción.

Figura 7. Tipos de curva vertical



Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.1. Longitud de la curva vertical

Existen cuatro criterios para establecer la longitud de la curva vertical (L.C.V.):

1. Criterio de apariencia: se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$A = PS - PE \qquad \frac{LCV}{A} \geq 30$$

Donde:

A= Diferencia algebraica entre las pendientes de las tangentes en (%)

PS= pendiente de tangente vertical de salida

PE= pendiente de tangente vertical de entrada

2. Criterio de comodidad: se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del mismo.

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

3. Criterio de drenaje: se aplica al proyecto de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.

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

4. Criterio de seguridad: se aplica a curvas convexas o cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

K= constante según la velocidad de diseño (20 y 30 KPH)

El valor de "K" es para la distancia de visibilidad de la curva y dependerá del tipo de curva (cóncava o convexa) y de la velocidad de diseño:

Tabla 9. Valores de “K” según tipo de curva vertical

Velocidad de diseño	Valores de "K" según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
K.P.H.		
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: Byron René Paiz Morales. Guía de cálculo para carreteras. Página 62.

Cálculo:

Datos de la curva vertical:

Velocidad de diseño = 20 KPH

Curva tipo: concava

K = 2, según tabla 9

Pendiente de entrada = -13.285%

Pendiente de salida = -10.539%

Diferencia algebraica entre las pendientes de las tangentes en (%)

$$A = -10.539 - (-13.285) = 2.746\%$$

-Criterio de comodidad:

$$\frac{LCV}{2.746} \geq \frac{(20)^2}{395} \Rightarrow LCV \geq ((2.746)(20)^2)/(395)$$

$$LCV \geq 2.781 \text{ m.}$$

-Criterio de drenaje:

$$\frac{LCV}{2.746} \leq 43 \Rightarrow LCV \leq (2.746)(43)$$

$$LCV \leq 118.078 \text{ m.}$$

-Criterio de seguridad:

$$LCV = K \cdot A \Rightarrow LCV = (2)(2.746)$$

$$LCV = 5.492 \text{ m.}$$

-Criterio de apariencia:

$$\frac{LCV}{2.746} \geq 30 \Rightarrow LCV \geq (2.746)(30)$$

$$LCV \geq 82.380 \text{ m.}$$

No es necesario cumplir el criterio de apariencia en carreteras rurales tipo F, según la Dirección General de Caminos.

El rango de la LCV es:

$$5.492 \text{ m.} \leq LCV \leq 118.078 \text{ m.}$$

Se tomará:

$$LCV = 10.00 \text{ m.}$$

Datos de la curva vertical:

Velocidad de diseño = 20 KPH

Curva tipo: convexa

K = 1, según tabla 9

Pendiente de entrada = -10.5391%

Pendiente de salida = -13.6938%

Diferencia algebraica entre las pendientes de las tangentes en (%)

$$A = -10.539 - (-13.6938) = 3.155\%$$

- Criterio de drenaje:

$$\frac{LCV}{2.746} \leq 43 \Rightarrow LCV \leq (3.155)(43)$$
$$LCV \leq 135.665 \text{ m.}$$

- Criterio de seguridad:

$$LCV = K \cdot A \Rightarrow LCV = (1)(3.155)$$
$$LCV = 3.155 \text{ m.}$$

El rango de la LCV es:

$$3.155 \text{ m.} \leq LCV \leq 135.665 \text{ m.}$$

Se tomará:

$$LCV = 30 \text{ m.}$$

2.3.2.3.2. Ordenada media

Las curvas verticales son simétricas, si las tangentes medidas del PIV al PCV y del PIV al PTV son de la misma longitud horizontal, a menos que se defina de otro modo.

El cálculo se efectúa por medio de las siguientes formulas, cuya deducción está basada en las propiedades de la parábola.

Curvas simétricas:

$$\text{Ordenada media (OM)} = \frac{LCV(A)}{800}$$

Curvas asimétricas:

$$\text{Ordenada media (OM)} = \frac{A(L_1)(L_2)}{200(L_t)}$$

Donde:

L_1 = longitud de la curva del PCV al PIV

L_2 = longitud de la curva del PIV al PTV

L_t = longitud total de la curva vertical

Cálculo:

Datos de la curva vertical:

$A = 2.746 \%$

$LCV = 10 \text{ m.}$

$$\text{Ordenada media (OM)} = \frac{(2.746)(10)}{800} = 0.034325 \text{ m.}$$

2.3.2.3.3. Constante vertical

Constante que definirá la corrección de la cota sub-rasante, al ser multiplicado por una distancia, se calcula de la siguiente forma:

Curvas simétricas:

$$\text{Constante vertical (K)} = \frac{OM}{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2}$$

Curvas asimétricas:

Para elevaciones del PCV al PIV:

$$\text{Constante vertical (K}_1\text{)} = \frac{AL_1}{200 * L_t * L_2}$$

Para elevaciones del PIV al PTV:

$$\text{Constante vertical (K}_2\text{)} = \frac{AL_2}{200 * L_t * L_1}$$

Donde:

A= Diferencia algebraica entre las pendientes de las tangentes en (%)

L₁= longitud de la curva del PCV al PIV

L₂= longitud de la curva del PIV al PTV

L_t= longitud total de la curva vertical

Tanto para las curvas simétricas como para las asimétricas la cota de cada punto de la curva vertical es:

$$Y = K * X^2$$

Donde:

Y= altura corregida de la subrasante

K= constante vertical

X= la distancia del PCV o PTV al punto deseado

Cálculo:

Datos de la curva vertical:

Tipo de curva= simétrica

A= 2.746%

LCV= 10 m.

Cam. PCV= 0+129.320

Cam. PIV= 0+134.320

Cam. PTV= 0+139.320

$$\text{Constante vertical (K)} = \frac{0.034325}{\left(\frac{10}{2}\right)^2} = 0.001373$$

Debido a que la longitud de la curva vertical es pequeña las distancias serán en un intervalo de 2.00 m.

Est. 0+130.00

Distancia (x)= 0.680 m.

$$Y = 0.001373 * 0.680^2 = 0.00063 \text{ m}$$

Est. 0+132.00

Distancia (x)= 2.680 m.

$$Y = 0.001373 * 2.680^2 = 0.010 \text{ m}$$

Est. 0+134.00

Distancia (x)= 4.680 m.

$$Y = 0.001373 * 4.680^2 = 0.030 \text{ m}$$

Est. (PIV) 0+134.320

Distancia (x)= 5.00 m.

$$Y = 0.001373 * 5.00^2 = 0.034 \text{ m}$$

El cálculo de la otra mitad es igual debido a que la curva es simétrica.

2.3.2.3.4. Cálculo de subrasante

Ceto (2007) afirma:

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los rellenos. Las pendientes se proyectan al décimo, con excepción de aquellas en las que se fije anticipadamente una cota a un PI determinado. (pp. 24-25)

Teniendo en cuenta la magnitud de las pendientes, evitando el exceso de deflexiones verticales que demerita la seguridad y comodidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultaría antieconómico.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y el costo de las terracerías definen el proyecto de la subrasante.

Para calcular la cota subrasante en un caminamiento específico se hace de la siguiente forma:

Para inicio de carretera:

$$\text{Cota subrasante} = \text{Elev. Punto de origen} + (\text{pendiente } T_1 * \text{Long. X } (T_1))$$

Seguidamente:

$$\text{Cota subrasante} = \text{Elev. PIV}_{n-1} + (\text{pendiente } T_n * \text{Long. X } (T_n))$$

Donde:

T = Tangente vertical

Pendiente = pendiente de la tangente vertical con su signo

PIV = Punto de intersección vertical

Long. X= distancia del origen o PIV anterior al caminamiento del cual queremos saber su elevación.

Cálculo:

Datos:

Elev. 0+000.00= 152.00 m.

Long. T1= 129.320m.

Pendiente T1= -13.2850%

Long. T2= 120.680 m.

Pendiente T2= -10.5391 %

Cam. PCV= 0+129.320

Cam. PIV= 0+134.320

Cam. PTV= 0+139.320

Cota PCV= $152.000 + (-0.132850 \cdot 129.320) = 134.820 \text{ m.}$

Cota PIV= $152.000 + (-0.13389 \cdot 134.320) = 134.155 \text{ m.}$

Cota PTV= $134.155 + (-0.105391 \cdot 5.000) = 133.628 \text{ m.}$

2.3.2.3.4 Cota corregida de subrasante

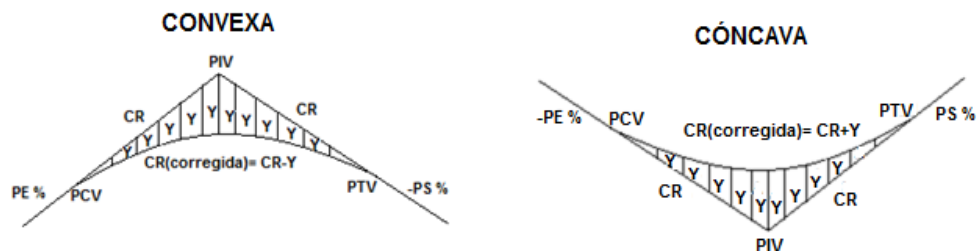
Al efectuar una curva sobre dos tangentes verticales se modificaran las cotas de subrasante, es decir si la curva es cóncava, la cota rasante corregida será mayor debido a la forma geométrica de la curva y si es convexa, será menor.

Corrección de subrasante para curva vertical si es:

Cóncava = Cota subrasante + Y

Convexa = Cota subrasante – Y

Figura 8. Cota rasante corregida



Fuente: Elaboración propia

Tanto para la estación PCV como para PTV, el valor de Y es igual a cero, por lo tanto la corrección solo afectará de PCV a PTV.

Cálculo:

Est. (PIV) 0+134.320

$$CR \text{ (corregida)} = 134.155 - 0.034 = 134.121 \text{ m}$$

2.3.3. Ancho de calzada

Para el diseño se utilizara el establecido por la Dirección General de Caminos: Tipo “F” con ancho de calzada de 5.50 m.

2.4. Drenajes

Castillo (2008) declara:

Un drenaje es colocado en una carretera para evitar su deterioro, los factores climatológicos y de suelos influyen directamente en el diseño del drenaje. Los estudios de campo deben tomar en cuenta los conocimientos, que la gente de la zona, puede aportar para conocer tanto las crecidas máximas, como la época de estiaje de los cuerpos de agua, que atraviesen el tramo carretero (p. 44).

El drenaje tiene la finalidad de desalojar el agua que inevitablemente llega a la alcantarillas y evitar que se estanque en la corona de la carretera. Toda el agua que caiga en exceso a la carretera tiene dos orígenes: pluvial o de corrientes superficiales, ríos o quebradas.

Entre los objetivos que tienen los drenajes en una carretera se mencionan:

- Conducir el agua fuera de la superficie de la carretera sin hacer daño a la misma y a su estructura.

- Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Conducir el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.
- Prevenir impactos negativos al ambiente a ambos lados de la carretera.

Los drenajes en una carretera son transversales y longitudinales.

2.4.1 Drenaje longitudinal

Este tipo de drenaje se refiere a las obras de captación y defensa tales como cunetas y contracunetas.

2.4.1.1. Cunetas

Castillo (2008) afirma:

La cuneta es una zanja de sección triangular o trapezoidal, destinada a recoger y encausar hacia afuera del corte, el agua que escurre de la superficie del camino por bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes; estas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona. El caudal se descarga en secciones de relleno o bien por drenaje transversal. El caudal se calcula por separado cada cuneta, por el método racional que más adelante se explicara con más detalle (p. 45)

En el diseño se utilizaron cunetas triangulares según la sección transversal de una carretera tipo “F” establecido por Dirección General de Caminos (ver figura 10).

2.4.1.2. Contracunetas

Castillo (2008) afirma:

Las contracunetas son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cause deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera, dañando la superficie de rodadura. La contra cuneta deberá colocarse a una distancia no menor de dos metros de la orilla.
(p. 49)

2.4.2. Diseño de drenaje transversal

Los drenajes transversales están en función de lo que se establezca en el campo con la cuadrilla de topografía, las quebradas o riachuelos que se determinen serán la ubicación de los drenajes transversales (según la división 600 del libro azul de la Dirección General de Caminos).

2.4.2.1. Ubicación de drenajes

“Al tener los planos constructivos, la localización de los drenajes estará en función de lo que describan los mismos dando la estación o caminamiento correspondiente y su cota respectiva; ésa será la localización del drenaje transversal” (Ceto, 2007, p. 30).

2.4.2.2. Cálculo de intensidad de lluvia

Para la intensidad de lluvia, se consulta el “Informe de intensidades de lluvia” del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio.

La intensidad está dada por la fórmula:

$$I = a / (t + b)^n$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

a y b = Datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos

n = Período de retorno en años

En cuencas pequeñas el tiempo de concentración del lugar analizado, que generalmente se considera de 12 minutos; en cuencas grandes debe hacerse un análisis más minucioso considerando la pendiente promedio de la cuenca y de la velocidad de la partícula de agua analizada.

Cálculo:

El municipio de Chiquimula para el año 2016 no existe ninguna estación meteorológica, debido a eso no existen parámetros sobre la intensidad de lluvia proporcionados por el INSIVUMEH; se interpolará con los dos lugares más próximos al lugar de estudio, la aldea La Fragua, municipio de Zacapa y

ciudad de Esquipulas, departamento de Chiquimula; así tener un valor aproximado a la realidad.

La Fragua, elevacion 210 msnm:

Tabla 10. Valores de a, b y n, del centro meteorológico de La Fragua

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
LA FRAGUA								
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
R2	0.994	0.994	0.994	0.927	0.926	0.925	0.923	0.922

Fuente: Intensidad de lluvia, estaciones meteorológicas del INSIVUMEH Guatemala

Donde:

Tr = 20 años (periodo útil del proyecto)

t = 12 min

$$I = \frac{844}{(12 + 7)^{0.642}} = 127.5 \text{ mm/h}$$

Ciudad de Esquipulas, municipio de Chiquimula; elevación 1000 msnm,

Tabla 11. Valores de a y b, del centro meteorológico de Esquipulas

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
ESQUIPULAS								
A	3,300	2,060	1,280	1,230	1,225	1,222	1,213	1,205
B	20	11	6	6	6	6	6	6
n	0.962	0.836	0.721	0.7	0.696	0.694	0.69	0.686
R2	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996

Fuente: Intensidad de lluvia, estaciones meteorológicas del INSIVUMEH Guatemala.

Donde:

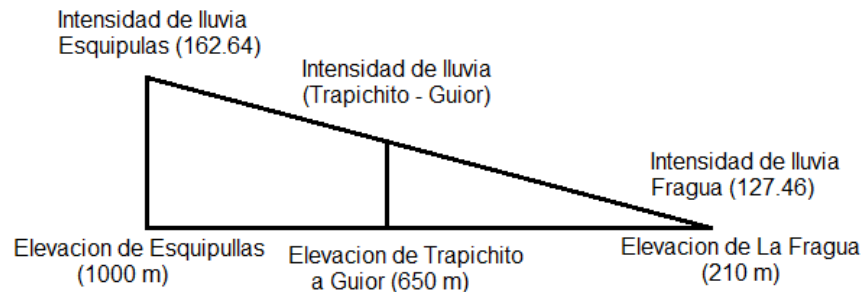
Tr = 20 años (periodo útil del proyecto)

t= 12 min

$$I = \frac{1230}{(12 + 6)^{0.70}} = 162.6 \text{ mm/h}$$

Elevación promedio del tramo carretero de Trapichito a Guior 650 msm

Figura 9: Interpolación de intensidad de lluvia Trapichito - Guior



Fuente: elaboración propia

$$I (\text{Trapichito} - \text{Guior}) = \frac{(162.64 - 127.46)(650 - 210)}{(1000 - 210)} + 127.46$$

$$I (\text{Trapichito} - \text{Guior}) = 147.05 \text{ mm/h}$$

2.4.2.3. Cuencas tributarias

Para delimitar el área tributaria desde el parte aguas que une las cumbres de las montañas hasta la desembocadura de los ríos en la parte baja. En este espacio de la cuenca se entrecruzan diversos tipos de límites derivados de criterios naturales (fisiografía, hidrología, edafología, vegetación, fauna, entre otros) criterios político - administrativos (fronteras estatales, municipales y de territorios colectivos como ejidos o comunidades, terrenos federales, propiedad privada, entre otros) culturales (etnia, historia,

cosmovisión, entre otros), sociopolíticos (alianzas, conflictos, cacicazgos, entre otros) los cuales tienen que atenderse.

Cálculo:

En el cálculo de este proyecto, se utilizó el programa de CivilCad, donde se importó una ortofoto generada por Google Earth, generando una malla topográfica y así obtener las curvas de nivel del lugar de estudio y así delimitar el área de estudio.

Área a total de la cuenca hidrográfica = 57.135336 Ha.

2.4.2.4. Coeficiente de escorrentía

Martinez (2006) declara que:

El coeficiente de escorrentía depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo; de la humedad inicial del suelo, del tipo de terreno (granulometría, textura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, micro relieve, rugosidad), tipo de cobertura vegetal existente; de la intercepción que provoca un lapso de tiempo que consideremos (minutos, duración del aguacero, horas, días, meses, un año). El coeficiente de escorrentía puede tomar valor comprendidos entre cero y uno (pp. 1).

$$0 \leq C \leq 1$$

Los coeficientes de escorrentía (C) más usados en carreteras se enumeran a continuación:

Tabla 12. Coeficiente de escorrentía (C)

Centro de la ciudad	0.70	0.95
Fuera del centro de la ciudad	0.50	0.70
Parques, cementerios	0.10	0.25
Áreas no urbanizadas	0.10	0.30
Asfalto	0.70	0.95
Concreto	0.80	0.85
Adoquín	0.70	0.85
Suelo arenoso	0.15	0.20
Suelo duro	0.25	0.30
Bosques	0.20	0.25

Fuente: Martínez Andrés, Método de los coeficientes de escorrentía, 2006, pag. 15

Cálculo:

Para este diseño debido a que el área tributaria de la cuenca varía entre suelo arenoso y boscoso, se utilizó un coeficiente promedio de escorrentía $C = 0.20$.

2.4.2.5. Cálculo hidráulico

López (2007) declara que:

Para calcular el área de descarga de los drenajes, se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial, durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la precipitación (caudal de diseño) debe prolongarse durante un periodo mayor o igual, al que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado, en otras palabras el tiempo de concentración (p. 37).

2.4.2.5.1. Método racional

Para la determinación del caudal de la escorrentía superficial máxima que puede presentarse en una determinada zona, se usa el método racional. Este método consiste en considerar el caudal que se determina (por ejemplo una cuneta) en el momento de máxima intensidad de precipitación. La ecuación que expresa este principio es:

$$Q = CIA / 360$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

Debido a la topografía y el diseño de las curvas verticales, el área total de la cuenca se dividió en 3 sub cuencas, para que no se acumule un mayor caudal, ni se estanque en curvas cóncavas y así asignarle su desfogue por medio de drenajes transversales.

Cálculo:

Datos de la cuenca hidráulica:

Área de la sub cuenca = 22.2445 Ha (calculado con el programa CivilCad)

I = 147.05 mm/h

C = 0.20

$$Q = ((0.20) (147.05)(22.2445)) / 360$$

$$Q = 1.82 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Datos para el caudal longitudinal:

$$I = 147.05 \text{ mm/h}$$

$$C = 0.30$$

$$\text{Cálculo del área} = 2.75 * \text{longitud}$$

Donde:

2.75 = mitad del ancho de carpeta de rodadura

Longitud = longitud hacia la descarga del caudal

Cálculo cuneta derecha:

La primera descarga del caudal será en sección de relleno en la estación 0+080.00

$$\text{Area} = 2.75 * 80 = 220 \text{ m}^2 = 0.022 \text{ Ha.}$$

$$Q = ((0.30) (147.05)(0.022)) / 360$$

$$Q = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.2.5.2. Cálculo de diámetro de tuberías

Tradicionalmente, la ecuación de diseño para conductos con flujo libre (a la presión atmosférica) ha sido la fórmula de Manning:

$$V = (1/n) * Rh^{(2/3)} * S^{(1/2)}$$

Aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = V * A$$

Entonces:

$$Q = (1/n) * Rh^{(2/3)} * S^{(1/2)} * A$$

Donde:

Q = caudal.

A = Área de la sección de flujo.

R = radio hidráulico (Área/perímetro mojado (m)).

S = pendiente de la tubería (adimensional).

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para una tubería circular:

$$A = \pi * \emptyset^2 / 4$$

$$Rh = \emptyset / 4$$

Los valores de “n”, se tomaran de la tabla 13:

Tabla 13. Coeficiente de rugosidad (n)

TIPO DE TERRENO	n
Tierra ordinaria c/superficie uniforme	0.02
Hierba (alt. Lámina de agua > 15 cm.	0.04
Hierba (alt. Lámina de agua < 15 cm.	0.06
Hierba espesa	0.10
Para Revestido de piedra rugoso	0.012

Fuente: Manual de carreteras, Eddy T. Scipion Piñella, 1999, pag. 113

Cálculo:

Datos:

L= 0.424 km (medido por topografía)

Elevación máxima = 985 msnm.

Elevación del punto bajo estudio= 880 msnm.

Q= 1.84 m³/seg

n hierba (alt. Lamina de agua < 15 cm) = 0.006

$$S = (985 - 880) / 424 = 0.2476 \text{ o } 24.76\%$$

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

$$\varnothing = ((1.84 * 4^{5/3} * 0.006) / (0.2476^{1/2} * \pi))^{3/8}$$

$$\varnothing = 0.88032 \text{ m}$$

$$A = \pi \varnothing^2 / 4 = \pi (0.88032)^2 / 4 = 0.6086 \text{ m}^2$$

El área necesaria para drenar la cuenca es de 0.6086 m², se utilizará tubería de 36 pulgadas de PVC corrugado AASHTO M 294 con área de desfogue de 0.66 m².

2.5. Movimiento de tierras

Castillo (2008) afirma:

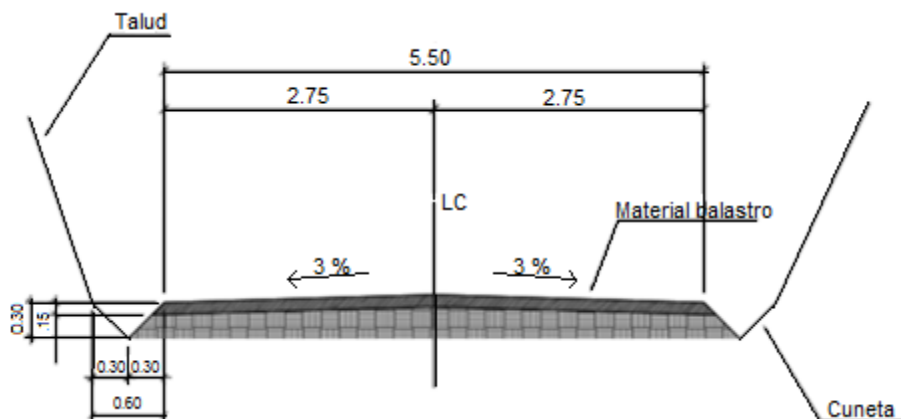
El movimiento de tierras, es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes, en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes, conformación de terracería entre otros. Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra directamente enlazado con el diseño de la subrasante, por lo tanto deberá ser factible desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije (p. 39).

2.5.1. Secciones transversales

La determinación de las secciones de carretera, es un procedimiento sencillo pero laborioso, ya que a cada veinte metros de la línea central del tramo carretero, se tendrá que determinar diez metros a la izquierda y diez metros a la derecha y así cubrir los 5.50 m, de ancho para una sección tipo F; con el objeto del intersectar el nivel del terreno con el nivel del proyecto del talud de corte o de relleno.

En el diseño, no se calcularon los elementos peralte y sobre ancho, por tratarse de una carretera tipo “F”, para una región montañosa y porque la velocidad de diseño no lo requiere.

Figura 10. Sección típica balastro tipo F



Fuente: elaboración propia

2.5.1.1. Talud de corte

La inclinación de talud de la carretera, está en función de las propiedades de los materiales. Sin embargo; en el caso de un talud de corte, el material se encuentra compactado naturalmente, logrando una mayor inclinación vertical ahorrando movimiento de tierra, como también terreno. Para fines de estimación de

volúmenes de movimiento de tierra, es recomendable usar la siguiente tabla.

Tabla 14. Relaciones de talud de corte

CORTE	
Altura	H - V
0 – 3	1 - 1
3 – 7	1 - 2
> 7	1 - 3

Fuente: Augusto Pérez. Metodología de actividades para el cálculo de carreteras. Pag.62

Donde:

H = Horizontal

V = Vertical.

2.5.1.2. Talud de relleno

En caso de un talud en relleno, la inclinación vendría siendo más horizontal, debido a que la compactación no es la misma a la de su estado natural. Para fines de estimación de volúmenes de movimiento de tierra, es recomendable usar la siguiente tabla.

Tabla 15. Relaciones de talud de corte

RELLENO	
Altura	H - V
0 - 3	2 - 1
> 3	3 - 2

Fuente: Augusto Pérez. Metodología de actividades para el cálculo de carreteras. Pag.62

Donde:

H = Horizontal

V = Vertical.

2.5.1.3. Bombeo

El agua pluvial debe de encauzarse hacia los lados del tramo carretero y evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento, con una pendiente adecuada en sentido transversal. A ésta se le llama “bombeo normal” y generalmente es del 3 %.

2.5.1.4. Cálculo de área

La forma de medir las áreas de las secciones transversales son gráfica y analítica.

La forma gráfica mide las áreas, por medio de un planímetro graduado, sobre las secciones transversales dibujadas en papel milimetrado. El procedimiento consiste en marcar las áreas para delinearlas con el planímetro, partiendo de un punto y llegando a ese mismo en la dirección de las agujas del reloj.

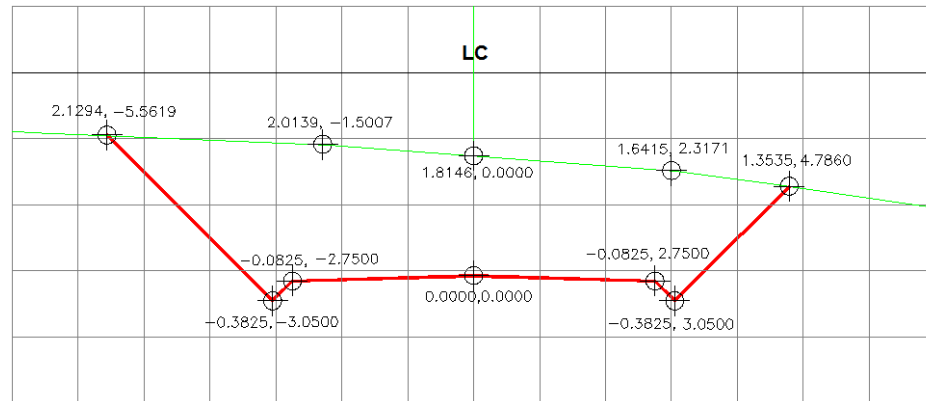
La forma analítica, requiere que las secciones transversales se plotean, determinando las coordenadas para cada punto, referidas a la línea central de la misma y luego por el método de los determinantes se encuentra el área de manera exacta.

$$\text{Área de un polígono} = \frac{\text{Suma } (X*Y) - \text{Suma } (Y*X)}{2}$$

Cálculo:

Para ejemplo de cálculo, se calculará el área de la sección transversal de la estación 0+040.00.

Figura 11. Sección transversal estación 0+040.00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Coordenadas del polígono transversal (0+040.00)

C O O R D E N A D A S	
Y	X
0.0000	0.0000
-0.0825	2.7500
-0.3825	3.0500
1.3535	4.7860
1.6415	2.3171
1.8146	0.0000
2.0139	-1.5007
2.1294	-5.5619
-0.3825	-3.0500
-0.0825	-2.7500
0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Suma (Y*X) = -18.3131508

Suma (X*Y) = 14.3205898

$$\text{Área} = \frac{14.3205898 - (-18.3131508)}{2} = 16.3168703 \text{ m}^2$$

El área de corte de la sección transversal es de 16.317 m²

El área de relleno de la sección transversal es de 0.000 m²

Todas las secciones transversales restantes serán calculadas y generadas por el programa CivilCad.

2.5.2. Cálculo de volumen

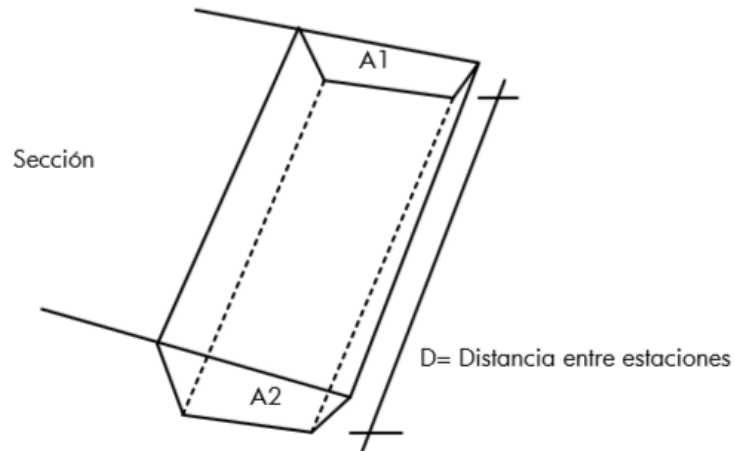
Ceto, Raymundo (2007) declara:

Cuando se han determinado las áreas de las secciones transversales, se procede al cálculo de movimiento de tierra. Para ello, es necesario suponer el camino en una serie de prismoides, tanto en corte como en relleno.

Entre dos estaciones, el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases es la medida en cada una de las estaciones y la altura del prisma es igual a la diferencia de las estaciones; esto sucede cuando en las estaciones consideradas sólo existe corte o solo relleno.

La forma más rápida de calcular el volumen, es con base al producto de la semi-suma de las áreas externas, por la distancia entre estaciones (pp. 27 – 28).

Figura 12. Prismoide de corte o relleno



Fuente: Douglas Ardulfo Castillo Ordóñez.

El volumen de un prismoide está dado por la fórmula:

$$V = ((A1 + A2)*D)/2$$

Donde:

A1 = área superior de la estación

A2 = área inferior de la estación

D = distancia entre estaciones.

2.5.2.1. Volumen de corte

Cuando la cota de terreno es superior a la cota rasante, se puede decir que el área de la sección transversal esta en corte, si pasa lo mismo en el otro extremo del prismoide, entonces todo el volumen del mismo se encuentra en corte.

Cálculo:

Sección transversal 0+000.00

Área de corte= 19.910 m²

Área de relleno= 0.000 m²

Sección transversal 0+020.00

Área de corte= 20.94 m²

Área de relleno= 0.000 m²

$$D = \text{Est. Final} - \text{Est. inicial} = 0+020.00 - 0+000.00 = 20.00 \text{ m}$$

$$V = ((19.91 + 20.94) * 20) / 2$$

$$V = 408.54 \text{ m}^3$$

El volumen total de corte en todo el tramo del caserío El Trapichito a la aldea Guior es 4,223.77 m³ (ver apéndice A).

2.5.2.2. Volumen de relleno

Lo contrario de un corte, viene siendo un relleno o terraplén, es decir cuando la cota de terreno es superior a la cota rasante, se puede decir que el área de la sección transversal esta en relleno, si pasa lo mismo en el otro extremo del prismoide, se puede decir que todo el volumen del mismo se encuentra en relleno.

Cálculo:

Sección transversal 0+100.00

Área de corte= 0.000 m²

Área de relleno= 15.900 m²

Sección transversal 0+120.00

Área de corte= 0.000 m²

Área de relleno= 18.630 m²

$$D = \text{Est. Final} - \text{Est. inicial} = 0+120.00 - 0+100.00 = 20.00 \text{ m}$$

$$V = ((15.900 + 18.630) * 20) / 2$$

$$V = 345.30 \text{ m}^3$$

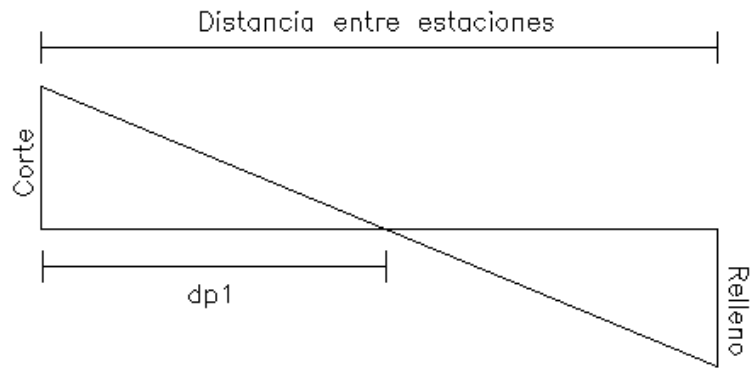
El volumen total de relleno en todo el tramo de carretera es 8,771.76 m³ (ver apéndice A).

2.5.2.3. Distancia de paso

Cuando en una sección transversal existe área de corte y en la próxima una de relleno o a la inversa, es necesario, antes de calcular los volúmenes, determinar las distancias de paso.

La distancia de paso es la comprendida entre la primera sección transversal y el punto donde, teóricamente, el área cambia de corte a relleno o viceversa. Los casos que se pueden presentar son: final de corte y principio de relleno o viceversa. La distancia de paso se puede determinar de forma gráfica y analítica.

Figura 13. Distancia de paso entre dos estaciones



Fuente: Elaboración propia

Donde:

Corte = Área de corte de un extremo

Relleno = Área de relleno de un extremo

Dp1 = Distancia de paso (distancia en la cual pasa de corte a relleno o viceversa)

Se hace una relación de triángulos:

$$(Corte + Relleno)/d = Corte/dp_1$$

Despejando dp1:

$$dp_1 = \frac{Corte * d}{Corte + Relleno}$$

El cálculo de los volúmenes en los casos que exista distancia de paso, estará dado por el producto de la mitad del área por la distancia de paso.

$$Volumen\ de\ corte = ((Área\ de\ corte)*(dp_1))/2$$

$$\text{Volumen de relleno} = ((\text{Área de relleno}) * (\text{Distancia} - dp1))/2$$

La forma de calcular los volúmenes es correcta para tramos rectos, pero no cumple para los que están en curva. Sin embargo, debido a los volúmenes de tierra que se trabajan, resulta insignificante.

Cálculo:

Sección transversal 0+320.00

Área de corte= 28.330 m²

Área de relleno= 0.000 m²

Sección transversal 0+340.00

Área de corte= 0.000 m²

Área de relleno= 4.930 m²

$$D = \text{Est. Final} - \text{Est. inicial} = 0+340.00 - 0+320.00 = 20.00 \text{ m}$$

$$dp^1 = \frac{28.330 * 20}{28.330 + 4.930} = 17.035 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de corte} = ((28.330) * (17.035))/2 = 241.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de relleno} = ((4.930) * (20 - 17.035))/2 = 7.31 \text{ m}^3$$

2.5.3. Balance de masas

Los volúmenes de corte deben ser transportados para formar los rellenos; sin embargo, en algunos casos, parte de estos volúmenes deben desperdiciarse, para lo cual se trasladan a lugares convenientes fuera del camino; para ello se utiliza el diagrama de masas.

2.5.3.1. Diagrama de masas

El diagrama de masas es la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de la curva masa; éstas se obtienen de la suma algebraica del volumen de relleno y corte; éste último afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica.

Propiedades del diagrama de masas:

a) Es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de relleno; y descendente en caso contrario, es decir, cuando predominan los volúmenes de relleno sobre los de corte.

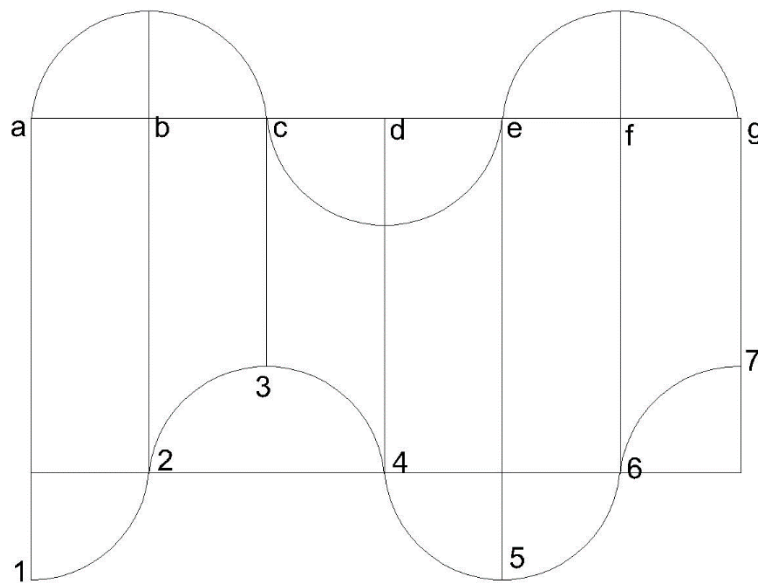
b) Si en la curva del diagrama se diseña una línea que la corte en dos puntos consecutivos, éstos tendrán la misma ordenada (el mismo valor de balance) y forman un tramo balanceado; ya que los volúmenes de corte y relleno comprendidas en ese tramo serán iguales.

c) Si en un tramo balanceado, la curva del diagrama queda arriba de la línea de balance, el sentido del acarreo es hacia adelante; si la curva del diagrama queda debajo de la misma, el sentido es hacia atrás.

d) Si dos líneas de balance cortan a la curva del diagrama en dos puntos con distinta ordenada, el tramo comprendido entre dichos puntos no está balanceado. Si la línea de balance de adelante tiene una ordenada mayor que la de atrás, se trata de un desperdicio, es decir, que hay exceso de volumen de corte.

e) Cuando la línea de balance de adelante es menor que la línea de atrás, esto define un préstamo, es decir, un exceso de volumen de relleno.

Figura 14. Diagrama de masas



Fuente: Elaboración propia

2.5.3.2. Diseño y cálculo de la línea de balance

Las pendientes en todo lo largo del ploteo varían suavemente, presentan formas onduladas, se denomina curva de Bruckner. La existencia de un quiebre brusco indica que hay un error; ya sea en el cálculo de volúmenes, de balance o en el ploteo.

Por medio de la línea de balance se logra establecer los volúmenes de tierra a mover, para luego, determinar el costo del mismo; por lo que del buen criterio en el diseño dependerá que se obtenga una mayor economía.

Después de calcular los volúmenes se procede al cálculo de los valores de balance, éstos servirán para formar la curva de Bruckner, que combinada con el diseño de la línea de balance, permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

Se debe iniciar con una cota inicial del balance de 100,000.00 metros cúbicos, con el objeto que no hallan valores negativos.

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

$$\text{Ordenadas de la masa} = Ba + (C * (1 - Coef.) - R)$$

Donde:

Ordenadas de la masa = balance en cualquier situación

Ba = balance anterior

C = corte

R = relleno

Coef. = coeficiente de contracción o hinchamiento

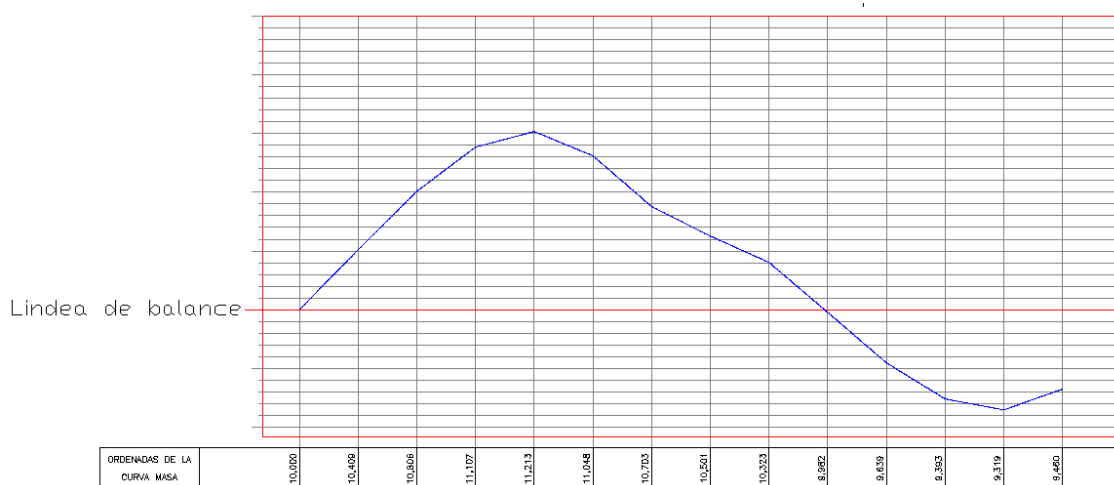
Es decir que cuando haya corte, las ordenadas de la masa va a incrementar y cuando haya relleno viceversa.

Cálculo:

Los datos fueron calculados por el programa de CivilCad. Se tomó el tramo carretero de la estación 0+000.00 a la estación 0+260.00.

Para este diseño se inició con un valor de 10,000 m³

Figura 15. diagrama de masas – Ejemplo de cálculo



Fuente: Elaboración propia

2.5.3.3. Elementos condicionantes en el diseño de la línea de balance

El diseño de la línea de balance es un proceso efectuado por tanteos, dentro de los cuales se debe considerar en forma aproximada los diversos costos unitarios del renglón del movimiento de tierras, para así evaluar las posibilidades necesarias.

En Guatemala, se consideran los siguientes costos unitarios según las especificaciones empleadas por la Dirección General de Caminos (DGC):

- Excavación no clasificada
- Excavación no clasificada de material de desperdicio
- Excavación no clasificada de material de préstamo
- Acarreo libre
- Sobreacarreo
- Acarreo

Debido a que el material, a lo largo de todo el proyecto, es de composición diversa, la DGC para efectos de pago lo toma como material no clasificado, para estandarizar los costos unitarios.

Excavación no clasificada: comprende la excavación de material dentro de los límites de la construcción, para utilizarlo en la construcción de rellenos dentro de dicho límite. El costo unitario es Q/m^3 .

Excavación no clasificada de material de desperdicio: comprende el material que proviene del corte que no se utiliza en formación de rellenos, por ser sobrante o material no apropiado para la construcción. El costo unitario es Q/m^3 .

Excavación no clasificada de material de préstamo: comprende el material excavado en bancos de préstamo para construcción de rellenos dentro de los límites de la construcción o fuera de ella. El costo unitario es Q/m^3 .

Acarreo libre: Comprende el transporte de cualquiera de los materiales no clasificados de los renglones anteriores a una distancia límite de 500 metros. No tiene costo unitario separado.

Sobre acarreo: es el transporte de materiales no clasificados de préstamo o desperdicio, a una distancia que varía entre 500 y 1000 metros, menos la distancia de acarreo libre. Su pago es m³/Km.

Acarreo: es el transporte de materiales no clasificados de préstamo o desperdicio a una distancia que exceda de 1 km, menos la distancia de acarreo libre.

2.5.3.4. Coeficiente de contracción e hinchamiento

Sipaque (2004) declara:

Al balancear los cortes con rellenos se necesita más material de corte para un relleno, debido a los cambios volumétricos sufridos por los materiales durante las diversas fases de la construcción. El coeficiente utilizado para estos casos dependerá de la clase de suelo, humedad contenida y formas de excavación. Este coeficiente se puede determinar mediante ensayos de laboratorio. De acuerdo con el coeficiente se podrá determinar el relleno con la siguiente relación: (p. 31)

$$R = C / (1 - \text{Coef.})$$

Donde:

R = Relleno

C = Corte

Coef. = coeficiente de contracción

Tabla 17. Coeficiente de contracción según tipo de terreno

TIPO DE TERRENO	(C) GRADO DE ESPONJAMIENTO
Terrenos sueltos sin cohesión (vegetal)	10%
Terrenos flojos	20%
Terrenos compactos o de tránsito	30%
Terrenos rocosos	40%
Escombros	Varía entre 40% y 80%

Fuente: Josep Franquet y Antonio Querol, nivelación de terrenos por regresión tridimensional, 2010, pag. 79

Para este diseño se utilizó un factor del 25% por tratarse de un tipo de suelo de fragmentos de roca y arena limosa.

Cálculo:

Se tomó el tramo balanceado de la estación 0+000.00 a la estación 0+260.00,

$$\text{Volumen de corte} = 1,425.09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de relleno} = 1,964.87 \text{ m}^3$$

Debido a que el volumen de relleno es mayor al volumen de corte, para balancear el tramo se necesitará: excavación no clasificada de material de préstamo, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{ENCP} = \text{Vol. Relleno} - \text{Vol. Corte}$$

$$\text{ENCP} = 1,964.87 \text{ m}^3 - 1,425.09 \text{ m}^3 = 539.78 \text{ m}^3$$

Debido al coeficiente de hinchamiento, en el banco de préstamo se deberá cortar un volumen de: $(539.78) (1 - 0.25) = 404.835 \text{ m}^3$

2.6. Análisis de suelos

“Las pruebas de laboratorio realizadas, sirvieron para determinar las condiciones del material, la calidad del mismo o hacer los ajustes necesarios para aumentar su calidad. También sirven para determinar su granulometría y grado de compactación” (Ceto Raymundo, 2007, p. 10).

2.6.1. Ensayos para la clasificación del suelo

Para este caso, se realizaron ensayos a una muestra de material, el cual se utilizará para la subrasante. Los ensayos fueron realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, (Ver anexo 1).

2.6.1.1. Análisis granulométrico

“Determina las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el suelo. Con este ensayo, se establece una clasificación genérica de suelos atendiendo a su granulometría” (Fuentes, 2011, p. 25).

Para el diseño se utilizará el sistema de clasificación de la AASHTO. (Ver anexo 1).

2.6.1.2. Límites de Atterberg

“Determinan el comportamiento y las propiedades de los suelos de granos finos, cuando estos entran en contacto con el agua. Cada uno se define por la variación de humedad que produce una consistencia determinada en el suelo, siendo éstos: límite líquido, plástico, de contracción y de cohesión” (Fuentes, 2011, p. 24). (Ver anexo 1)

2.6.1.3. Ensayo de compactación (PROCTOR)

Ceto Raymundo (2007) declara:

Determina la relación entre la humedad óptima con que un suelo puede alcanzar su máxima densidad posible, es decir, su máxima compactación, ya que la escasez de agua en un suelo y la abundancia de la misma, ocasiona que el suelo no pueda ser compactado al máximo. Un suelo debe compactarse para mejorar su capacidad de carga, disminuir la absorción de agua y reducir la sedimentación. Es necesario encontrar una relación entre el contenido de agua a usar en un volumen determinado de suelo y la máxima densidad que el suelo compactado puede alcanzar, todo esto se hace en laboratorio antes de iniciar el trabajo de campo. (p. 12)(Ver anexo 1).

2.6.1.4. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

Fuentes (2011) declara:

“Fue creado como una forma de clasificación de la capacidad de un suelo, para ser utilizado como subrasante. El índice de CBR es

la relación de la carga unitaria (en lb/pulg²) necesaria, para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con área = 19,4 cm²), dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas, con respecto a la carga unitaria patrón requerida.” (p. 30)(Ver anexo 1).

2.6.2. Análisis de resultados

De acuerdo a la granulometría del material, el sistema S.C.U. lo clasifica como fragmentos de roca y arena limosa, con poco o nada de finos SW.

En el ensayo de límites de Atterberg para un balasto, el índice de plasticidad debe estar entre 5 y 11. En este caso el ensayo da como resultado que el material no tiene plasticidad, debido a esto debe mezclarse con un material que si la posea, es éste caso se utilizará la proporción: 1/3 de arcilla por 2/3 de balasto para aumentar su plasticidad.

Al practicar el ensayo de proctor, indica que la humedad óptima es del 6.0%, por lo cual el material no necesita de mucha humedad, para alcanzar una buena compactación. Por las características que presenta, se considera como un material adecuado para la conformación de la subrasante de la carretera.

El ensayo de valor soporte del suelo indica un (%) CBR de 22.0 a 10 golpes, (%) CBR 50.5 a 30 golpes, (%) CBR 81.7 a 60 golpes, El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad (Ver anexo 1).

2.7. Carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura servirá para proteger la terracería en su estado natural, a fin que la acción del tránsito y las precipitaciones pluviales, no provoquen un rápido deterioro. Esta protección se efectúa mediante una capa de balasto de espesor de 15 centímetros, para lo cual se utiliza material debidamente seleccionado y especificado que cumplan con las normas de un buen material para el proyecto. Como se pudo apreciar en la figura 10.

2.8. Especificaciones técnicas

- Limpia chapeo y destronque:

Si dentro de esta área el especialista ambiental de la supervisora establece que existen árboles bajo protección especial, de conformidad con la lista roja de flora silvestre elaborada por -CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), debe informarlo inmediatamente al Delegado residente para que éste ordene al contratista que ejecute las medidas necesarias a tomar para su debida protección.

Antes de efectuar la tala de árboles, el contratista deberá cumplir con los requisitos correspondientes del -INAB (Instituto Nacional de Bosques) y del -CONAP o de la entidad correspondiente. Cuando dentro de estos requisitos se establezca la necesidad de reforzar. Al efectuar la tala de árboles, éstos se deben botar hacia el centro del área que debe limpiarse, de tal manera que no se dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deban permanecer en su lugar.

En áreas pantanosas o cenagosas que estén dentro de los límites de construcción, los árboles se deben cortar a ras del nivel del terreno o del agua. Con el objeto de evitar la erosión, el Delegado Residente ordenará, que vegetación debe permanecer en su lugar, de la que esté dentro de los límites del derecho de vía pero fuera del área de construcción; así mismos puede ordenar la preservación de los árboles u otra vegetación que estén fuera del área de construcción.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre la carretera, se deben cortar o podar para dejar un claro de 6 metros a partir de la superficie misma.

En áreas 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 sub-rasante; y el área total debe ser limpiada de matorrales, troncos carcomidos, raíces y otras materias vegetales u orgánicas susceptibles de descomposición.

Las áreas que se deban cubrir con terraplenes, se deben desraizar a una profundidad no menor de 300 milímetros o a 600 milímetros en las áreas donde existan troncos. Todos los troncos que estén fuera del área de excavación o de terraplenes, deben ser desraizados a una profundidad no menor de 300 debajo de la superficie del terreno original.

Remoción y eliminación de materiales: el contratista debe tomar en cuenta que el estado puede permitir a los propietarios que retiren la madera utilizable, con anticipación a las operaciones de limpia, chapeo y destronque.

- Replanteo y levantamiento topográfico:

Esta actividad la efectuará el contratista con la supervisión del delegado residente, el cual avalará lo realizado.

Puntos de control: el contratista podrá trasladar las referencias iniciales de control horizontal y vertical que interfieran con la construcción a lugares que no serán perturbados por las operaciones de construcción.

El contratista deberá suministrar al delegado residente las coordenadas y las elevaciones de los puntos trasladados antes de perturbar los puntos iniciales.

Límites de limpia, chapeo y destronque: el contratista deberá colocar estacas para delimitar los límites de limpia, chapeo y destronque a ambos lados de la línea central en las estaciones de las secciones transversales.

- Excavación y rellenos

Límites de construcción: Es el área de terreno comprendida entre las intersecciones de los planos de los taludes, con el terreno original. En algunos casos, estos límites se extienden más allá de los correspondientes al derecho de vía.

Materiales inadecuados: son materiales inadecuados para la construcción de terraplenes y sub-rasante, los siguientes:

a) Los correspondientes a la capa vegetal

b) Los clasificados en el grupo A-8 AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación es basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (Nº 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente comprensibles y tienen baja resistencia.

- Drenajes transversales

Se debe efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones y pendientes. Cuando se coloque una alcantarilla debajo de la línea del terreno original se debe excavar una zanja a una profundidad de 1.50 m, conformando el fondo de la zanja. El ancho de zanja debe ser el mínimo que permita trabajar con libertad a los lados de la alcantarilla y para la compactación completa del relleno debajo y alrededor de la misma.

Las paredes de la zanja deben quedar lo más verticales que sea posible, desde la cimentación hasta por lo menos la corana de alcantarilla. Previamente a la colocación de los tubos, en todos los drenajes se deben de excavar los canales de entrada y salida de éstas. Se debe preparar el lecho de cimentación, rellanando con grava y otro material selecto, debidamente compactado.

Colocación

Antes de colocar los tubos, se debe comprobar que las zanjas han sido excavadas de acuerdo con lo anteriormente indicado. La

colocación se debe principiar en el extremo de aguas abajo, con los extremos de campana o ranura en dirección aguas arriba. Los tubos deben ser encajados de tal manera, que cuando se apoyen en la superficie de fundación, formen un fondo interior liso y uniforme. Las instalaciones de líneas múltiples de alcantarillas, se deben hacer con línea central de cada línea individual de las mismas, paralela a las demás. La distancia libre entre las dos líneas debe ser igual a la mitad del diámetro y nunca menor a 76 centímetros.

Juntas

Las juntas de los tubos de concreto deben ser calafeteadas y llenadas con un mortero o lechada espesa de cemento hidráulico, que deberá de ser una mezcla volumétrica de una parte de cemento y tres partes de arena aprobada con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable. Las juntas se deben mojar completamente antes de hacer la unión con mortero. Antes de colocar la siguiente sección, las mitades inferiores de las ranuras de cada una, deben ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior quede a un mismo nivel. Después que la sección ha sido colocada, el resto de la junta debe ser llenada con mortero, usando suficiente mortero adicional para formar un anillo exterior alrededor de la junta.

Relleno

Se deben rellenar las zanjas inmediatamente después que el mortero de la junta haya endurecido lo suficiente para no ocasionarle ningún daño y hasta una altura no menor de 600 milímetros sobre la corona de la alcantarilla o hasta la altura del terreno natural. El relleno se debe de realizar con un material granular permeable, libre de

exceso de humedad, turba, terrones de arcillas, raíces, césped u otro material deletéreo. El material de relleno se debe compactar en capas que no excedan de 150 milímetros de espesor, debiendo ser colocadas simultáneamente a ambos lados de la alcantarilla para que no se produzcan presiones desiguales. La compactación se puede hacer por medio de compactadoras mecánicas o de mano apropiadas.

- **Balasto**

El balasto deber ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg./metro cúbico (90 lb/pie cúbico) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño del agregado grueso del balasto, no debe exceder de 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, deber ser separado ya sea por tamizado en el banco de material.

La porción del balasto retenida en el tamiz 4.75 mm (No. 4), debe estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASHTO T 96. La porción que pase el tamiz 0.425 mm (No. 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado por el método AASHTO T 90. La porción que pase en el tamiz 0.075 mm (No. 200), no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T 11.

2.8. Presupuesto

La base de los salarios de mano de obra se tomó los que la municipalidad asigna para estos casos, para el precio de los materiales, maquinaria y equipo se cotizó los que se tienen en la cabecera departamental. Para los gastos administrativos se desglosó en el renglón de costos indirectos y los impuestos el 22 % desglosándose en 12 % correspondiente al -IVA- (Impuesto sobre Valor Añadido), 6 % de -ISR- (Impuesto Sobre la Renta) y 4 % de -ISO- (Impuestos de Solidaridad), (Ver en “Costos indirectos” tabla A-13 en apéndice A).

2.8.1. Integración de precios unitarios

Para mayor facilidad y control de la cuantificación del proyecto se elaboró un cuadro de precios unitarios para cada renglón y sub renglón del presupuesto:

Tabla 18. Resumen de precios unitarios del diseño de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior, municipio de Chiquimula

Renglon	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1. Trabajos preliminares				
1.1. Limpieza, chapeo y destronque	m ²	4180.00	Q 2.98	Q 12,447.27
1.2. Replanteo topográfico	km	0.77	Q 1,616.53	Q 1,244.73
2. Movimiento de tierras				
2.1. Apertura de carretera	m	760.05	Q 56.71	Q 43,104.44
2.2. Excavación material no clasificado de préstamo	m ³	3411.00	Q 27.36	Q 93,321.64
2.3. Excavación no clasificada	m ³	4,224.00	Q 29.56	Q 124,874.10
2.4. Conformación de relleno	m ³	8,772.00	Q 11.94	Q 104,741.47
3. Subrasante				
3.1. Reacondicionamiento de subrasante	m ²	4180.00	Q 4.45	Q 18,600.52
4. Drenajes				
4.1. Drenajes transversales	unidad	3.00	Q 40,268.71	Q 120,806.13
4.2. Cunetas naturales	m	1520.00	Q 6.61	Q 10,050.02
5. Carpeta de rodadura				
5.1. Balasto (e=0.15m)	m ²	4180.00	Q 36.27	Q 151,614.91
6. Maquinaria				
6.1. Transporte de maquinaria	viaje	10.00	Q 3,841.75	Q 38,417.50
Costo total del proyecto				Q719,222.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Costo unitario – Limpia, chapeo y destronque

1. Trabajos preliminares

1.1. Limpieza, chapeo y destronque

4180.00 m²

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Mano de obra no calificada				
10 peones (incluye prestacion)	jornal	90	Q 70.00	Q 6,300.00
Total				Q 6,300.00
Mano de obra calificada				
Encargado del proyecto	jornal	9	Q 200.00	Q 1,800.00
Total				Q 1,800.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Mano de obra no calificada	Q	6,300.00
Mano de obra calificada	Q	1,800.00
Total de costos directos	Q	8,100.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	810.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	1,458.00
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	810.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	405.00
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	864.27
Total de costos indirectos	Q	4,347.27
Total de costos	Q	12,447.27
Precio unitario	Q	2.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Costo unitario – Replanteo topográfico

1.2. Replanteo topográfico

0.77 km

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Mano de obra no calificada				
3 peones	jornal	3	Q 70.00	Q 210.00
Total				Q 210.00
Mano de obra calificada				
Topografo	jornal	1	Q 400.00	Q 400.00
Encargado de obra	jornal	1	Q 200.00	Q 200.00
TOTAL				Q 600.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Mano de obra no calificada	Q	210.00
Mano de obra calificada	Q	600.00
Total de costos directos	Q	810.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	81.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	145.80
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	81.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	40.50
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	86.43
Total de costos indirectos	Q	434.73
Total de costos	Q	1,244.73
Precio unitario	Q	1,616.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Costo unitario – Apertura de carretera

2. Movimiento de tierras

2.1. Apertura de carretera

760.05 m

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo (todo incluido)				
Tractor D6h	hora	40	Q 500.00	Q 20,000.00
Motoniveladora 140H	hora	10	Q 600.00	Q 6,000.00
Total				Q 26,000.00
Mano de obra no calificada				
3 peones	jornal	15	Q 70.00	Q 1,050.00
Total				Q 1,050.00
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	5	Q 200.00	Q 1,000.00
TOTAL				Q 1,000.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo (todo incluido)	Q	26,000.00
Mano de obra no calificada	Q	1,050.00
Mano de obra calificada	Q	1,000.00
Total de costos directos	Q	28,050.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	2,805.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	5,049.00
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	2,805.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	1,402.50
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	2,992.94
Total de costos indirectos	Q	15,054.44
Total de costos	Q	43,104.44
Precio unitario	Q	56.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Costo unitario – Excavación material no clasificado de préstamo

2.2. Excavación material no clasificado de préstamo

3,411.00 m³

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo (todo incluido)				
Excavadora de oruga	hora	80	Q 450.00	Q 36,000.00
Acarreo libre				
3 camion de volteo	viaje	341	Q 64.60	Q 22,028.60
Total				Q 58,028.60
Mano de obra no calificada				
1 peones	jornal	10	Q 70.00	Q 700.00
Total				Q 700.00
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	10	Q 200.00	Q 2,000.00
TOTAL				Q 2,000.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo (todo incluido)	Q	58,028.60
Mano de obra no calificada	Q	700.00
Mano de obra calificada	Q	2,000.00
Total de costos directos	Q	60,728.60
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	6,072.86
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	10,931.15
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	6,072.86
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	3,036.43
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	6,479.74
Total de costos indirectos	Q	32,593.04
Total de costos	Q	93,321.64
Precio unitario	Q	27.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Costo unitario – Excavación material no clasificada

2.3. Excavación no clasificada

4,224.00 m³

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo (todo incluido)				
Excavadora de oruga	hora	100.00	Q 450.00	Q 45,000.00
3 camión de volteo	viaje	423	Q 64.60	Q 27,325.80
Total				Q 77,211.21
Mano de obra no calificada				
1 peones	jornal	15	Q 70.00	Q 1,050.00
Total				Q 1,050.00
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	15	Q 200.00	Q 3,000.00
Total				Q 3,000.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo (todo incluido)	Q	77,211.21
Mano de obra no calificada	Q	1,050.00
Mano de obra calificada	Q	3,000.00
Total de costos directos	Q	81,261.21
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	8,126.12
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	14,627.02
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	8,126.12
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	4,063.06
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	8,670.57
Total de costos indirectos	Q	43,612.89
Total de costos	Q	124,874.10
Precio unitario	Q	29.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Costo unitario – Conformación de relleno

2.4. Conformación de relleno

8,772.00 m³

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo (todo incluido)				
Tractor D6H	hora	60	Q 500.00	Q 30,000.00
Motoniveladora 140H	hora	60	Q 600.00	Q 36,000.00
Total				Q 66,000.00
Mano de obra no calificada				
1 peones	jornal	8	Q 70.00	Q 560.00
Total				Q 560.00
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	8	Q 200.00	Q 1,600.00
Total				Q 1,600.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo (todo incluido)	Q	66,000.00
Mano de obra no calificada	Q	560.00
Mano de obra calificada	Q	1,600.00
Total de costos directos	Q	68,160.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	6,816.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	12,268.80
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	6,816.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	3,408.00
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	7,272.67
Total de costos indirectos	Q	36,581.47
Total de costos	Q	104,741.47
Precio unitario	Q	11.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Costo unitario – Reacondicionamiento de subrasante

3. Subrasante

3.1. Reacondicionamiento de subrasante

4180.00 m²

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo				
Motoniveladora 140H	hora	10	Q 600.00	Q 6,000.00
Camion cisterna	jornal	2	Q 1,000.00	Q 2,000.00
Rodo vibrocompactador de 10 toneladas	hora	10	Q 350.00	Q 3,500.00
Total				Q 11,500.00
Mano de obra no calificada				
1 peones	jornal	2	Q 70.00	Q 140.00
Total				Q 204.20
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	2	Q 200.00	Q 400.00
Total				Q 400.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo	Q	11,500.00
Mano de obra no calificada	Q	204.20
Mano de obra calificada	Q	400.00
Total de costos directos	Q	12,104.20
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	1,210.42
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	2,178.76
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	1,210.42
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	605.21
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	1,291.52
Total de costos indirectos	Q	6,496.32
Total de costos	Q	18,600.52
Precio unitario	Q	4.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Costo unitario – Drenajes transversales

4. Drenajes

4.1. Drenajes transversales

3.00 unidades

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Materiales no locales				
Tubo pvc 30" ASTM F 794-97	m	8	Q 2,255.00	Q 18,040.00
Tubo pvc 36" ASTM F 794-97	m	8	Q 3,049.00	Q 24,392.00
Cemento UGC 3000 PSI	saco	75	Q 79.00	Q 5,925.00
Material selecto	m³	5	Q 55.00	Q 275.00
Alambre de amarre	lb	36	Q 6.00	Q 72.00
Madera de pino rustica	pt	300	Q 6.00	Q 600.00
Clavos de 3"	lb	36	Q 5.00	Q 60.00
Total				Q 49,364.00
Materiales locales				
Arena de rio	m³	6	Q 150.00	Q 300.00
Piedrin triturado de 1/2"	m³	6	Q 250.00	Q 1,500.00
Piedra bola	m³	30	Q 150.00	Q 1,500.00
Total				Q 3,300.00
Mano de obra no calificada				
9 peones	jornal	135	Q 70.00	Q 9,450.00
Total				Q 9,450.00
Mano de obra calificada				
6 albañiles	jornal	90	Q 100.00	Q 9,000.00
Encargado de obra	jornal	15	Q 200.00	Q 3,000.00
Total				Q 12,000.00
Maquinaria y equipo				
Excavadora de oruga	hora	10	Q 450.00	Q 4,500.00
Total				Q 4,500.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Materiales no locales	Q	49,364.00
Materiales locales	Q	3,300.00
Mano de obra no calificada	Q	9,450.00
Mano de obra calificada	Q	12,000.00
Maquinaria y equipo	Q	4,500.00
Total de costos directos	Q	78,614.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	7,861.40
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	14,150.52
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	7,861.40
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	3,930.70
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	8,388.11
Total de costos indirectos	Q	42,192.13
Total de costos	Q	120,806.13
Precio unitario	Q	40,268.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Costo unitario – Cunetas naturales

4.2. Cunetas naturales

1520.00 m

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo				
Motoniveladora 140H	hora	10	Q 600.00	Q 6,000.00
Total				Q 6,000.00
Mano de obra no calificada				
1 peones	jornal	2	Q 70.00	Q 140.00
Total				Q 140.00
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	2	Q 200.00	Q 400.00
TOTAL				Q 400.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo	Q	6,000.00
Mano de obra no calificada	Q	140.00
Mano de obra calificada	Q	400.00
Total de costos directos	Q	6,540.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	654.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	1,177.20
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	654.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	327.00
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	697.82
Total de costos indirectos	Q	3,510.02
Total de costos	Q	10,050.02
Precio unitario	Q	6.61

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Costo unitario – Balasto

5. Carpeta de rodadura

5.1. Balasto (e=0.15m)

4180.00 m²

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo				
Excavadora de oruga	hora	30	Q 450.00	Q 13,500.00
Acarreo de balasto	m³/km	5644	Q 14.17	Q 79,975.48
Total				Q 93,475.48
Materiales no locales				
Material balastro	m³	741.05	Q 6.46	Q 4,787.18
Total				Q 4,787.18
Mano de obra calificada				
Encargado de obra	jornal	2	Q 200.00	Q 400.00
Total				Q 400.00

Resumen de costos	Total Q
Directos	
Excavadora de oruga	Q 93,475.48
Materiales no locales	Q 4,787.18
Mano de obra calificada	Q 400.00
Total de costos directos	Q 98,662.66
Indirectos	
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q 9,866.27
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q 17,759.28
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q 9,866.27
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q 4,933.13
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q 10,527.31
Total de costos indirectos	Q 52,952.25
Total de costos	Q 151,614.91
Precio unitario	Q 36.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Costo unitario – Transporte de maquinaria

6. Maquinaria

6.1. Transporte de maquinaria

10 viajes

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo				
Flete de low boy	viaje	10	Q2,500.00	Q25,000.00
Total				Q25,000.00

Resumen de costos	Total	Q
Directos		
Maquinaria y equipo	Q	25,000.00
Total de costos directos	Q	25,000.00
Indirectos		
Gastos admon 10 % (sobre costo directo)	Q	2,500.00
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q	4,500.00
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q	2,500.00
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q	1,250.00
IGGS 10.67 % (sobre costo directo)	Q	2,667.50
Total de costos indirectos	Q	13,417.50
Total de costos	Q	38,417.50
Precio unitario	Q	3,841.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Costo unitario – Desglose de gastos administrativos

7. Desglose de gastos administrativos

7.1 Mano de obra calificada

Plaza	Salario mensual	Cantidad de meses	Total
Secretaria	Q 2,000.00	4	Q 8,000.00
Contador	Q 1,500.00	4	Q 6,000.00
Dibujante y auxiliar de Ingenieria	Q 1,000.00	4	Q 4,000.00
Gerente o Ingeniero	Q 5,000.00	4	Q 20,000.00
TOTAL			Q 38,000.00

7.2 Alquileres y depreciaciones

Renglon	Renta mensual	Cantidad de meses	Total
Local oficina	Q 700.00	4	Q 2,800.00
Luz, telefono e internet	Q 300.00	4	Q 1,200.00
Mantenimiento en general	-	-	Q 1,000.00
Depreciaciones oficina	-	-	Q 1,000.00
TOTAL			Q 6,000.00

7.3 Prestaciones

Renglon	Porcentaje %	Salario	Costo directo	Total
I.G.S.S.	10.67	Q 38,000.00	-	Q 4,054.60
TOTAL				Q 4,054.60

Total costos directos	Q 476,445.00
Total gastos administrativos	Q 48,054.60
Porcentaje gastos administrativos	10 %

Fuente: Elaboración propia

2.8.2. Cronograma de ejecución físico y financiero

Por cuestión de facilidad el cronograma físico se elaboró de forma semanal, mientras que el financiero de forma quincenal, tomando en cuenta los renglones del presupuesto, como se muestra a continuación:

Tabla 31. Cronograma físico - financiero

No.	Actividades	Meses								Avance físico	Avance acumulado
		Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4			
1	Trabajos preliminares	Q9,335.45	Q4,356.54							1.90%	1.90%
2	Movimiento de tierras		Q45,755.21	Q91,510.41	Q91,510.41	Q91,510.41	Q45,755.21			50.89%	52.80%
3	Subrasante				Q6,200.17	Q6,200.17	Q6,200.17			2.59%	55.38%
4	Drenajes					Q43,618.72	Q43,618.72	Q43,618.72		18.19%	73.58%
5	Carpeta de rodadura						Q50,538.30	Q101,076.61		21.08%	94.66%
6	Maquinaria			Q7,683.50	Q7,683.50	Q7,683.50	Q7,683.50	Q7,683.50		5.34%	100.00%
Inversión quincenal		Q9,335.45	Q50,111.75	Q99,193.91	Q105,394.09	Q149,012.80	Q153,795.90	Q152,378.83			
Inversión acumulada		Q9,335.45	Q59,447.20	Q158,641.12	Q264,035.20	Q413,048.01	Q566,843.91	Q719,222.74			
Tiempo de ejecución: 3 meses y medio										100%	100%

Fuente: Elaboración propia

2.9. Análisis de impacto ambiental

Los problemas de degradación ambiental, que incluyen la alteración de los sistemas ambientales, la amenaza a la vida salvaje, la destrucción de los recursos naturales, son frecuentemente resumidos bajo el término de crisis ambiental, debido a que los cambios que el ambiente está sufriendo son los suficientemente justificados para llegar al nivel de una crisis o amenaza natural.

Se hará una identificación de los impactos y su origen, sin mostrar un valor cuantitativo de ese impacto; sin embargo por la importancia del proyecto a la comunidad hará que se beneficien no sólo en lo económico sino en la salubridad. Se mencionarán algunos elementos ambientales fundamentales, que en un proyecto de este estilo de considerarse:

- Características físicas: entre estas características se pueden mencionar: tierra, agua y atmosfera.
- Condiciones biológicas: flora y fauna.
- Factores culturales: uso del suelo, ética e interés humano.
- Factores socioeconómicos: comercio, empleo, tránsito y vehículos.

Se mencionaran los distintos impactos ambientales que se pueden presentar en la ejecución del proyecto, como sus debidas medidas de mitigación:

2.9.1. Cambios en calidad

Impacto:

A lo largo de la brecha existen tres nacimientos y riachuelos que son parte de una micro-cuenca; estos cuerpos de agua pueden ser impactados debido al derramamiento accidental de combustibles y lubricantes por el

uso de maquinaria.

Medidas de mitigación:

- Utilizar maquinaria sin fugas de lubricantes
- Colocar letrinas en los campamentos, en una proporción de una letrina por cada diez trabajadores
- No realizar servicios a la maquinaria en áreas cercanas a fuentes de agua

2.9.2. Alteración del régimen hídrico

Impacto:

El régimen hídrico puede verse afectado por la inadecuada disposición del material producto de cortes, al depositarse éste en áreas expuestas a la erosión, el mismo puede alojarse en las corrientes de agua.

Medidas de mitigación:

- Vegetar los taludes de corte con gramíneas.

2.9.3. Flora y fauna

Impacto:

Éste es el impacto más importante debido a la inexistencia de carretera y a los cambios en el alineamiento de la brecha existente, esto provoca eliminación de vegetación arbórea, arbustiva y cultivada.

Como impacto indirecto, mayor facilidad para transportar mercadería y leña; se observó que sin carretera se está presentando lo descrito anteriormente, la cual es transportada a pie o en caballería hacia la carretera existente.

Medidas de mitigación:

- Previo a la tala de los árboles debe solicitarse la licencia correspondiente ante las autoridades forestales del país
- Recuperación de la cobertura vegetativa y arbórea en sitios de instalación de la logística del Contratista, debe sembrarse árboles a lo largo del derecho de vía y en otras áreas donde sea posible.

2.9.4. Desechos solidos

Impacto:

En su mayor parte son los generados durante el movimiento de tierras de la obra y los materiales desperdiciados

Medidas de mitigación:

- Recuperar y reutilizar la mayor parte de residuos de las excavaciones y retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes en lugares autorizados.

2.9.5. Ruidos, vibraciones y polvo

Impacto:

Incremento en los niveles de ruido y polvo producido por la maquinaria pesada, operadores, transportes, entre otros.

Medidas de mitigación:

- Realizar trabajos de operación en horarios diurnos
- Mantener los vehículos en las mejores condiciones mecánicas
- Todo el personal en obra deberá utilizar mascarillas contra el polvo

2.10. Análisis socioeconómico

Los proyectos de interés comunitario, como este proyecto, tienen como objetivo principal proveer servicios a la población, buscando el bienestar público y no las ganancias. Los proyectos del sector público no generan renta alguna, por lo que lo más recomendable para evaluar económicamente las alternativas públicas es un análisis beneficio/costo, considerando como costos los gastos para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto y como beneficios las ventajas que experimentará el público con la implementación del proyecto.

En el caso de este proyecto, no es posible estimar un monto exacto del impacto económico de los beneficios que traerá la implementación de la carretera, entre los que pueden mencionarse: El ahorro de tiempo en transportar cosechas agrícolas, ganado, entre otras. Por lo que el análisis se hará mediante el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

2.10.1. Valor actual neto

El valor actual neto (VAN) o valor presente neto (VPN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de una determinada suma de los flujos netos de caja actualizados, que incluyen la inversión inicial. El proyecto de inversión según este criterio, se acepta cuando el valor presente neto es positivo, porque agrega capital.

El cálculo de este valor se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Esta es una forma sencilla en la que se puede determinar si en un determinado proyecto los ingresos son mayores que los egresos. El valor presente neto se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VPN = VRI - CI + [P/A, i, n] (VRA - CMA)$$

Donde:

VPN = Valor Presente Neto

VRI = Valor de Rescate Inicial (ingreso inicial)

CI = Costo Inicial

VRA = Valor de Rescate anual (ingreso anual)

CMA = Costo de mantenimiento anual

$[P/A, i, n]$ = Valor presente dado un pago uniforme anual, se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

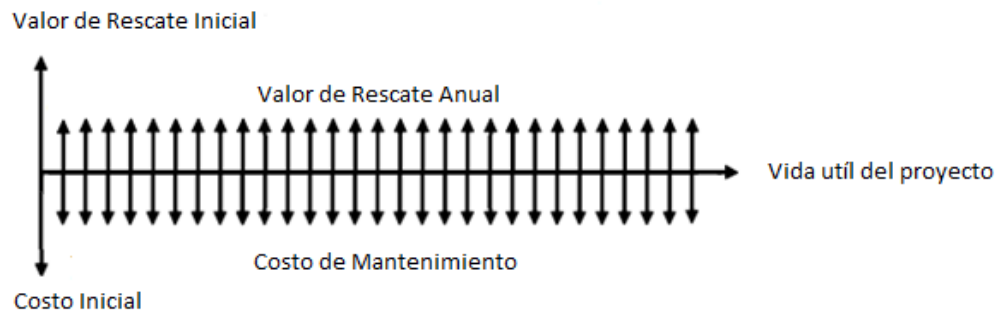
P/A = Valor presente dado un pago uniforme anual

A = Anualidad

i = Tasa de interés anual

n = Vida útil en años

Figura 16. Diagrama de flujo del costo de ciclo de vida de un proyecto



Fuente: elaboración propia

Existen tres posibles resultados al aplicar la fórmula anterior:

- $VPN > 0$

Cuando el VPN es un valor mayor que cero, se recupera el monto invertido, se obtiene una rentabilidad y una ganancia que equivale al valor presente.

- $VPN = 0$

Cuando el VPN es un valor igual cero, se recupera el monto invertido y se obtiene una rentabilidad deseada pero no se obtiene una ganancia.

- $VPN < 0$

Cuando el VPN es un valor menor que cero, se hace una evaluación según la tasa de interés y un porcentaje de ganancia.

Cálculo:

El mantenimiento anual consistirá en la operación de una motoniveladora 140H cuyo precio por hora es Q600.00, 10 cm de espesor de balasto con precio unitario Q14.17 por m³.

Tabla 32. Costo de mantenimiento anual

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
Maquinaria y equipo				
Motoniveladora 140H	horas	8	Q 600.00	Q 4,800.00
Materiales no locales				
Acarreo de balasto (e = 10 cm)	m³/km	418	Q 14.17	Q 5,923.06
Total				Q 10,723.06

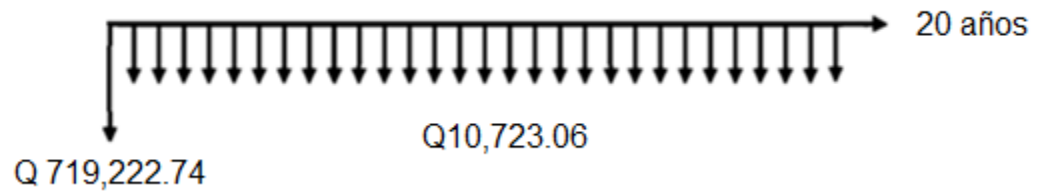
Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Datos del Valor Actual Neto

Datos	Resultado
Valor de Rescate Inicial	Q0.00
Costo Inicial	Q719,222.74
Costo de mantenimiento anual	Q10,723.06
Valor de Rescate Anual	Q0.00
Vida útil	20 años
Tasa de interés (Banco de Guatemala, Dic. 2015)	13.06%

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Diagrama de flujo de costos de la carreta del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior



Fuente: Elaboración propia

$$VAN = - Q718,800.14 - Q10,723.06 \left[\frac{(1+0.1306)^{20}-1}{0.1306 (1+0.1306)^{20}} \right]$$

$$VAN = - Q 794,278.75$$

El valor actual neto (VAN) es menor que cero, el proyecto no es económicamente rentable; pero al ser de carácter social, propósito es mejorar la calidad de vida de la comunidad y no el generar ganancias económicas.

2.10.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es igual a la suma de los ingresos actualizados, con la suma de los egresos actualizados igualando al egreso inicial, también se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual no generan ni pérdidas ni ganancias, este valor es muy útil a la hora de en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión.

En este proyecto, por ser una obra de carácter social, la municipalidad no tiene contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad,

por lo que con ninguna tasa de interés se pueden tener ganancias, así que no se procede a determinar el TIR.

3. DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO FASE IV COLONIA EL MAESTRO, CIUDAD Y MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto evacuará las aguas servidas provenientes de la vida doméstica, colectiva e industrial del área. La longitud del alcantarillado sanitario es de 1526.52 m, la tubería propuesta para este diseño es de material PVC según la norma ASTM F949.

Se utilizaron las especificaciones del Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, para el diseño y planificación del sistema de alcantarillado sanitario para áreas urbanas.

3.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico fue de primer orden con precisión milimétrica, se realizó con el instrumento teodolito, se tomaron mediciones en las siguientes situaciones:

- Inicios e intersecciones de accesos
- Distancias no mayores de 20 metros
- Puntos donde haya cambio de dirección
- Puntos con cambios de pendiente del terreno
- Lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones topográficas

Los planos topográficos se dibujaron a escala 1:1,450 m, con curvas de nivel a cada metro, indicando su elevación por lo menos a cada 5 metros.

3.2.1. Planimetría y altimetría

Para el levantamiento planímetro se utilizó el método de conservación de azimuth, con vuelta de campana, el levantamiento altimétrico debe ser preciso y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de los diferentes accesos y altimetría con nivelación diferencial de primer orden.

Para la realización de los trabajos de planimetría y altimetría en campo se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito
- Trípode
- Brújula
- Plomadas
- Cinta métrica
- Estacas

La distancia horizontal es calculada con la fórmula:

$$DH = K * H * \cos(\alpha^2)$$

Las coordenadas parciales en X y Y es calculada con la fórmula:

$$Y = DH * \cos(\theta)$$

$$X = DH * \sin(\theta)$$

Donde:

DH = Distancia horizontal

θ = Ángulo horizontal (proporcionado por el teodolito)

Calculo:

Datos del levantamiento topográfico:

K = 100

Ángulo vertical = $90^{\circ} 41' 5''$ (proporcionado por el teodolito)

Hilo superior = 1.30

Hilo inferior = 1.00

$\theta = 213^{\circ} 28' 55''$ (proporcionado por el teodolito)

$$\alpha = 90^{\circ} 00' 00'' - 90^{\circ} 41' 5'' = - 0^{\circ} 41' 5''$$

$$H = 1.30 - 1.00$$

$$H = 0.30$$

$$DH = 100 * 0.30 * \cos (- 0^{\circ} 41' 5'')^2$$

$$DH = 29.996 \text{ m}$$

$$Y = 29.996 * \cos (213^{\circ} 28' 55'') =$$

$$Y = - 25.018 \text{ m}$$

$$X = 29.996 * \sin (213^{\circ} 28' 55'') =$$

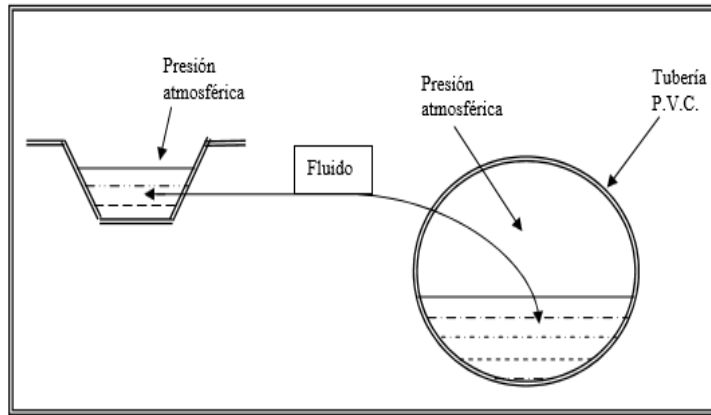
$$X = - 16.548 \text{ m}$$

3.3. Parámetros de diseño

Para este diseño se utilizaron secciones circulares funcionando por gravedad y sin presión (ver figura 18), como canales a sección parcialmente llena, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados

para que el flujo máximo alcance una altura de $0.80D$ (según norma 4.1.4. para la Disposición Final de Excretas en Guatemala - INFOM).

Figura 18. Secciones de canales



Fuente: AMANCO, Manual de diseño de tubosistemas para tuberías, pag. 13

Factores importantes la planificación y diseño:

Para la planificación y diseño de todo proyecto de alcantarillado hay que contar con datos referentes a cada localidad.

3.3.1. Descripción del sistema a utilizar

De acuerdo con la finalidad existen dos tipos básicos de alcantarillado.

- Sistema sanitario: consiste en un sistema de para la recolección y conducción de las aguas negras o sanitarias provenientes de cada vivienda.
- Sistema pluvial: consiste en un sistema de para la recolección y conducción de aguas de lluvia provenientes de calles y techos y otras superficies.

El diseño será un sistema de alcantarillado sanitario, diseñado por gravedad, con conductos funcionando como canales parcialmente llenos; sin embargo siempre existen vecinos que realizan conexiones ilícitas de caudales provenientes de caudales pluviales que de alguna manera el diseño original y la vida útil del sistema, debido a eso se tomara en cuenta un factor para conexiones ilícitas de un 2% (según la Guía de normas para la Disposición final de excretas y aguas residuales de Guatemala de -INFOM-, 2011).

3.3.2. Selección de ruta

Se debe determinar el área que va a cubrir cada descarga, con lo que se determina un alcantarillado principal para cada área. Para seleccionar un ramal principal y el flujo del mismo, es necesario considerar los siguientes puntos:

- La tubería principal se colocará solamente en el centro del acceso, en forma paralela frente de cada una de las viviendas.
- El trazo se determinará con base a la superficie del suelo, para que nuestro sistema de alcantarillado sanitario fluya correctamente.

Se determinó una ruta óptima para que el caudal fluya por gravedad en dirección hacia el punto de desfogue.

3.3.3. Velocidades máximas y mínimas

Ramírez (2011) declara:

Las velocidades mínimas son con el objeto que no ocurra la decantación de los sólidos, la norma ASTM F949 aconseja trabajar a cualquier sección debe ser no menor de 0.60 m / s. No siempre es posible obtener esa velocidad, ya que existen ramales muy cortos o tienen capacidad para muy pocas viviendas y se producen flujos muy bajos, en ese caso de buscará una pendiente a la descarga estimada y una velocidad no menor de 0.40 m/s (p. 106).

Las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo; no deben ser mayores de 5.00 m / s, según norma ASTM F949.

3.3.4. Período de diseño

Es el tiempo para el cual el proyecto servirá a la comunidad, antes que deba abandonarse.

Pérez (2003) declara que:

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado sanitario o de cualquier obra de ingeniería se debe de considerar factores como la vida útil de las estructuras, equipos y componentes; tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste natural que sufren los materiales, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, también, la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible, el desarrollo urbanístico comercial o industrial de las áreas adyacentes.

En ciertas situaciones, se considera incluir, dentro del período de diseño, un tiempo de 1 ó 2 años adicionales, debido al periodo en el que se lleva en gestionar el proyecto, para su respectiva autorización y desembolso económico (pp. 16 – 17).

El período de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal - INFOM es de 30 años. Para el presente proyecto se adoptó un período de diseño de 32 años

3.3.5. Densidad de población

Es la estimación de habitantes por vivienda en una ciudad o comunidad, este dato es importante debido a que influye directamente al caudal, con este dato se calcula el caudal domiciliar. La fórmula de densidad por vivienda es la siguiente:

$$Densidad\ de\ población = \frac{\# \text{ hab.}}{\# \text{ viv.}}$$

La colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula, según el Censo Municipal 2011 obtenido en el Instituto Nacional de Estadística -INE-. La población obtenida es de 1,503 habitantes, distribuidas en 236 viviendas. Con tasa de crecimiento es de 2.50 %.

Calculo:

Datos del censo municipal 2011:

Número de habitantes = 1503 hab.

Número de viviendas = 236 viv.

$$\text{Densidad de población} = \frac{1503 \text{ Hab.}}{236 \text{ Viv.}}$$

$$\text{Densidad de población} = 6.368 \frac{\text{Hab.}}{\text{Viv.}}$$

3.3.6. Población de diseño

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Método del Crecimiento Aritmético
- Método del Crecimiento Geométrico

Para el diseño, se estimó una población futura a servir por medio del Método de Incremento Geométrico, que se adapta a los países en vías de desarrollo como lo es Guatemala.

3.3.6.1. Método del Incremento Geométrico

Es el que se utilizó, debido a que la población crece a un ritmo geométrico o exponencial y la colonia El Maestro no es la excepción, este método tiene la ventaja que no se necesitan muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad y su desventaja, se puede sobre estimar la población. La fórmula que aplica en el Método de Incremento Geométrico es la siguiente:

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

Donde:

P_f = Población futura

P_o = Población del último censo

r = Tasa de crecimiento

n = diferencia en años

Para estimar las viviendas futuras:

$$Viv. Fut. = \frac{P_f}{Hab. / Viv.}$$

Debido a que se trata del sistema de alcantarillado sanitario Fase IV, la población de diseño solo sería la del sector de la colonia beneficiado, lastimosamente no existe un dato exacto de la población actual del sector, sin embargo se cuantifico las viviendas actuales 111 viviendas y con ello se estimó la población actual de la siguiente forma:

$$P_o = Hab. / Viv. * Viv. Act.$$

Cálculo:

$r = 2.50 \%$

$n = 32$ años (período de diseño de 32 años).

Viv. Actuales = 111 Viv.

$$P_o = 6.368 Hab / Viv. * 111 Viv.$$

$$P_o = 706.848 Hab.$$

$$P_o = 707 Hab.$$

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

$$P_f = 707(1 + 0.0250)^{32}$$

$$P_f = 1,558.06 \text{ Hab.}$$

$$P_f = 1,558 \text{ Hab.}$$

$$\text{Viv. fut.} = \frac{\# \text{ Hab.}}{\text{Hab.} / \text{Viv.}}$$

$$\text{Viv. fut.} = \frac{1558 \text{ Hab.}}{6.368 \text{ Hab.} / \text{Viv.}}$$

$$\text{Viv. fut.} = 244.82 \text{ Viv.}$$

$$\text{Viv. fut.} = 245 \text{ Viv.}$$

3.3.7. Diámetro de tubería

Las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal -INFOM- indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8" en el caso de tubería de concreto y de 6" para tubería de policloruro de vinilo (PVC), esto si el sistema de alcantarillado es sanitario; el diámetro de salida de un pozo de visita nunca puede ser menor al diámetro de entrada del mismo.

Para las conexiones domiciliarias se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45° en el sentido de la corriente del colector principal.

3.3.8. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante y se expresa en l/hab/día.

Los diferentes factores que se consideran en la dotación son el clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios privados o públicos, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Tabla 34. Dotacion según tipo de servicio

Descripción	Dotación (l / hab / día)
Llenacántaros	15 - 40
Conexiones prediales	60 - 90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90 - 150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150 - 250

Fuente: Pedro Aguilar Ruiz, Pág. 78.

Como se trata de una colonia en el sector urbano, la municipalidad de Chiquimula tiene establecida una dotación de 150 L/hab/día, por lo que esta fue la que se utilizó para el diseño.

3.3.9. Factor de retorno

Es el factor que indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario, la cual se considera entre el 70 % y el 90 % de la dotación de agua potable, según la Guía de normas para la disposición final de excretas y aguas residuales de Guatemala.

Se sabe que no todo el 100% de la dotación de agua potable que entra a una vivienda regresa al alcantarillado sanitario, considerando el clima cálido se estimó perderse un 30% por infiltración y evaporación, por lo tanto para este caso se tomó un factor de retorno al sistema de 70%.

3.3.10. Integración de caudal de diseño

Es la sumatoria de los caudales domiciliar, de infiltración, comercial, industrial y de conexiones ilícitas.

3.3.10.1. Caudal domiciliar

El caudal de agua que una vez ha sido utilizado por las personas, para limpieza o producción de alimentos, es desechado y conducido hacia la red de alcantarillado sanitario, es decir que el agua de desechos domésticos, está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje sanitario correspondiente al lavado de vehículos, riego de jardines, entre otros; El caudal domiciliar está dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{dom} = \frac{(Dot. * P_f * Factor\ de\ retorno)}{86400}$$

Donde:

Dot = Dotación de diseño

P_f = Número de habitantes futuros

Cálculo:

Datos:

Dot = 150 l / hab / día

P_f = 1,559 hab.

Factor de retorno = 70 %

$$Q_{dom} = \frac{(150\ l/hab/dia * 1558\ hab * 0.70)}{86400}$$
$$Q_{dom} = 1.893\ l/seg$$

3.3.10.2. Caudal de infiltración

Barrios (2004) declara:

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en los alcantarillados, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta usada en las tuberías y la calidad de mano de obra y supervisión con que se cuenta durante la construcción. Hay dos formas de medirlo, una es en litros diarios por hectáreas o litros diarios por kilómetro de tubería, incluyendo la longitud de la tubería de los entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse como 6 metros de longitud por cada vivienda. El caudal de infiltración está dado por la siguiente fórmula: (p. 20)

$$Q_{inf} = \frac{F. Inf. (long. de tub + V_f * 6 m)}{1000 * 86400}$$

Donde:

F. Inf. = Factor de Infiltración (L / km / día)

Long. de tub = Longitud total de tubería principal

V_f = Número de viviendas futura

Por medio del levantamiento topográfico se obtuvo la longitud total de tubería 1,526.52 m.

Según -INFOM-, el factor de infiltración que varía entre 600 a 1,200 l/Km/día.

Cálculo:

Datos:

Factor de infiltración = 900 l/km/día

Longitud de tubería = 1,526.52 m

V_f = 245 viviendas

$$Q_{inf} = \frac{900 \text{ l/km/día } (1526.52 + 245 * 6 \text{ m})}{1000 * 86400}$$
$$Q_{inf} = 0.031 \text{ l/s}$$

3.3.10.3. Caudal comercial

Es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, entre otros; el caudal comercial está dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{com} = \frac{(\text{dotación comercial} * \text{Núm. de comercios})}{86400}$$

Donde:

Num. de comercios = Número de comercios en el sector beneficiado

Según norma, la mínima dotación admisible es de 400 litros/día.

Para el diseño se establecerá una dotación promedio comercial de 600 l/comercio/día, para el año 2016 existen 3 comercios en el lugar de estudio.

Cálculo:

Datos:

Dot = 600 l/com./día

Viv. act = 111 viv.

Viv. fut = 245 viv.

$$\# \text{ de comercios fut.} = \frac{3 \text{ com} * 245 \text{ Viv}}{111 \text{ Viv}}$$

$$\# \text{ de comercios fut.} = 6.62 \text{ comercios}$$

$$\# \text{ de comercios fut.} = 7 \text{ comercios}$$

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{7 \text{ com} * 600 \text{ l/com/dia}}{86400}$$

$$Q_{\text{comercial}} = 0.049 \text{ l/s}$$

3.3.10.4. Caudal industrial

Es el agua de desecho de las industrias, como las fábricas textiles, licoreras, refrescos, alimentos, entre otros. Al igual que el caudal comercial, el caudal está directamente relacionado con el consumo promedio de agua potable de las edificaciones industriales, el caudal industrial está dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{(\text{dotación industrial} \times \text{Núm. de inustrias})}{86400}$$

Donde:

Num. de industrias = Número de industrias en el sector beneficiado

La dotación de agua para consumo humano se calcula a razón de 80 l/día por operario o empleado, por cada turno de 8 horas o fracción.

Para el año 2016 en el lugar de estudio existen dos industrias dedicadas a la elaboración de tortillas.

Cálculo:

Datos:

de empleados por turno de 8 horas = 4 empleados

Turnos por día = 2 turnos

Viv. act = 111 viv.

Viv. Fut. = 245 viv.

$$\# \text{ de industrias} = \frac{2 \text{ ind} * 245 \text{ Viv}}{111 \text{ viv}}$$

$$\# \text{ de industrias fut} = 4.41 \text{ industrias}$$

$$\# \text{ de industrias fut} = 4 \text{ industrias}$$

$$\text{Dot. industrial} = 4 \text{ emp} * 2 \text{ turnos} * 80 \text{ L/día}$$

$$\text{Dot. industrial} = 640 \text{ L/ind/día}$$

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{4 \text{ ind} * 640 \text{ L/ind/día}}{86400}$$

$$Q_{\text{industrial}} = 0.03 \text{ l/s}$$

3.3.10.5. Caudal pluvial

Los caudales provenientes de aguas de lluvias dependen de intensidad pluvial, del coeficiente de escorrentía medio y del área tributaria. El agua de lluvia que cae sobre la superficie una parte se evapora, otra escurre por la superficie (escorrentía) y otra penetra al terreno (infiltración).

3.3.10.5.1. Intensidad de lluvia

Para la intensidad de lluvia, se consultó el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- para la región en estudio. La intensidad está dada por la fórmula:

$$I = \frac{a}{(t + b)^n}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

a y b = Parámetros de ajuste proporcionados por el -INSIVUMEH-

t = Tiempo de concentración en minutos

n = Periodo de retorno en años

Cálculo:

En este diseño, debido a que los datos proporcionados por el -INSIVUMEH- del lugar de estudio no se encuentra, se interpolará y así se tiene un valor aproximado a la realidad, se usará dos lugares más próximos al lugar de estudio, como lo es la estación La Fragua, municipio de Zacapa y Esquipulas, municipio de Chiquimula; que ya fue calculado anteriormente en el capítulo 2.

Intensidad de lluvia, La Fragua 210 msnm = 127.46 mm/h

Intensidad de lluvia, Esquipulas 1000 msnm = 162.64 mm/h

Elevación promedio de la colonia El Maestro 420 msnm

Figura 19. Intensidad de lluvia colonia El Maestro



Fuente: Elaboración propia

$$I \text{ lluvia colonia El Maestro} = \left[\frac{(162.64 - 127.46) * (420 - 210)}{(1000 - 210)} \right] + 127.46$$

$$I \text{ lluvia colonia El Maestro} = 136.81 \text{ mm/h}$$

3.3.10.5.2. Método racional

Para la determinación del caudal de la escorrentía superficial máxima que puede presentarse en una determinada zona, se usa el Método Racional. Este método consiste en considerar el caudal que se determina en el momento de máxima intensidad de precipitación. La ecuación que expresa este principio es:

$$Q = \frac{C I A \%}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = Área total de techos y/o patios, Ha.

I = Intensidad de lluvia, mm / h

C = Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla 10)

% = Porcentaje de conexiones ilícitas

3.3.10.6. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, se estima un porcentaje de viviendas que puede realizar conexiones ilícitas que varía del 0.5 % a 2.5 %, según el Instituto de Fomento Municipal - INFOM. Este valor se puede tomar como un 10 % del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas en donde no hay alcantarillado pluvial, podrá usarse un valor más alto.

$$Q \text{ conex. Ilícitas} = Q \text{ patios} + Q \text{ techos}$$

Cálculo:

Viviendas futuras = 245 viv.

Área promedio de vivienda = 200 m²

Área promedio de techo = 120 m²

Área promedio de patio = 80 m²

I = 136.81 mm / h

C = Coeficiente de escorrentía de patio de suelo arenoso 0.20 y coeficiente de escorrentía de techo de concreto 0.80.

% = 2 % de las viviendas

$$\text{Área de patios} = 245 \text{ viv} * 80 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de patios} = 19,600 \text{ m}^2$$

$$\text{Convirtiendo a hectáreas} = \frac{19,600 \text{ m}^2}{10,000 \text{ m}^2}$$

$$\text{Convirtiendo a hectáreas} = 1.96 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área de techos} = 245 \text{ viv} * 120 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de techos} = 29,400 \text{ m}^2$$

$$\text{Convirtiendo a hectáreas} = \frac{29,400 \text{ m}^2}{10,000 \text{ m}^2}$$

$$\text{Convirtiendo a hectáreas} = 2.94 \text{ Ha.}$$

$$Q_{\text{patios}} = (0.20 * 136.81 \text{ mm} / \text{h} * 1.96 \text{ Ha.} * 0.02) / 360$$

$$Q_{\text{patios}} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{techos}} = (0.80 * 136.81 \text{ mm} / \text{h} * 2.94 \text{ Ha.} * 0.02) / 360$$

$$Q_{\text{techos}} = 0.018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{conex. Illicitas}} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s} + 0.018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{conex. Illicitas}} = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convirtiendo a litros por segundo:

$$0.021 \text{ m}^3/\text{s} * 1,000 \text{ l/seg}$$

$$\text{Convirtiendo a litros por segundo} = 21.00 \text{ l/seg}$$

3.3.10.7. Caudal medio

Es la suma de todos los caudales: domiciliario, comercial, industrial, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, no contribuya al sistema.

Debido a que existe una escuela en el lugar de estudio, la cual no se contempla en ninguno de los caudales anteriores; se le añadirá el caudal de la misma de la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{esc}} = \frac{1}{4} * \frac{\# \text{ est.} * \text{dot.}}{86,400}$$

Donde:

Q_{esc} = Caudal de escuela

est. = Número total de estudiantes de la escuela

dot = Dotación asignada

El caudal medio obtiene su valor de la siguiente fórmula:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{con. \text{ ili.}} + Q_{esc}$$

Cálculo:

Datos:

Número de estudiantes: 290 est.

Dotación = 150 l/hab/día

$$Q_{esc} = \frac{1}{4} * \frac{290 \text{ est} * 150 \text{ l/hab/día}}{86,400}$$

$$Q_{esc} = 0.126 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 1.893 \text{ l/s} + 0.031 \text{ l/s} + 0.049 \text{ l/s} + 0.03 \text{ l/s} + 21.00 \text{ l/s} + 0.126 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 23.099 \text{ l/s}$$

3.3.10.8. Factor de caudal medio - FQM

Este factor regula la aportación de caudal en la tubería, el factor de caudal medio para este proyecto está dado por la siguiente fórmula:

$$FQM = \frac{Q_{med}}{P_f}$$

Donde:

Qmed = Caudal medio

P_f = Población futura

Este factor según el -INFOM- para Guatemala debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005. Si da un valor menor se tomará 0.002 y si fuera mayor 0.005.

$$0.002 \leq FQM \leq 0.005$$

Cálculo:

P_f = 1,558 hab.

Qmed = 23.687 l/s

$$FQM = \frac{23.099 \text{ l/s}}{1,558 \text{ hab}}$$

$$FQM = 0.0148$$

Debido a que 0.0148 es mayor 0.005, se tomó 0.005

3.3.10.9. Factor de Harmon

Es el factor que representa la probabilidad que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad.

Es llamado también Factor de Harmon - FH, este factor actúa principalmente en las horas picos, es decir en las horas

que más se utiliza el sistema de drenaje se puede calcular para un tramo de la red por medio de su fórmula la cual es:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P_f}}{4 + \sqrt{P_f}}$$

Donde:

F.H. = Factor de Harmon

P_f = Población futura en miles de habitantes

El Factor de Harmond es adimensional y se encuentra entre los valores de 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población a servir.

$$1.5 \leq FH \leq 4.5$$

Si da un valor menor se tomará 1.5 y si fuera mayor 4.5.

Cálculo:

Datos:

P_f = 1,558 hab.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{1.558}}{4 + \sqrt{1.558}} = 3.6676$$

Debido a que 3.6676 se encuentra en $1.5 \leq 3.6676 \leq 4.5$, se tomó como valor de Factor de Harmon 3.6676

3.3.10.10. Caudal de diseño

Es también llamado caudal máximo, se determina para establecer qué cantidad que puede transportar el sistema en cualquier punto en todo el recorrido de la red, siendo este el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del alcantarillado; se obtiene su valor de la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = FQM * FH * P_f$$

Donde:

Q_{dis} = Caudal de diseño en L/s

FQM = Factor de caudal medio

FH= Factor de Harmon

P_f = Número de habitantes futuros

Cálculo:

Datos:

FQM = 0.005

F.H. = 3.6676

P_f = 1,558 hab.

$$Q_{dis} = FQM * FH * P_f$$

$$Q_{dis} = 0.005 * 3.6676 * 1558 \text{ hab}$$

$$Q_{dis} = 28.5706 \text{ l/s}$$

Para este diseño, por tratarse de una fase complementaria, localizándose en medio de fases existentes, al

caudal de diseño se le sumó 2.40 l/s proveniente de la Fase II, 7.60 l/s de la Fase II, 8.80 l/s de la Fase III, el caudal total en cada uno de los ingresos se verá incrementado en pozos de visita PV-1, PV-4 y PV-6, respectivamente.

3.3.10.11. Caudal unitario

Es el caudal asignado a cada vivienda del lugar de estudio. Al ser calculado el caudal de diseño, se procede a calcular el caudal unitario, que es el regulará la cantidad de flujo en cada tramo de alcantarillado dependiendo del número de viviendas del mismo, se obtiene su valor de la siguiente fórmula:

$$qi = \frac{Qdis}{\# Viv. act}$$

Donde:

Qdis = Caudal de diseño en l/s

Viv. act = número de viviendas actuales

Cálculo:

Datos:

Qdis = 28.5706 l/s

Viv. Actuales = 111 viv.

$$qi = \frac{28.5706 L/s}{111 Viv.}$$
$$qi = 0.2574 l/s$$

3.4. Diseño hidráulico

Pérez (2003) declara:

El análisis y la investigación del flujo hidráulico, han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios de P.V.C. por gravedad, pueden ser diseñadas conservadoramente utilizando la Ecuación de Manning.

La relativamente pequeña concentración de sólidos 600 ppm, usualmente encontradas en las aguas negras y de tormenta, no es suficiente para hacer que su evolución sea diferente a la del agua. Por esta razón, se acepta que el caudal sanitario tengan las mismas características que el agua, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza. Al igual que el agua, las aguas negras buscarán el nivel más bajo cuando son introducidas en una tubería con pendiente. El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce un movimiento conocido como flujo por gravedad (p. 28).

3.4.1. Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning

Estas tuberías funcionan como canales, para que el agua circule por acción de gravedad sin ninguna presión, es decir, están en contacto directo con la atmósfera. Como se muestra en la Figura 18.

La fórmula de Manning está basada en las condiciones antes mencionadas o sea flujos constantes y canales abiertos; es la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} (Rh^{2/3} * S^{1/2})$$

Donde:

V = Velocidad de flujo a sección llena en m / s

Rh = Radio hidráulico, área / perímetro mojado

D = Diámetro de la sección circular en metros

S = Pendiente de la gradiente hidráulica en m / mm

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, 0.09 para diseño de sistemas de alcantarillado sanitarios por gravedad usando tubería de PVC.

Tabla 35. Valores de “n” en tuberías

Material	n
Tubo cemento < 24"	0.015
Tubo cemento > 24"	0.013
Tubos PVC y asbesto cemento	0.009
Tubos de hierro fundido	0.013
Tubos de metal corrugado	0.021
Zanjas	0.020
Canales recubiertos con piedra	0.030

Fuente: Ricardo Antonio Cabrera, Tesis Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2, Pág. 9

Para este diseño, se utilizó las tablas de capacidad de tuberías a sección plena del manual de diseño de tubosistemas, para alcantarillado sanitario y pluvial.

3.4.2. Caudal a sección llena

Es el máximo caudal que puede transportar una tubería, es decir dependiendo del diámetro de la misma, su capacidad del flujo volumétrico va cambiando, que con la ayuda de la fórmula de Manning se puede calcular.

Aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = V * A$$

El área y radio hidráulico para una tubería circular:

$$A = \pi * \frac{\varnothing^2}{4}$$

$$Rh = \frac{\varnothing}{4}$$

Sustituyendo y convirtiendo al sistema métrico:

$$Q = \frac{1}{n} \frac{(\varnothing * 0.0254)^{8/3}}{4^{5/3} * S^{1/2}}$$

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es tubería de PVC de 6 pulgadas, para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

3.4.3. Cálculo de pendientes

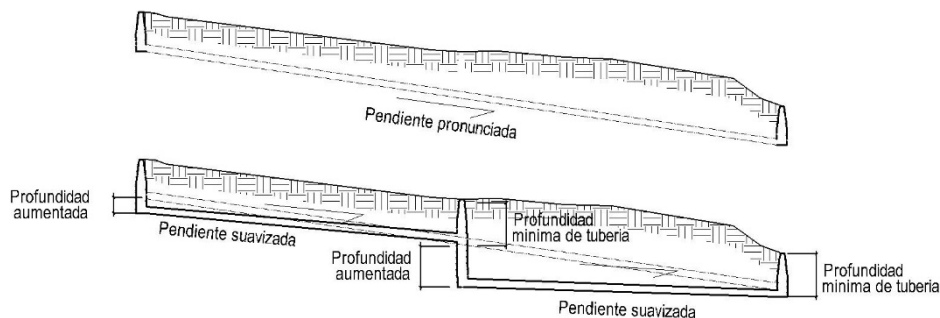
Para el colector principal, la pendiente a utilizar será aquella que permita estar dentro del rango de velocidades permitidas.

Existen tres casos que se pueden presentar para el cálculo de pendientes en cada tramo de tubería:

- Cuando la pendiente de terreno del tramo proporciona una velocidad que se encuentra en el rango admitido, se toma la pendiente de tubería igual a la pendiente de terreno.

- Cuando la pendiente del terreno del tramo proporciona una velocidad que sobrepasa el rango admitido de la misma, se ubica un pozo de visita a mitad del tramo, luego se toma la máxima pendiente que admite el rango de velocidad, diseñándolo de fin a principio, es decir; del último al intermedio y del intermedio al primero; como se muestra en la Figura 19.

Figura 20. Calculo de pendiente de tubería – Caso b –



Fuente: Elaboración propia

- Cuando la pendiente de terreno es ascendente y el flujo del caudal de la tubería es descendente, se toma la pendiente mínima que admite el rango de velocidad.

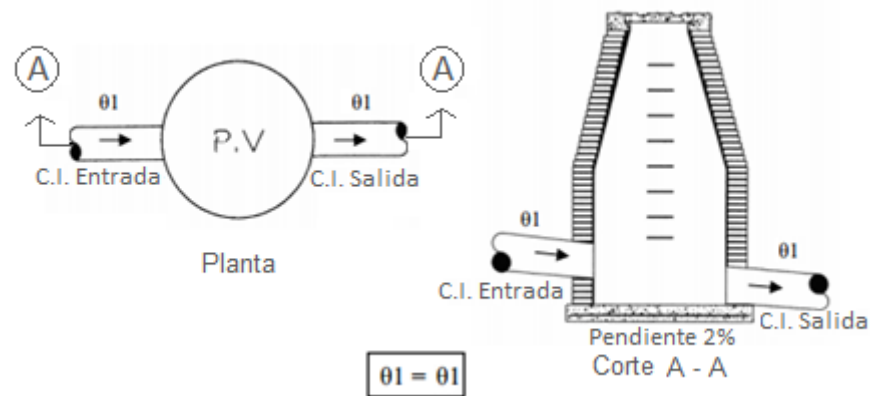
3.4.4. Cotas invert

Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado, tal y como lo muestra en la figura No 21:

A lo largo del diseño del sistema de alcantarillado se pueden presentar distintos casos para poder calcular las cotas invert:

- Cuando llega una tubería $\theta 1$ y sale otra de igual diámetro $\theta 1$

Figura 21. Cota invert – Caso 1 –

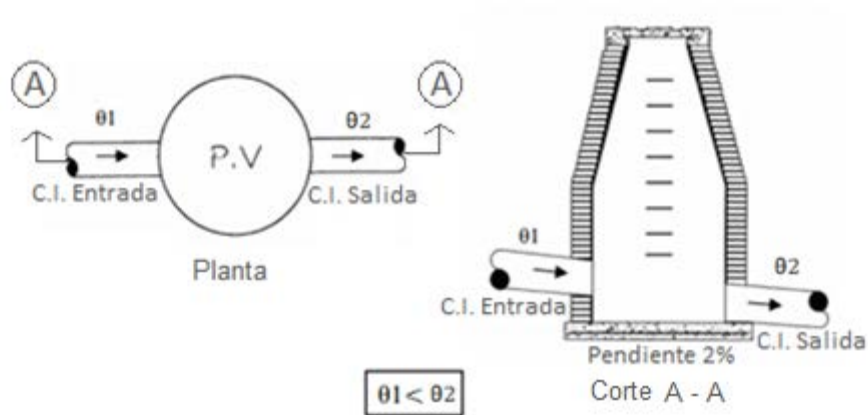


Fuente: Elaboración propia

La diferencia de cotas Invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será como mínimo de 0.03 metros.

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería $\theta 1$ y sale otra de distinto diámetro $\theta 2$

Figura 22. Cota invert – Caso 2 –

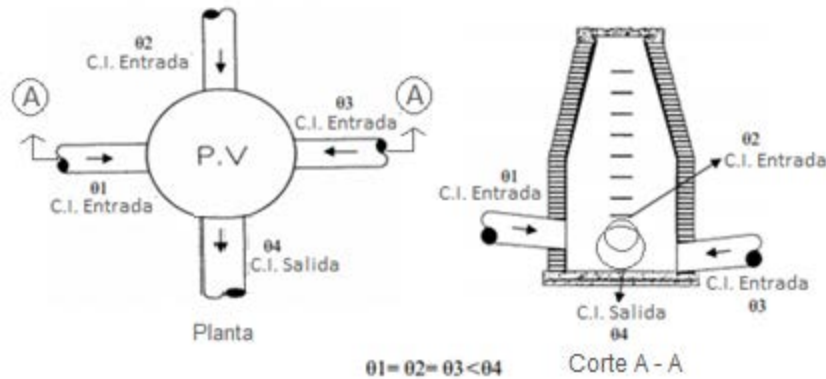


Fuente: Elaboración propia

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita, sea menor que el diámetro interior de la que sale la diferencia de cotas Invert será como mínimo la diferencia de dichos diámetros.

- Cuando a un pozo de visita ingresan más de una tubería de igual diámetro y sale otra o todas de diámetro mayor:

Figura 23. Cota invert – Caso 3 –

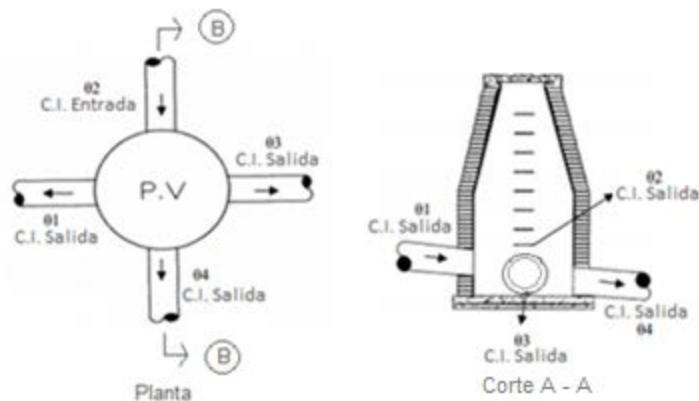


Fuente: Elaboración propia

Cuando a un pozo de visita llegan dos o más tuberías todas de igual diámetro, la tubería de salida debe de colocarse por lo menos 0.03 metros debajo de la tubería que llegue a mayor profundidad.

- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen 3 ramales, dos iniciales y uno de corrimiento:

Figura 24. Cota invert – Caso 4 –



Fuente: Elaboración propia

La tubería de corrimiento debe de colocarse como mínimo un diámetro debajo de la del ramal inicial de mayor profundidad y por lo menos 0.03 metros debajo de la tubería de llegada.

- Cuando la diferencia de cotas Invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de vista, sea mayor a 0.70 m, deberá diseñarse una cortina que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

Calculo:

Datos:

Tramo: PV 2 a PV 4

Longitud = 59.34 m

% de terreno = -1.69 % (ascendente)

CIE PV2 (más baja) = 421.75 msnm

$$\text{CIS PV2} = 421.75 \text{ msnm} - 0.03 \text{ m} = 421.72 \text{ msnm}$$

$$\% \text{ Tubería} = 0.50 \% \text{ (mínima)}$$

$$\text{CIE PV4} = 421.72 \text{ msnm} - 0.005 * 59.34 \text{ m}$$

$$\text{CIE PV4} = 421.42 \text{ m}$$

3.4.5. Altura de pozos

Contreras (2005) declara que:

El cálculo de las cotas invert de salida se determina mediante la profundidad de la tubería, debe chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado. El recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería con respecto a la

superficie del terreno será de 1.00 m, más el espesor de la tubería más el diámetro de la tubería, esto para tráfico liviano y para tráfico pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento será de 1.20 m, salvo en climas extremadamente fríos, donde se dan temperaturas inferiores a 0° centígrados y la penetración de las heladas es profunda, por lo que puede ser necesario disponer a la tubería a mayor profundidad (pp. 27 -28).

La profundidad de la tubería se calcula de la siguiente forma:

$$H_{min. tub.} = 1 + (Diam. Tub. + Espesor)$$

Donde:

Diam. Tub = diámetro interno de la tubería en metros

Espesor = espesor de la tubería en metros

Para facilidad de cálculo se muestra la Tabla No. 36 con las profundidades mínimas para la tubería de drenaje que se utilizó para este diseño:

Tabla 36. Profundidades mínimas en tuberías de alcantarillado

Profundidades mínimas de la cota inferior para evitar rupturas													
Diámetro	6"	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Trafico normal	1.16	1.22	1.28	1.33	1.41	1.5	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Trafico pesado	1.36	1.42	1.48	1.53	1.51	1.7	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Fuente: Juan Adolfo Orozco, Tesis Diseño de Drenaje Sanitario, p. 29.

3.5. Obras accesorias

Son obras que se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado y que el mismo tenga un mantenimiento adecuado.

3.5.1. Conexiones domiciliar

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las viviendas, industrias, comercios, para ser conducidas al colector central. Se plantearán dos tipos de acometidas: individuales y conjuntas.

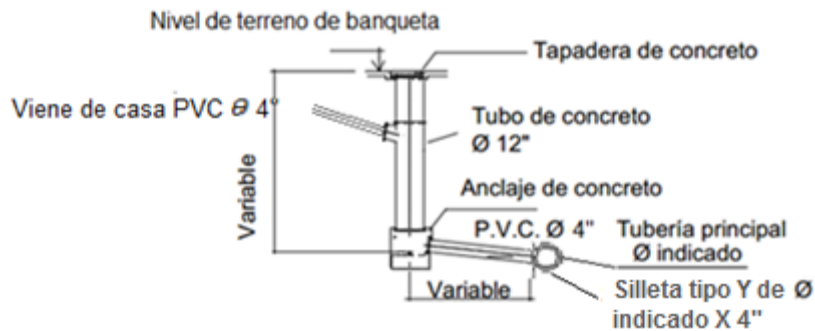
- Acometidas individuales: conexiones domiciliarias individuales que transportan las aguas residuales originadas en los inmuebles al colector principal.
- Acometidas conjuntas: aplican en caso de viviendas unifamiliares, cuyo frente sea de 6.00 m o cuando las condiciones económicas lo requieran, se podrá construir una sola conexión domiciliar de empalme para cada 2 viviendas.

Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menos corto de la caja será de 45 centímetros, si se coloca tubo de concreto, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas. Estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería

secundaria y pueda llevarla al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.

Figura 25. Perfil de candela domiciliar

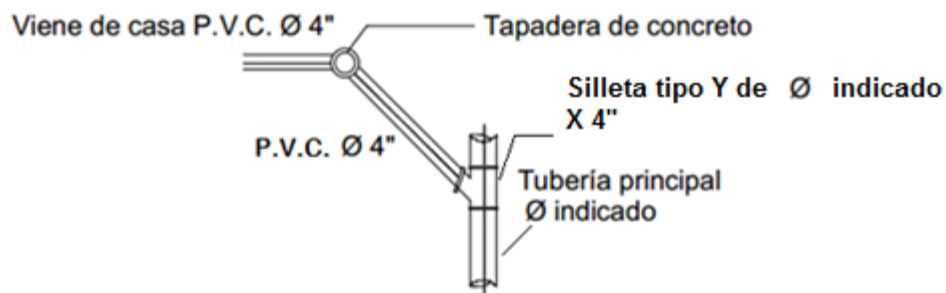


Fuente: Elaboración propia

- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con el colector central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

Se tomará un ángulo de 45 grados aguas abajo, uniendo el tubo de PVC de 4" con el tubo general con el accesorio silleta tipo Y.

Figura 26. Detalle – conexión domiciliar –



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Pozos de visita

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de distintos materiales siempre que sean impermeables y duraderos, dentro del período de diseño.

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Cambio de dirección horizontal para diámetros menores a 24 pulgadas.
- En la intersección de dos o más tuberías.
- En el extremo inicial de un tramo.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta de diámetro hasta de 24 pulgadas.

Especificaciones de construcción:

- Los pozos se construirán en su totalidad de ladrillo tayuyo en forma de punta, de 0.05 x 0.11 x 0.23 m, sabieta y cernido.
- Los pozos de visita con alturas de 3.80 m en adelante, sus bases se reforzarán con vigas de 4 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.20 m y el concreto será de una proporción 1:2:3 con refuerzo No. 3 @ 0.25 m, en ambos sentidos también a cada 21 hiladas se colocará anillo de 4 No. 3 y estribos No. 2 @ 0.15 metros.
- El espesor de las paredes de los pozos será de 0.23 metros más acabados.

- Las tapaderas de los pozos de visita son circulares, con un radio de 0.84 metros y con un espesor de 0.10 metros, reforzados en ambos sentidos con acero No. 4 a 0.125 m.
- Las tapaderas deberán de llevar un jalador doble movable para poder levantarlas con facilidad cuando sea necesario, de acero No. 4.

3.5.3. Colectores

Están definidos como las tuberías por las que se conduce el agua residual y deben de llenar los requisitos de las nomas.

3.6. Desfogue

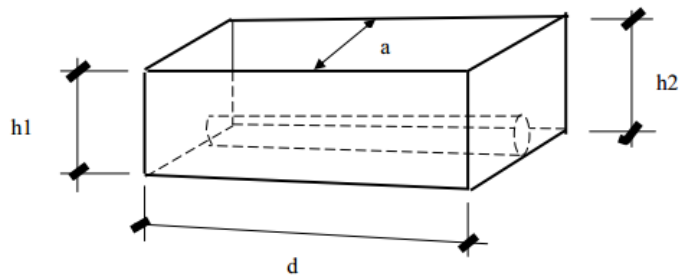
Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, para que el flujo sea por gravedad y fluya hacia una planta de tratamiento.

El punto de desfogue es el pozo de visita existente correspondiente a la Fase I, nombrada en este diseño como Pozo de Visita 25, PV-25.

3.7. Volumen de excavación

Es el volumen de tierra que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería y se calcula en base al volumen del prisma generado por la profundidad entre dos pozos de visita continuos, la distancia entre ellos y el ancho de la excavación, según la altura y el diámetro de la tubería que será colocada. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

Figura 27. Volumen de excavación de un tramo sanitario



Fuente: Joan Carlo Roberto Contreras Linares (pág. 22)

$$V = \left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * a$$

Donde:

V = Volumen de excavación en m³

H1 = Diferencia de alturas entre cota de terreno y CIS en metros

H2 = Diferencia de alturas entre cota de terreno y CIE en metros

d = Distancia entre los 2 pozos de visita considerados en metros

a = Ancho de la zanja en metros

El ancho mínimo de una zanja se obtiene según su profundidad y diámetro de la tubería a instalar:

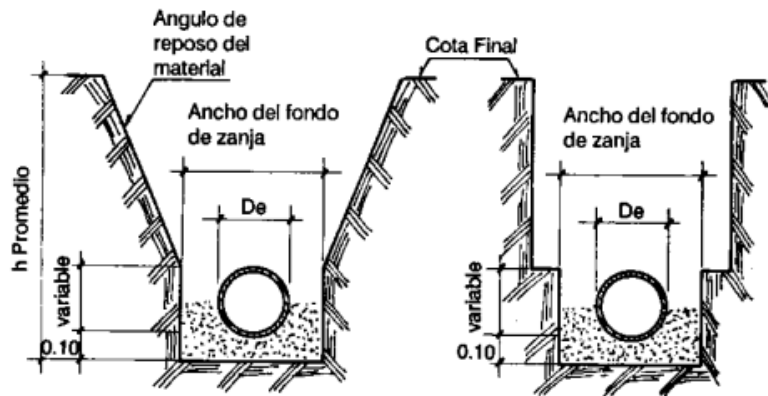
Tabla 37. Ancho mínimo de zanja y Altura promedio

Diámetro nominal	Ancho de zanja mínimo			h promedio			
	Número de diámetros	Pulgadas	m.	1: 00 a 1.85 m	1.86 m a 2.85 m	2.86 m a 3.85 m.	3.36 m en adelante
4"	4.3	18	0.45	-	0.5	0.5	0.55
6"	2.9	18	0.45	-	0.5	0.5	0.55
8"	2.9	24	0.61	-	0.65	0.7	0.75
10"	2.5	26	0.66	-	0.7	0.7	0.75
12"	2.4	30	0.76	-	-	-	0.8
15"	200	30	0.76	-	-	-	0.8
18"	1.8	32	0.82	-	-	-	

Fuente: Amanco, manual de diseño de Tubosistemas Norma ASTM F949, pag. 9.

Para alturas mayores de 2 metros se aconseja hacer un ángulo de reposo del material, como se muestra a continuación:

Figura 28. Detalle de zanja angosta



Fuente: Tubovinil, S.A. Norma ASTM F949, (p. 9)

Cálculo:

Datos:

Tramo = De PV 1 a PV 2

Longitud (d) = 49.87 m

CT inicial = 427.35 m

CT final = 424.62 m

CIS = 425.68 m

CIE = 423.19 m

Diametro = 6"

$$H1 = CT\ inicial - CIS$$

$$H1 = 427.35 - 425.68$$

$$H1 = 1.67\ m$$

$$H2 = CT\ final - CIE$$

$$H2 = 424.62 - 423.19$$

$$H2 = 1.43 \text{ m}$$

Debido a que ninguna altura de pozos sobrepasa los 1.85 m y el diámetro a usar es de 6", se tomarán los datos indicados en la Tabla No. 37 como ancho 0.455 m

$$V = \left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * a$$

$$V = \left(\frac{1.67 + 1.43}{2} \right) * 49.87 * 0.455$$

$$V = 35.17 \text{ m}^3$$

El procedimiento descrito anteriormente es una solución del ejemplo, que se usó para el cálculo de los demás tramos del sistema de alcantarillado sanitario.

En los apéndices se muestra una tabla de cálculo hidráulico para este diseño de alcantarillado sanitario.

3.8. Presupuesto

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se elaboró un presupuesto desglosado de los costos directos e indirectos, con el propósito de facilitar la construcción del proyecto. Para los costos indirectos se desglosó en: gastos administrativos: alquileres, depreciaciones, prestaciones, seguros, supervisión, utilidad impuestos e imprevistos.

3.8.1. Criterios adoptados para la integración del presupuesto

- Para el cálculo de materiales de los pozos de visita se tomó como base el costo individual tomando el precio de materiales de un pozo de visita con una altura promedio de 2.55 m.
- El concreto para la fundición de pozos se cálculo por metro cúbico.
- Para el levantado del muro de ladrillo tayuyo, será con mortero bastado de proporción de 1:2:8
- La cantidad de arena de río y el piedrín se calculó por medio de metro cúbico de concreto.
- La cantidad de refuerzo se calculó por varilla y el alambre de amarre por libra por cada pozo de visita.
- Las conexiones domiciliarias se calcularon en forma unitaria.
- Los materiales a utilizar serán locales y los que sean necesarios, transportados de la cabecera municipal al caserío; los proveedores de materiales los surtirán en obra.
- Los precios de los materiales se tomaron con base en los manejados en la DMP de la ciudad de Chiquimula.

Tabla 38. Resumen de precios unitarios del diseño del sistema de alcantarillado sanitario

Renglon	Unidad	Cantidad	Costo unitario Q	Total Q
1. Trabajos preliminares				
1.1. Topografía (trazo y nivelacion)	m	1526.52	Q 1.38	Q 2,101.67
2. Pozos de visita				
2.1. Pozo de visita promedio, h = 2.55 m	unidades	29.00	Q 6,807.83	Q 197,427.15
3. Tubería principal				
3.1. Instalacion de tubería de Ø 6"	m	1526.52	Q 286.99	Q 438,102.54
4. Conexiones domiciliarias				
4.1. Instalación de conexiones domiciliarias	viviendas	111.00	Q 2,537.47	Q 281,658.63
Costo total del proyecto				Q 919,289.99

Fuente: Elaboración propia

3.8.2. Integración de precios unitarios

Para mayor facilidad y control de la cuantificación del proyecto se elaboró un cuadro de precios unitarios para cada renglón y sub renglón del presupuesto:

Tabla 39. Costo unitario – Trabajos preliminares

1. Trabajos preliminares

1.1. Topografía (trazo y nivelacion)

1,526.52 m

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q	Total Q
Mano de obra no calificada				
peones	jornal	2.00	Q 102.10	Q 204.20
Total				Q 204.20
Mano de obra calificada				
Topografo	jornal	2.00	Q 400.00	Q 800.00
Encargado de obra	jornal	2.00	Q 200.00	Q 400.00
Total				Q 1,200.00

Resumen de costos	Total Q
Directos	
Mano de obra no calificada	Q 204.20
Mano de obra calificada	Q 1,200.00
Total de costos directos	Q 1,404.20
Indirectos	
Gastos admon 6 % (sobre costo directo)	Q 84.25
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q 252.76
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q 140.42
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q 70.21
Prestaciones 10.67 % (sobre costo directo)	Q 149.83
Total de costos indirectos	Q 697.47
Total de costos	Q 2,101.67
Precio unitario	Q 1.38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Costo unitario – Pozos de visita promedio

2. Pozos de visita

2.1. Pozo de visita promedio, h = 2.55 m

29.00 Unidades

Descripción	Unidad de medida	Cantidad total	Costo unitario Q	Total Q
Materiales				
Arena de rio	m³	16.00	Q 75.00	Q 1,200.00
Piedrin triturado	m³	14.00	Q 150.00	Q 2,100.00
Cemento portland u.g.c.	saco	154.00	Q 70.00	Q 10,780.00
Cal hidratada	saco	190.00	Q 35.00	Q 6,650.00
Hierro de 1/2" grado 40	varilla	30.00	Q 42.00	Q 1,260.00
Hierro de 3/4" grado 40	varilla	62.00	Q 85.00	Q 5,270.00
Hierro de 3/8" grado 40	varilla	53.00	Q 25.00	Q 1,325.00
Hierro de 1/4" grado 40	varilla	124.00	Q 10.00	Q 1,240.00
Alambre de amarre	libra	216.00	Q 5.00	Q 1,080.00
Madera tipo rústica	pie tabla	924.00	Q 5.00	Q 4,620.00
Clavos de 3"	libra	216.00	Q 6.00	Q 1,296.00
Ladrillo tayuyo 0.065 x 0.11 x 0.23	unidad	21,870.00	Q 3.50	Q 76,545.00
Total				Q 113,366.00
Mano de obra				
Excavacion	m³	107.80	Q 27.00	Q 2,910.60
Formaleteado	m²	446.60	Q 15.00	Q 6,699.00
Armadura y fundicion	m³	30.80	Q 154.00	Q 4,743.20
Desencofrado	m²	446.60	Q 7.50	Q 3,349.50
Armadura y fundicion de tapadera	unidad	28.00	Q 30.00	Q 840.00
Total				Q 18,542.30

Resumen de costos	Total Q
Directos	
Materiales	Q 113,366.00
Mano de obra	Q 18,542.30
Total de costos directos	Q 131,908.30
Indirectos	
Gastos admon 6 % (sobre costo directo)	Q 7,914.50
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q 23,743.49
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q 13,190.83
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q 6,595.42
Prestaciones 10.67 % (sobre costo directo)	Q 14,074.62
Total de costos indirectos	Q 65,518.85
Total de costos	Q 197,427.15
Precio unitario	Q 6,807.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Costo unitario – Tubería principal

3. Tubería principal

3.1. Instalacion de tuberia de Ø 6"

1,526.52 m

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q	Total Q
Materiales				
Tuberia de ø 6" de 6m, ASTM F949	unidad	274	Q 652.00	Q 178,648.00
Empaque de ø 6"	unidad	274	Q 14.60	Q 4,000.40
Lubricante	galon	5	Q 470.00	Q 2,350.00
Total				Q184,998.40
Mano de obra				
Excavacion	m³	1812.31	Q 27.00	Q 48,932.37
Relleno y compactacion	m³	1631.08	Q 22.00	Q 35,883.76
Colocacion de tuberia de ø 6"	m	1526.52	Q 15.00	Q 22,897.80
Total				Q107,713.93

Resumen de costos	Total Q
Directos	
Materiales	Q 184,998.40
Mano de obra	Q 107,713.93
Total de costos directos	Q292,712.33
Indirectos	
Gastos admon 6 % (sobre costo directo)	Q 17,562.74
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q 52,688.22
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q 29,271.23
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q 14,635.62
Prestaciones 10.67 % (sobre costo directo)	Q 31,232.41
Total de costos indirectos	Q145,390.21
Total de costos	Q438,102.54
Precio unitario	Q 286.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Costo unitario – Conexiones domiciliarias

4. Conexiones domiciliarias

4.1. Instalación de conexiones domiciliarias

111.00 Viviendas

Descripción	Unidad de medida	Cantidad total	Costo unitario Q	Total Q
Materiales				
Tubería de ø 4", ASTM F949	unidad	111.00	Q 292.00	Q 32,412.00
Silleta yee 6" x 4"	unidad	111.00	Q 191.00	Q 21,201.00
Cabo transformador 4" x 3"	unidad	111.00	Q 35.00	Q 3,885.00
CODO A 45° DE Ø 4"	unidad	111.00	Q 35.00	Q 3,885.00
Pegamento para tubería pvc	galon	5.00	Q 462.10	Q 2,310.50
Tubo de concreto 12"	unidad	111.00	Q 75.00	Q 8,325.00
Tapadera de candela	unidad	111.00	Q 40.00	Q 4,440.00
Cemento portland u.g.c.	saco	37.00	Q 70.00	Q 2,590.00
Arena de río	m³	4.00	Q 75.00	Q 300.00
Piedrin	m³	4.00	Q 150.00	Q 600.00
Madera tipo rustica	pie tabla	100.00	Q 5.00	Q 500.00
Clavos de 3"	libra	4.00	Q 6.00	Q 24.00
Total				Q 80,472.50
Mano de obra				
Excavacion	m³	1812.31	Q 27.00	Q 48,932.37
Relleno y compactacion	m³	1631.08	Q 22.00	Q 35,883.76
Colocacion de tubería de ø 6"	m³	1526.52	Q 15.00	Q 22,897.80
Total				Q107,713.93

Resumen de costos	Total Q
Directos	
Materiales	Q 80,472.50
Mano de obra	Q 107,713.93
Total de costos directos	Q 188,186.43
Indirectos	
Gastos admon 6 % (sobre costo directo)	Q 11,291.19
Impuestos 18 % (sobre costo directo)	Q 33,873.56
Utilidad 10 % (sobre costo directo)	Q 18,818.64
Supervision 5 % (sobre costo directo)	Q 9,409.32
Prestaciones 10.67 % (sobre costo directo)	Q 20,079.49
Total de costos indirectos	Q 93,472.20
Total de costos	Q 281,658.63
Precio unitario	Q 2,537.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Desglose de gastos administrativos

5. Desglose de gastos administrativos

5.1 Mano de obra calificada

Plaza	Salario mensual	Cantidad de meses	Total
Secretaria	Q 2,000.00	3	Q 6,000.00
Contador	Q 1,500.00	3	Q 4,500.00
Dibujante y auxiliar de Ingenieria	Q 1,000.00	3	Q 3,000.00
Gerente o Ingeniero	Q 5,000.00	3	Q 15,000.00
TOTAL			Q 28,500.00

5.2 Alquileres y depreciaciones

Renglon	Renta mensual	Cantidad de meses	Total
Local oficina	Q 700.00	3	Q 2,100.00
Luz, telefono e internet	Q 300.00	3	Q 900.00
Mantenimiento en general	-	-	Q 1,000.00
Depreciaciones oficina	-	-	Q 1,000.00
TOTAL			Q 5,000.00

5.3 Prestaciones

Renglon	Porcentaje %	Salario	Costo directo	Total
I.G.S.S.	10.67	Q 28,500.00	-	Q 3,040.95
TOTAL				Q 3,040.95

Total costos directos	Q 625,872.46
Total gastos administrativos	Q 36,540.95
Porcentaje gastos administrativos	6 %

Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución de obra físico financiero, es el documento de apoyo que dará respaldo a ejecuciones de tiempos normales y alta certidumbre para la firma de un contrato con fecha de entrega.

El cronograma de ejecución de obras, es un documento teórico indispensable que siempre se debe tener a mano en la construcción, siendo el supervisor quien la porte y facilite la misma al propietario, que también pueda tener control sobre el avance realizado.

Este cronograma se denomina “físico”, que dará parte del avance físico de cada ítem en tiempos ligados a rendimientos unitarios y financiero por brindar a los desembolsos económicos que se deba realizar semanal o mensualmente para el pago de obreros y material asignado.

Para mayor facilidad el cronograma físico se elaboró de forma semanal, mientras que el financiero de forma quincenal, tomando en cuenta los renglones del presupuesto, como se muestra a continuación:

Tabla 44. Cronograma físico - financiero

Actividades	Meses						Avance fisico	Avance acumulado
	Mes 1		Mes 2		Mes 3			
Trabajos preliminares	Q2,101.67						0.23%	0.23%
Pozos de visita		Q65,809.05	Q65,809.05	Q65,809.05			21.48%	21.70%
Tuberia principal		Q109,525.64	Q109,525.64	Q109,525.64	Q109,525.64		47.66%	69.36%
Instalación de conexiones domiciliarias		Q70,414.66	Q70,414.66	Q70,414.66	Q70,414.66		30.64%	100.00%
Inversion quincenal	Q2,101.67	Q245,749.34	Q245,749.34	Q245,749.34	Q179,940.29			
Inversion acumulada	Q2,101.67	Q247,851.01	Q493,600.35	Q739,349.70	Q919,289.99		100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

3.9. Análisis de impacto ambiental

Para el caso del diseño del sistema de alcantarillado, se mencionaran los distintos impactos ambientales que se pueden presentar en la ejecución del proyecto, como sus debidas medidas de mitigación:

3.9.1. Peligro de contaminación sanitaria

Impacto:

A lo largo de la ejecución del proyecto o debido a un mal mantenimiento del mismo puede darse una fuga en el sistema de alcantarillado y esto puede ocasionar contaminación del nivel freático, afectando la salubridad de la población del sector:

Medidas de mitigación:

- Ejecución y supervisión según especificaciones técnicas.
- Mantenimiento periódico por personal capacitado.

3.9.2. Contaminación de un cauce natural

Impacto:

La implementación del sistema de alcantarillado provoca un incremento aguas residuales al caudal de desfogue de la ciudad de Chiquimula, provocando mayor contaminación al medio ambiente.

Medidas de mitigación:

- Implementación de plantas de tratamiento para el caudal sanitario de la ciudad de Chiquimula.

3.9.3. Aumento de plusvalía

Impacto:

La implementación de servicios sanitarios incrementa tanto el valor solar del terreno, como el precio de viviendas.

3.9.4. Calidad de vida

Impacto:

La eliminación de aguas grises que fluyen en las calles y mejora el ornato del área.

3.9.5. Salubridad

Impacto:

Al desaparecer los fluidos orgánicos contaminantes, se evita la proliferación de vectores patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales, infectocontagiosas y afecciones en la piel.

3.9.6. Viabilidad

Impacto:

Al evitar el flujo constante de fluidos que erosionan la superficie de las calles de la colonia, se mejorará la carpeta de rodadura para el tránsito de los vehículos.

3.9.7. Ruidos, vibraciones y polvo

Impacto:

Incremento en los niveles de ruido y polvo producido por la maquinaria pesada, operadores, transportes, entre otros.

Medidas de mitigación:

- Realizar trabajos de operación en horarios diurnos
- Mantener los vehículos en las mejores condiciones mecánicas
- Todo el personal en obra deberá utilizar mascarillas contra el polvo

3.10. Análisis socioeconómico

El diseño del sistema de alcantarillado tiene como objetivo principal proveer servicios a la población, buscando el bienestar público y no las ganancias. Los proyectos del sector público no generan renta alguna, por lo que lo más recomendable para evaluar económicamente las alternativas públicas es un análisis beneficio / costo, considerando como costos los gastos para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto y como beneficios las ventajas que experimentará el público con la implementación del proyecto.

3.10.1. Valor actual neto

El Valor Actual Neto (VAN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de una determinada suma de los flujos netos de caja actualizados, que incluyen la inversión inicial. El proyecto de inversión según este criterio, se acepta cuando el Valor Actual Neto es positivo, porque agrega capital.

El cálculo de este valor se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente (ver Figura 16). Esta es una forma sencilla en la que se puede definir para un determinado proyecto los ingresos son mayores que los egresos.

El valor presente neto se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VPN = VRI - CI + \left[\frac{P}{A}, i, n \right] (VRA - CMA)$$

Donde:

VPN = Valor Presente Neto

VRI = Valor de Rescate Inicial (ingreso inicial)

CI = Costo Inicial

VRA = Valor de Rescate anual (ingreso anual)

CMA = Costo de mantenimiento anual

$[P/A, i, n]$ = Valor presente dado un pago uniforme anual, se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

P/A = Valor presente dado un pago uniforme anual

A = Anualidad

i = Tasa de interés anual

n = Vida útil en años

Existen tres posibles resultados al aplicar la fórmula anterior:

- $VPN > 0$

Cuando el VPN es un valor mayor que cero, se recupera el monto invertido, se obtiene una rentabilidad y una ganancia que equivale al valor presente.

- $VPN = 0$

Cuando el VPN es un valor igual cero, se recupera el monto invertido y se obtiene una rentabilidad deseada pero no se obtiene una ganancia.

- $VPN < 0$

Cuando el VPN es un valor menor que cero, se hace una evaluación según la tasa de interés y un porcentaje de ganancia.

Cálculo:

La municipalidad de Chiquimula establece un cobro único de Q300.00 a cada vivienda para tener derecho del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Chiquimula.

Costo de mantenimiento anual:

Es el importe necesario para la compra de materiales o servicios necesarios para reparación o mejora del sistema.

$$M = 0.005 * CTP * (1 + i)$$

Donde:

M = Mantenimiento

CTP = Costo total del proyecto

i = Interés anual

Tabla 45. Datos del Valor Actual Neto

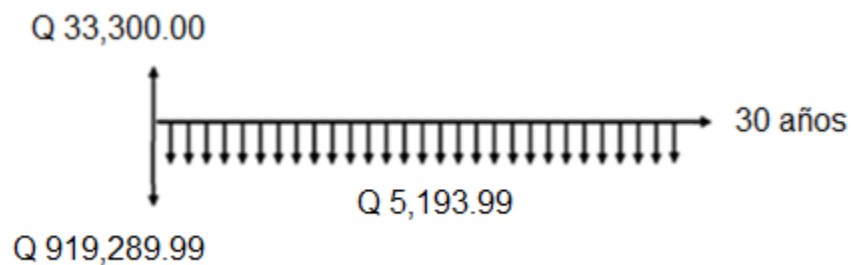
Datos	Operación	Resultado Q
Valor de Rescate Inicial	(Q300.00)* (111 viv)	Q 33,300.00
Costo Inicial		Q 919,289.99
Costo de mantenimiento anual		
Valor de Rescate Anual		0.00
Vida útil		30 años
Tasa de interés		13%

Fuente: Elaboración propia

$$M = 0.005 * Q 919,289.99 * (1 + 0.13)$$

$$M = Q 5,193.99 \text{ anual}$$

Figura 29. Diagrama de flujo de costos del Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula



Fuente: Elaboración propia

$$VAN = Q 33,300.00 - Q 919,289.99 - Q 5,193.99 \left[\frac{(1 + 0.13)^{30} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{30}} \right]$$

$$VAN = - Q 924,922.34$$

El valor actual neto (VAN) es menor que cero, el proyecto no es económicamente rentable; pero al ser de carácter social, propósito es mejorar la calidad de vida de la comunidad y no el generar ganancias económicas.

3.10.2. Tasa interna de retorno

En el caso del proyecto del sistema de alcantarillado, por ser una obra de carácter social, la municipalidad no tiene contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad, por lo que con ninguna tasa de interés se pueden tener ganancias.

CONCLUSIONES

1. La planificación del proyecto de apertura de carretera del caserío El Trapichito a la aldea Guior, dará una alternativa óptima aportando un estudio y diseño de planos para solucionar el problema de accesibilidad tanto a la comunidad beneficiada directamente, como a comunidades aledañas, con lo cual se espera mejorar las condiciones para su desarrollo y crecimiento.
2. La planificación del proyecto del alcantarillado sanitario benefició directamente a la Municipalidad de Chiquimula y a la población de la colonia El Maestro, aportando un estudio y diseño de planos del mismo.
3. La realización del E.P.S. brinda la oportunidad al estudiante de combinar los conocimientos teóricos con la práctica, desenvolverse en un ambiente de trabajo junto con las áreas beneficiadas y la municipalidad, permitiéndole complementar su formación como profesional; a su vez proyectar al -CUNORI- a la región Nororiental de Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Promover la participación de habitantes beneficiarios en la construcción de los proyectos, en el aporte de la mano de obra no calificada.
2. Al ingeniero residente, verificar que se haga acorde a planos y que no se permitan conexiones ilícitas en el proyecto de alcantarillado sanitario.
3. Educar a los vecinos los daños que provoca al depositar basura dentro del alcantarillado.
4. Para la ejecución del proyecto, en los tramos donde las pendientes del terreno son muy pronunciadas y las calles son estrechas debe suspenderse temporalmente el paso peatonal.
5. Organizar a personal de mantenimiento y proporcionar los recursos necesarios para garantizar la vida útil de los proyectos desarrollados, especialmente en época de invierno.
6. Garantizar la supervisión técnica por un profesional de la Ingeniería Civil, durante la ejecución de la carretera y el alcantarillado sanitario, para que cumplan con las especificaciones técnicas, normas y planos.
7. Continuar con el convenio por parte de la Municipalidad hacia los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil, para apoyar en forma profesional, la realización de diseños de proyectos que beneficien directamente a la población y por ende a la Municipalidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguilar, Pedro. (2007). *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
2. Amanco, (2013). Manual de diseño de tubosistemas para tuberías Novafort y Novaloc para alcantarillado sanitario y pluvial, Guatemala.
3. Barrios, Sergio. (2004). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario para las colonias Los Planes, el frutal y panorámica y diseño de pavimentación de la 9ª av. colonia El Frutal, del municipio de Villa Nueva, Guatemala*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
4. Cabrera, Ricardo. (1989). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Guatemala*. Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Castillo, Douglas. (2008). *Diseño de la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito, y puente vehicular colgante, aldea El Trapichillo, municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
6. Ceto Raymundo, Pedro. (2007). *Ampliación, mejoramiento apertura de brecha de carretera para la aldea Agua Tibia, e introducción de agua potable para caserío El Madrón, Chinique de las Flores, El Quiché*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.

7. Contreras, Joan. (2005). *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
8. Dirección General de Caminos. (2000). Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala.
9. Franquet, Josep y Querol, Antonio (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. España , UNED.
10. Fuentes, Marvin (2011). *Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrián y la bifurcación con la carretera departamental no.1, municipio de Milla canales, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
11. García, Julio (2003). *Dispositivos de seguridad para carreteras pavimentadas*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
12. Gómez, José. (2013). *Diseño de pavimento de concreto y drenaje pluvial de la ruta entre el caserío yerbabuena, municipio de Chimaltenango y aldea Puerta Abajo, municipio de Zaragoza, departamento de Chimaltenango*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
13. INFOM, (2011). Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales de Guatemala.

14. INSIVUMEH, (2014). Estación meteorológica Esquipulas, Chiquimula.
15. INSIVUMEH, (2014). Estación meteorológica La Fragua, Zacapa.
16. Instituto Nacional de Estadística –INE-. (2002). Censo Nacional de Guatemala.
17. López, Roberto (2007). *Diseño de carretera hacia aldea San Ramón y puente vehicular caserío Pino Grande Xepón, municipio de Malacatancito, Huehuetenango*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
18. Martínez, Andrés (2006). *Método de los coeficientes de escorrentía*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
19. Orozco, Juan. (1999). *Diseño de drenaje sanitario*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
20. Paiz, Byron. (1980). *Guía de cálculo para carreteras*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
21. Pérez, Augusto. (1989). *Metodología de actividades para el cálculo de carreteras*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
22. Pérez, Oswaldo. (2003). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario para el caserío La Nueva Esperanza, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.

23. Ramírez, Álvaro (2011). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chicolá, sector Ixmiquilpan y pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera, municipio de San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.
24. Scipion, Piñella (1999). *Manual de diseño de carreteras, normas DG-99*. UNI.
25. Sipaque, Domingo (2004). *Propuesta de utilización del arriate central y área verde aledaña al parque las ardillas como ampliación de área de parqueo actual de la Facultad de Ingeniería*. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala.

ANEXO 1

Diseño de la carretera del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior:

- Análisis Granulométrico
- Análisis (CBR)
- Análisis de límites de Attemberg
- Análisis de compactación (PROCTOR)

Análisis Granulométrico



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



No. 1439

INFORME No. 651 S.S.

O.T. No. 33,707

Interesado: José Roberto Flores Leytán. Carné No. 200843488.

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo.

Norma: ASTM D6913-04, AASHTO T-27, T-11.

Proyecto: EPS "Diseño de Apertura Tramo Carretero del Caserio El Trapichito Hacia La Aldea Guior".

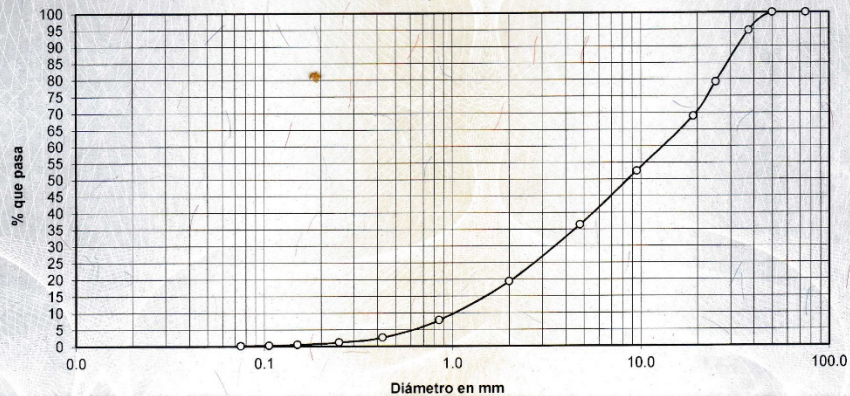
Ubicación: Aldea Guior, Chiquimula, Chiquimula.

Fecha: miércoles, 22 de octubre de 2014

Capa de: Base.

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	19.38
2"	50 mm	100.00	20	850 μ m	7.83
1 1/2"	37.5 mm	94.68	40	425 μ m	2.65
1"	25 mm	79.22	60	250 μ m	1.18
3/4"	19.0 mm	69.00	100	150 μ m	0.51
3/8"	9.5 mm	52.52	140	106 μ m	0.26
4	4.75 mm	36.40	200	75 μ m	0.16



Descripción del suelo: Fragmentos de roca y arena limosa color beige.

Clasificación:

S.C.U.:

GP

P.R.A.:

A-1-a

% de Grava: 63.60

% de Arena: 36.23

% de finos: 0.16

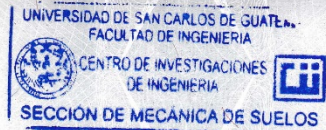
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Análisis (CBR)



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



No. **1441**

INFORME No.: 653 S.S.

O.T. No.: 33,707

Interesado: José Roberto Flores Leytán. Carné No. 200843488.

Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)

Norma: A.A.S.H.T.O.T-193

Proyecto: EPS "Diseño de Apertura Tramo Carretero del Caserio El Trapichito Hacia La Aldea Guior".

Ubicación: Aldea Guior, Chiquimula, Chiquimula.

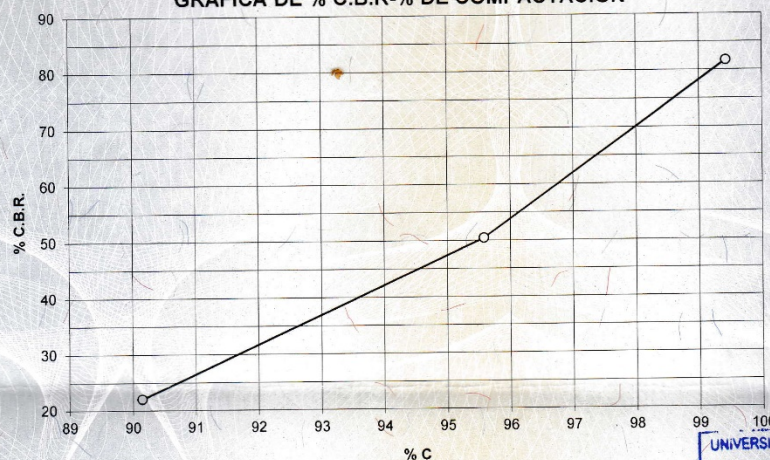
Descripción del suelo: Fragmentos de roca y arena limosa color beige.

Fecha: miércoles, 22 de octubre de 2014

Capa de: Base.

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d b/pe ³	(%)	(%)	(%)
1	10	6.70	109.6	90.1	0.04	22.0
2	30	6.70	116.2	95.6	0.11	50.5
3	65	6.70	120.9	99.4	0.09	81.7

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

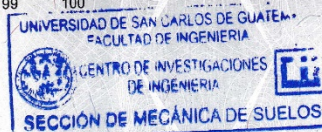


Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Análisis de límites de Attemberg



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



No. 1438

INFORME No. 650 S.S.

O.T.: 33,707

Interesado: José Roberto Flores Leytán. Carné No. 200843488.

Proyecto: EPS "Diseño de Apertura Tramo Carretero del Caserío El Trapichito Hacia La Aldea Guior".

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea Guior, Chiquimula, Chiquimula.

FECHA: miércoles, 22 de octubre de 2014

RESULTADOS:

Capa de: Base.

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	SM	Fragmentos de roca y arena limosa color beige

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

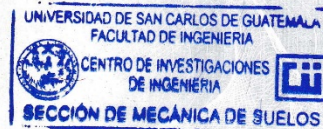
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Análisis de compactación (PROCTOR)



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



No. **1442**

INFORME No.: 652 S.S.

O.T. No.: 33,924

Interesado: José Roberto Flores Leytán. Carné No. 200843488.

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

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

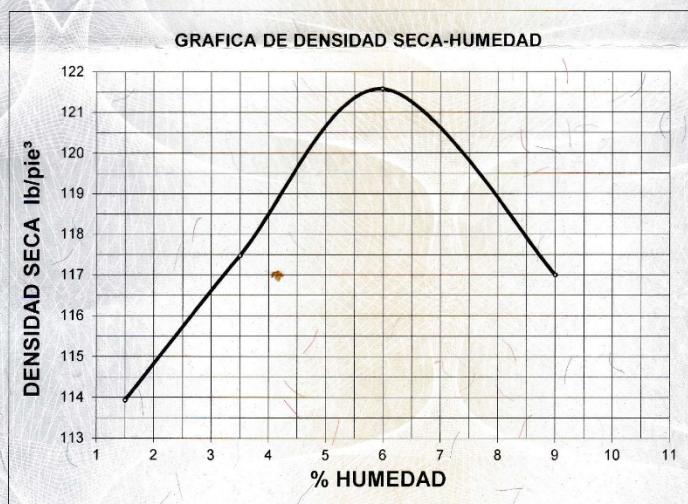
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Proyecto: EPS "Diseño de Apertura Tramo Carretero del Caserío El Trapichito Hacia La Aldea Guior".

Ubicación: Aldea Guior, Chiquimula, Chiquimula.

Fecha: miércoles, 22 de octubre de 2014

Capa de: Base.



Descripción del suelo: Fragmentos de roca y arena limosa color beige.

Densidad seca máxima γ_d : 1,948 Kg/m³ 121.6 lb/pe³

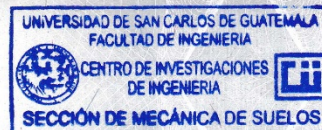
Humedad óptima Hop.: 6.0 %

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



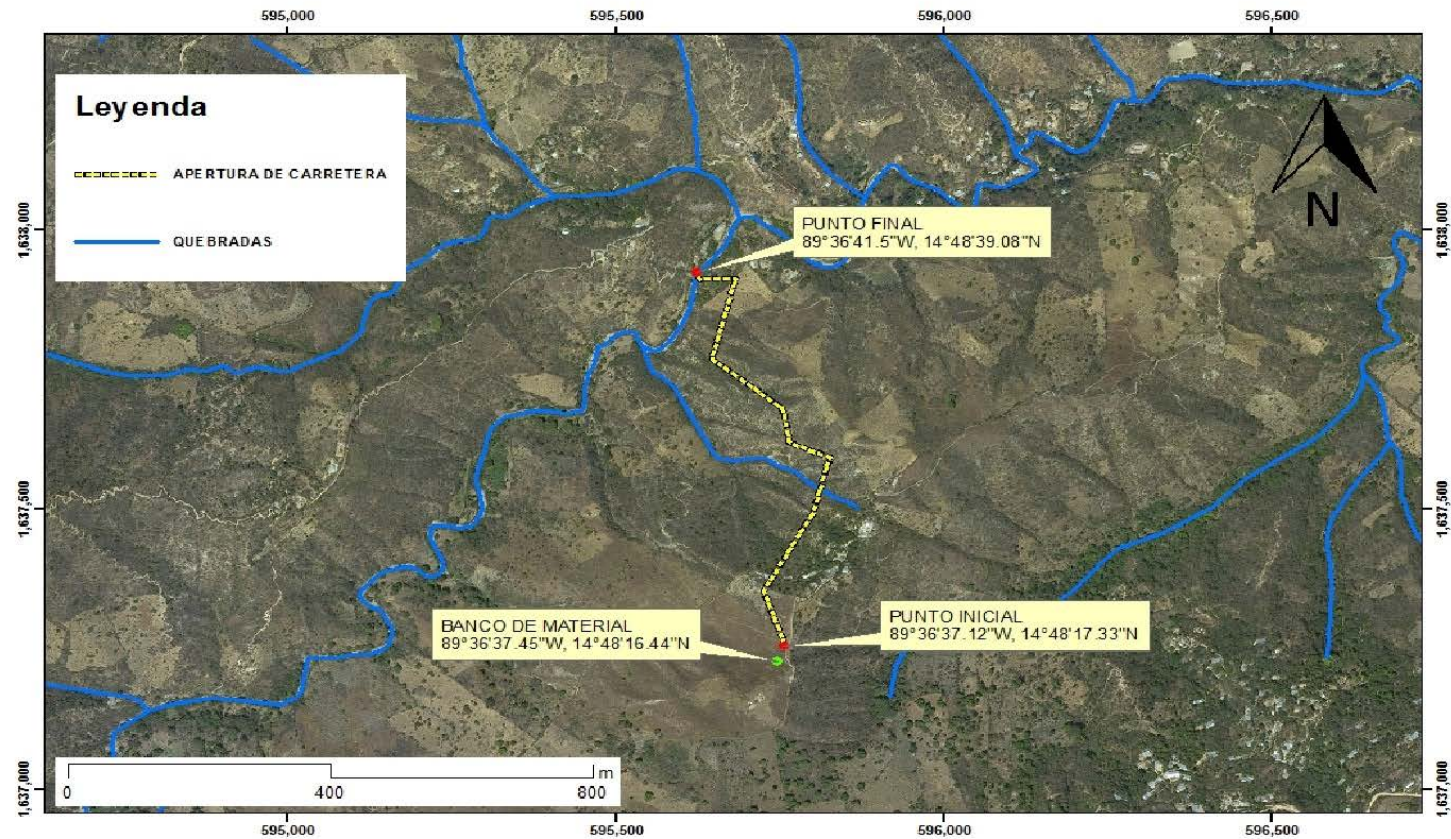
Omar E. Medrano M.
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

APENDICE A

Diseño de la carretera del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior:

- Plano de localización
- Plano de Ubicación
- Planta topográfica
- Planta arquitectónica
- Perfil y planta del proyecto (0+000 a 0+260)
- Perfil y planta del proyecto (0+260 a 0+520)
- Perfil y planta del proyecto (0+520 a 0+760)
- Diagrama de masas
- Secciones transversales (0+000 a 0+260)
- Secciones transversales (0+260 a 0+520)
- Secciones transversales (0+520 a 0+760)
- Perfil y elevaciones de drenajes transversales, Sección típica tipo "F"

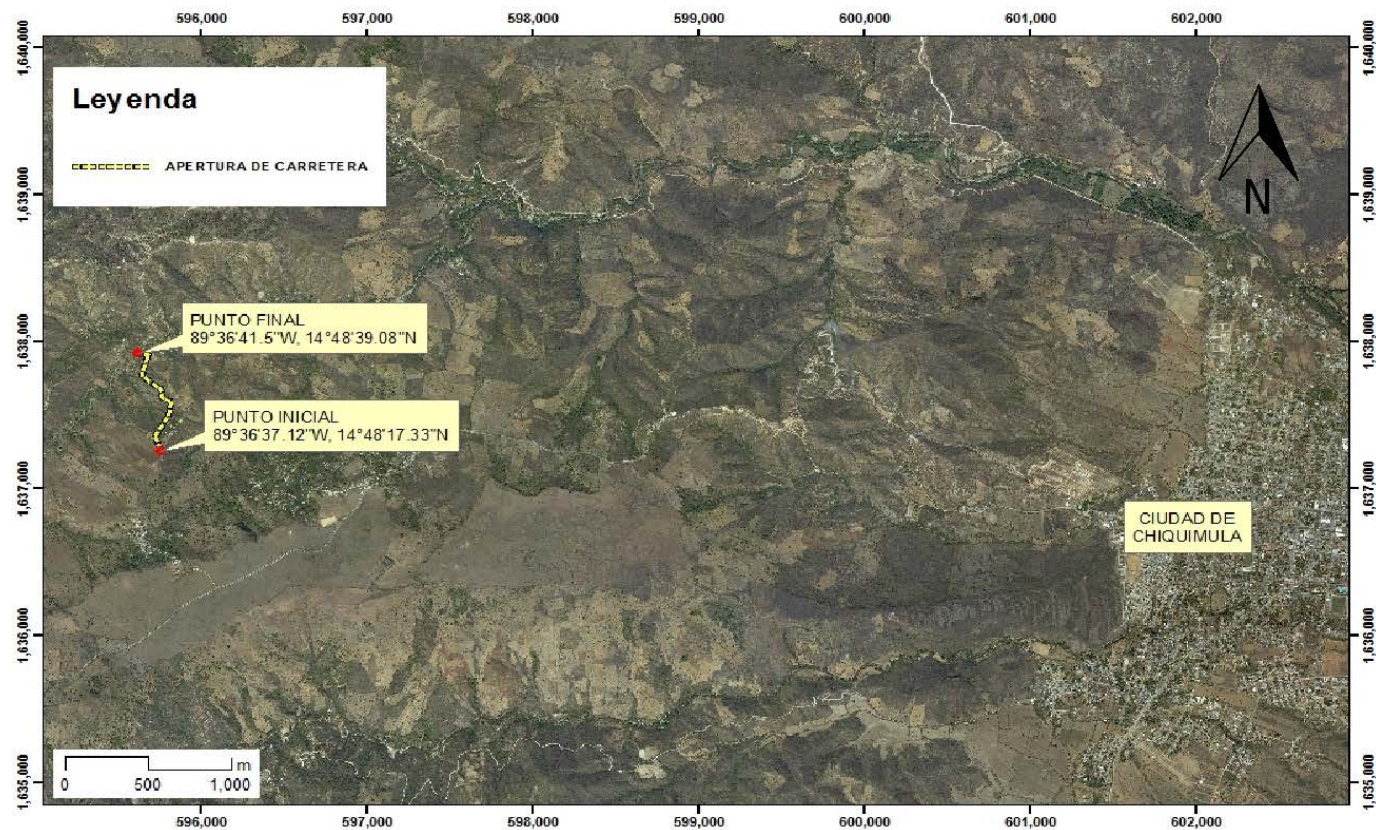
Figura A-1. Plano de ubicación



	Simbología ● Puntos --- APERTURA DE CARRETERA	1 cm = 5,000 km  Kilómetros 0 335670 1,340 2,010	Proyección GTM, Zona 15,5 Datum WGS -84 Fuente: MAGA, SIG CUNORI
---	---	---	--

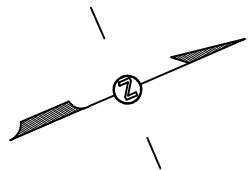
Contenido: Plano de ubicación	Ubicación: Chiquimula
Proyecto: Diseño de la carretera del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior	Diseño: José Roberto Flores Leytan

Figura A-2. Plano de localización



	Simbología	1 cm = 5,000 km	Proyección GTM, Zona 15,5 Datum WGS -84 Fuente: MAGA, SIG CUNORI
	● Puntos APERTURA DE CARRETERA	Kilómetros 0 335670 1,340 2,010	

Contenido: Plano de ubicación	Ubicación: Chiquimula
Proyecto: Diseño de la carretera del caserio El Trapichito hacia la aldea Guior	Diseño: José Roberto Flores Leytan



Coord. GTM Eje central de final de tramo
Lat 595590.672
Long 1637863.660

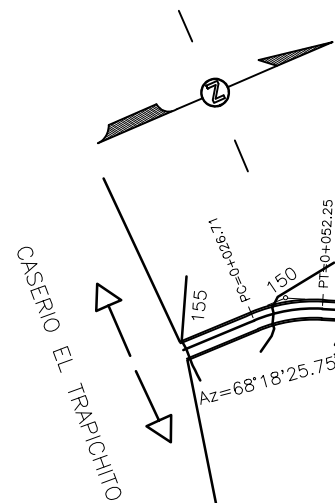
Coord. GTM de banco de material
Lat 595747.175
Long 1637227.800

CASERIO EL TRAPICHITO

Coord. GTM Eje central de inicio de tramo
Lat 595752.705
Long 1637265.930

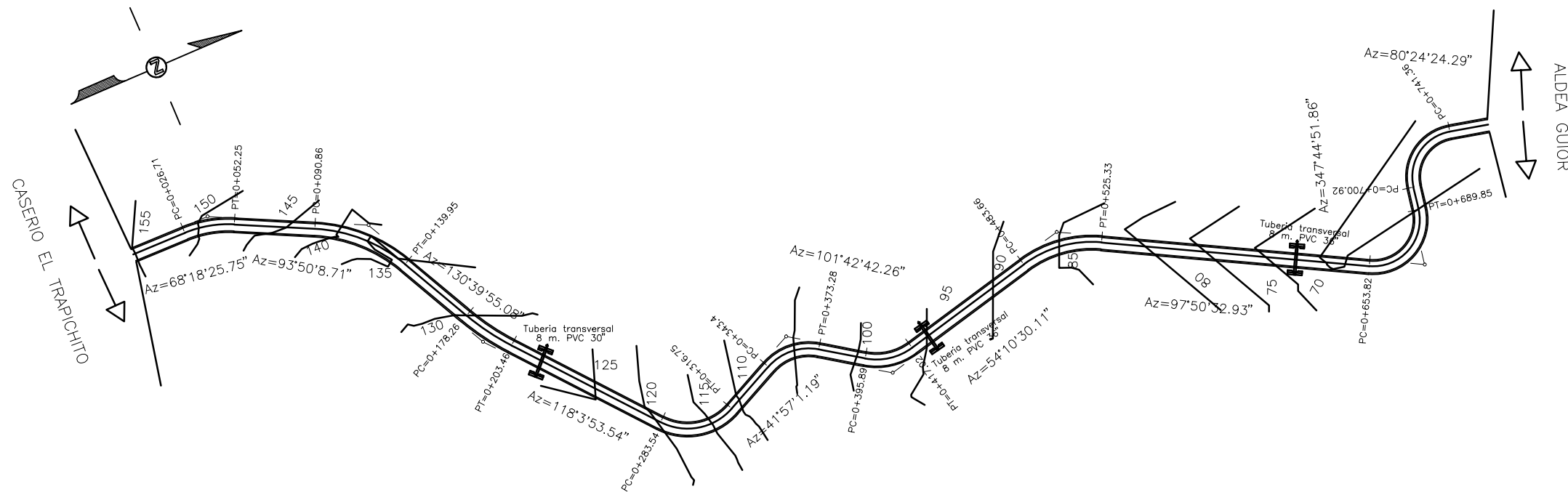
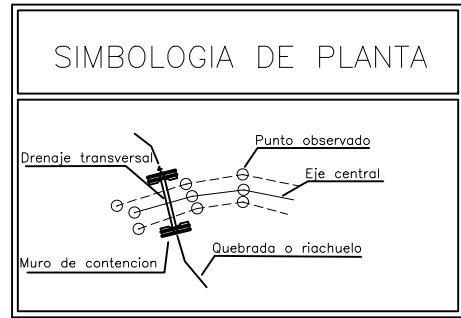
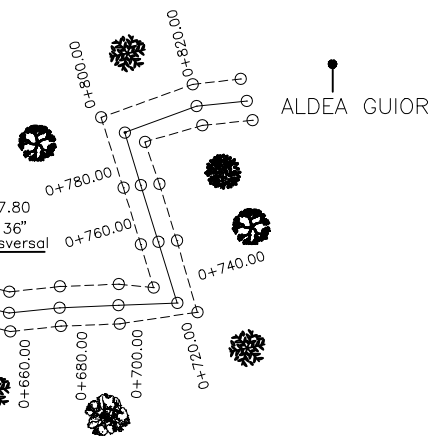
PLANTA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

ESCALA 1 : 2000



CASERIO EL TRAPICHITO

Nota: Para propósitos de dibujo se calculó los azimut con ángulo 0 en dirección vertical del plano



PLANTA ARQUITECTONICA Y CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1 : 2000

Libreta topografica

EST. - P.O.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
0-1	413.4449	-185.8726	155.656	Derrecha
0-2	416.4789	-191.8716	153.472	Centro
0-3	413.6119	-197.1606	155.201	Derrecha
0-4	436.8721	-196.587	151.563	Derrecha
0-5	435.5239	-201.3306	151.392	Centro
0-6	434.0625	-205.7309	151.27	Derrecha
0-7	454.1591	-207.6384	149.151	Derrecha
0-8	450.7547	-211.9065	148.969	Centro
0-9	447.6169	-214.9176	148.689	Derrecha
0-10	466.4359	-224.2356	147.884	Derrecha
0-11	461.6229	-226.5626	145.232	Centro
0-12	456.5869	-228.8176	144.747	Derrecha
0-13	477.2139	-238.8576	144.344	Derrecha
0-14	471.3639	-241.2206	142.253	Centro
0-15	464.6589	-244.3556	141.385	Derrecha
0-16	487.8859	-254.2636	140.711	Derrecha
0-17	481.6489	-255.7176	138.807	Centro
0-18	474.5099	-259.0686	136.745	Derrecha
0-19	498.7189	-272.8726	133.631	Derrecha
0-20	493.9949	-275.6446	136.072	Centro
0-21	486.8159	-277.0226	133.038	Derrecha
0-22	500.1269	-288.0756	134.437	Derrecha
0-23	494.5119	-288.3166	134.562	Centro
0-24	487.9329	-289.4576	132.96	Derrecha
0-25	493.7796	-295.3469	134.811	Derrecha
0-26	501.218	-295.1552	133.672	Centro
0-27	482.9619	-296.7186	132.361	Derrecha
0-28	501.6948	-308.5488	132.672	Derrecha
0-29	492.1111	-309.0704	131.465	Centro
0-30	482.6169	-310.7876	130.465	Derrecha
0-31	500.8328	-323.8517	130.211	Derrecha
0-32	490.4238	-323.4287	129.113	Centro
0-33	478.2547	-321.8423	127.985	Derrecha
0-34	496.1129	-349.9146	127.488	Derrecha
0-35	490.4429	-351.9466	126.323	Centro
0-36	482.7979	-353.6376	125.055	Derrecha
0-37	498.4649	-368.5856	125.185	Derrecha
0-38	494.0919	-371.4666	124.828	Derrecha
0-39	488.9099	-372.3226	123.827	Derrecha
0-40	512.8299	-406.6816	124.344	Derrecha
0-41	506.5929	-408.5796	123.171	Centro
0-42	498.7219	-412.2576	122.285	Derrecha
0-43	511.9959	-442.2146	122.845	Derrecha
0-44	506.4699	-443.1926	121.888	Centro
0-45	496.7569	-443.9926	121.499	Derrecha
0-46	515.0389	-460.1796	120.651	Derrecha
0-47	509.8189	-462.5656	119.018	Centro
0-48	503.2129	-465.3096	118.132	Derrecha
0-49	518.8249	-471.5816	117.596	Derrecha
0-50	514.0739	-475.4976	117.406	Centro
0-51	511.8259	-482.5706	117.957	Derrecha
0-52	524.9249	-479.2736	115.577	Derrecha
0-53	522.8129	-486.2806	116.785	Centro
0-54	518.9789	-491.0366	116.9	Derrecha
0-55	525.1699	-492.8646	113.063	Derrecha
0-56	533.3869	-489.1346	114.629	Centro
0-57	537.6968	-470.9069	115.394	Derrecha
0-58	543.484	-475.2032	111.301	Derrecha
0-59	550.6926	-478.6853	112.174	Centro
0-60	552.1259	-452.5206	112.835	Derrecha
0-61	556.2518	-460.0655	109.73	Derrecha
0-62	559.4266	-464.2664	109.493	Centro
0-63	559.3599	-448.8326	110.91	Derrecha
0-64	566.4989	-449.6796	107.608	Derrecha
0-65	564.6249	-455.9716	107.983	Centro
0-66	562.0619	-461.0186	107.018	Derrecha
0-67	575.8659	-454.6156	106.583	Derrecha
0-68	581.4058	-464.1912	105.724	Derrecha
0-69	572.3568	-466.8847	105.919	Derrecha

EST. - P.O.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
3-08	566.3391	-468.4388	105.175	Derrecha
3-09	579.1029	-476.4486	104.663	Centro
3-10	573.3509	-478.3166	104.056	Derrecha
3-11	568.4329	-479.5456	103.775	Derrecha
3-12	582.8615	-487.5474	102.689	Centro
3-13	573.2992	-491.3524	102.724	Derrecha
3-14	563.6289	-496.7966	100.666	Derrecha
3-15	574.865	-505.2911	101.47	Centro
3-16	577.7599	-501.0876	100.246	Derrecha
3-17	580.7799	-497.7396	98.486	Derrecha
3-18	587.4389	-496.4676	99.752	Centro
3-19	586.0555	-505.5733	99.863	Derrecha
3-20	601.0514	-507.954	97.768	Derrecha
3-21	607.5162	-519.6604	96.302	Centro
3-22	594.6279	-511.9696	96.198	Derrecha
3-23	612.7533	-515.687	95.932	Derrecha
3-24	619.1768	-511.6713	94.697	Centro
3-25	625.6415	-523.3778	94.035	Derrecha
3-26	630.8787	-519.4043	94.109	Derrecha
3-27	637.3022	-515.3887	93.216	Centro
3-28	589.3908	-515.9431	93.035	Derrecha
3-29	640.2671	-529.4034	92.202	Derrecha
3-30	647.1907	-524.9806	91.241	Centro
3-31	653.6142	-520.965	91.148	Derrecha
3-32	671.6848	-539.1177	90.76	Derrecha
3-33	676.9219	-535.1443	89.063	Centro
3-34	683.3454	-531.1286	88.952	Derrecha
3-35	685.1039	-543.7051	89.759	Derrecha
3-36	690.341	-539.7316	87.051	Centro
3-37	696.7645	-535.716	87.674	Derrecha
3-38	692.3368	-555.8317	86.652	Derrecha
3-39	697.5739	-551.5882	86.703	Centro
3-40	703.9974	-547.6426	86.559	Derrecha
4-01	702.8494	-572.9663	85.204	Derrecha
4-02	708.0865	-568.9228	85.463	Centro
4-03	714.51	-564.9772	85.871	Derrecha
4-04	715.114	-593.1898	83.064	Derrecha
4-05	720.3511	-589.2164	84.191	Centro
4-06	726.7746	-585.2007	84.98	Derrecha
4-07	727.0732	-610.235	81.653	Derrecha
4-08	732.3103	-606.2615	82.84	Centro
4-09	738.7339	-602.2459	82.876	Derrecha
4-10	733.5516	-618.2425	79.013	Derrecha
4-11	738.7887	-614.2691	79.084	Centro
4-12	745.2122	-610.2534	79.193	Derrecha
4-13	743.3587	-644.9921	77.192	Derrecha
4-14	748.5958	-641.0187	76.971	Centro
4-15	755.0193	-637.003	76.084	Derrecha
4-16	754.7714	-659.0368	74.193	Derrecha
4-17	760.0085	-655.0634	74.088	Centro
4-18	766.4321	-651.0477	74.751	Derrecha
4-19	766.9429	-676.1369	73.86	Derrecha
4-20	772.18	-672.1634	73.871	Centro
4-21	778.6035	-668.1478	73.3	Derrecha
4-22	785.5506	-697.0515	72.7609	Derrecha
4-23	784.3515	-689.2635	72.542	Centro
4-24	784.3387	-679.2535	71.749	Derrecha
4-25	802.8824	-677.0592	71.004	Derrecha
4-26	798.8891	-671.7525	70.761	Centro
4-27	794.7369	-667.0154	70.542	Derrecha
4-28	816.4194	-660.7536	70.97	Derrecha
4-29	812.4261	-655.447	68.987	Centro
4-30	808.2738	-650.7099	69.451	Derrecha
4-31	826.0912	-648.2195	69.197	Derrecha
4-32	824.892	-640.4315	67.653	Centro
4-33	824.8792	-630.4216	67.754	Derrecha
4-34	842.2145	-662.1601	66.753	Derrecha
4-35	846.8043	-656.6854	66.806	Centro
4-36	852.5425	-651.272	66.78	Derrecha
4-37	853.5641	-676.1271	65.559	Derrecha
4-38	858.1538	-670.6524	65.862	Centro
4-39	863.5839	-664.5355	65.32	Derrecha

Centro Universitario
de Oriente - CUNORI



Proyecto:

Diseño de tramo carretero
del caserío El Trapichito
hacia la aldea Guior

Diseño:

J.R.F.L.

Calculo:

J.R.F.L.

Dibujo:

J.R.F.L.

Escala:

Indicada

Fecha:

2016

Contenido:

-Planta topografica
-Planta arquitectonica y curvas de nivel

Estudiante:

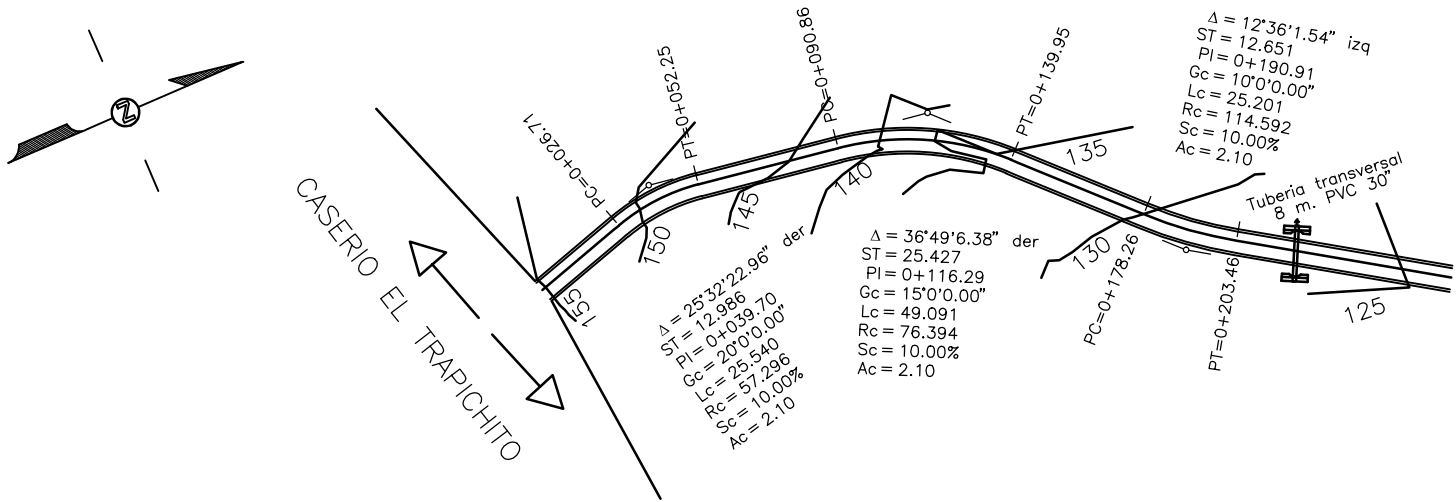
José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

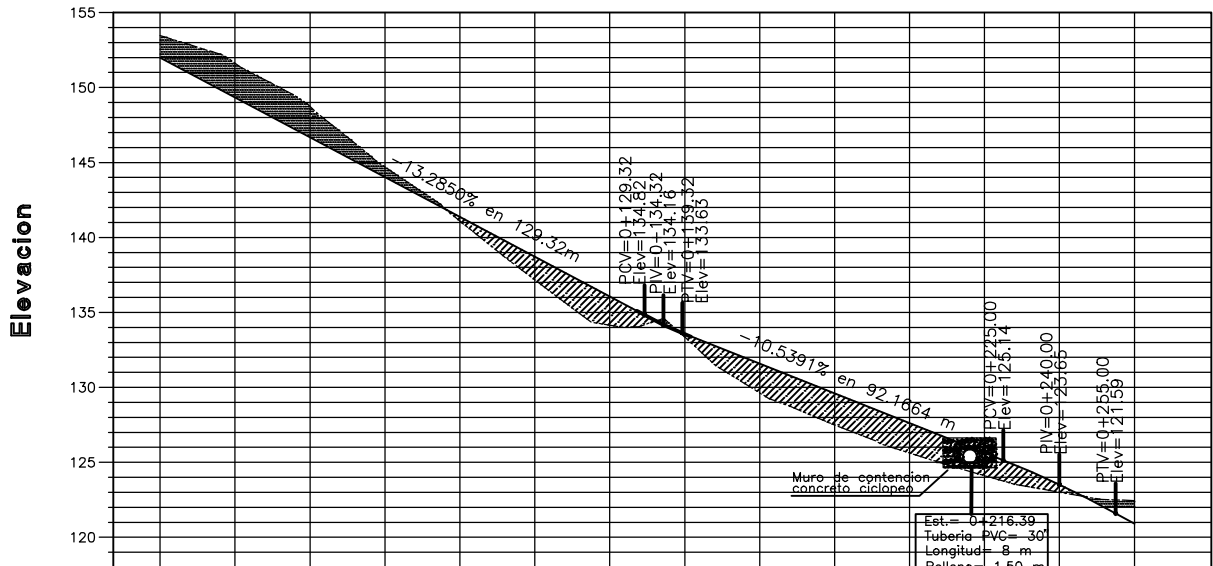
Carné:

2008-43488

Vo. Bo
Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor



PLANTA EST. 0+000.00 A EST. 0+260.00



TIPO DE MATERIAL		Fragmentos de roca y arena limosa, con poco o nada de finos SW.													
FACTOR DE ABUNDAMIENTO		1.25													
FACTOR DE COMPACTACION		0.25													
ORDENADAS DE LA CURVA MASA															
VOLUMEN	TERRAPLEN														
	CORTE														
ESPEJOR	TERRAPLEN														
	CORTE														
ELEVACION	SUBRASANTE														
	TERRENO														

PERFIL EST. 0+000.00 A EST. 0+260.00

CURVAS HORIZONTALES							
TIPO	CAMINAMIENTO	RADIO (m)	DELTA	GRADO DE CURVATURA	LC (m)	EXTERNAL (m)	OM (m)
PI-1	0+039.70	57.29578	25° 32' 22.96" izq	20.0000000	25.5397	1.453113543	1.417171778
PI-2	0+116.72	76.39437333	36° 49' 6.38" izq	15.0000000	49.0912	4.120333837	3.909476075
PI-3	0+193.11	114.59156	12° 36' 1.54" der	10.0000000	25.2008	0.69627579	0.692070663

ESPECIFICACIONES

- LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H

DRENAJES TRANSVERSALES:

- SERAN DE TUBERIA DE PVC SEGUN NORMA ASTM 3034

BALASTO:

- EL BALASTO DEBE DE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAICES O DE CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRANO

- LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MINIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO AASHTO Y 180

CURVAS VERTICALES

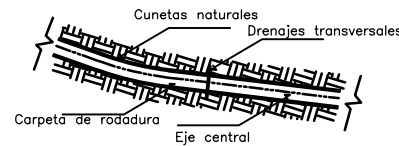
Datos de curva (1)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (m)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-13.285	-10.539	0+134.320	134.1600	10.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.746%				Tipo de curva: Concava	

Z (m)	Descripción	Estación	Elev. (STang.)	Elev. (SICurv.)
0	PCV	0+129.320	134.820	134.689
1	PTV	0+139.320	133.630	133.479

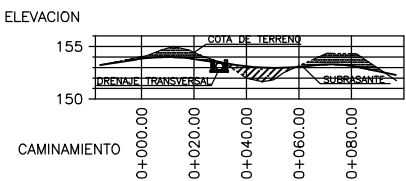
Datos de curva (2)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (m)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-10.539	-13.694	0+240.00	123.6500	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.155%				Tipo de curva: convexa	

Z (m)	Descripción	Estación	Elev. (STang.)	Elev. (SICurv.)
0	PCV	0+225.00	125.380	125.140
1	PTV	0+255.00	121.830	121.590

SIMBOLOGIA DE PLANTA



SIMBOLOGIA DE PERFIL



Centro Universitario de Oriente - CUNORI



Proyecto: **Diseño de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior**

Diseño: J.R.F.L.

Calculo: J.R.F.L.

Dibujo: J.R.F.L.

Escala: Indicada

Fecha:

Contenido:

Diseño de planta y perfil
Est. 0+000.00 a 0+260.00

Estudiante:

José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

Carné:
2008-43488

Vo. Bo
Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor

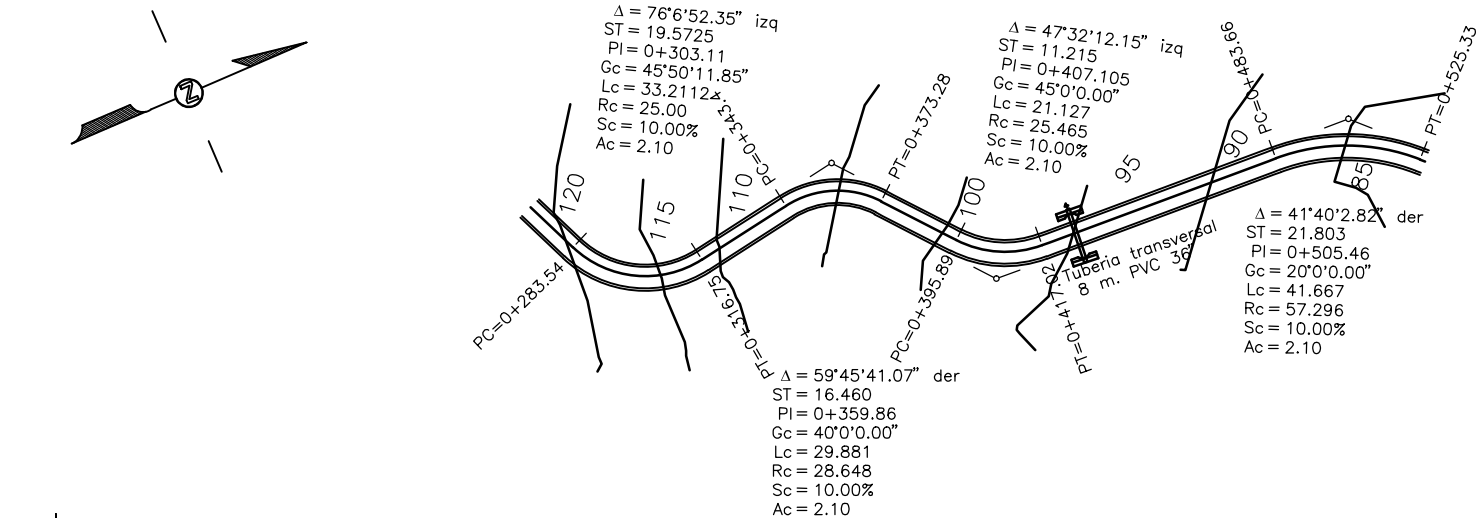
PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000

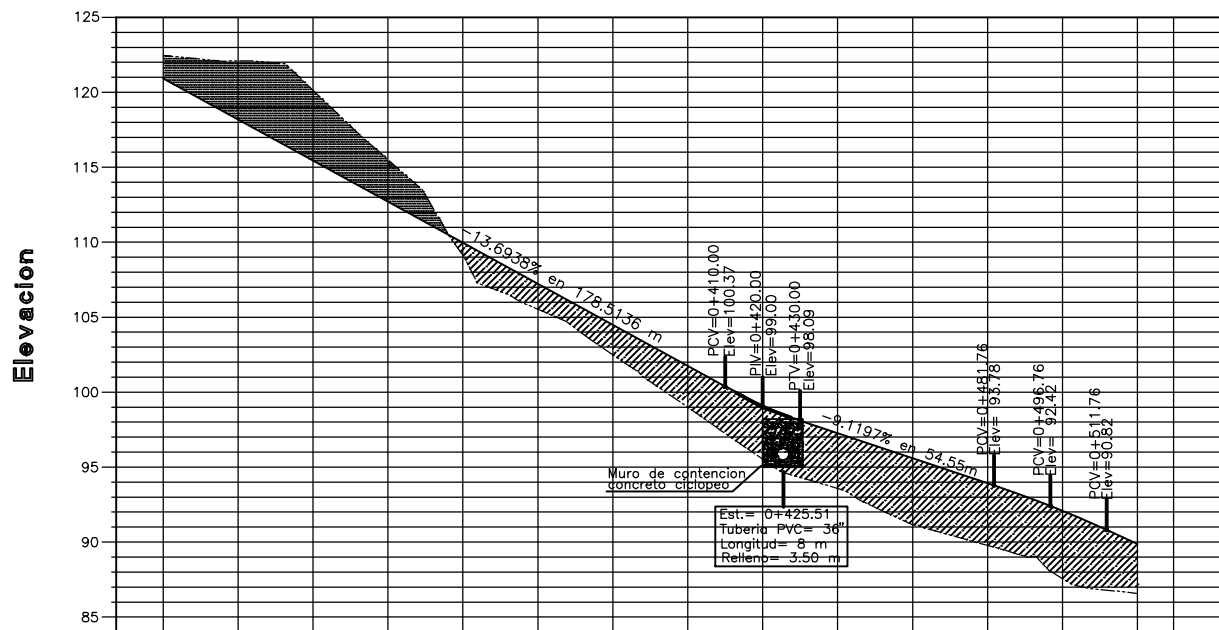
ESCALA VERTICAL 1 : 400

TOTAL VOLUMEN CORTE = 1,425.09m³

TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -1,964.87m³



PLANTA EST. 0+260.00 A EST. 0+520.00



TIPO DE MATERIAL		Fragmentos de roca y arena limosa, con poco o nada de finos SW.														
FACTOR DE ABUNDAMIENTO		1.25														
FACTOR DE COMPACTACIÓN		0.25														
ORDENADAS DE LA CURVA MASA																
VOLUMEN	TERRAPLEN		1,425.09	1,964.87	10,000											
	CORTE			584.26	0.00	10,584										
ESPESOR	TERRAPLEN															
	CORTE		1.54	3.92												
ELEVACION	SUBRASANTE		122.45	120.91	118.17	122.09	118.17	115.43	112.69	109.95	108.16	105.53	102.49	99.00	95.53	92.09
	TERRENO		122.45	120.91	118.17	122.09	118.17	115.43	112.69	109.95	108.16	105.53	102.49	99.00	95.53	92.09

PERFIL EST. 0+260.00 A EST. 0+520.00

ESPECIFICACIONES

LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H

DRENAJES TRANSVERSALES:

SERAN DE TUBERIA DE PVC SEGUN NORMA ASTM 3034

BALASTO:

EL BALASTRO DEBE DE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAICES O DE CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRANO

LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MINIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO AASHTO Y 180

CURVAS HORIZONTALES						
TIPO	CAMINAMIENTO	RADIO (m)	DELTA	GRADO DE CURVATURA	LC (m)	EXTERNAL (m)
PI-4	0+305.41	25	76° 6' 52.35" der	45.836240	33.21121556	6.750296031
PI-5	0+358.10	28.64789	59° 45' 41.07" izq	40.000000	29.8807	4.390219804
PI-6	0+418.38	25.46479111	47° 32' 12.15" der	45.000000	21.12742222	2.360045477
PI-7	0+518.04	57.29578	41° 40' 2.82" izq	20.000000	41.6674	4.006283629

CURVAS VERTICALES

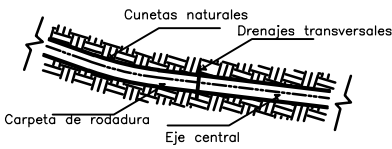
Datos de curva (3)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (m)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-13.684	-9.120	0+420.000	99.0000	20.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 4.574%				Tipo de curva: Concava	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+410.000	100.370	100.370
1	PTV	0+430.000	98.090	98.090

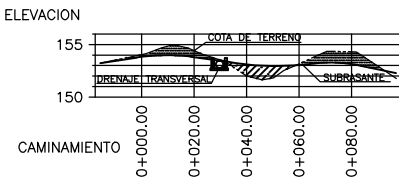
Datos de curva (4)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (m)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-9.120	-12.378	0+496.760	92.4200	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.256%				Tipo de curva: Convexa	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+481.760	93.780	93.780
1	PTV	0+511.760	90.820	121.590

SIMBOLOGIA DE PLANTA



SIMBOLOGIA DE PERFIL



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000

ESCALA VERTICAL 1 : 400

TOTAL VOLUMEN CORTE = 4,126.76m³

TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -6,699.19m³

Centro Universitario de Oriente - CUNORI

Proyecto:

Diseño de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior

Diseño:

J.R.F.L.

Calculo:

J.R.F.L.

Dibujo:

J.R.F.L.

Escala:

Indicada

Fecha:

Contenido:

Diseño de planta y perfil Est. 0+260.00 a 0+520.00

Estudiante:

José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

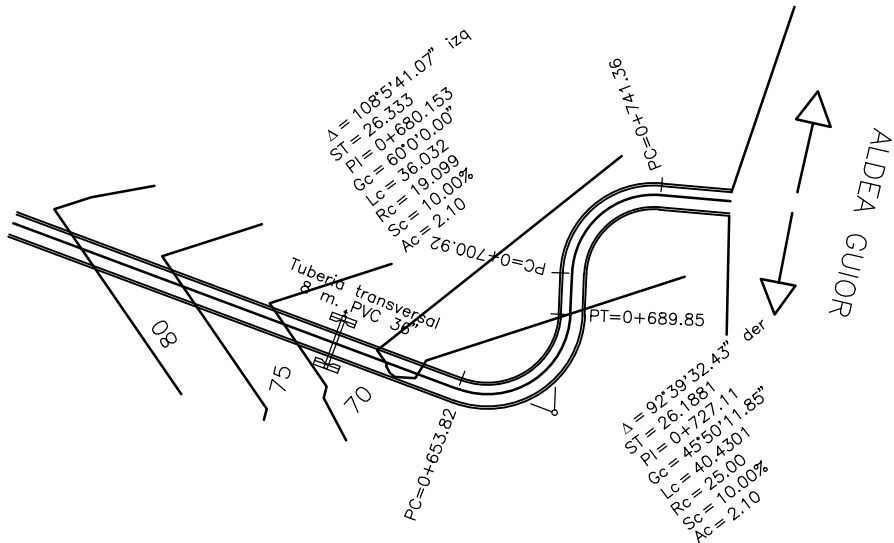
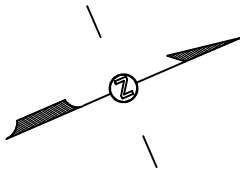
Carné:

2008-43488

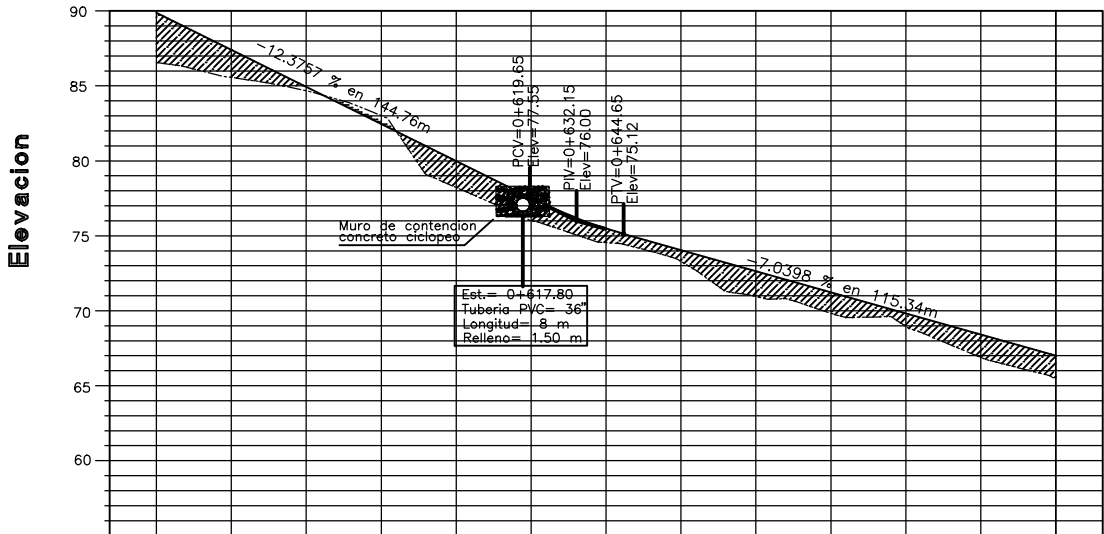
Vo. Bo.
Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor



03/08



PLANTA EST. 0+520.00 A EST. 0+760.05



TIPO DE MATERIAL		Fragmentos de roca y arena limosa, con poco o nada de finos SW.											
FACTOR DE ABUNDAMIENTO		1.25											
FACTOR DE COMPACTACION		0.25											
ORDENADAS DE LA CURVA MASA													
VOLUMEN	TERRAPLEN												
	CORTE												
ESPESOR	TERRAPLEN	3.31	4.12	7.66	6.99	1.9	10.000						
	CORTE												
ELEVACION	SUBRASANTE	89.88											
	TERRENO	86.57	85.57	87.40	84.93	82.45	79.98	77.50	74.55	72.63	69.83	68.96	65.56

PERFIL EST. 0+520.00 A EST. 0+760.05

CURVAS HORIZONTALES								
PI-8	0+694.67	19.09859333	108° 5' 41.07" der	60.0000000	36.03156667	13.43098542	7.885528753	30.92076649
PI-9	0+758.25	25	92° 39' 32.43" izq	45.8366240	40.43011545	11.20519106	7.737282096	36.16620359

ESPECIFICACIONES

LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H

DRENAJES TRANSVERSALES:

SERAN DE TUBERIA DE PVC SEGUN NORMA ASTM 3034

BALASTO:

EL BALASTRO DEBE DE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOES DE MADERA, RAICES O DE CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRANO

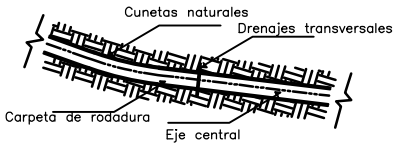
LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MINIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO AASHTO Y 180

CURVAS VERTICALES

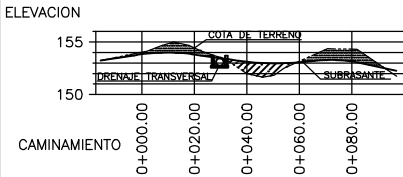
Datos de curva (5)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (m)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-12.376	-7.040	0+632.150	76.0000	25.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 5.336%				Tipo de curva: Concava	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (SI Tang.)	Elev. (SI Curva)
0	PCV	0+619.650	77.550	77.550
1	PTV	0+644.650	75.120	75.120

SIMBOLOGIA DE PLANTA



SIMBOLOGIA DE PERFIL



Centro Universitario de Oriente - CUNORI



Proyecto: **Diseño de tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior**

Diseño: J.R.F.L.

Calculo: J.R.F.L.

Dibujo: J.R.F.L.

Escala: Indicada

Fecha:

Contenido: **Diseño de planta y perfil Est. 0+520.00 a 0+760.05**

Estudiante: **José Roberto Flores Leytán**

Vo.Bo. _____

Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor

Hoja

04

08

Carné: 2008-43488

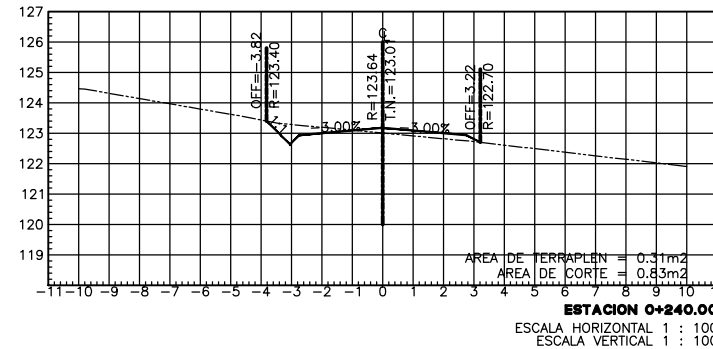
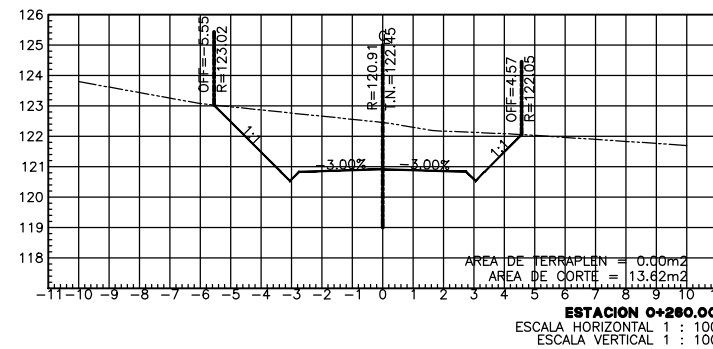
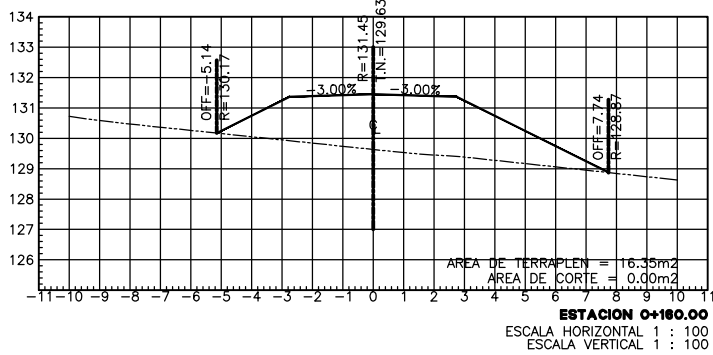
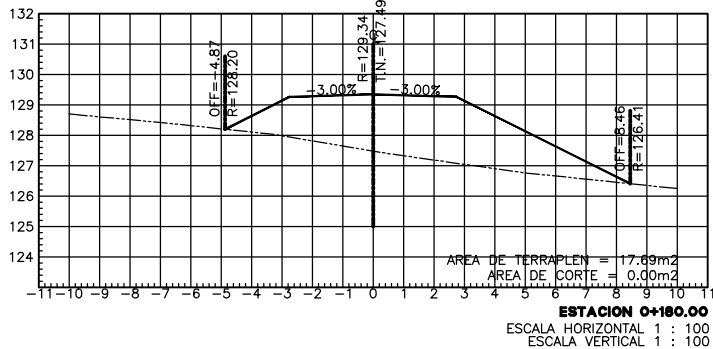
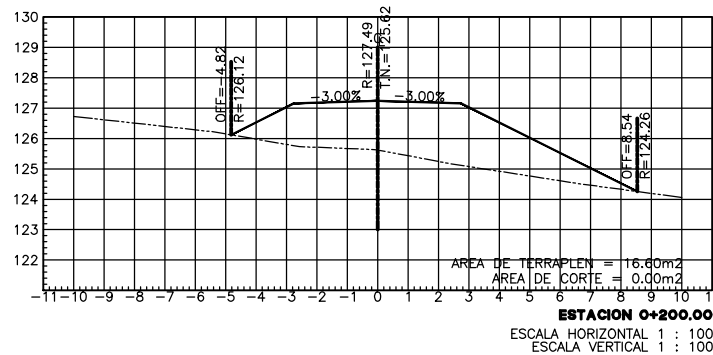
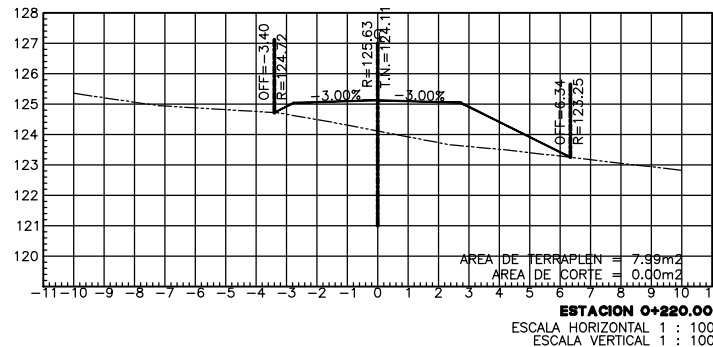
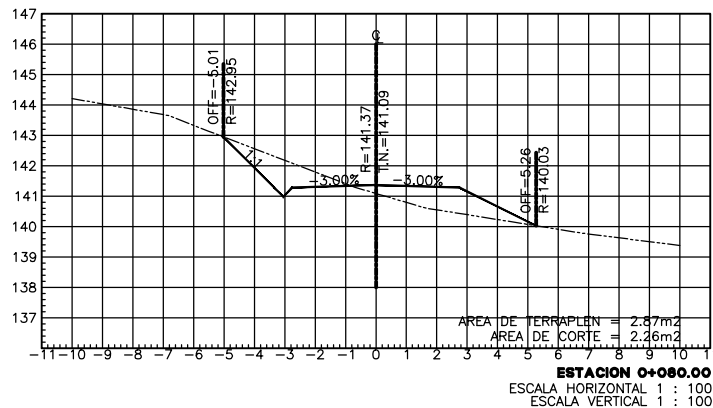
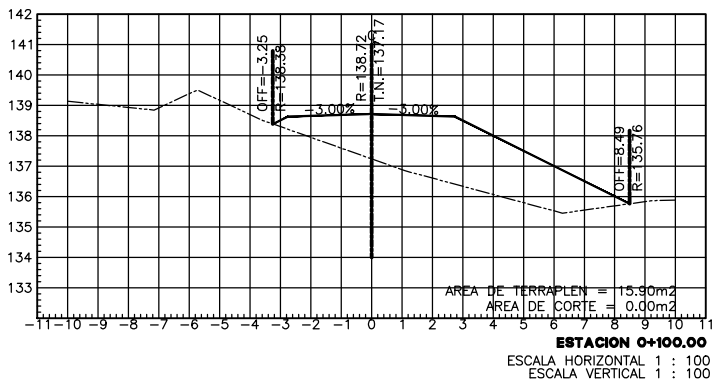
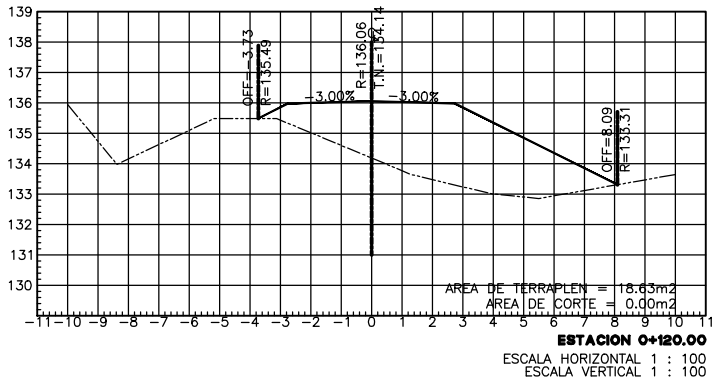
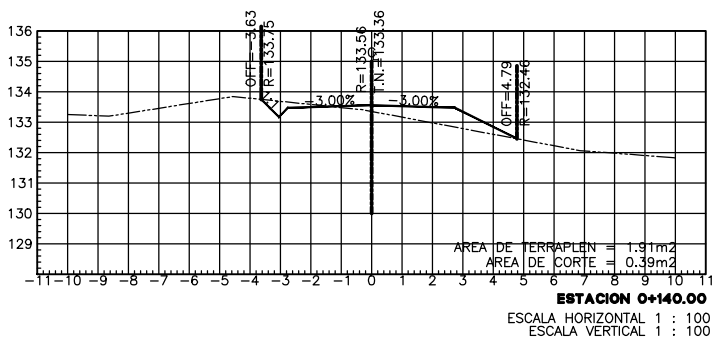
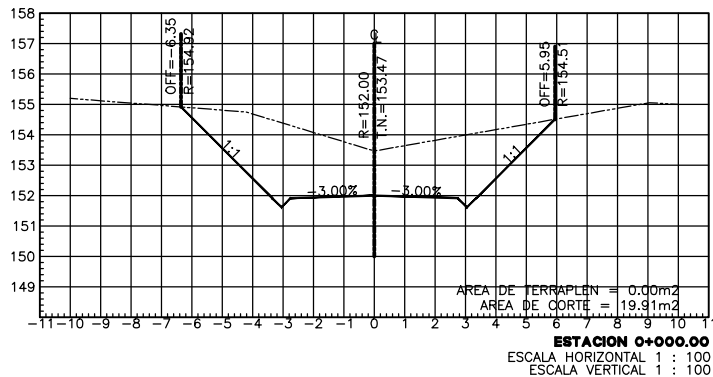
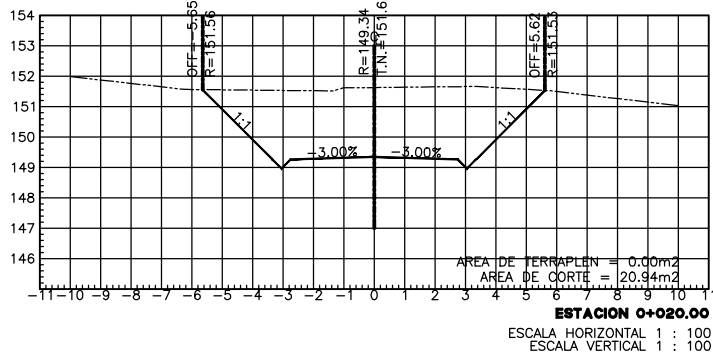
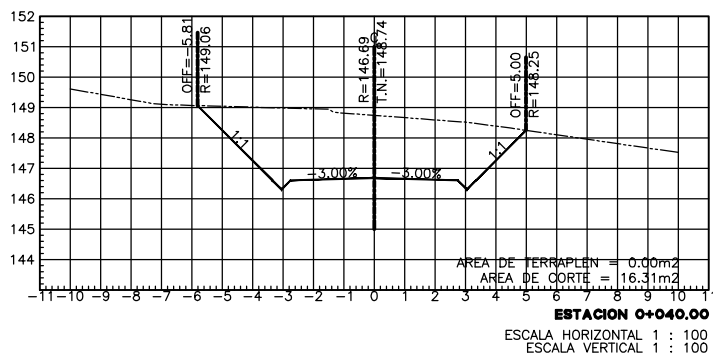
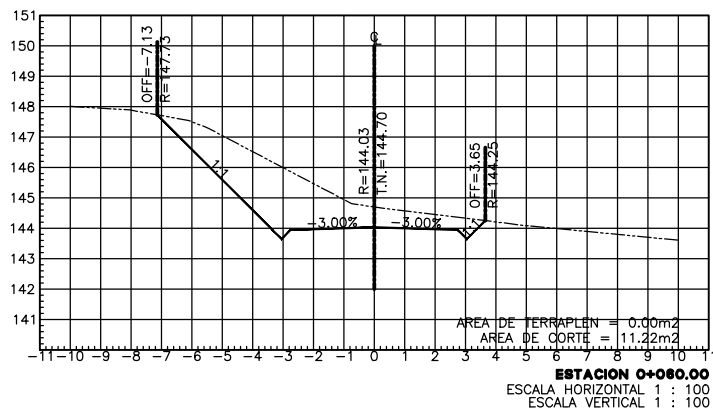
PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000

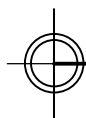
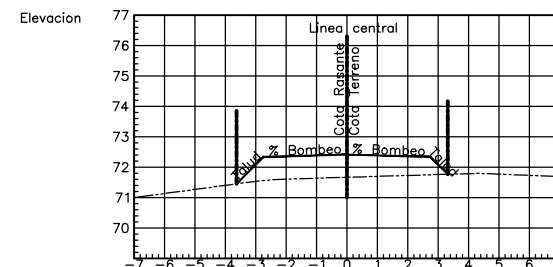
ESCALA VERTICAL 1 : 400

TOTAL VOLUMEN CORTE = 4,223.77m3

TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -8,771.76m3



SIMBOLOGIA DE SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIONES TRANSVERSALES EST. 0+000 A 0+260

**Centro Universitario
de Oriente - CUNORI**

Proyecto:
**Diseño de tramo carretero
del caserío El Trapichito
hacia la aldea Guir**

Diseño:
J.R.F.L.
Calculo:
J.R.F.L.
Dibujo:
J.R.F.L.
Escala:
Indicada
Fecha:

Contenido:
**Secciones transversales
Est. 0+000 a 0+260**

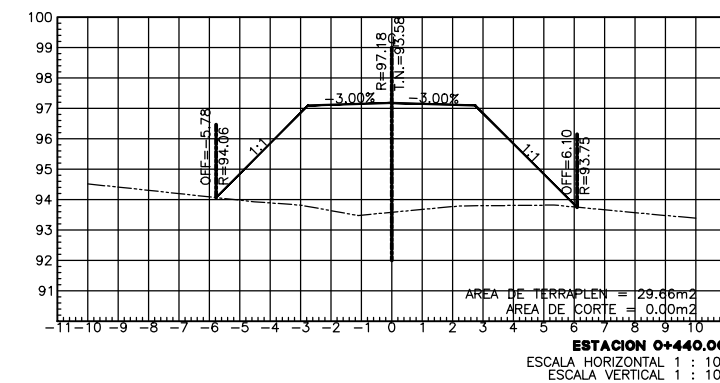
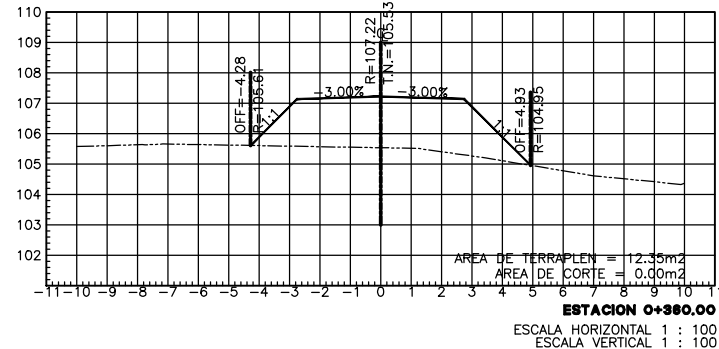
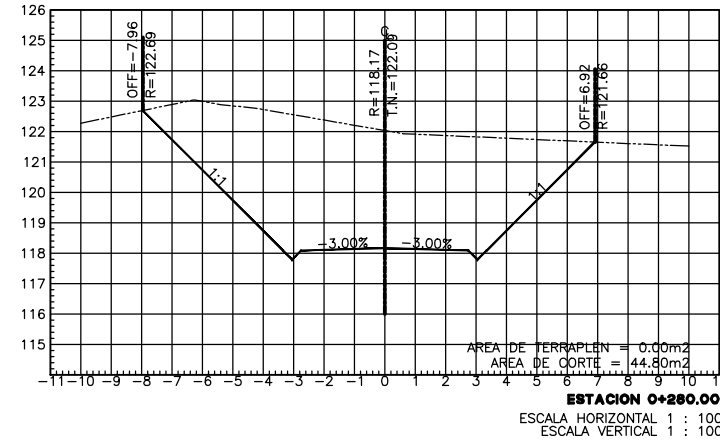
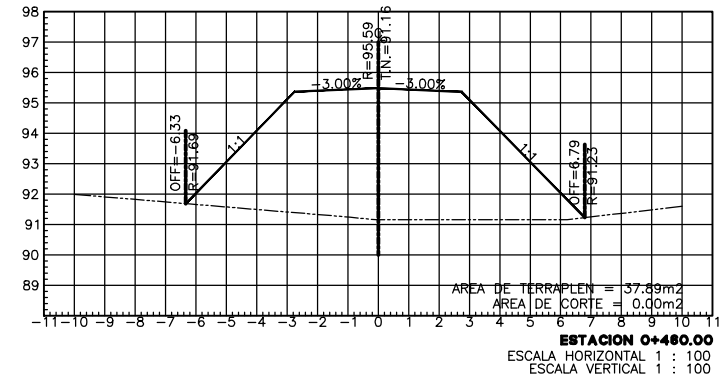
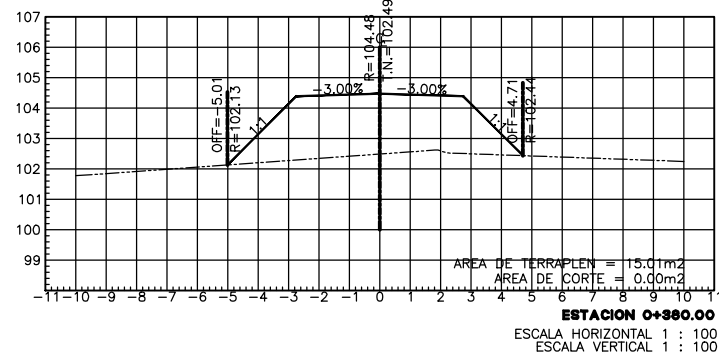
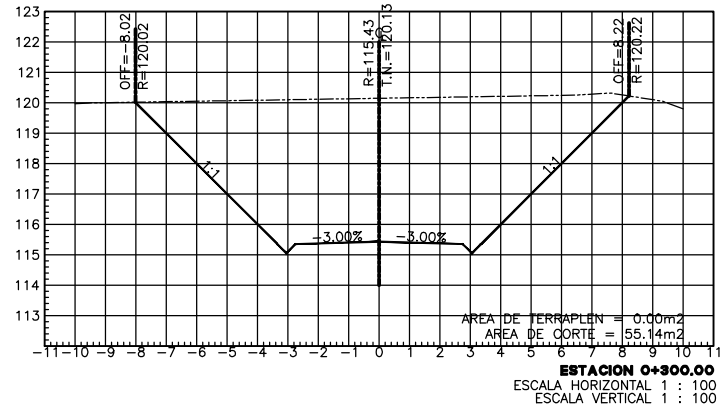
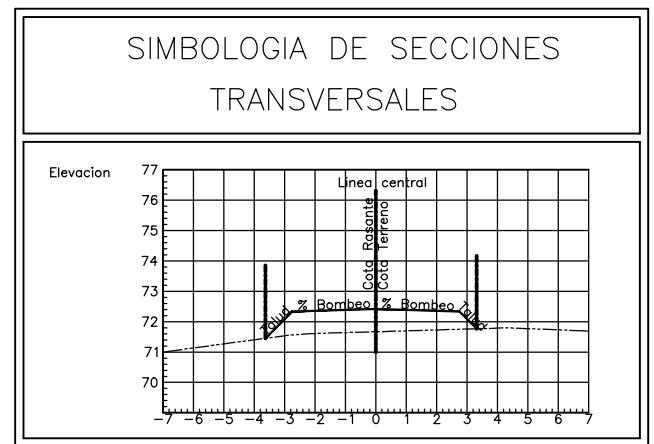
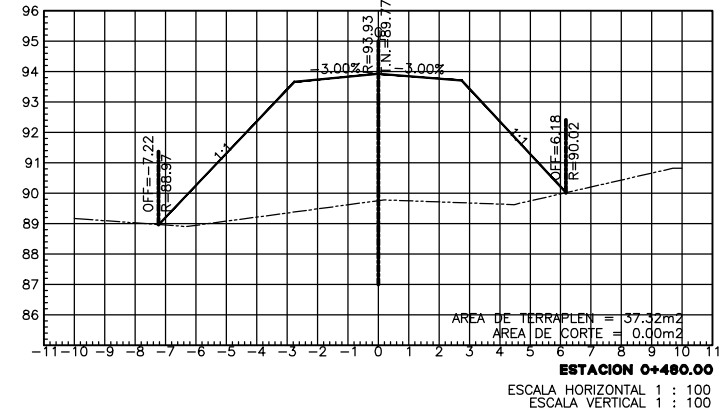
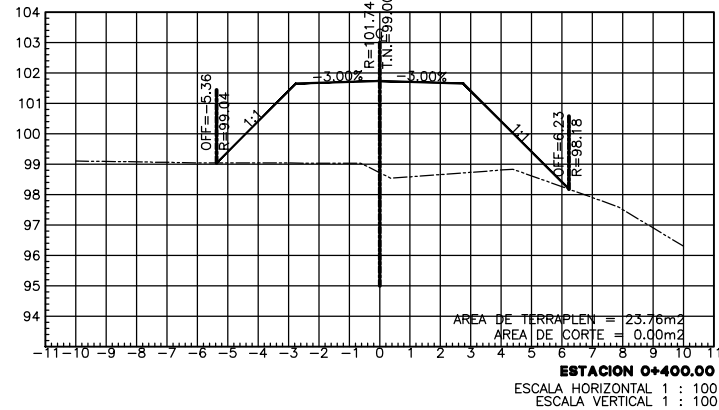
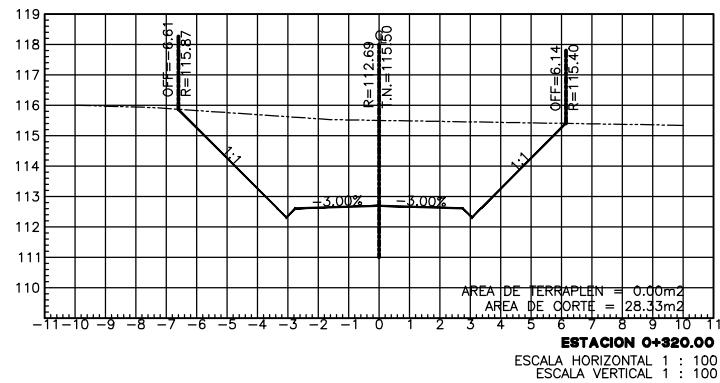
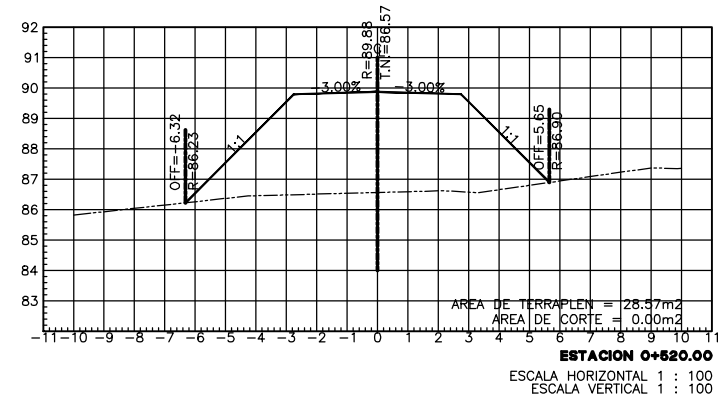
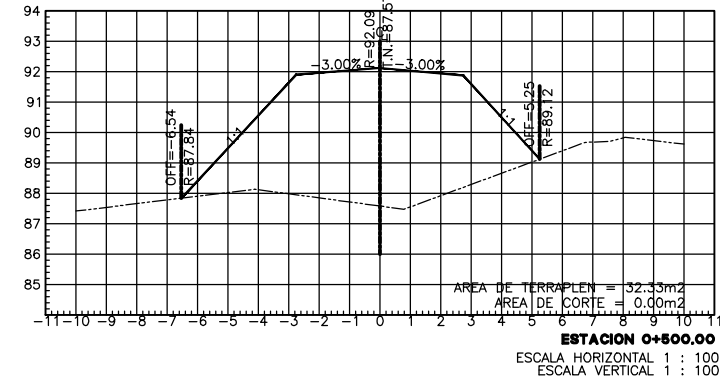
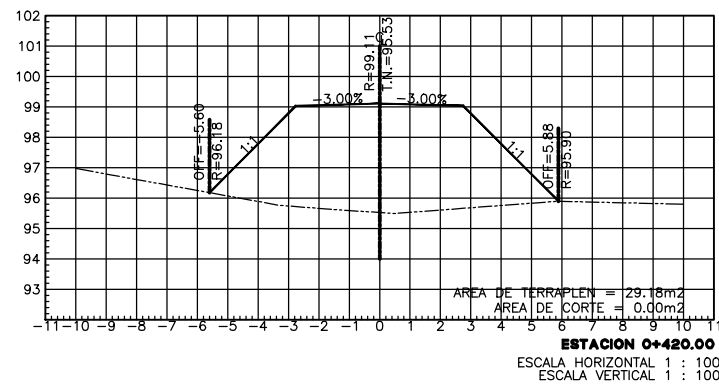
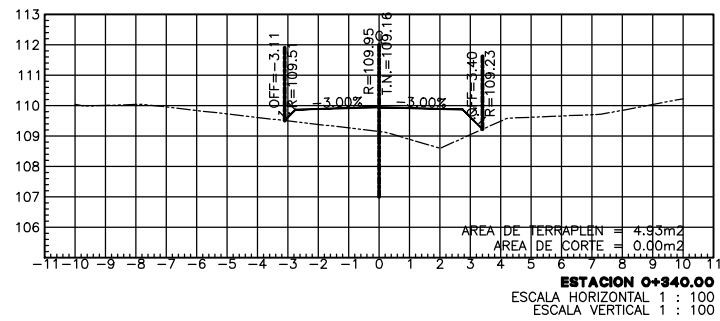
Estudiante:
José Roberto Flores Leytán

Va.Bo.

Va. Bo.
Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor

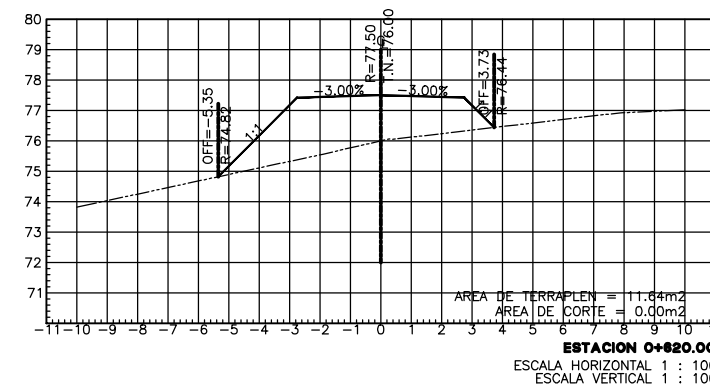
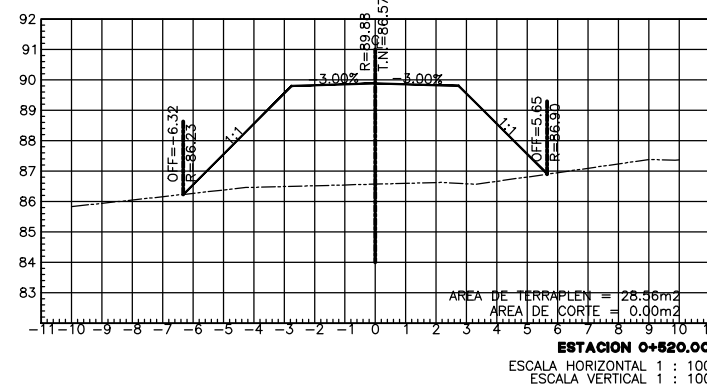
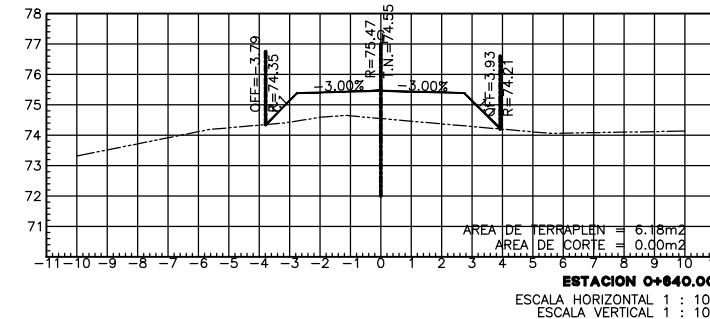
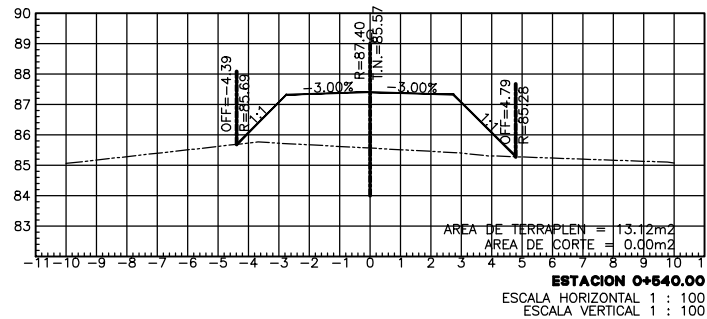
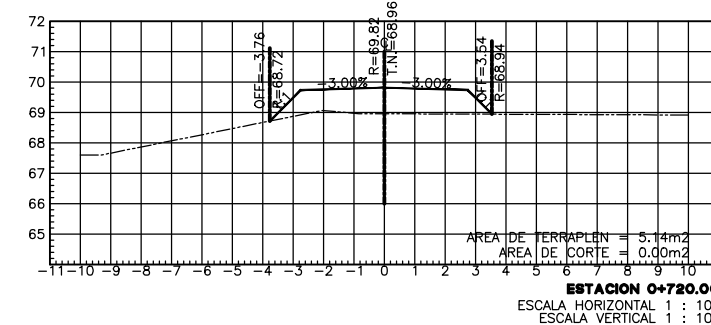
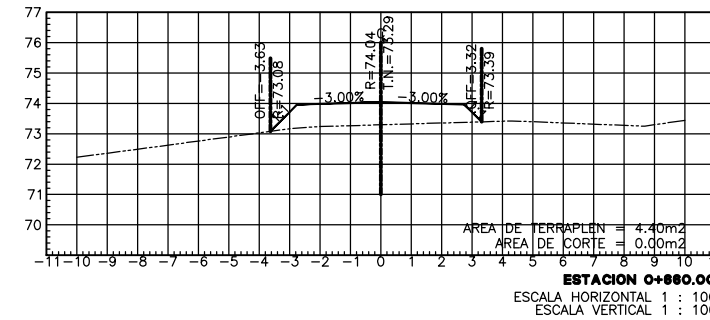
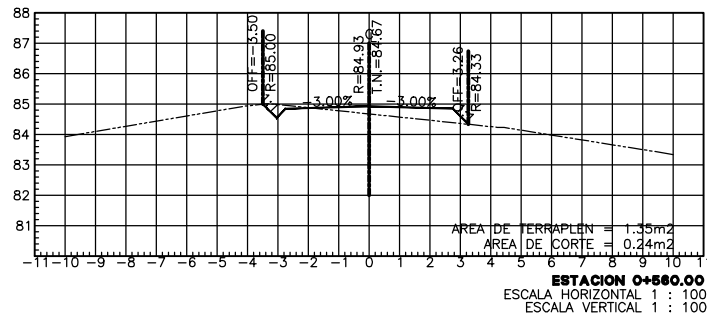
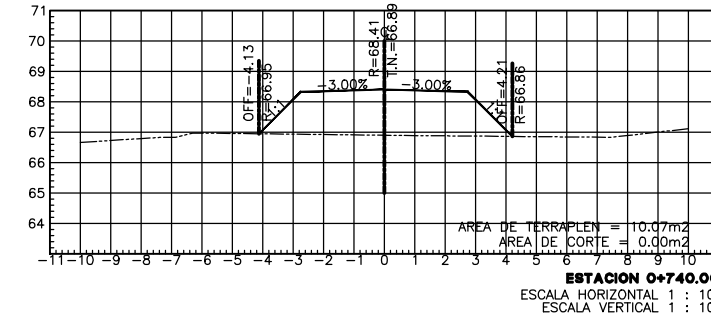
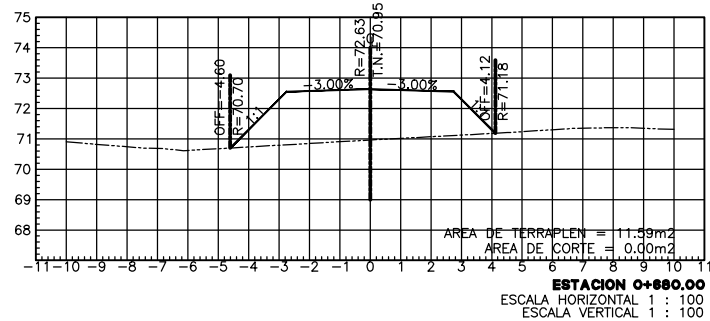
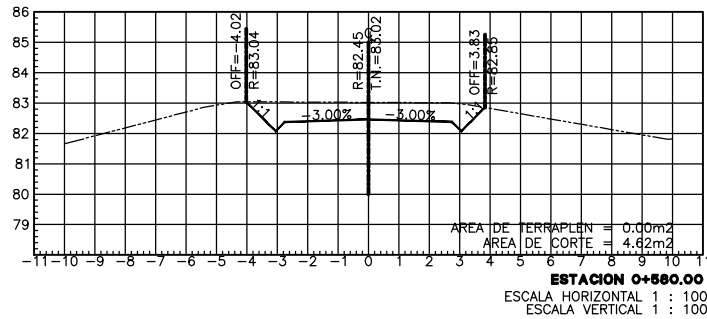
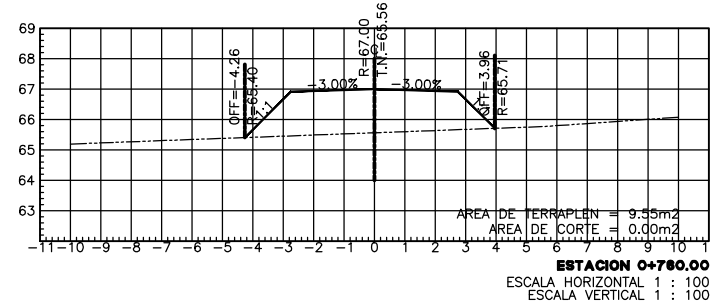
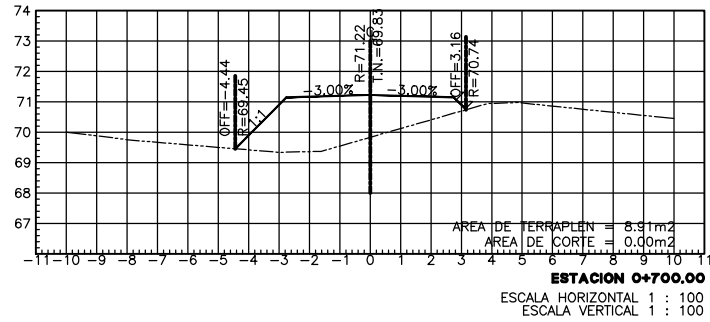
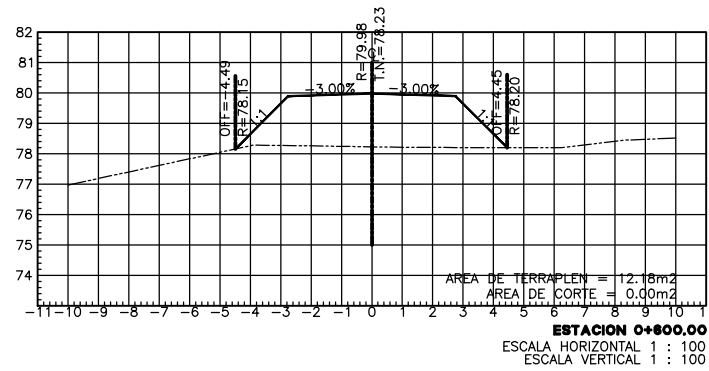
Hoja
05
08
Carné:
2008-43488



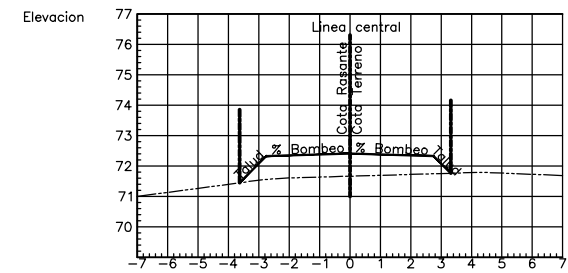


SECCIONES TRANSVERSALES EST. 0+260 A 0+520

Centro Universitario de Oriente - CUNORI		
Proyecto: Diseño de tramo carretero del caserio El Trapichito hacia la aldea Guior		
Diseño: J.R.F.L.	Contenido: Secciones transversales Est. 0+260 a 0+520	Hoja: 06
Calculo: J.R.F.L.	Estudiante: José Roberto Flores Leytán	08
Dibujo: J.R.F.L.	Vo.Bo.	Carné: 2008-43488
Escala: Indicada	Ing. Jorge Manzanillo Varillas López	
Fecha:	Asesor	



SIMBOLOGIA DE SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIONES TRANSVERSALES EST. 0+520 A 0+760

Centro Universitario
de Oriente - CUNORI



Proyecto:
**Diseño de tramo carretero
del caserío El Trapichito
hacia la aldea Guir**

Diseño:
J.R.F.L.

Calculo:
J.R.F.L.

Dibujo:
J.R.F.L.

Escala:

Fecha:

Contenido:
**Secciones transversales
Est. 0+520 a 0+760**

Estudiante:
José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

Va. Bo.
Ing. Jorge Mauricio Vanegas Lopez
Asesor

Hoja

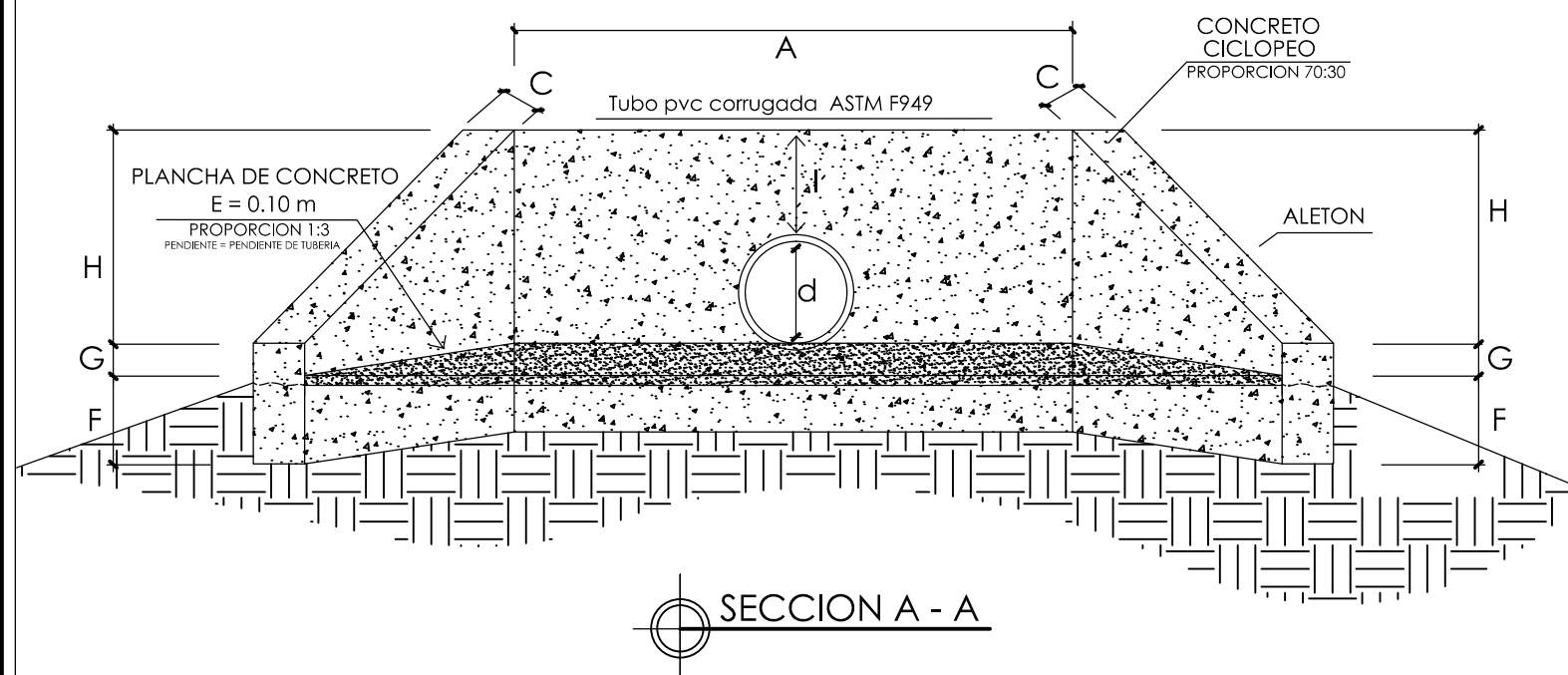
07

08

Carné:
2008-43488



El agregado grueso (piedrin) debe de ser de 1 pulgada, el agregado fino (arena) debe de ser rio y libre de materia organica, el agua debe de estar limpia.



APENDICE B

Diseño del alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro,
ciudad de Chiquimula:

- Levantamiento topográfico
- Diseño hidráulico
- Plano de localización
- Plano de Ubicación
- Planta topográfica
- Diagrama de flujo y densidad de viviendas
- Perfil y planta del proyecto (PV-1 a PV-8)
- Perfil y planta del proyecto (PV-3 a PV-2, PV-4 a PV-17)
- Perfil y planta del proyecto (PV-7 a PV-14, PV-11 a PV-14)
- Perfil y planta del proyecto (PV-6 a PV-13, PV-5 a PV-18)
- Perfil y planta del proyecto (PV-15 a PV-25)
- Perfil y planta del proyecto (PV-15 a PV-26, PV-16 a PV-28)
- Perfil y planta del proyecto (PV-26 a PV-20, PV-22 a PV-21, PV-24 a PV-23)
- Detalle de pozo de visita promedio

Tabla B-1. Levantamiento topográfico

Est.	PO	Azimut			Lectura hilos			Angulo vertical			DH	C. Parciales		C. Totales		Cota
					hs	hm	hi					y	x	Y	X	
L	N	210	41	15	1.964	1.482	1.00	91	14	45	96.35	-82.86	-49.17	-217.41	86.92	423.69
N	N1	29	32	30	1.024	1.012	1.00	100	20	5	2.32	2.02	1.15	-215.39	88.07	423.76
N	N2	307	38	15	1.064	1.032	1.00	92	23	0	6.39	3.90	-5.06	-213.51	81.86	423.90
N	N3	303	33	10	3.16	2.58	2.00	87	40	25	115.81	64.01	-96.51	-153.40	-9.59	427.32
N	N4	303	30	55	3.121	2.56	2.00	87	38	5	111.91	61.79	-93.30	-155.62	-6.38	427.26
N	N5	303	29	10	3.1	2.55	2.00	87	35	40	109.81	60.58	-91.58	-156.83	-4.66	427.26
N	N6	305	5	5	2.08	1.54	1.00	88	5	20	107.88	62.01	-88.28	-155.40	-1.36	427.26
N	N7	306	56	35	2.085	1.54	1.00	88	1	20	108.37	65.13	-86.61	-152.28	0.31	427.40
N	N8	306	52	10	2.125	1.56	2.00	88	3	0	12.49	7.49	-9.99	-209.92	76.93	424.07
N	N9	306	52	55	2.15	1.575	1.00	88	5	5	114.87	68.94	-91.88	-148.47	-4.96	427.47
N	N10	305	12	15	2.13	1.565	1.00	88	5	50	112.88	65.07	-92.23	-152.34	-5.31	427.38
N	N11	305	50	40	1.4	0.95	0.50	88	51	20	89.96	52.68	-72.93	-164.73	13.99	426.05
N	N12	303	11	25	1.94	1.47	1.00	88	16	5	93.91	51.41	-78.59	-166.00	8.33	426.57
N	N13	307	13	55	1.944	1.47	1.00	88	18	0	94.32	57.07	-75.09	-160.34	11.83	426.53
N	N14	303	4	15	1.9	1.45	1.00	88	27	15	89.93	49.08	-75.36	-168.33	11.56	426.18
N	N15	305	38	55	1.9	1.45	1.00	88	34	5	89.94	52.42	-73.09	-164.99	13.83	426.00
N	N16	307	20	55	1.9	1.45	1.00	88	34	35	89.94	54.57	-71.50	-162.84	15.42	425.99
N	N17	302	48	38	1.78	1.39	1.00	88	56	20	77.97	42.25	-65.53	-175.16	21.39	425.25
N	N18	305	23	35	1.772	1.386	1.00	89	58	40	77.20	44.71	-62.93	-172.70	23.99	423.84
N	N19	307	42	45	1.772	1.385	1.00	88	58	40	77.18	47.21	-61.05	-170.20	25.87	425.19
N	N20	302	12	30	1.396	1.198	1.00	88	48	20	39.58	21.10	-33.49	-196.31	53.43	424.83
N	N21	306	13	45	1.39	1.195	1.00	88	45	5	38.98	23.04	-31.44	-194.37	55.48	424.62
N	N22	311	11	30	2.086	1.89	1.70	87	47	10	38.54	25.38	-29.00	-192.03	57.92	424.80
N	N23	116	3	50	1.231	1.115	1.00	93	38	0	23.01	-10.11	20.67	-227.52	107.59	422.62
N	N24	120	35	50	1.23	1.115	1.00	93	57	40	22.89	-11.65	19.70	-229.06	106.62	422.50
N	N25	127	43	10	1.238	1.12	1.00	93	25	15	23.72	-14.51	18.76	-231.92	105.68	422.66
N	N26	120	33	25	1.77	1.38	1.00	91	55	5	76.91	-39.10	66.23	-256.51	153.15	421.24
N	N27	122	39	10	1.77	1.385	1.00	91	56	35	76.91	-41.50	64.76	-258.91	151.68	422.02
N	N28	125	2	66	1.78	1.39	1.00	91	47	50	77.92	-44.75	63.79	-262.16	150.71	421.36
N	N29	123	17	35	2	1.5	1.00	91	43	25	99.91	-54.84	83.51	-272.25	170.43	420.69
N	N30	123	18	5	2.04	1.52	1.00	91	39	30	103.91	-57.05	86.85	-274.46	173.77	420.67
N	N31	122	39	10	2.75	1.875	1.00	91	29	35	174.88	-94.36	147.24	-311.77	234.16	418.77
N	N32	123	23	30	2.75	1.875	1.00	91	29	5	174.88	-96.25	146.01	-313.66	232.93	418.79
N	N33	124	35	25	2.75	1.875	1.00	91	24	5	174.90	-99.29	143.98	-316.70	230.90	419.05
N	N34	218	47	20	1.151	1.075	1.00	92	40	25	15.07	-11.74	-9.44	-229.15	77.48	423.42
N	N35	227	33	35	2.55	1.725	1.00	88	45	15	154.93	-104.55	-114.33	-321.96	-27.41	419.67
N	N36	239	30	0	1.164	1.082	1.00	91	17	20	16.39	-8.32	-14.12	-225.73	72.80	423.75

Fuente: Elaboración propia

Continuación de Tabla B-1

Est.	PO	Azimut			Lectura hilos			DH	Coor. Parciales		Coor. Totales		Cota
					hs	hm	hi		y	x	Y	X	
N	N37	216	4	15	1.84	1.62	1.50	33.98	-27.47	-20.01	-244.88	66.91	422.85
N	N38	220	55	10	1.31	1.155	1.00	30.94	-23.38	-20.26	-240.79	66.66	422.65
N	N39	226	29	0	1.32	1.156	1.00	31.96	-22.01	-23.18	-239.42	63.74	422.90
N	N40	217	37	40	1.42	1.21	1.00	41.88	-33.17	-25.57	-250.58	61.35	421.79
N	N41	220	33	0	1.42	1.21	1.00	41.89	-31.83	-27.23	-249.24	59.69	421.85
N	N42	224	38	40	1.42	1.21	1.00	41.89	-29.81	-29.44	-247.22	57.48	421.87
N	N43	218	21	10	1.48	1.24	1.00	47.89	-37.55	-29.71	-254.96	57.21	421.62
N	N44	221	51	5	1.47	1.235	1.00	46.89	-34.93	-31.28	-252.34	55.64	421.68
N	N45	225	19	25	1.47	1.2351	1.00	46.89	-32.97	-33.34	-250.38	53.58	421.71
N	O	223	3	5	1.665	1.335	1.00	66.42	-48.54	-45.34	-265.95	41.58	421.62
O	O1	243	24	50	1.04	1.02	1.00	3.97	-1.78	-3.55	-267.73	38.03	421.64
O	O2	272	40	20	1.042	1.021	1.00	4.19	0.20	-4.18	-265.75	37.40	421.76
O	O3	297	32	45	1.056	1.028	1.00	5.59	2.59	-4.96	-263.36	36.62	421.76
O	O4	248	32	50	2.75	2.623	2.50	24.79	-9.07	-23.07	-275.02	18.51	422.69
O	O5	256	14	10	1.25	1.125	1.00	24.97	-5.94	-24.26	-271.89	17.32	422.73
O	O6	265	9	50	1.26	1.13	1.00	25.94	-2.19	-25.85	-268.14	15.73	423.11
O	O7	263	40	55	1.32	1.16	1.00	31.95	-3.52	-31.75	-269.47	9.83	423.19
O	O8	264	41	10	1.29	1.145	1.00	28.97	-2.68	-28.84	-268.63	12.74	422.88
O	O9	248	45	45	3.31	3.155	3.00	30.78	-11.15	-28.69	-277.10	12.89	422.48
O	O10	247	18	35	3.29	3.145	3.00	28.78	-11.10	-26.55	-277.05	15.03	422.41
O	P	267	8	50	1.26	1.13	1.00	25.95	-1.29	-25.92	-267.24	15.66	423.05
P	P1	166	50	5	1.29	1.145	1.00	28.94	-28.18	6.59	-295.42	22.25	421.96
P	P2	170	33	30	1.292	1.146	1.00	29.13	-28.73	4.78	-295.97	20.44	421.85
P	P3	176	13	10	1.296	1.148	1.00	29.56	-29.50	1.95	-296.74	17.61	422.23
P	P4	167	30	15	1.58	1.295	1.00	57.90	-56.53	12.53	-323.77	28.19	420.76
P	P5	167	12	30	1.55	1.275	1.00	54.90	-53.54	12.15	-320.78	27.81	420.82
P	P6	167	7	5	1.508	1.254	1.00	50.71	-49.43	11.30	-316.67	26.96	421.02
P	P7	165	30	20	1.6088	1.304	1.00	60.79	-58.85	15.21	-326.09	30.87	420.79
P	P8	166	25	55	1.55	1.28	1.00	54.89	-53.36	12.88	-320.60	28.54	420.70
P	P9	165	23	20	1.51	1.251	1.00	50.91	-49.26	12.84	-316.50	28.50	421.02
P	P10	174	34	25	1.62	1.31	1.00	61.89	-61.61	5.85	-328.85	21.51	420.54
P	P11	174	33	10	1.66	1.33	1.00	65.89	-65.59	6.25	-332.83	21.91	420.45
P	P12	174	27	50	1.716	1.358	1.00	71.49	-71.16	6.90	-338.40	22.56	420.35
P	P13	174	39	15	1.746	1.37	1.00	74.49	-74.17	6.94	-341.41	22.60	420.27
P	P14	174	0	25	1.8	1.4	1.00	79.88	-79.45	8.34	-346.69	24.00	420.00
P	P15	170	46	45	1.8	1.4	1.00	79.88	-78.85	12.80	-346.09	28.46	419.94
P	P16	168	20	0	2.1	1.7	1.30	79.91	-78.26	16.16	-345.50	31.82	420.06
P	P17	171	9	0	1.65	1.325	1.00	64.88	-64.11	9.98	-331.35	25.64	420.38
P	P18	168	48	5	2.084	1.542	1.00	108.26	-106.20	21.02	-373.44	36.68	419.01

Fuente: Elaboración propia

Continuación de Tabla B-1

Est.	PO	Azimut			Lectura hilos			DH	Coord. Parciales		Coord. Totales		Cota
					hs	hm	hi		y	x	Y	X	
P	P19	168	39	5	2.05	1.525	1.00	104.86	-102.81	20.63	-370.05	36.29	419.08
P	P20	168	31	50	2	1.5	1.00	99.86	-97.87	19.86	-365.11	35.52	419.23
P	P21	170	35	55	2.045	1.52	1.00	104.36	-102.95	17.05	-370.19	32.71	419.06
P	P22	172	26	50	2.05	1.525	1.00	104.88	-103.97	13.79	-371.21	29.45	419.35
P	P23	169	28	5	2.6	1.8	1.00	159.81	-157.12	29.21	-424.36	44.87	417.19
P	P24	169	24	40	2.55	1.775	1.00	154.81	-152.17	28.45	-419.41	44.11	417.26
P	P25	169	23	35	2.5	1.75	1.00	149.82	-147.26	27.58	-414.50	43.24	417.54
P	P26	170	49	5	2.55	1.78	1.00	154.94	-152.96	24.72	-420.20	40.38	417.38
P	P27	172	20	30	2.56	1.78	1.00	155.82	-154.43	20.77	-421.67	36.43	417.36
P	P28	170	25	0	4.02	3.01	2.00	201.82	-199.00	33.60	-466.24	49.26	415.36
P	P29	171	15	5	4.03	3.01	2.00	202.93	-200.57	30.87	-467.81	46.53	417.65
P	P30	171	59	10	3.045	2.025	1.00	204.24	-202.25	28.47	-469.49	44.13	415.17
P	P31	291	17	15	1.098	1.049	1.00	9.80	3.56	-9.13	-263.68	6.53	423.24
P	P32	305	49	55	1.1118	1.059	1.00	11.18	6.54	-9.06	-260.70	6.60	423.26
P	P33	315	8	0	1.14	1.07	1.00	14.00	9.92	-9.88	-257.32	5.78	423.40
P	P34	325	40	20	1.128	1.064	1.00	12.80	10.57	-7.22	-256.67	8.44	423.32
P	P35	338	2	40	1.122	1.061	1.00	12.20	11.31	-4.56	-255.93	11.10	423.53
P	P36	347	14	15	1.06	1.03	1.00	6.00	5.85	-1.32	-261.39	14.34	423.29
P	P37	318	46	45	1.07	1.035	1.00	6.98	5.25	-4.60	-261.99	11.06	423.10
P	P38	333	34	5	1.38	1.19	1.00	37.97	34.00	-16.90	-233.24	-1.24	424.38
P	P39	337	59	55	1.37	1.185	1.00	36.97	34.28	-13.85	-232.96	1.81	424.37
P	P40	342	19	0	1.364	1.182	1.00	36.37	34.65	-11.05	-232.59	4.61	424.33
P	P41	339	56	40	1.92	1.46	1.00	91.88	86.31	-31.51	-180.93	-15.85	426.26
P	P42	341	46	5	1.922	1.461	1.00	92.08	87.46	-28.81	-179.78	-13.15	426.33
P	P43	343	56	0	1.918	1.459	1.00	91.68	88.10	-25.37	-179.14	-9.71	426.32
P	P44	339	40	40	1.945	1.472	1.00	94.38	88.50	-32.78	-178.74	-17.12	426.37
P	P45	340	34	35	2	1.5	1.00	99.86	94.18	-33.21	-173.06	-17.55	426.64
P	P46	340	44	25	2.02	1.51	1.00	101.86	96.16	-33.60	-171.08	-17.94	426.74
P	P47	340	50	35	2.05	1.525	1.00	104.85	99.05	-34.41	-168.19	-18.75	426.88
P	P48	342	23	35	2.02	1.51	1.00	101.86	97.09	-30.81	-170.15	-15.15	426.74
P	P49	344	0	5	2	1.5	1.00	99.86	95.99	-27.52	-171.25	-11.86	426.67
P	P50	343	57	40	2.06	1.53	1.00	105.85	101.73	-29.25	-165.51	-13.59	426.90
P	P51	343	56	25	2.08	1.544	1.00	107.85	103.64	-29.83	-163.60	-14.17	426.97
P	P52	341	44	0	2.444	1.722	1.00	144.19	136.93	-45.20	-130.31	-29.54	428.22
P	P53	342	41	30	2.47	1.73	1.00	146.79	140.14	-43.67	-127.10	-28.01	428.30
P	P54	343	40	20	2.45	1.725	1.00	144.79	138.95	-40.70	-128.29	-25.04	428.30
P	Q	169	30	35	1.69	1.345	1.00	68.88	-67.73	12.54	-334.97	28.20	420.25
Q	Q1	173	0	10	2.9	1.95	1.00	189.80	-188.39	23.12	-523.36	51.32	413.70
Q	Q2	173	15	35	2.874	1.935	1.00	187.20	-185.91	21.97	-520.88	50.17	413.69

Fuente: Elaboración propia

Continuación de Tabla B-1

Est.	PO	Azimut			Lectura hilos			DH	Coor. Parciales		Coor. Totales		Cota
					hs	hm	hi		y	x	Y	X	
Q	Q3	171	42	5	2.9	1.95	1.00	189.80	-187.81	27.39	-522.78	55.59	413.63
Q	Q4	216	12	5	1.201	1.1	1.00	20.09	-16.21	-11.86	-351.18	16.34	420.15
Q	Q5	212	8	10	1.198	1.099	1.00	19.79	-16.76	-10.53	-351.73	17.67	420.13
Q	Q6	207	35	55	1.192	1.096	1.00	19.19	-17.00	-8.89	-351.97	19.31	420.13
Q	Q7	283	22	55	1.452	1.225	1.00	45.17	10.45	-43.95	-324.52	-15.75	421.64
Q	Q8	289	21	50	1.448	1.224	1.00	44.78	14.85	-42.24	-320.12	-14.04	421.55
Q	Q9	293	4	35	1.442	1.221	1.00	44.17	17.31	-40.64	-317.66	-12.44	421.61
Q	Q10	283	46	35	1.5	1.25	1.00	49.97	11.90	-48.54	-323.07	-20.34	421.64
Q	Q11	284	35	45	1.54	1.271	1.00	53.97	13.60	-52.23	-321.37	-24.03	421.76
Q	Q12	288	3	15	1.545	1.272	1.00	54.47	16.88	-51.78	-318.09	-23.58	421.81
Q	Q13	291	32	15	1.542	1.271	1.00	54.16	19.88	-50.38	-315.09	-22.18	421.87
Q	Q14	292	57	10	1.498	1.248	1.00	49.77	19.41	-45.83	-315.56	-17.63	421.78
Q	R	289	14	10	1.98	1.49	1.00	97.93	32.26	-92.46	-302.71	-64.26	422.86
R	R1	26	15	15	1.08	1.04	1.00	7.99	7.17	3.54	-295.54	-60.72	423.03
R	R2	3	46	10	1.082	1.041	1.00	8.20	8.18	0.54	-294.53	-63.72	423.10
R	R3	326	57	40	1.076	1.038	1.00	7.60	6.37	-4.14	-296.34	-68.40	423.15
R	R4	299	19	20	1.052	1.026	1.00	5.19	2.54	-4.53	-300.17	-68.79	423.06
R	R5	248	19	45	1.064	1.032	1.00	6.38	-2.36	-5.93	-305.07	-70.19	422.88
R	R6	182	26	15	1.05	1.025	1.00	4.95	-4.94	-0.21	-307.65	-64.47	422.73
R	R7	199	38	25	1.24	1.12	1.00	23.80	-22.41	-8.00	-325.12	-72.26	420.95
R	R8	206	15	20	1.162	1.132	1.00	16.11	-14.45	-7.13	-317.16	-71.39	421.94
R	R9	283	18	50	1.162	1.081	1.00	16.20	3.73	-15.76	-298.98	-80.02	423.36
R	R10	294	7	10	1.16	1.08	1.00	15.99	6.54	-14.60	-296.17	-78.86	423.48
R	R11	307	1	25	1.168	1.084	1.00	16.78	10.10	-13.39	-292.61	-77.65	423.82
R	R12	209	12	5	1.04	1.022	1.00	3.93	-3.43	-1.92	-306.14	-66.18	422.72
R	R13	212	37	0	1.251	1.125	1.00	24.95	-21.02	-13.45	-323.73	-77.71	421.23
R	R14	123	52	10	1.176	1.087	1.00	17.56	-9.78	14.58	-312.49	-49.68	422.31
R	R15	111	26	50	1.169	1.084	1.00	16.84	-6.16	15.68	-308.87	-48.58	422.20
R	R16	100	47	40	1.074	1.087	1.00	7.38	-1.38	7.25	-304.09	-57.01	422.83
N21	Nivel 1	-	-	-	-	3.21	-	38.48	-	-	-	-	423.14
N27	Nivel 2	-	-	-	-	3.55	-	47.86	-	-	-	-	420.28
N29	Nivel 3	-	-	-	-	3.61	-	46.95	-	-	-	-	418.56
N35	Nivel 4	-	-	-	-	2.15	-	46.68	-	-	-	-	417.35
P9	Nivel 5	-	-	-	-	3.32	-	33.16	-	-	-	-	418.61
P21	Nivel 6	-	-	-	-	1.7	-	32.37	-	-	-	-	418.65
P26	Nivel 7	-	-	-	-	2.4	-	42.63	-	-	-	-	416.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla B-2. Diseño hidráulico

Proyecto:		Diseño del alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, ciudad de Chiquimula																			
Tramo		Longitud (m)	Cota de terreno		Pendiente de terreno (%)	Cota invert		Pendiente de tubería (%)	Viviendas		Qi (m3/seg)	Q diseño (m3/seg)	Q acumulado (m3/seg)	Tubería novafort				Volumen de excavacion			
De	A		Inicial	Final		Salida	Entrada		Actuales	Acumuladas				Diametro	Caudal (m3/seg)	Velocidad (m/seg)	# tubos	H1 (m)	H2 (m)	Ancho	Volumen (m3)
Fase II	PV 1	-	-	-	-	-	425.71	-	-	-	-	-	2.20	6"	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	PV 4	-	-	-	-	-	421.93	-	-	-	-	-	7.60	6"	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	PV 6	-	-	-	-	-	417.83	-	-	-	-	-	8.80	6"	-	-	-	-	-	-	-
PV 1	PV 2	49.87	427.35	424.62	5.47%	425.68	423.19	4.99%	7	7	0.2574	1.8018	4.0018	6"	49.3	2.78	9	1.67	1.43	0.455	35.17
PV 3	PV 2	38.48	423.14	424.62	-3.85%	421.94	421.75	0.49%	2	2	0.2574	0.5148	0.5148	6"	15.6	0.88	7	1.20	2.87	0.50	39.15
PV 2	PV 4	59.34	424.62	423.89	-1.69%, 3.24%	421.72	421.42	0.51%	4	13	0.2574	1.0296	5.5462	6"	15.6	0.88	10	2.90	2.47	0.50	79.66
PV 4	PV 5	53.31	423.90	422.03	3.51%	422.70	420.83	3.51%	5	5	0.2574	1.287	1.287	6"	41.2	2.33	10	1.20	1.20	0.455	29.11
PV 5	PV 6	54.82	422.03	420.72	2.39%	420.83	419.52	2.39%	3	3	0.2574	0.7722	0.7722	6"	34.1	1.93	10	1.20	1.20	0.455	29.93
PV 6	PV 7	33.31	420.72	419.67	3.15%	419.52	418.47	3.15%	2	2	0.2574	0.5148	0.5148	6"	39.8	2.19	6	1.20	1.20	0.455	18.19
PV 8	PV 7	37.25	418.64	419.67	-2.77%	417.44	417.25	0.51%	1	1	0.2574	0.2574	0.2574	6"	15.6	0.88	7	1.20	2.42	0.50	33.71
PV 4	PV 9A	38.11	423.90	422.41	3.91%	421.39	421.18	0.55%	2	15	0.2574	0.5148	13.661	6"	15.6	0.88	7	2.51	1.23	0.50	35.63
PV 9A	PV 9	33.19	422.41	421.83	1.75%	420.50	420.33	0.51%	4	19	0.2574	1.0296	14.6906	6"	15.6	0.88	6	1.91	1.50	0.50	28.29
PV 9	PV 17	24.25	421.83	422.60	-3.18%	420.30	420.18	0.49%	2	21	0.2574	0.5148	15.2054	6"	15.6	0.88	4	1.53	2.42	0.50	23.95
PV 7	PV 14	46.68	419.67	417.34	4.99%	417.22	416.14	2.31%	1	4	0.2574	0.2574	1.0296	6"	33.4	1.89	9	2.45	1.20	0.50	42.60
PV 14	PV 12	36.71	417.34	418.56	-3.32%	416.11	415.93	0.49%	1	5	0.2574	0.2574	1.287	6"	15.6	0.88	6	1.23	2.63	0.50	35.43
PV 6	PV 12	46.95	420.72	418.56	4.60%	417.80	417.36	0.94%	2	5	0.2574	0.5148	10.087	6"	20.9	1.18	8	2.92	1.20	0.50	48.36
PV 13	PV 12	52.15	417.84	418.56	-1.38%	416.64	416.38	0.50%	3	3	0.2574	0.7722	0.7722	6"	15.6	0.88	9	1.20	2.18	0.50	44.07
PV 12	PV 11	55.19	418.56	420.28	-3.12%	415.90	415.62	0.51%	1	14	0.2574	0.2574	12.4036	6"	15.6	0.88	10	2.66	4.66	0.50	101.00
PV 5	PV 11	47.86	422.03	420.28	3.66%	420.80	419.08	3.59%	2	7	0.2574	0.5148	1.8018	6"	41.8	2.36	9	1.23	1.20	0.455	26.46
PV 11	PV 19	59.77	420.28	418.61	2.79%	415.59	415.29	0.50%	4	25	0.2574	1.0296	15.235	6"	15.6	0.88	10	4.69	3.32	0.55	131.66
PV 19	PV 18	33.16	418.61	420.74	-6.42%	415.26	415.09	0.51%	5	30	0.2574	1.287	16.522	6"	17.1	0.88	6	3.35	5.65	0.55	82.07
PV 15	PV 15A	74.73	426.73	425.56	1.57%	425.53	424.36	1.57%	8	8	0.2574	2.0592	2.0592	6"	27.9	1.58	13	1.20	1.20	0.455	40.80
PV 15A	PV 26	64.65	425.56	423.09	3.82%	424.33	421.89	3.77%	7	15	0.2574	1.8018	3.861	6"	43	2.43	12	1.23	1.20	0.455	35.74
PV 16	PV 27	76.1	423.86	421.89	2.59%	422.66	420.69	2.59%	7	7	0.2574	1.8018	1.8018	6"	35.5	2.01	14	1.20	1.20	0.455	41.55
PV 28	PV 27	38.18	419.83	421.89	-5.40%	418.63	418.44	0.50%	3	3	0.2574	0.7722	0.7722	6"	15.6	0.88	7	1.20	3.45	0.50	44.38
PV 26	PV 27	48.3	423.09	421.89	2.48%	418.41	418.17	0.50%	6	21	0.2574	1.5444	5.4054	6"	15.6	0.88	9	4.68	3.72	0.55	111.57
PV 27	PV 20	46.81	421.89	420.26	3.48%	418.41	418.17	0.51%	2	33	0.2574	0.5148	8.4942	6"	15.6	0.88	8	3.48	2.09	0.50	65.18
PV 15	PV 16	78.83	426.73	423.86	3.64%	425.53	422.66	3.64%	6	6	0.2574	1.5444	1.5444	6"	41.8	2.36	14	1.20	1.20	0.455	43.04
PV 16	PV 17	29.01	423.86	422.60	4.34%	422.63	421.40	4.24%	3	9	0.2574	0.7722	2.3166	6"	45.2	2.55	5	1.23	1.20	0.455	16.04
PV 17	PV 18	46.92	422.6	420.74	3.96%	420.15	419.54	1.30%	2	32	0.2574	0.5148	18.0368	6"	25	1.42	8	2.45	1.20	0.50	42.81
PV 18	PV 20	14.25	420.74	420.26	3.37%	415.06	414.78	1.96%	1	63	0.2574	0.2574	34.8162	6"	35.5	1.76	3	5.68	5.48	0.55	43.73
PV 20	PV 21	34.37	420.26	419.25	2.94%	414.75	413.72	3.00%	2	98	0.2574	0.5148	43.8252	6"	44.1	2.15	6	5.51	5.53	0.55	104.35
PV 22	PV 21	32.37	418.65	419.25	-1.85%	417.45	417.29	0.49%	6	6	0.2574	1.5444	1.5444	6"	15.6	0.88	6	1.20	1.96	0.50	25.57
PV 24	PV 23	42.63	416.47	417.38	-2.13%	415.27	415.06	0.49%	4	4	0.2574	1.0296	1.0296	6"	15.6	0.88	8	1.20	2.32	0.50	37.51
PV 21	PV 23	50.01	419.25	417.38	3.74%	413.69	412.04	3.30%	3	107	0.2574	0.7722	46.1418	6"	46.2	2.26	9	5.56	5.34	0.55	149.90
PV 23	PV 25	48.96	417.38	415.75	3.33%	412.01	410.3	3.49%	0	111	0.2574	0	47.1714	6"	47.3	2.33	9	5.37	5.45	0.55	145.68
		1526.52							111				47.1714				274	78.64			1812.31

Fuente: Elaboración propia

Figura B-3. Plano de localización

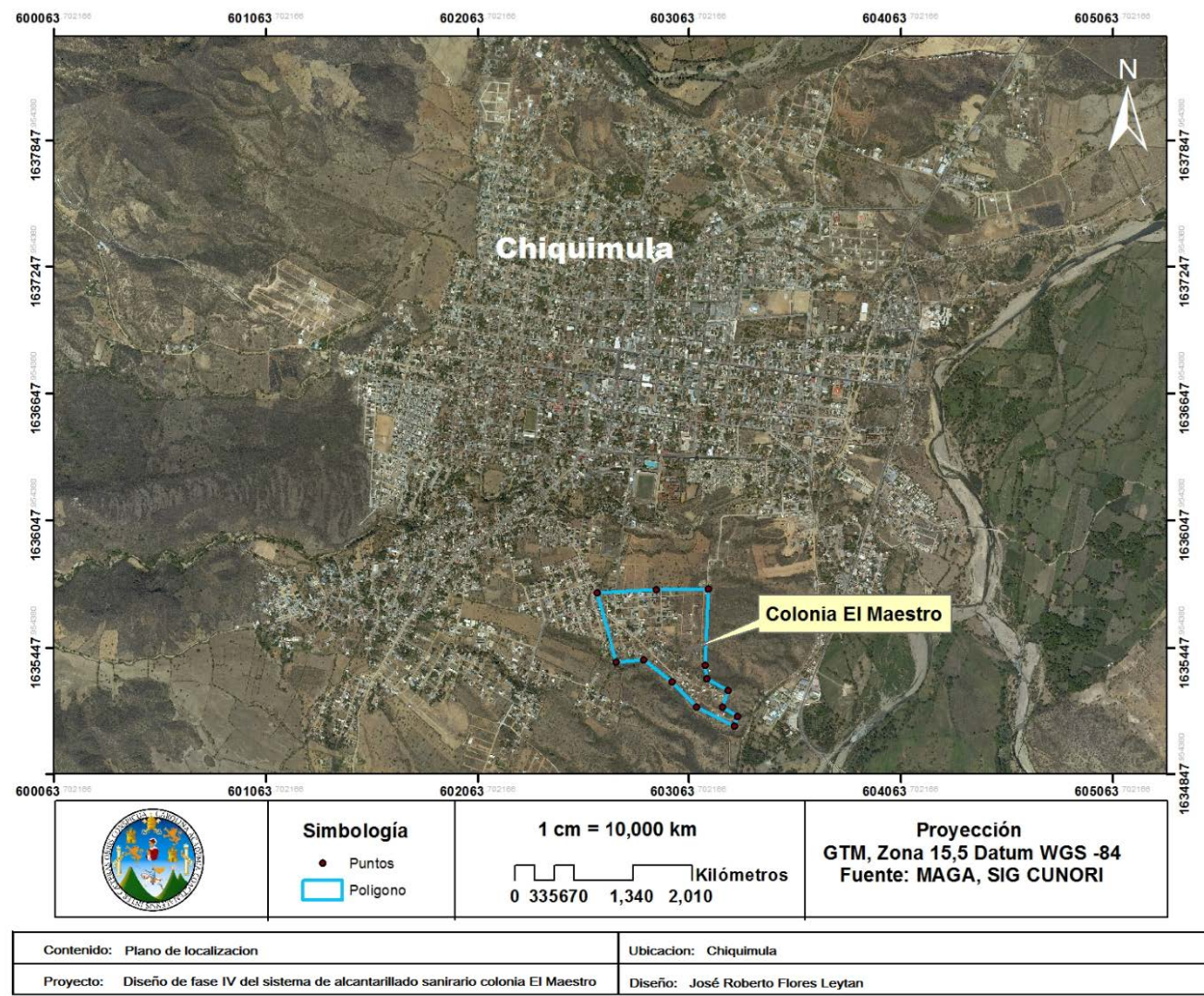
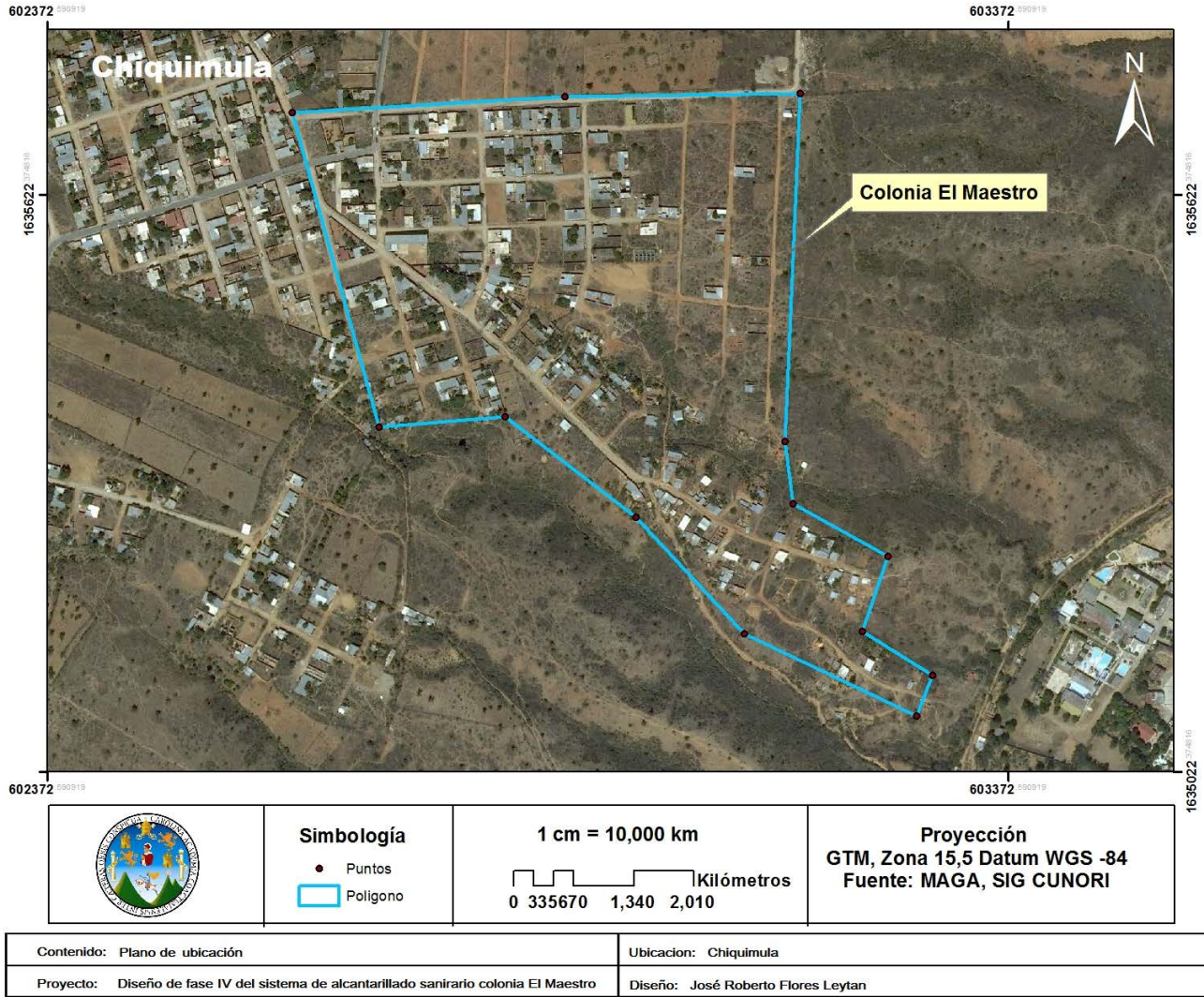
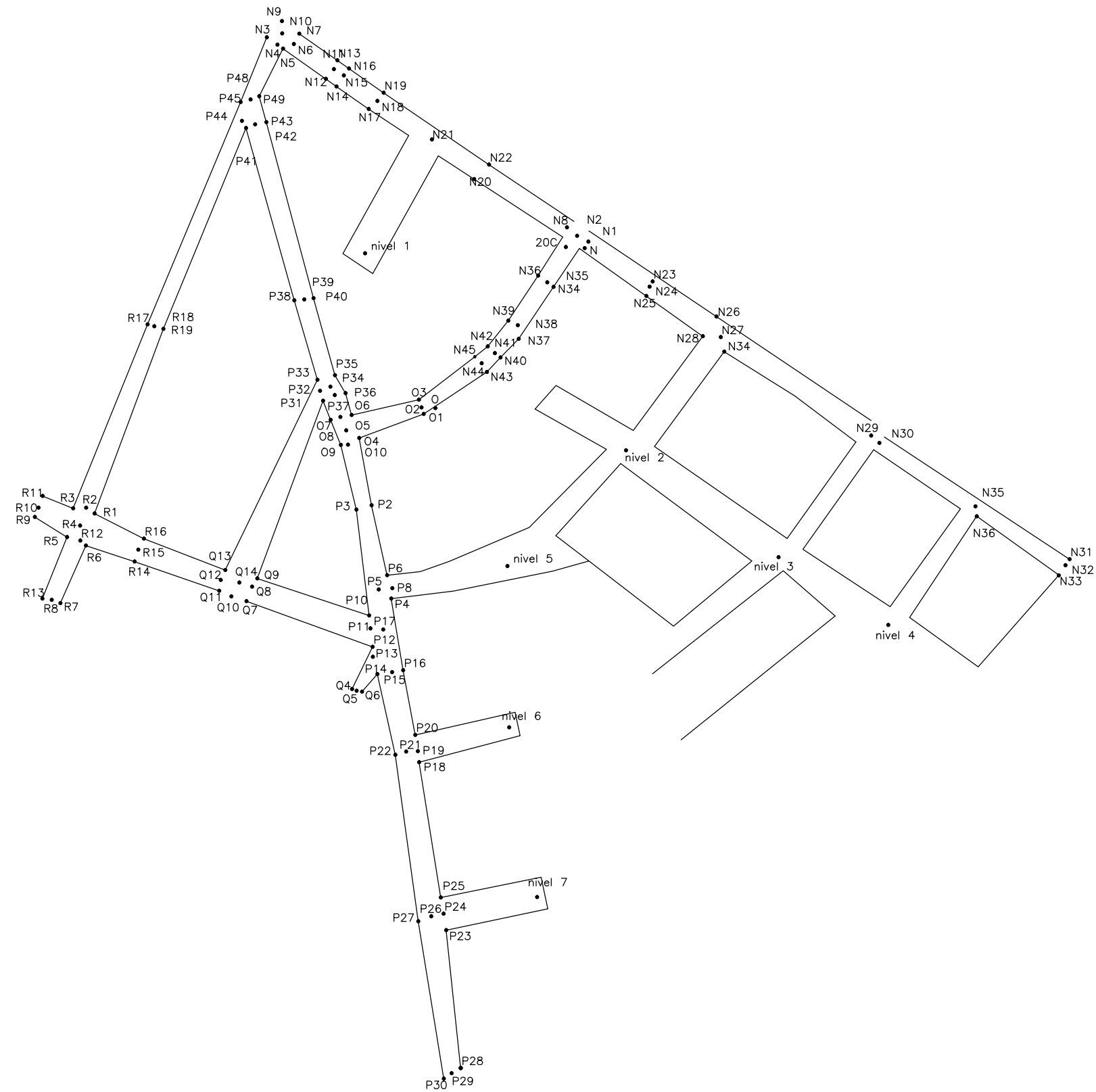
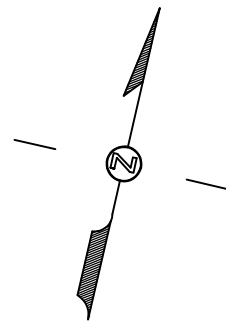
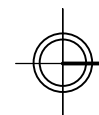


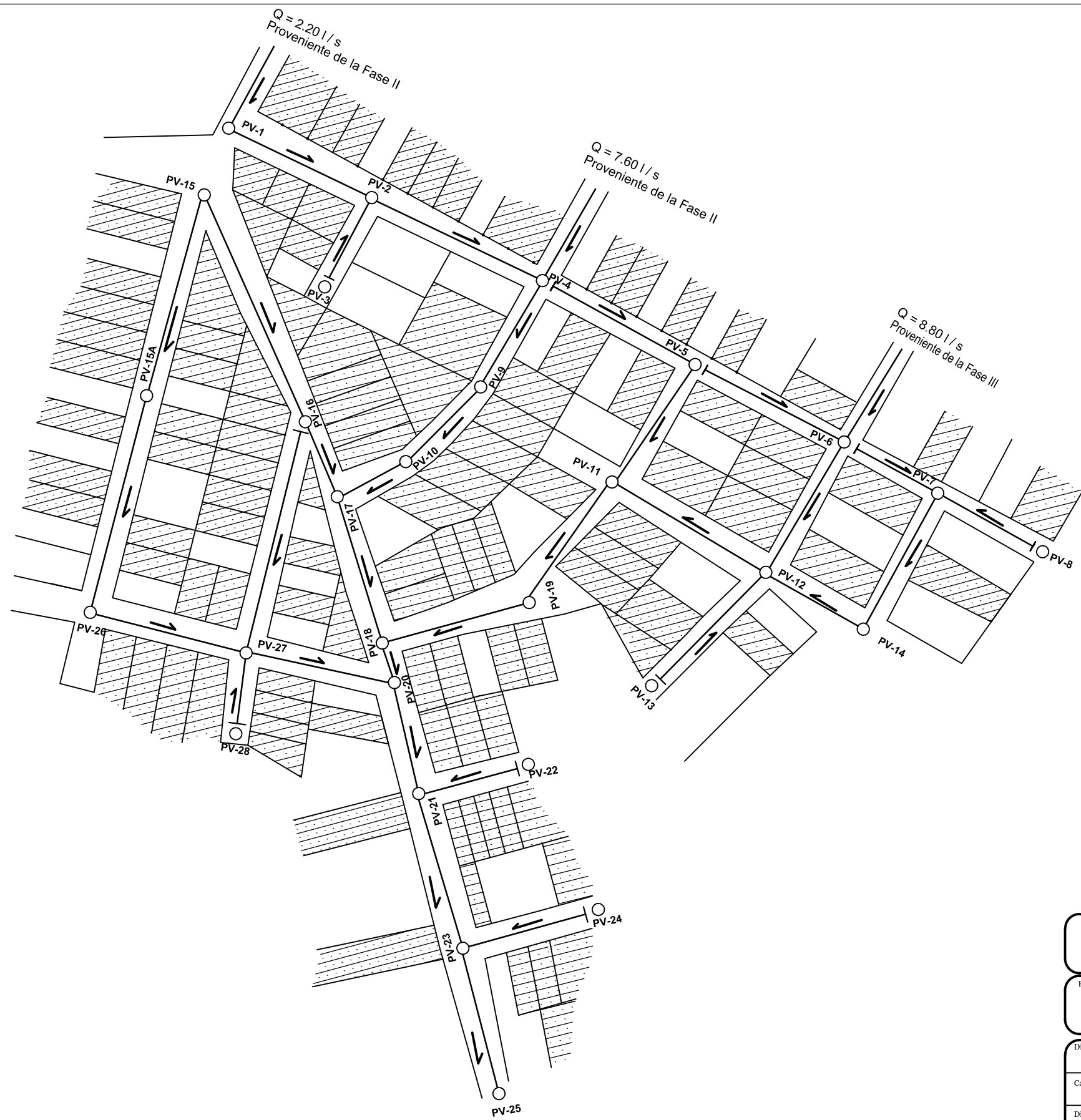
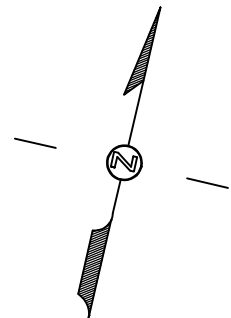
Figura B-4. Plano de ubicación





 **PLANTA TOPOGRAFICA**
Esc: 1:1450

Centro Universitario de Oriente - CUNORI		
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.		
Diseño: J.R.F.L.	Contenido: -Planta topografica	Hoja: 01 10
Calculo: J.R.F.L.	Estudiante: José Roberto Flores Leytán	Carné: 2008-43488
Dibujo: J.R.F.L.	Vo.Bo. Ing. Sergio A. Ramos Urrutia Asesor	
Escala: Indicada	Fecha: 2016	



SIMBOLOGIA DE PLANTA	
	Pozo de visita
	Inicio de tramo de tubería
	Dirección del flujo
	Vivienda actual

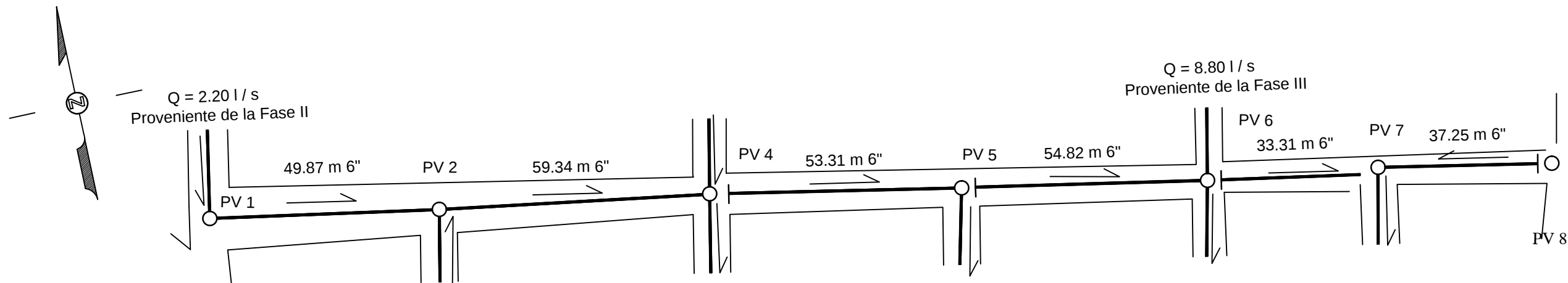
 **DIAGRAMA DE FLUJO Y DENSIDAD DE VIVIENDAS**
Esc: 1:1450

Centro Universitario de Oriente - CUNORI

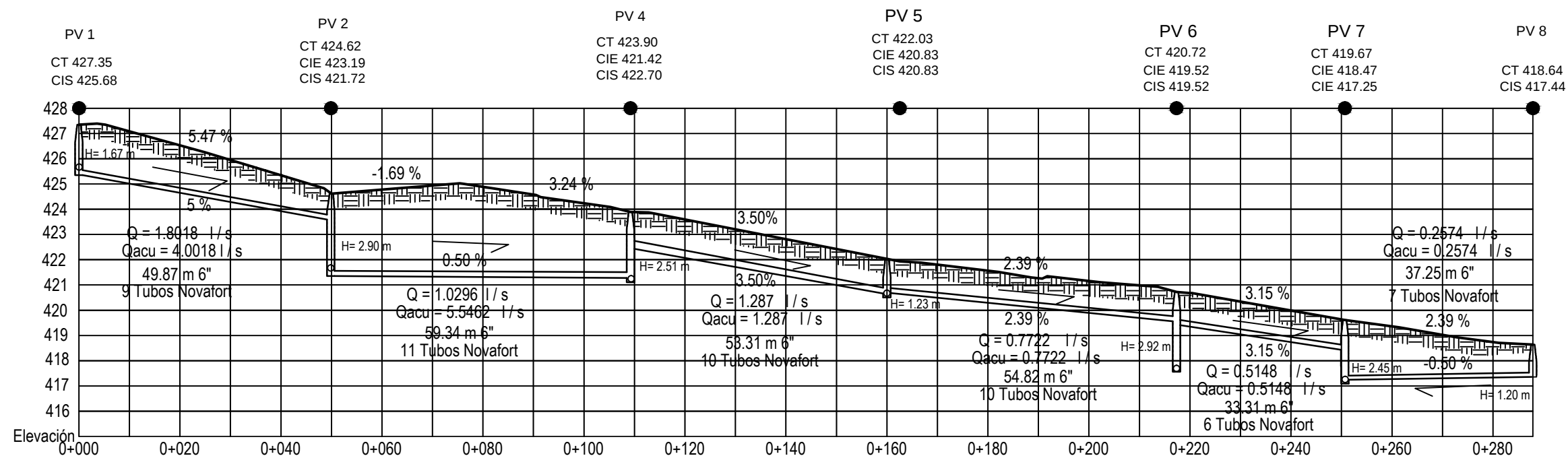
Proyecto:
**Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.**



Diseño: J.R.F.L.	Contenido: - Diagrama de flujo del sistema - Densidad de viviendas	Hoja 02 / 10
Calculo: J.R.F.L.	Estudiante: José Roberto Flores Leytán	Carné: 2008-43488
Dibujo: J.R.F.L.	Vo.Bo. Ing. Sergio A. Ramos Urrutia Asesor	
Escala: Indicada		
Fecha: 2016		



PLANTA DE PV 1 A PV 8
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 1 A PV 8
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

REFERENCIAS	
	POZO DE VISITA
	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
	TRAMO INICIAL NOVAFORT
	DIRECCION FLUJO
	PENDIENTE
	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVER ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16
PV 35	1% PV 36

COTA DE TERRENO

Centro Universitario
de Oriente - CUNORI

Proyecto:

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.

Diseño:
J.R.F.L.

Calculo:
J.R.F.L.

Dibujo:
J.R.F.L.

Escala:
Indicada

Fecha:
2016

Contenido:
Planta - Perfil
Diseño del sistema de alcantarillado

Estudiante:
José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

Vo. Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor

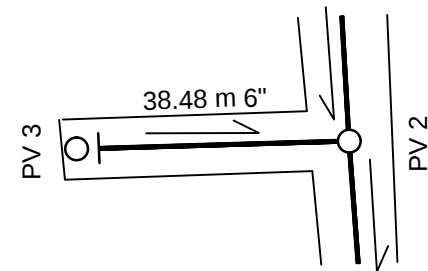
Hoja

03
10

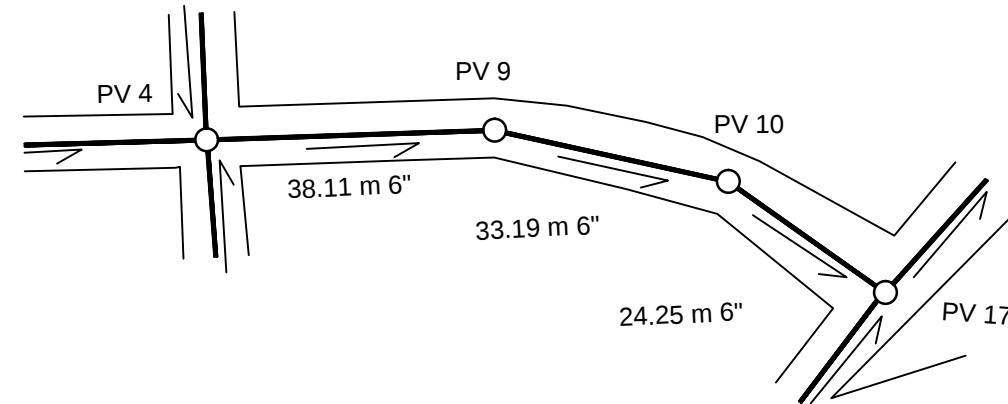
Carné:

2008-43488

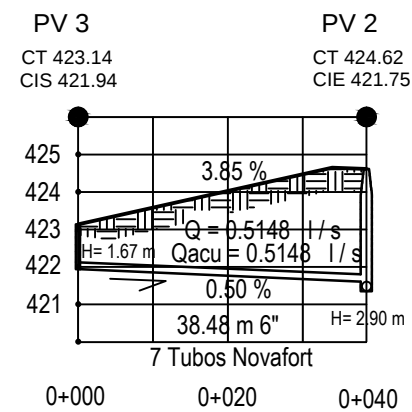




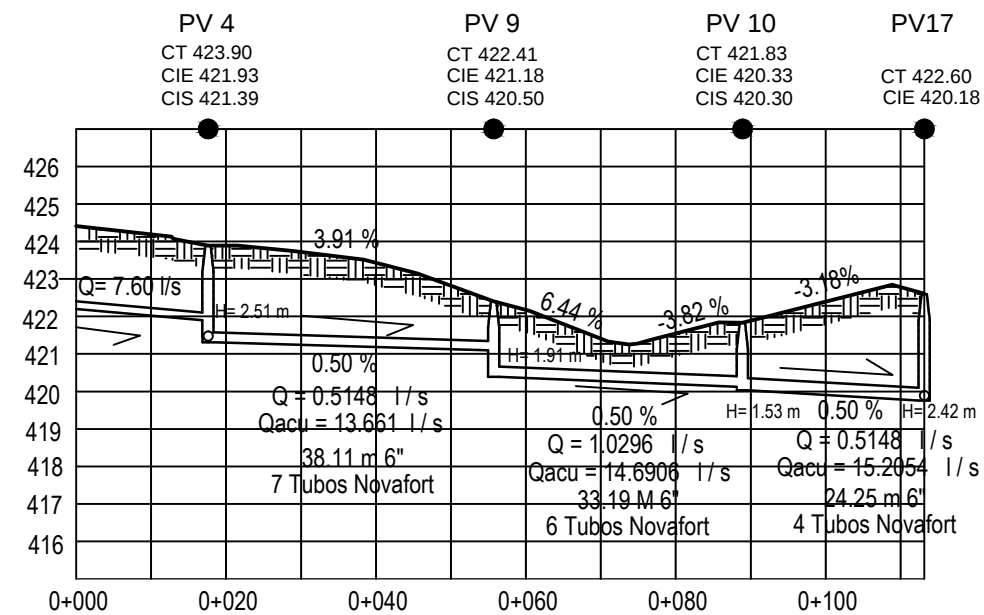
PLANTA DE PV 3 A PV 2
Esc. Hor: 1:1000



PLANTA DE PV 4 A PV 17
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 3 A PV 2
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

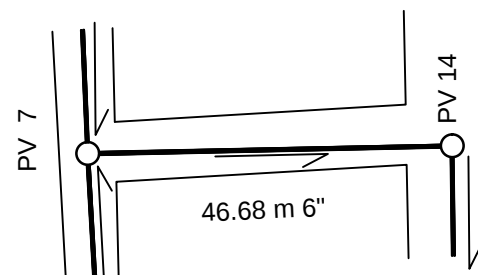


PERFIL DE PV 4 A PV 17
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

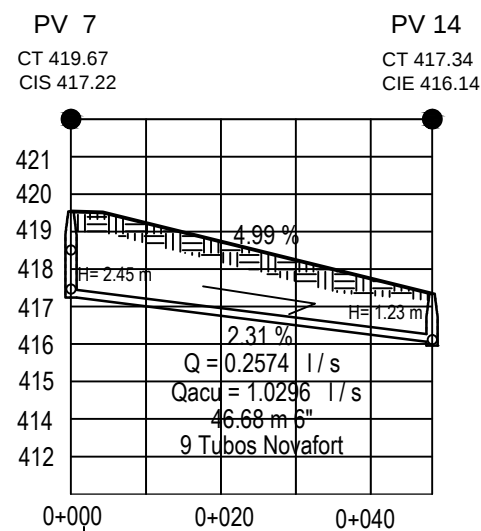
REFERENCIAS	
	POZO DE VISITA
	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
	TRAMO INICIAL NOVAFORT
	DIRECCION FLUJO
%	PENDIENTE
M	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVER ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16
PV 35	1% PV 36

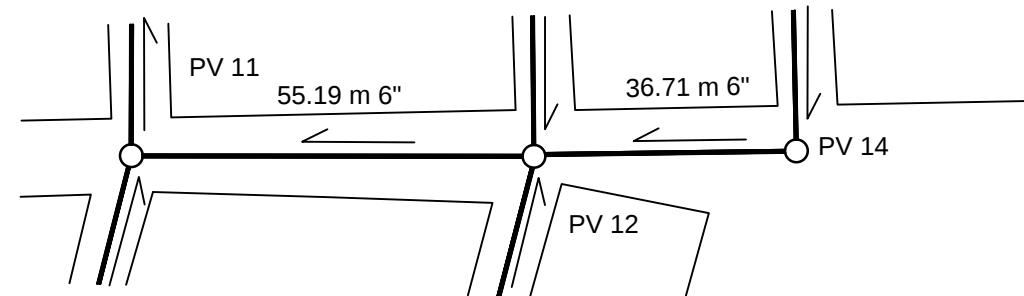
Centro Universitario de Oriente - CUNORI		
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.		
Diseño: J.R.F.L.	Contenido: Planta - Perfil Diseño del sistema de alcantarillado	Hoja 04 / 10
Calculo: J.R.F.L.	Estudiante: José Roberto Flores Leytán	Carné: 2008-43488
Dibujo: J.R.F.L.	Vo.Bo.	
Escala: Indicada		
Fecha: 2016		



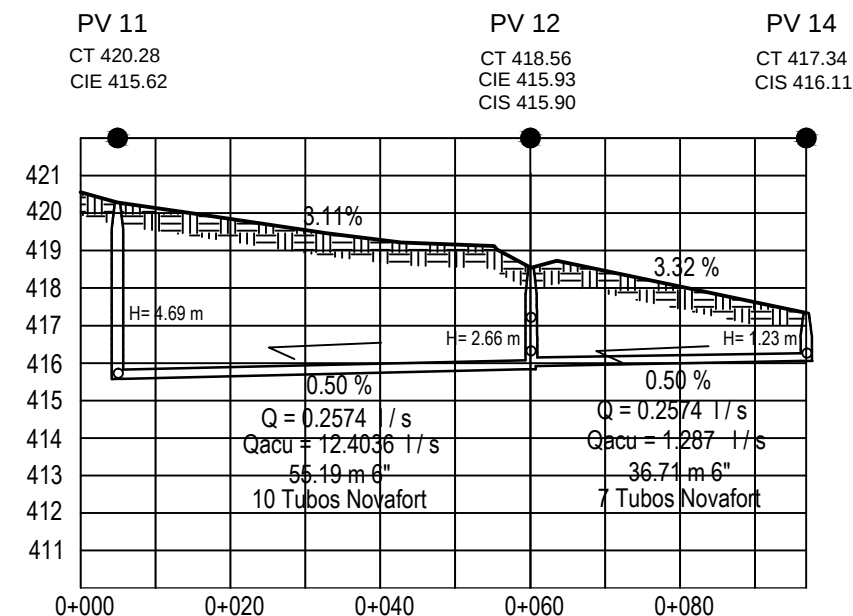
PLANTA DE PV 7 A PV 14
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 7 A PV 14
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200



PLANTA DE PV 11 A PV 14
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 11 A PV 14
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

REFERENCIAS	
	POZO DE VISITA
	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
	TRAMO INICIAL NOVAFORT
	DIRECCION FLUJO
%	PENDIENTE
M	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVERT ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16
PV 35	1% PV 36
420	
416	
412	

COTA DE TERRENO

**Centro Universitario
de Oriente - CUNORI**

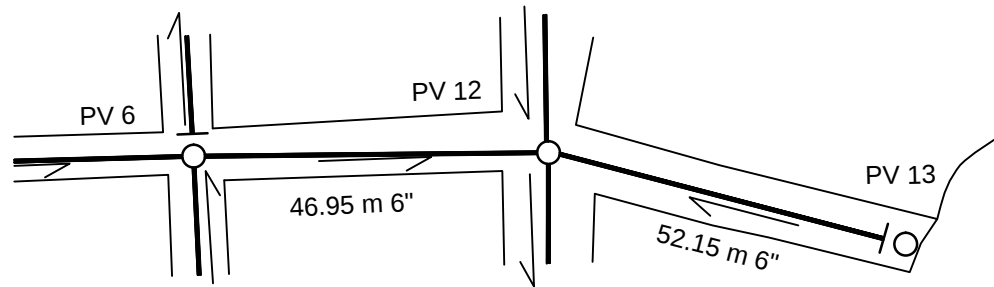


Proyecto:
**Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.**

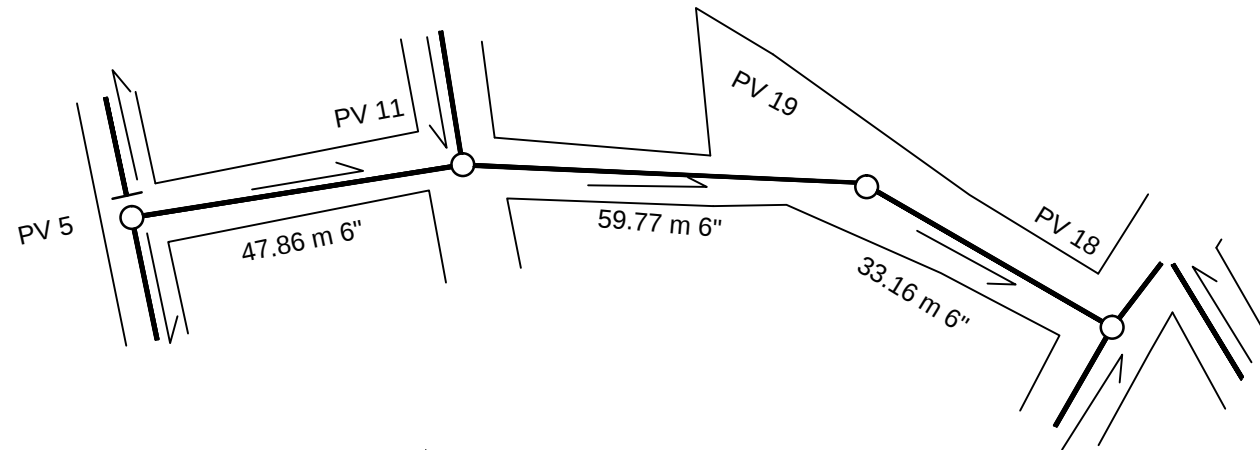
Diseño:
J.R.F.L.
Calculo:
J.R.F.L.
Dibujo:
J.R.F.L.
Escala:
Indicada
Fecha:
2016

Contenido:
Planta - Perfil
Diseño del sistema de alcantarillado
Estudiante:
José Roberto Flores Leytán
Vo.Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor

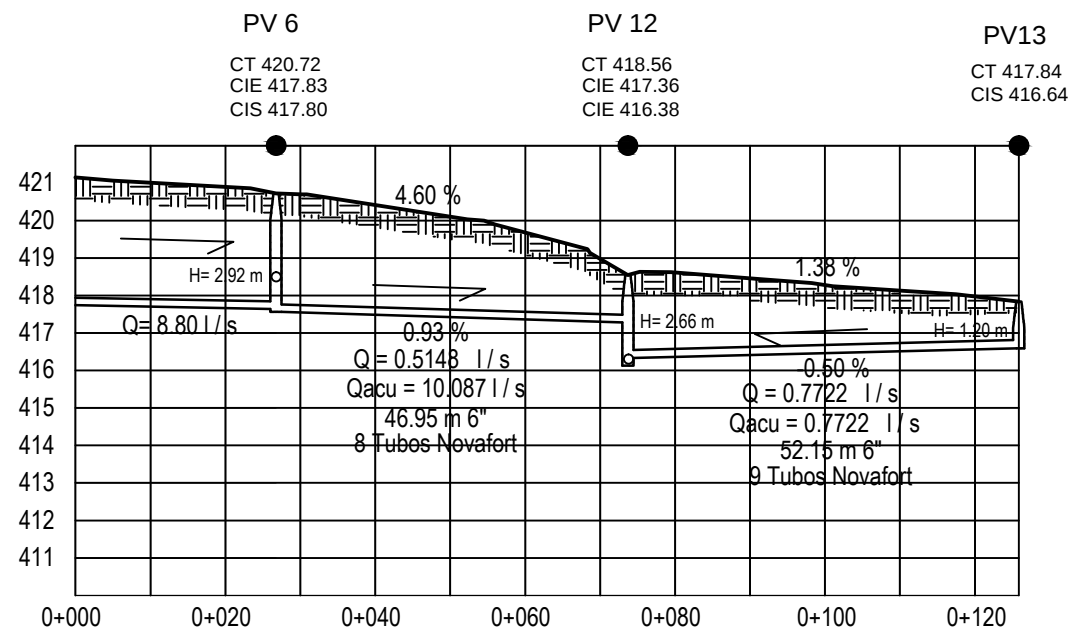
Hoja
05
10
Carné:
2008-43488



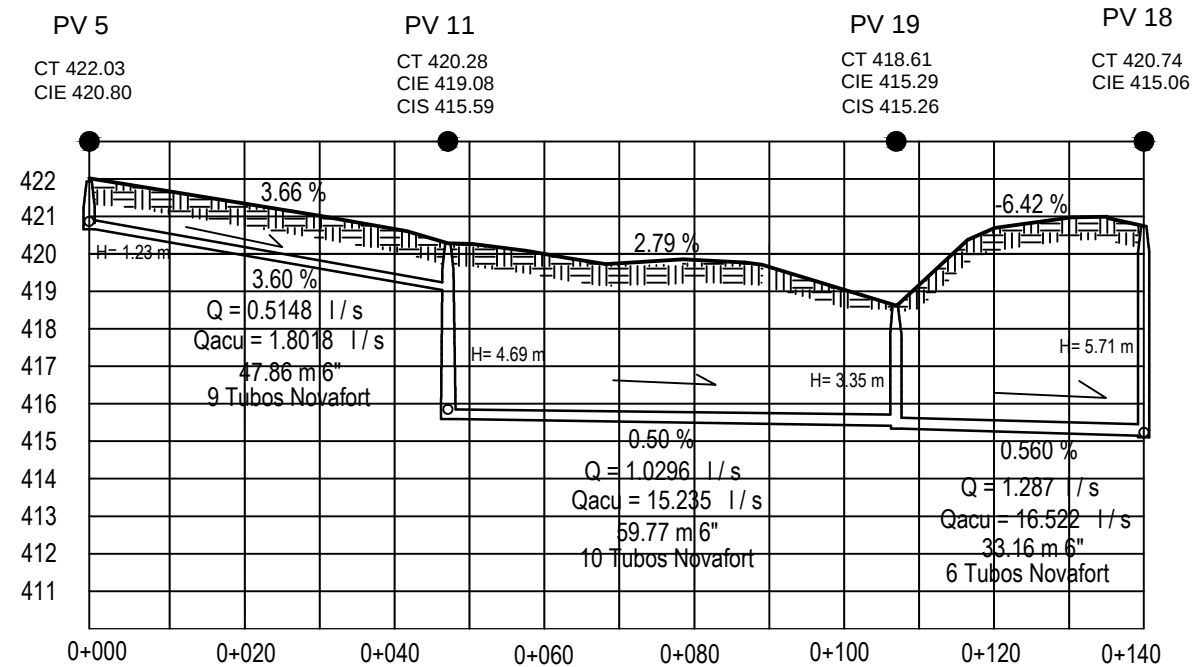
PLANTA DE PV 6 A PV 13
Esc. Hor: 1:1000



PLANTA DE PV 5 A PV 18
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 6 A PV 13
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200



PERFIL DE PV 5 A P18
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

REFERENCIAS	
	POZO DE VISITA
	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
	TRAMO INICIAL NOVAFORT
	DIRECCION FLUJO
	PENDIENTE
	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVER ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16

COTA DE TERRENO	

**Centro Universitario
de Oriente - CUNORI**

Proyecto:
**Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.**

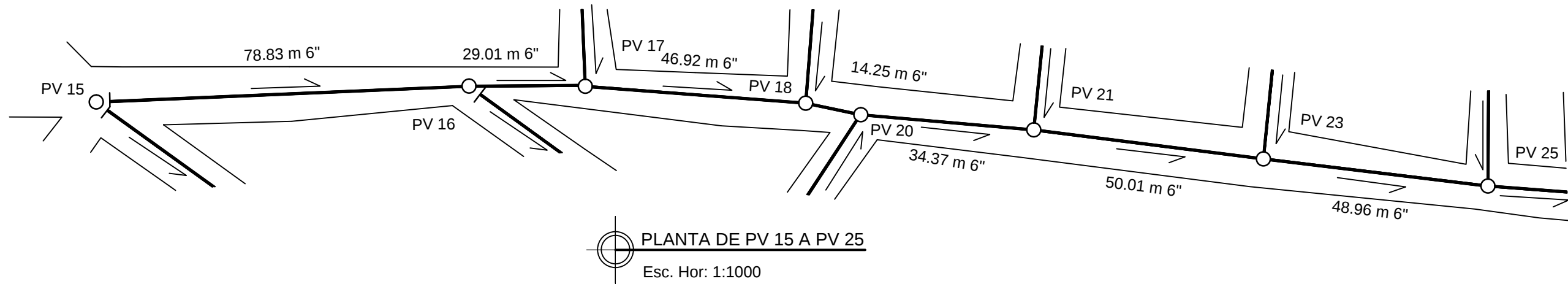
Diseño:
J.R.F.L.
Cálculo:
J.R.F.L.
Dibujo:
J.R.F.L.
Escala:
Indicada
Fecha:
2016

Contenido:
Planta - Perfil
Diseño del sistema de alcantarillado
Estudiante:
José Roberto Flores Leytán
Vo.Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor

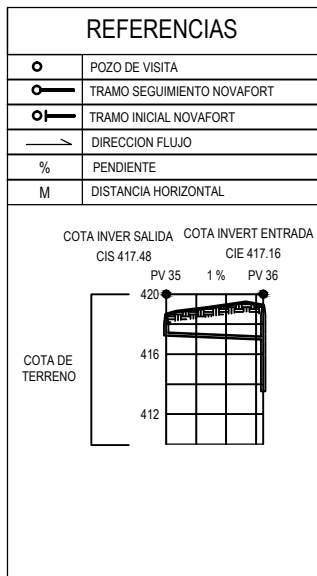
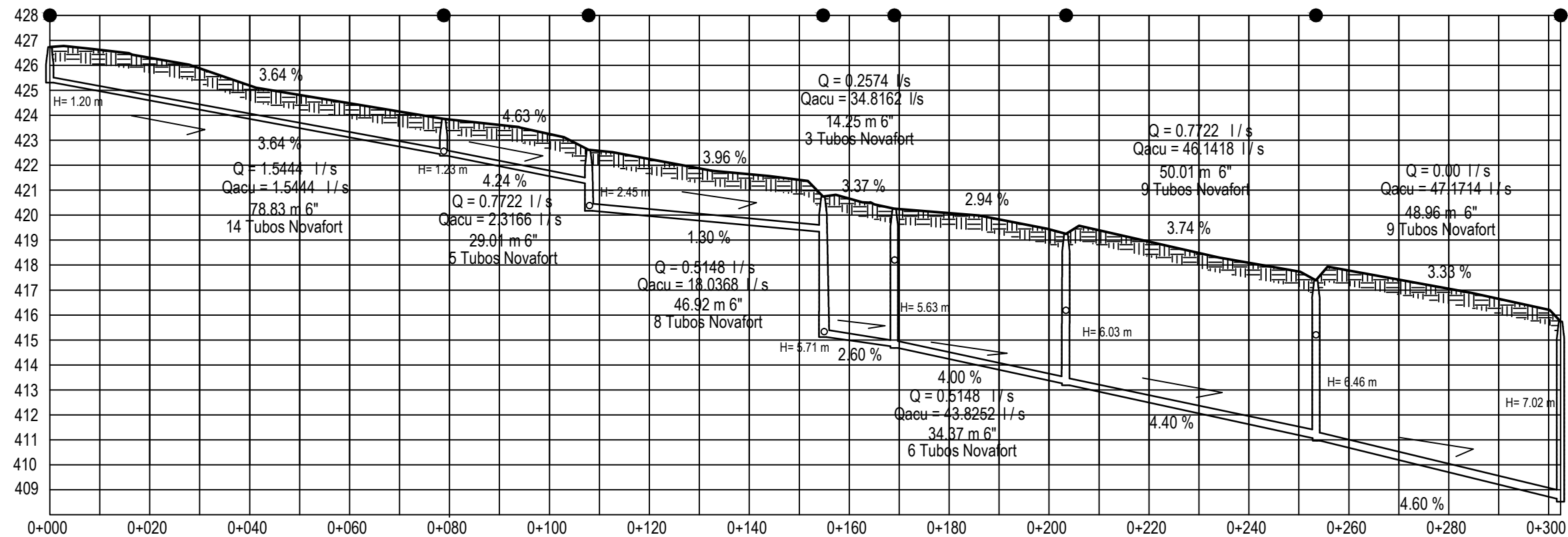


Hoja
06
10

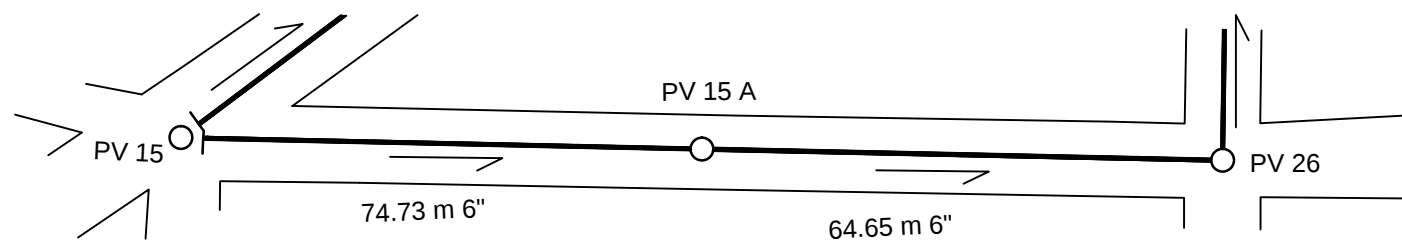
Carné:
2008-43488



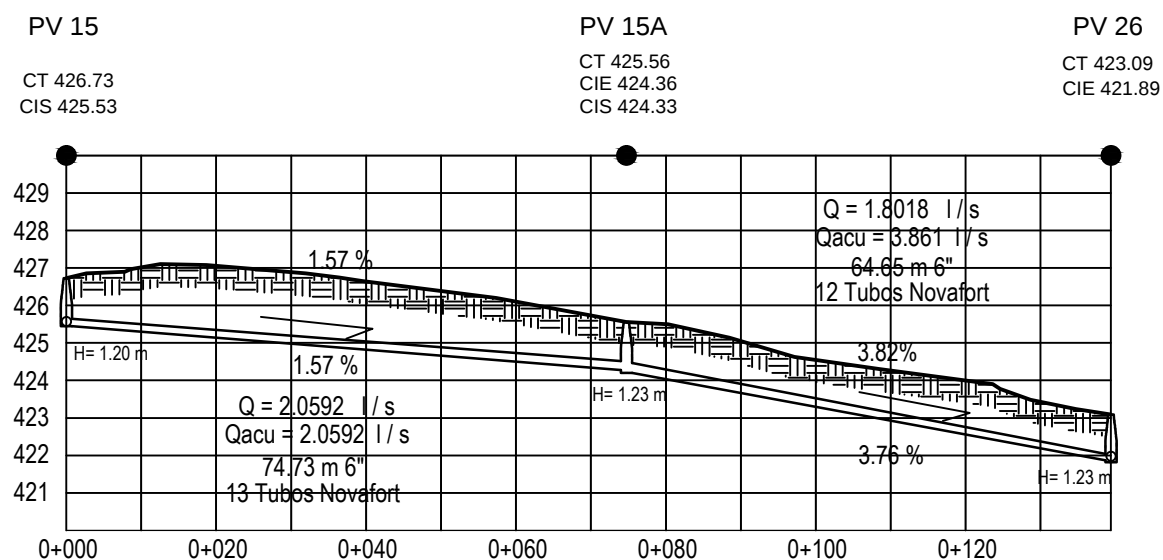
PV 15	PV 16	PV 17	PV 18	PV 20	PV 21	PV 23	PV 25
CT 426.73	CT 423.86	CT 422.60	CT 420.74	CT 420.26	CT 419.25	CT 417.38	CT 415.75
CIS 425.53	CIE 422.66	CIE 421.40	CIE 419.54	CIE 414.66	CIE 413.25	CIE 411.01	CIE 408.73
	CIS 422.63	CIS 420.15	CIS 415.03	CIS 414.63	CIS 413.22	CIS 410.98	



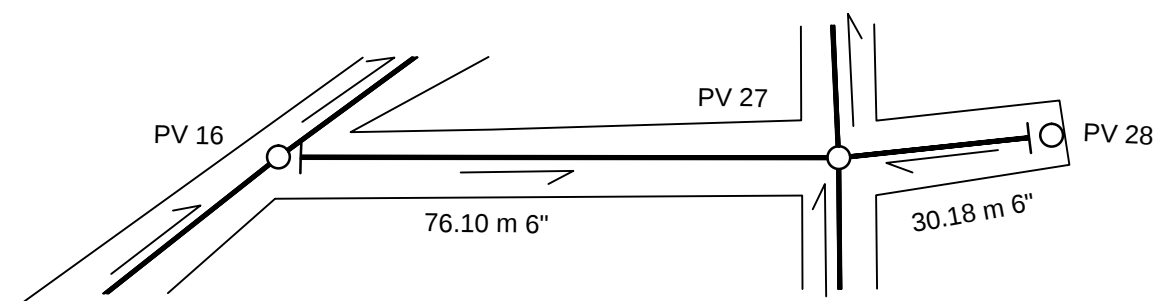
Centro Universitario de Oriente - CUNORI		
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.		
Diseño: J.R.F.L.	Contenido: Planta - Perfil Diseño del sistema de alcantarillado	Hoja 07 10
Calculo: J.R.F.L.	Estudiante: José Roberto Flores Leytán	
Dibujo: J.R.F.L.	Vo.Bo. Ing. Sergio A. Ramos Urrutia Asesor	Carné: 2008-43488
Escala: Indicada		
Fecha: 2016		



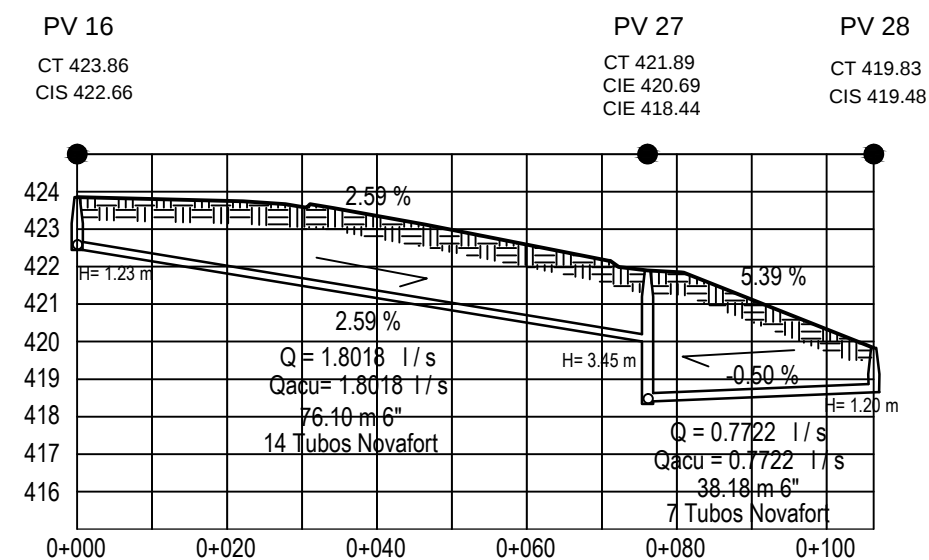
PLANTA DE PV 15 A PV 26
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 15 A PV 26
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200



PLANTA DE PV 16 A PV 28
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 16 A PV 28
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

REFERENCIAS	
○	POZO DE VISITA
—○—	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
—●—	TRAMO INICIAL NOVAFORT
→	DIRECCION FLUJO
%	PENDIENTE
M	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVERT ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16
PV 35	1% PV 36

COTA DE TERRENO	
420	
416	
412	

**Centro Universitario
de Oriente - CUNORI**

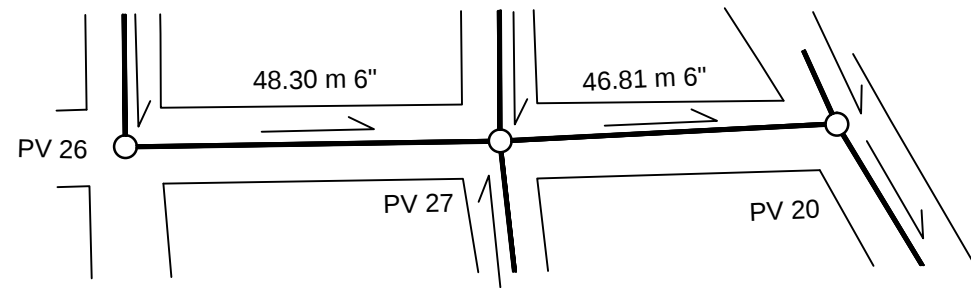
Proyecto:
**Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.**

Diseño:
J.R.F.L.
Calculo:
J.R.F.L.
Dibujo:
J.R.F.L.
Escala:
Indicada
Fecha:
2016

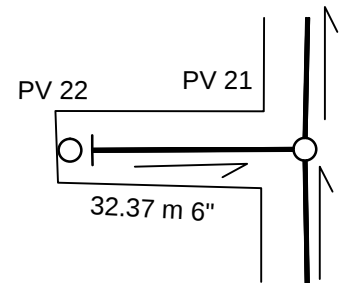
Contenido:
Planta - Perfil
Diseño del sistema de alcantarillado
Estudiante:
José Roberto Flores Leytán
Vo.Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor

Hoja
08
10
Carné:
2008-43488

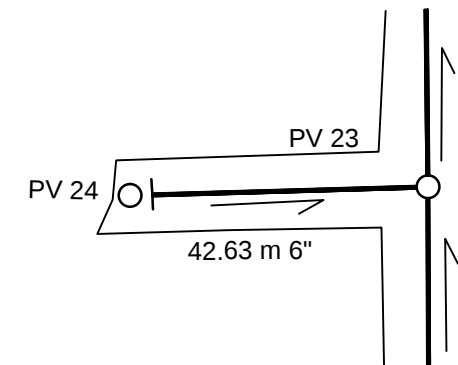




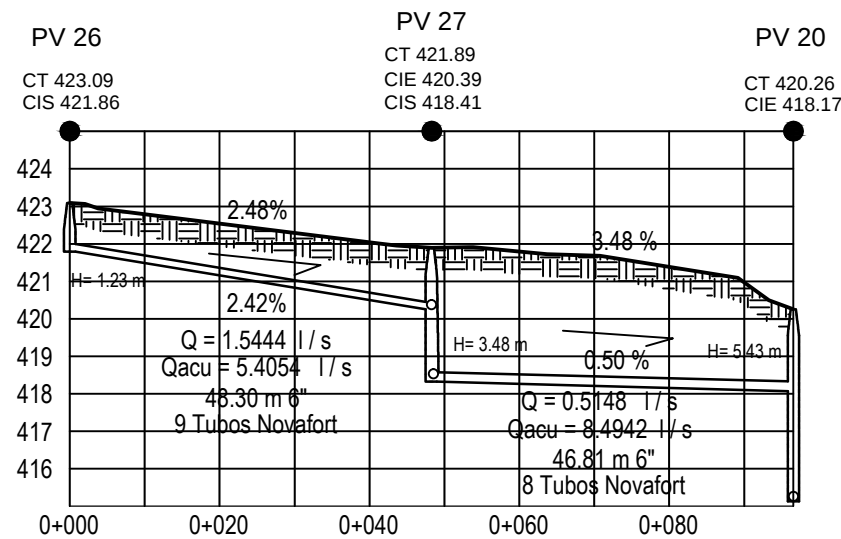
PLANTA DE PV 26 A PV 20
Esc. Hor: 1:1000



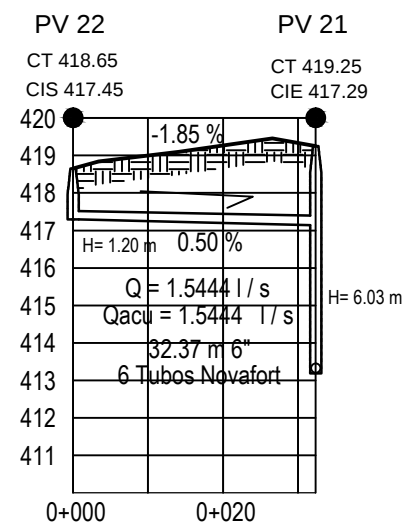
PLANTA DE PV 22 A PV 21
Esc. Hor: 1:1000



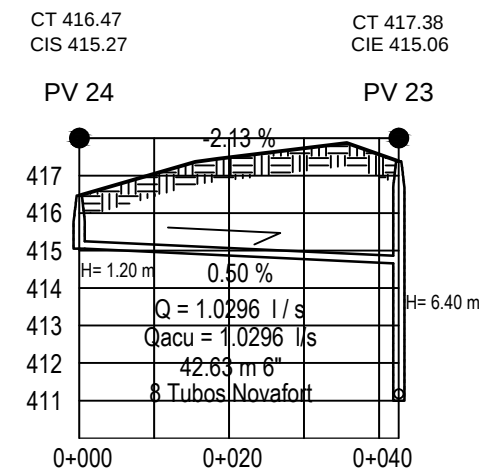
PLANTA DE PV 24 A PV 23
Esc. Hor: 1:1000



PERFIL DE PV 26 A PV 20
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200



PERFIL DE PV 22 A PV 21
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200



PERFIL DE PV 24 A PV 23
Esc. Hor: 1:1000
Esc. Vert : 1:200

REFERENCIAS	
	POZO DE VISITA
	TRAMO SEGUIMIENTO NOVAFORT
	TRAMO INICIAL NOVAFORT
	DIRECCION FLUJO
	PENDIENTE
	DISTANCIA HORIZONTAL

COTA INVER SALIDA	COTA INVER ENTRADA
CIS 417.48	CIE 417.16
PV 35	1% PV 36

COTA DE TERRENO	
420	
416	
412	

**Centro Universitario
de Oriente - CUNORI**



Proyecto:

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.

Diseño:
J.R.F.L.

Calculo:
J.R.F.L.

Dibujo:
J.R.F.L.

Escala:
Indicada

Fecha:
2016

Contenido:

Planta - Perfil
Diseño del sistema de alcantarillado

Estudiante:

José Roberto Flores Leytán

Vo.Bo.

Vo. Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor

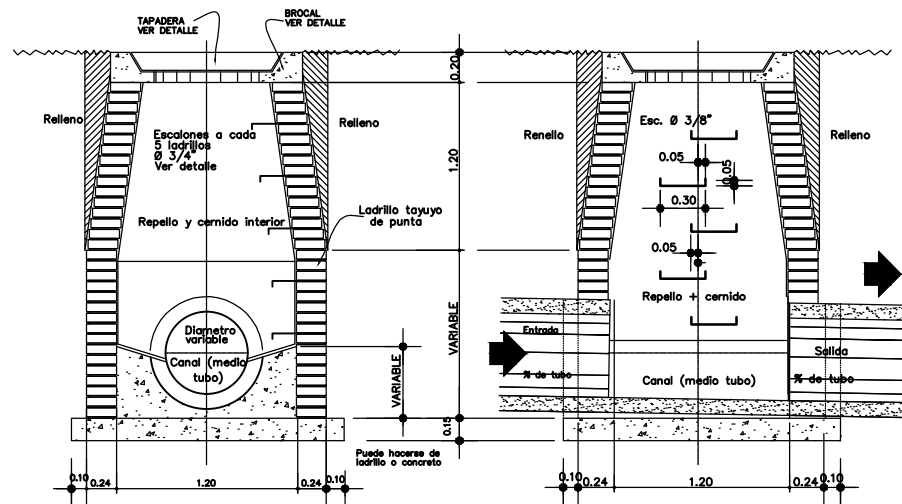
Hoja

09

10

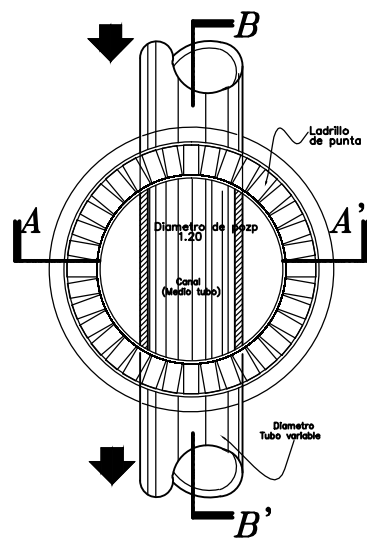
Carné:
2008-43488

Pozo de visita tipico

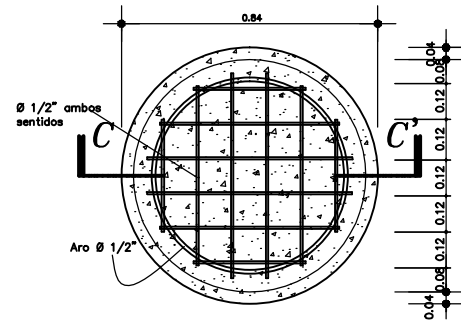


Sección A-A'

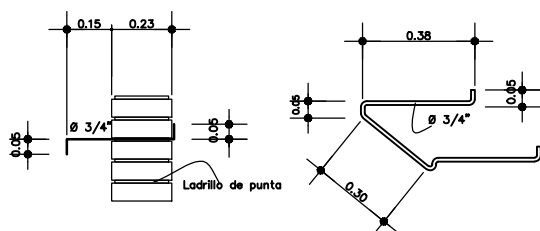
Sección B-B'



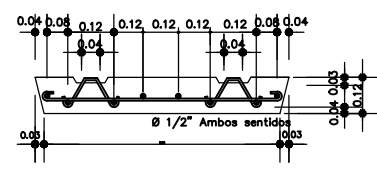
Planta



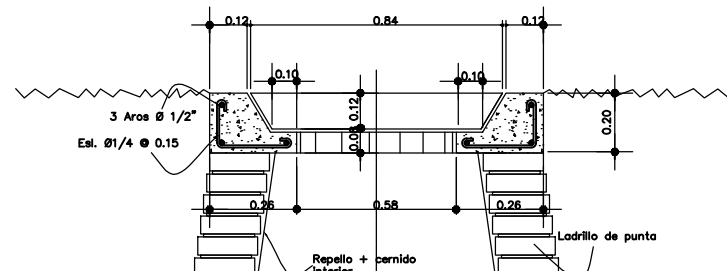
Planta



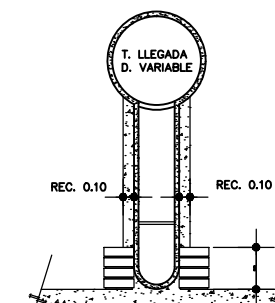
Detalle de escalon



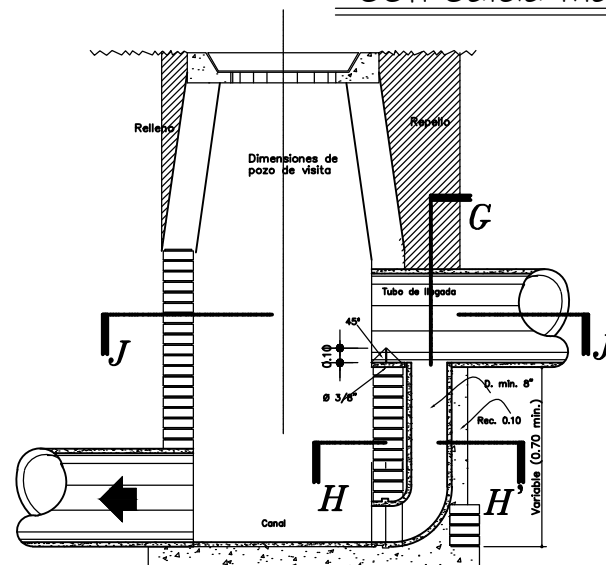
Tapadera de pozo



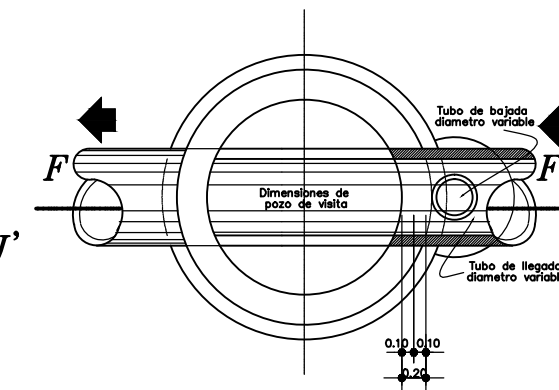
Detalle de brocal de pozo



Sección G-G'



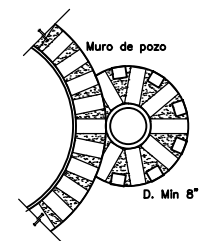
Sección F-F'



Planta J-J'

Especificaciones técnicas

- Los ladrillos deben ser colocados de punta y levantado en hiladas horizontales con juntas de espesor no mayor 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 con la norma ASTM C - 62
- Se utilizará cemento tipo Portland, de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM C150.
- El agua de la mezcla deberá cumplir con la norma ASTM C94.
- El agregado fino consistirá en arena natural o triturada, libre de polvo, terrones arcillosos, partículas suaves o escamosas, pizarra, materia organica u otra sustancia perjudicial.
- El agregado grueso consistirá en grava o piedrín triturado en estado natural o piedra triturada o una combinación de ambas, deberá estar libre de fragmentos desmenuzables, alargados o laminados.
- El tamaño maximo de los agregados debera cumplir con lo indicado en las normas ASTM C231 o ASTM C138.
- La proporción agua cemento no debera exceder en ningun caso de 0.53 por peso.
- El revenimiento en el concreto debera cumplir con lo indicado en ASTM C143.
- Acero de refuerzo de grado estructural en forma de barras corrugadas de Grado 40 legítimo, $f_y = 2810 \text{ kg / cm}^2$.
- El f'c del concreto a utilizar es de 210 kg / cm^2 , proporción 1:2:3.
- Resistencia minima del ladrillo tuyuyo f'm = 50 kg / cm^2
- El muro de ladrillo tuyuyo sera junteado con mortero bastardo cemento - cal - arena en proporción 1:2:8, aplanado con mortero en proporción 1:5



Sección H - H'

Centro Universitario de Oriente - CUNORI

Proyecto:

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Fase IV de la colonia El Maestro, Chiquimula.

Diseño:
J.R.F.L.

Calculo:
J.R.F.L.

Dibujo:
J.R.F.L.

Escala:
Indicada

Fecha:
2016

Contenido:

Detalles de pozo de visita promedio

Estudiante:

José Roberto Flores Leytán

Va.Bo.

Carné:
2008-43488

Va. Bo.
Ing. Sergio A. Ramos Urrutia
Asesor



Hoja

10

10