



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

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR
CHQUITO, Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL
TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE
HUEHUETENANGO.**

Douglas Ardufo Castillo Ordóñez
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDÓÑEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR:	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR:	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR
CHIQUITO, Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL
TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE
HUEHUETENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha treinta de agosto de 2007.



Douglas Ardufo Castillo Ordóñez



Guatemala 4 de marzo de 2008

Ref. EPS. D. 208.03.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) de el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDÓÑEZ**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR CHIQUITO Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **La Libertad**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Juan Merck Cos
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



JMC/jm



Guatemala 4 de marzo de 2008
Ref. EPS. D. 208.03.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

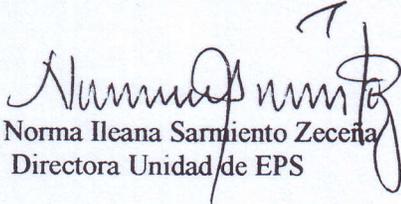
Por este medio le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **“DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR CHIQUITO Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO”** que fue desarrollado por el estudiante universitario **DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDÓNEZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

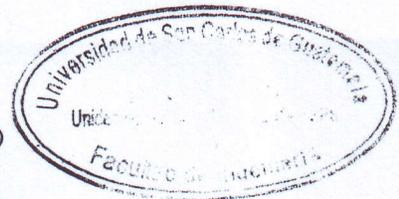
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y extendiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm



Guatemala,
27 de marzo de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR CHIQUITO Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Ardufo Castillo Ordóñez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras
FACULTAD DE INGENIERIA



DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala,
28 de marzo de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

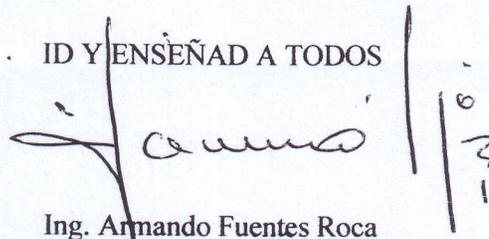
Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR CHIQUITO Y PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Ardufo Castillo Ordóñez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Armando Fuentes Roca
Revisor por el Área de Topografía y Transportes



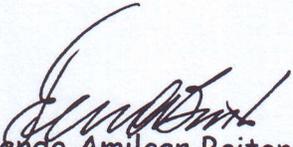
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Douglas Ardufo Castillo Ordóñez, titulado DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERÍO CECILAR CHIQUITO, Y PUENTE-VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, MUNICIPIO LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, abril 2008.

/bbdeb.

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por ser mi guía a lo largo de la vida.
- ING. JUAN MERCK** Por su apoyo y constante asesoría.
- MIS COMPAÑEROS** Por los momentos y experiencias, a lo largo de nuestros estudios en la facultad.
- MARÍA DEL ROSARIO** Por su ayuda y cariño desde que nos conocemos.

DEDICATORIA A:

- DIOS** Por haberme permitido alcanzar este triunfo y por estar conmigo y bendecirme siempre.
- MIS PADRES** Douglas Castillo y Adly Ordóñez, por su apoyo incondicional.
- MIS HERMANOS** Ronald Fernando, José Miguel, Henry Daniel, porque sigamos compartiendo nuestros éxitos y porque cada uno alcance sus sueños.
- MIS ABUELAS** Elba Odilia y Reina Concepción, por los consejos y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango	1
1.1.1. Contexto departamental	1
1.1.2. Identificación del municipio	2
1.1.3. Localización geográfica	4
1.1.4. Extensión territorial	5
1.1.5. División política	6
1.1.6. División administrativa	8
1.1.7. Clima	10
1.1.7.1. Precipitación	11
1.1.7.2. Temperatura	11
1.1.7.3. Horas de luz	11
1.1.7.4. Estaciones del año	11
1.1.8. Orografía	12
1.1.9. Fisiográfica	12
1.1.9.1. Hidrografía	12

1.1.9.2.	Fuentes	13
1.1.9.3.	Uso y aprovechamiento	13
1.1.10.	Fisiografía	13
1.1.11.	Atractivos turísticos	14
1.1.12.	Población	15
1.1.12.1.	Por grupo étnico	15
1.1.12.2.	Densidad de población	15
1.1.12.3.	Actividad económica	15
1.1.13.	Vivienda	16
1.1.14.	Saneamiento ambiental	16
1.1.14.1.	Tratamiento de desechos sólidos	16
1.1.14.2.	Drenajes	16
1.1.15.	Vías de comunicación	17
1.1.16.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango	17
1.1.16.1.	Identificación de las necesidades	17
1.1.16.2.	Análisis y priorización de las necesidades	18

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1	Diseño de carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito	19
2.1.1.	Criterios de diseño	19
2.1.2.	Preliminar de campo	20
2.1.2.1.	Selección de ruta	20
2.1.3.	Levantamiento topográfico	21
2.1.3.1.	Planimetría	21
2.1.3.2.	Altimetría	21
2.1.3.3.	Secciones transversales	22

2.1.3.4.	Cálculo topográfico y dibujo de preliminar	22
2.1.4.	Estudio de suelos	25
2.1.4.1.	Análisis de la calidad de balasto	25
2.1.5.	Diseño geométrico	30
2.1.5.1.	Diseño de localización	30
2.1.5.1.1.	Diseño de curvas horizontales	31
2.1.5.1.1.1.	Ejemplo de cálculo	33
2.1.5.2.	Diseño de la subrasante	35
2.1.5.2.1.	Diseño de curvas verticales	36
2.1.5.2.1.1.	Ejemplo de cálculo	38
2.1.6.	Movimiento de tierras	39
2.1.6.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	39
2.1.6.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	41
2.1.6.3.	Coeficiente de contracción e hinchamiento	43
2.1.6.4.	Curva de masas	43
2.1.7.	Drenajes	44
2.1.7.1.	Cunetas	45
2.1.7.2.	Drenajes transversales	45
2.1.7.3.	Contracunetas	49
2.1.8.	Carpeta de rodadura	49
2.1.9.	Elaboración de planos	50
2.1.10.	Presupuesto	50
2.1.11.	Cronogramas	52
2.2.	Diseño de puente vehicular colgante aldea El Trapichillo	53
2.2.1.	Descripción del proyecto	53
2.2.2.	Características principales de los puentes colgantes	53
2.2.3.	Clasificación de los puentes colgantes	54
2.2.3.1.	Por el tipo de sistema de suspensión	54
2.2.3.2.	Por el método de rigidez del sistema	55

2.2.3.2.1.	Sin rigidez o flexible	55
2.2.3.2.2.	Con rigidez integral	55
2.2.3.2.3.	De tablero rígido	56
2.2.3.3.	Por el anclaje del sistema	56
2.2.3.4.	Por la distribución de las cargas del sistema	56
2.2.4.	Sistemas de puentes colgantes	56
2.2.4.1.	Puentes rígidos o reforzados	56
2.2.4.2.	Puentes colgantes semi-rígidos	57
2.2.4.3.	Puentes colgantes deformables	58
2.2.5.	Principales elementos a considerar en el diseño	58
2.2.5.1.	Cable principal	58
2.2.5.1.1.	Cadena de eslabones forjados	59
2.2.5.1.2.	Cables de alambre	59
2.2.5.1.3.	Elección del cable	60
2.2.5.1.4.	Clasificación de los cables	60
2.2.5.2.	Tirantes verticales o péndolas	61
2.2.5.3.	Torres	62
2.2.5.4.	Anclajes	62
2.2.6.	Determinación del tipo de puente a diseñar	62
2.2.7.	Cálculos de diseño de puente vehicular colgante	63
2.2.7.1.	Levantamiento topográfico	63
2.2.7.2.	Análisis de la calidad del suelo	64
2.2.7.2.1.	Ensayo triaxial	64
2.2.7.3.	Integración de cargas	66
2.2.7.3.1.	Carga viva	66
2.2.7.3.2.	Carga muerta	66
2.2.7.3.3.	Carga de viento	67
2.2.7.3.4.	Cargas últimas	67
2.2.7.4.	Geometría de puente colgante	68

2.2.7.5.	Esfuerzos utilizados en el diseño	68
2.2.7.6.	Análisis y diseño de sistema de rodadura	69
2.2.7.7.	Análisis y diseño de cable principal	71
2.2.7.8.	Análisis y diseño de barandal	73
2.2.7.9.	Análisis y diseño de torres	77
2.2.7.10.	Análisis y diseño de anclajes	81
2.2.7.11.	Análisis y diseño de Tensores	85
2.2.8.	Elaboración de planos	89
2.2.9.	Presupuesto	89
2.2.10.	Cronogramas	91
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		95
BIBLIOGRAFÍA		97
APÉNDICE		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Monumento a la Libertad	3
2.	Localización geográfica y colindancias	5
3.	Estructura organizativa municipal	9
4.	Peña blanca	14
5.	Curvas a nivel	25
6.	Resultado del ensayo de desgaste por abrasión	26
7.	Resultado del ensayo límites de Atterberg	27
8.	Resultado del análisis granulométrico	28
9.	Resultado del ensayo de proctor	29
10.	Elementos de una curva horizontal	33
11.	Tipos de curva vertical	37
12.	Ejemplo de cálculo de secciones transversales por el método analítico.	41
13.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	42
14.	Detalle de drenaje transversal	45
15.	Sección típica balasto	50
16.	Cronograma de ejecución e inversión	52
17.	Principales elementos de un puente colgante	54
18.	Puente colgante semi – rígido	58
19.	Tipo de suelo aldea El Trapichillo	65
20.	Sección de puente	70
21.	Anclaje y torre	77
22.	Dimensiones de torre	79
23.	Dimensiones de anclaje	82

24. Anclaje	84
25. Tensor	87
26. Longitud de desarrollo	88
27. Cronograma de ejecución e inversión	91

TABLAS

I.	Lista general de colonias, aldeas, caseríos y fincas del municipio Libertad, Huehuetenango	6
II.	Obras de infraestructura existentes	18
III.	Libreta de planimetría	23
IV.	Libreta de altimetría	24
V.	Libreta de secciones	24
VI.	Cálculo de niveles de libreta de secciones	24
VII.	Valores “K”, según velocidad de diseño	38
VIII.	Tabla de relaciones para dibujo de taludes	40
IX.	Presupuesto carretera hacia caserío Cecilar Chiquito	51
X.	Secciones aproximadas de cables	61
XI.	Valor soporte según el tipo de suelo	64
XII.	Presupuesto puente vehicular colgante	90

LISTA DE ABREVIATURAS

Est.	Estación
DH	Distancia horizontal
P.O.	Punto observado
Dist.	Distancia
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
cm²	Centímetros cuadrados
A	Área
CV, Cv	Carga viva
CM, Cm	Carga muerta
T	Tensión
Lb.	Libras
Wu	Carga última
W	Carga distribuida
f'c	Resistencia del concreto
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
Kg	Kilogramo
m	Metro
ML, ml	Metro lineal
Ton.	Toneladas
p	Pies
L	Longitud
P	Carga
Vc	Fuerza de corte
F	Flexión

Fs	Factor de seguridad
Au	Área útil
D	Diámetro
Wcon	Peso específico del concreto ciclópeo
V	Volumen
e	Excentricidad
$\sqrt{\quad}$	Raíz cuadrada
Ø	Ángulo de fricción interna
Kp	Coefficiente de empuje pasivo
E	Empuje
Pv	Fuerza del viento
Ld	Longitud de desarrollo
ℓd	Longitud de desarrollo concreto ciclópeo

GLOSARIO

Acarreo	Es el transporte de material de excavación no clasificados de préstamo o de desperdicio.
Alcantarillas de metal corrugado	Son conductos que se constituyen debajo de la subrasante de una carretera u obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales.
Anclaje	Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo.
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.
Carga muerta	Peso propio de la estructura y de todas las demás cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentemente a la misma.

Carga viva	Cargas que varían durante el emplazamiento de la estructura.
Carpeta de rodadura	Área designada a la circulación de los vehículos.
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.
Deflexión	Desplazamiento vertical del eje axial de una viga.
Excavación no Clasificada	Es la acción de cortar y rellenar cualquier tipo de material dentro o fuera de los límites de construcción.
Flexible	Que tiene disposición de doblarse fácilmente.
Grado máximo de curvatura	De acuerdo con el tipo de carretera se fija un grado máximo de curva a usarse. Éste debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.

Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Rasante	El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de una carretera.
Rígido	No se puede doblar ni torcer.
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 terraplenes.
Tensor	Origina tensión o está dispuesta a producirla.
Tirante	Pieza de hierro o acero, destinada a soportar un esfuerzo de tensión.
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 trabajo de graduación que a continuación se presenta, contiene un informe sobre el municipio La Libertad, Huehuetenango, en el cual se desarrolló una investigación diagnóstica, sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las aldeas que conforman dicha región.

Como resultado de esta investigación se determinó que deberá atenderse lo siguiente:

El caserío Cecilar Chiquito, tiene como prioridad máxima, la apertura de una carretera, por lo que se hizo el estudio técnico correspondiente, que incluye topografía, diseño geométrico, movimiento de tierras, drenajes, elaboración de planos y presupuesto.

Así también, se desarrolló el diseño del puente vehicular colgante de la aldea El Trapichillo, el cual surge de la necesidad de contar con una ruta más corta, para trasladarse a la cabecera municipal. Para este estudio se diseñaron anclajes, torres, cables principales, tensores, entre otros; posteriormente se elaboraron los planos y presupuesto del mismo.

OBJETIVOS

General

Diseñar una carretera y un puente vehicular colgante, que satisfaga las necesidades de los pobladores en el municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango.
2. Capacitar al comité del municipio La Libertad, sobre aspectos de mantenimiento de puentes y carreteras de terracería.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la implementación de vías de comunicación o vías de acceso, ya sea en el área urbana o rural, representan el desarrollo de un país tanto a nivel socio económico, cultural, educativo, como también para el bienestar de sus habitantes.

Para solventar la necesidad de vías de comunicación en el municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango, se diseñó la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito y, el puente vehicular colgante en la aldea El Trapichillo.

El informe final está conformado por las fases: investigación, contiene una investigación monográfica, y diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio La Libertad.

Servicio técnico profesional, se presentan los aspectos técnicos que intervienen en el diseño de la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito y el diseño del puente vehicular colgante para la aldea El Trapichillo; en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones, planos y presupuestos respectivos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango.

1.1.1. Contexto departamental

El departamento de Huehuetenango está integrado por 33 municipios. Territorialmente es uno de los más grandes de la República, con una extensión de 7,400 kilómetros cuadrados. Está situado al occidente del país, limita al norte con México, al este con el departamento de El Quiché, al sur con los departamentos de Totonicapán y San Marcos y al Oeste con México.

Huehuetenango es un departamento multilingüe, pues se hablan seis idiomas, Mam, Q'anjob'al, Popti' o Jakalteco, Chuj, Awakateco y Tektiteko. El principal medio de comunicación a la ciudad de Guatemala lo constituye la carretera Interamericana CA-1, que parte de La Mesilla, en el límite con México y entronca en San Cristóbal Totonicapán con una parte del sistema vial del país.

1.1.2. Identificación del municipio

La Libertad es uno de los 33 municipios que conforman el departamento de Huehuetenango, por su topografía y relieve cuenta con cerros de importancia, entre los que se pueden mencionar Peña Blanca y Peña Roja. La cabecera municipal está situada en las faldas de las montañas desde donde se puede observar grandes extensiones de tierras cultivadas, posee edificio municipal, a un costado se encuentra el salón municipal destinado a la realización de los actos de carácter social, educativo y cultural, existe un mercado municipal que alberga a todos los oferentes que llegan el día domingo a ofrecer sus productos, nacionales y mexicanos los cuales tienen mayor participación. La escuela urbana mixta es de construcción moderna, la iglesia y casa parroquial están situadas en el centro del pueblo frente a la cancha de básquetbol y del parque central, la mayoría de viviendas están construidas de adobe con teja de barro o lámina, y en una menor parte de block y terraza.

Predominan tres unidades bioclimáticas, los suelos son eminentemente de vocación forestal y la economía depende en gran parte de la agricultura como complemento se encuentran la actividad pecuaria y artesanal; los cultivos principales de acuerdo a su importancia son: el café, fuente de mayores ingresos del municipio; maíz y frijol, los cuales son utilizados para el consumo familiar.

La feria titular del municipio se celebra del 12 al 15 de enero, en honor al señor de Esquipulas, patrono del lugar. Durante el mes de agosto se celebra el día 15 en conmemoración a la asunción de la virgen María. Los idiomas que predominan son el castellano y mam.

El nombre de La Libertad evoca el sacrificio del grupo de guatemaltecos, que defendieron este lugar durante el proceso de independencia. En recuerdo de esa gesta se erigió posteriormente un monumento, el cual está ubicado frente a la municipalidad.

Figura 1. Monumento a la libertad

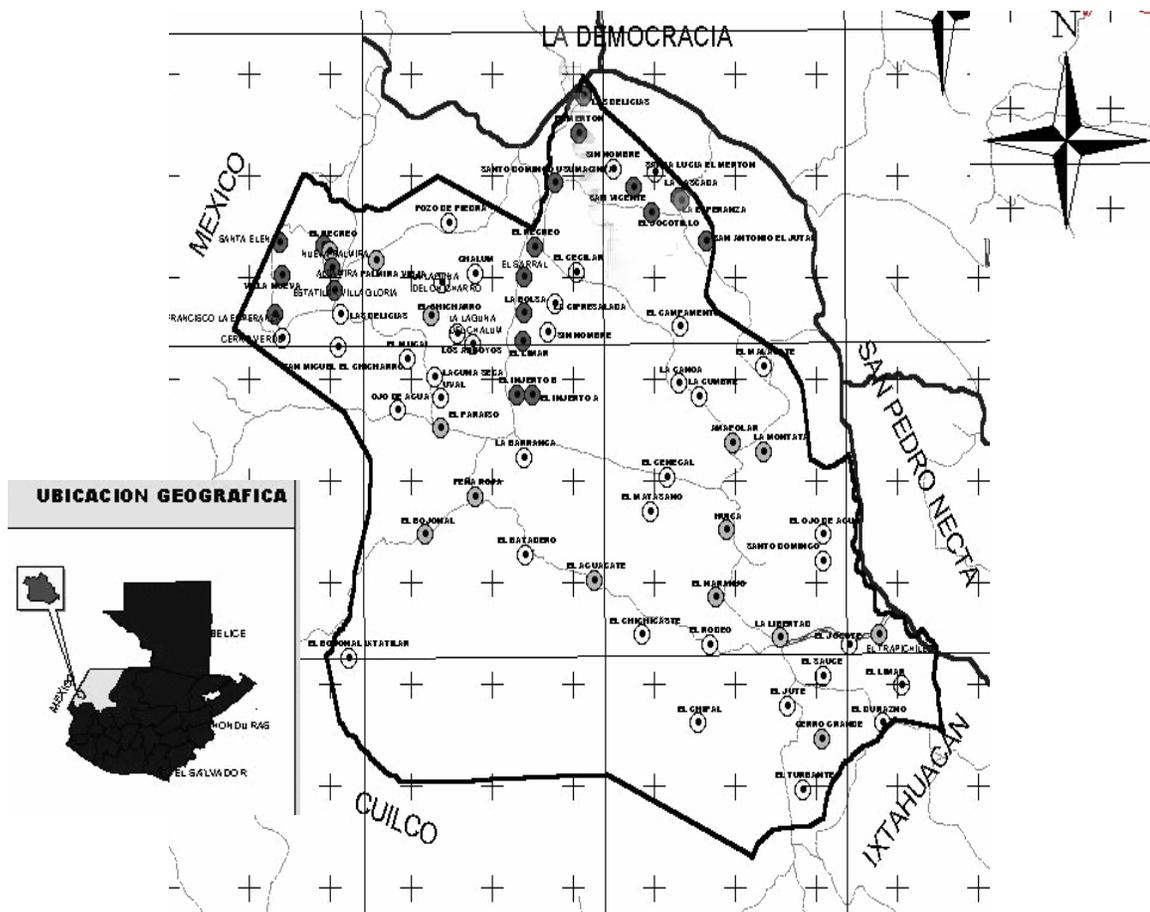


1.1.3. Localización geográfica

De acuerdo con la Ley de Regionalización, el departamento de Huehuetenango y el municipio La Libertad forman parte de la Región VII de la República, denominada Región Sur-Occidental. Dista a 67 kilómetros al noroeste de la cabecera departamental, la vía de acceso directa se toma en la carretera interamericana CA-1, hasta llegar al desvío conocido con el nombre de El Cable, luego se recorren cinco kilómetros más sobre carretera de terracería, con curvas pronunciadas y terreno inclinado, en el recorrido se encuentran algunos centros poblados como la aldea El Trapichillo y El Jocote.

La cabecera municipal colinda con las siguientes aldeas: al norte con El Naranjo I, al sur con El Sauce, al este con El Jute y El Sauce, y al oeste con El Naranjo II y El Rodeo. La Libertad limita con cuatro municipios del departamento siendo estos al norte con La Democracia; al este con San Pedro Necta e Ixtahuacán; al sur con Ixtahuacán y Cuilco, al oeste con el estado de Chiapas, de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra a una altura de 1720 metros sobre el nivel del mar (MSNM), con una latitud de 15 grados, 30 minutos, 46 segundos norte y a una longitud de 91 grados, 52 minutos y 08 segundos oeste.

Figura 2. Localización geográfica y colindancias



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Año 2001

1.1.4. Extensión territorial

La Libertad cuenta con una extensión territorial de 104 kilómetros cuadrados, equivale al 1.40% del departamento de Huehuetenango.

1.1.5. División política

Tabla I. Lista general de colonias, aldeas, caseríos y fincas del municipio La Libertad, Huehuetenango.

CABECERA			
La Libertad			
COLONIAS			
1	El Recuerdo	4	Los Jobales
2	El Zarral	5	El Aguacatillo
3	Nueva Esperancita	6	Nueva Colonia
ALDEAS			
1	El Chalún	12	El Sauce
2	El Amapolar	13	El Trapichillo
3	El Chicharro	14	Santo Domingo Huicá
4	San Felipe La Montaña	15	Huicá
5	San Ramón La Montaña	16	Palmira Nueva
6	El Aguacate I	17	Palmira Vieja
7	Peña Roja	18	Santo Domingo Las Flores
8	El Bojonal	19	El Limar
9	El Paraíso	20	El Cecilar
10	El Cenegal	21	El Naranjo I
11	Cerro Grande		

Fuente: Municipalidad La Libertad.

Tabla I. Lista general de colonias, aldeas, caseríos y fincas del municipio La Libertad, Huehuetenango.

CASERÍOS			
1	Los Arroyos, El Chalún	23	El Jute
2	El Zarral, El Chalún	24	El Mucal
3	Pozo de Piedra, El Chalún	25	Buena Vista El Chipal
4	Campamento	26	Ojo de Agua Peña Blanca
5	La Canoa	27	El Chipal
6	La Laguna del Chicharro	29	La Hamaca
7	San Miguel Chicharro	30	Loma de La Niña
8	El Malacate	31	El Jocote
9	El Resumidero	32	Champen
10	La Cruz del Aguacate	33	Ojo de Agua, Sto. Domingo Huicá
11	El Aguacate II	34	Nueva Esperanza, Huicá
12	La Montañita	35	La Cumbre de Huicá
13	La Barranca	36	Cerro Verde
14	El Boqueroncito Peña Roja	37	El Ixtatil
15	Bojonalito Ixtatilar	38	El Jutal
16	Ojo de Agua El Paraíso	39	Jocotillo
17	Cecilar Chiquito	40	El Durazno
18	El Bañadero	41	La Esperanza El Limar
19	El Matasano	42	La Cipresada
20	El Chichicaste	43	El Rodeo II
21	El Rodeo	44	El Arenal
22	El Naranja II		
FINCAS			
1	El Injerto A	4	San Vicente
2	El Injerto B		
3	El Mertón		

Fuente: Municipalidad La Libertad.

1.1.6. División Administrativa

El concejo municipal quien ejerce el gobierno municipal, presidido por el alcalde y para su funcionamiento está conformado por:

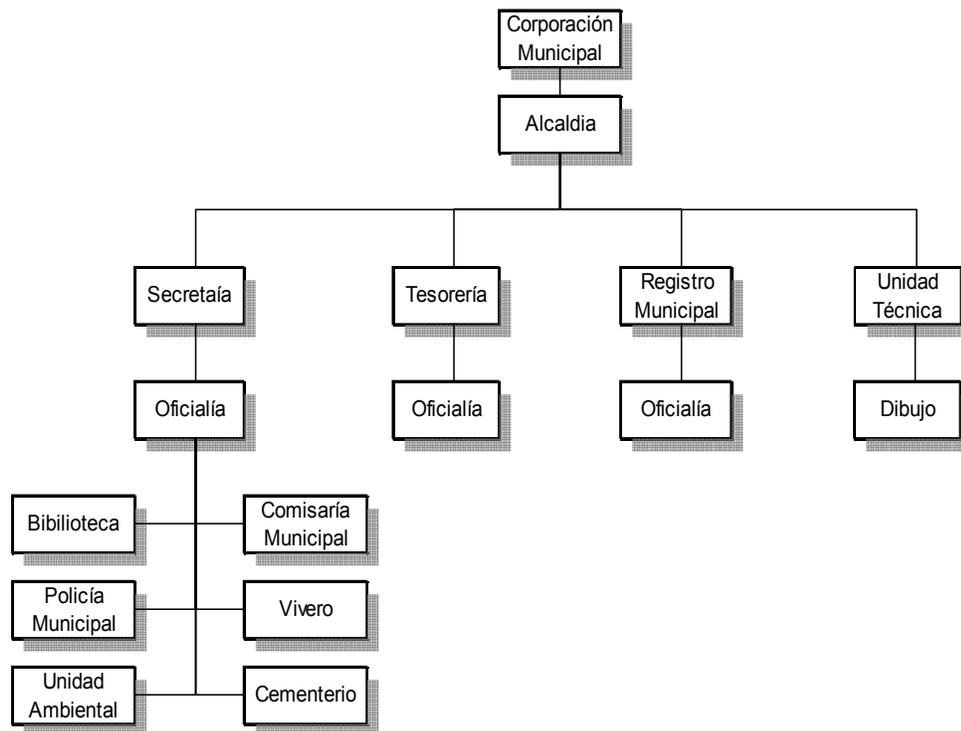
- Alcalde municipal
- Concejal tercero
- Síndico primero
- Concejal cuarto
- Síndico segundo
- Secretario
- Concejal primero
- Tesorero
- Concejal segundo

Además, existen 160 alcaldes auxiliares, que sirven de enlace y comunicación entre las poblaciones y el concejo municipal, estos son electos por los pobladores, realizan su trabajo ad honórem durante el tiempo que la comunidad determine y para elegir a un sustituto lo hacen en forma directa, existe al menos un representante titular por cada aldea y caserío.

El concejo municipal a su vez es agrupado en comisiones, las cuales se detallan a continuación:

- De finanzas
- De salud pública y asistencia social
- De educación, cultura, turismo y deportes
- De agricultura, ganadería y alimentación
- De protección de medio ambiente y patrimonio cultural
- De urbanismo y desarrollo urbano y rural
- De probidad

Figura 3. Estructura organizativa municipal.



Fuente: Municipalidad La Libertad.

1.1.7. Clima

En el municipio se cuenta con tres tipos de clima, identificados de la siguiente manera:

- Clima muy húmedo subtropical cálido
 - Altitud 500 a 1000 metros sobre el nivel del mar
 - Precipitación pluvial anual: 2000 a 4000 milímetros
 - Temperatura media anual: 24 a 30 grados centígrados

- Clima húmedo subtropical templado
 - Altitud 1000 a 1500 metros sobre el nivel del mar
 - Precipitación pluvial anual: 1000 a 2000 milímetros
 - Temperatura media anual: 18 a 24 grados centígrados

- Clima húmedo montano bajo subtropical (BHMBBS)
 - Altitud mayor de 3000 metros sobre el nivel del mar
 - Precipitación pluvial anual: 1000 a 2000 milímetros
 - Temperatura media anual: 12 grados centígrados

1.1.7.1. Precipitación

La precipitación pluvial es alta en la época de invierno, de ahí su importancia, puesto que se considera la región como apta para la siembra de especies forestales y cultivos permanentes.

1.1.7.2. Temperatura

En este aspecto el municipio es templado. Aunque existen zonas donde la temperatura varía de los 12 grados centígrados, para la parte de clima húmedo bajo subtropical, de 18 a 24 grados, para las partes con clima templado y hasta 30 grados para los lugares con clima cálido. Lo que permite que dentro del límite territorial del municipio se pueda cultivar diferentes variedades agrícolas como hortalizas, árboles frutales y cultivos tradicionales.

1.1.7.3. Horas de luz

Durante los meses de enero a junio es de diez horas y en los meses de julio a diciembre es de nueve horas. Lo que permite que en época de siembra y cosecha, se cuente con más horas luz para la realización de estas actividades lo que repercute en una mejor productividad.

1.1.7.4. Estaciones del año

Las estaciones del año en el municipio son: invierno de mayo a octubre y verano de noviembre a abril, al igual que el resto de la República.

1.1.8. Orografía

El terreno del municipio en su mayoría es de tipo quebrado, con pendientes pronunciadas. Entre la gama de sierras propias del lugar la más relevante e importante es Peña Blanca, la característica principal es que está conformada por grandes peñas de roca.

1.1.9. Fisiografía

Las condiciones del municipio de La Libertad, corresponden a tierras calizas altas del norte. Existen las cuatro clases de suelos: calcáreo, arenoso, arcilloso y húmico.

La fisiografía de La Libertad pertenece a las tierras altas sedimentarias (cordillera de Los Cuchumatanes), con montañas fuertemente escarpadas, superficiales, de textura pesada de color pardo en la superficie, en la mayoría de ellas se puede cultivar cualquier clase de hortalizas debido a que su PH así lo determina.

1.1.10. Hidrografía

Entre los ríos más importantes se encuentran el río Selegua, que sirve de límite entre los municipios de San Pedro Necta y La Libertad, es uno de los más importantes del departamento de Huehuetenango. Además existe el río El Injerto con sus afluentes, El Aguacate, Peña Roja, La Bolsa y El Sarral, el que sirve de límite entre La Libertad y la Democracia, al llegar a este último municipio, cambia su nombre por el de Valparaíso. Existen riachuelos como El Naranja, el Cenegal, El Limar y El Jute, recibe estos diferentes nombres debido al lugar por donde pasan.

1.1.10.1. Fuentes

Existen varios manantiales y fuentes de agua en algunas de las comunidades como El Aguacate, El Chipal. Según la investigación realizada se determinó que de sesenta centros poblados, veintidós son atravesados por ríos, veinticinco cuentan con nacimientos y trece poseen pozos para abastecerse.

1.1.10.2. Uso y aprovechamiento

El caudal de los ríos se caracteriza por ser abundante en la época de lluvia y es aprovechado para la irrigación de algunos cultivos. Existe gran cantidad de nacimientos de agua, los cuales en su mayoría son utilizados para abastecer del vital líquido a las comunidades cercanas como Jobales, El Rodeo, El Jute, Santo Domingo, El Chalùn, El Injerto y El Paraíso.

1.1.11. Fisiografía

El municipio de La Libertad, pertenece a tierras altas sedimentarias (cordillera de Los Cuchumatanes) con montañas fuertemente escarpadas, el bosque en el municipio en su mayoría es natural.

En el municipio se cuenta con tres clases de bosques, los cuales son naturales, artificiales y reforestados identificados de la siguiente manera:

- a) Bosque muy húmedo subtropical cálido
- b) Bosque húmedo subtropical templado
- c) Bosques húmedo montañoso bajo subtropical

Cabe mencionar que existen animales de caza como el zorro, coyote, mapache y especies para mascotas familiares ó alimento, como el caso del conejo, ardillas, armado y otros. Los pobladores del lugar utilizan este tipo de fauna para abastecerse de piel que son utilizadas para ornamentación, la carne es utilizada como alimento, la cual es muy rica en proteínas.

1.1.12. Atractivos turísticos

Los lugares que se consideran turísticos, son: el monumento ubicado en las afueras del edificio municipal, el cual conmemora a los caídos en la defensa del suelo patrio, los sitios naturales de Peña Blanca, Peña Roja y El Boquerón, ramal de Los Cuchumatanes.

Figura 4. Peña Blanca.



1.1.13. Población

La población económicamente activa, está representada por los grupos de edad entre 7 y 64 años, sostienen económicamente a los grupos de cero a seis y de 65 y más, respectivamente, que se encuentra en condiciones de trabajar, por consiguiente representa la mano de obra con que cuenta el municipio. En relación al sexo de la población un 52% es masculino y el restante 48% femenino.

1.1.13.1. Por grupo étnico

Según el estudio realizado por el INE en el año dos mil tres, un 86% es no indígena y el 14% restante pertenece a la raza indígena etnia Mam.

1.1.13.2. Densidad de población

La cantidad de habitantes con relación a su territorio (104 Km²), se conoce como densidad poblacional, para el municipio de La Libertad es de 291 habitantes por kilómetro cuadrado, al año dos mil tres.

1.1.13.3. Actividad económica

La actividad económica principal, está orientada hacia la mano de obra remunerada, como el corte de café, la construcción y las ventas informales.

1.1.14. Vivienda

La mayoría de las viviendas están construidas con paredes de block o adobe, techo de lámina con estructura de madera rústica. En el área urbana las viviendas cuentan con dos o tres habitaciones, mientras que en el área rural tienen únicamente un ambiente, en estas áreas, las que poseen letrina, la ubican de forma aislada en la parte posterior de la misma.

1.1.15. Saneamiento ambiental

1.1.15.1. Tratamiento de desechos sólidos

El área urbana cuenta con un basurero municipal, denominado La Vuelta del Nancel, el cual se encuentra ubicado aproximadamente a un kilómetro de distancia de la cabecera municipal. La recolección y transporte de los desechos sólidos se efectúa diariamente mediante un pick-up.

1.1.15.2. Drenajes

En la cabecera municipal existe una red de drenaje sanitario, que desemboca en un riachuelo en las afueras de la población, este es un servicio gratuito de la municipalidad, que cubre aproximadamente a 250 viviendas conectadas a este sistema, el resto de las viviendas cuenta con pozos ciegos.

1.1.16. Vías de comunicación

Existe una vía de acceso que comunica al municipio, la carretera Interamericana es la que conduce de la ciudad capital hacia Huehuetenango (CA-1). De la cabecera departamental se recorren 62 kilómetros por la misma ruta, hasta el lugar llamado el cable, en el que se encuentra un desvío y se recorren 5 kilómetros en camino de terracería. En este municipio, 15 centros poblados (33%) cuentan con camino de terracería, en tanto que 14 (30%) disponen de terracería parcial, que se complementa con camino de herradura para comunicarse con la cabecera municipal. Finalmente, 17 poblados (37%) solo disponen de caminos peatonales o de herradura como vía de acceso.

1.1.17. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango.

1.1.17.1. Identificación de las necesidades

A través de un diagnóstico comunitario, se pudo establecer que las necesidades básicas, se enfatizan en los sectores de salud y vías de comunicación.

La siguiente tabla muestra las obras de infraestructura con las que cuenta cada comunidad en estudio y por lo consiguiente, las obras de infraestructura de las cuales carece cada una de ellas.

Tabla II. Obras de infraestructura existentes.

Comunidad	Energía Eléctrica	Agua Potable	Puesto Salud	Escuelas	Caminos Acceso.
Caserío El Jutal	X	X			x
Aldea El Trapichillo	X	X	X	X	
Aldea San Hicidro	X	X	X	X	
Caserío El Bojonalito		X			
Caserío Cecilar		X			

De acuerdo con la información aportada por la municipalidad, visitas de campo, personas de las aldeas y caseríos, las necesidades en orden de importancia son las siguientes:

- Mejoramiento del sistema vial
- Carreteras
- Puentes
- Ampliación y remodelación de mercado
- Ampliación de energía eléctrica
- Ampliación de escuela

1.1.17.2. Análisis y priorización de las necesidades

Basados en los criterios demográficos, socioeconómicos, población a beneficiar directa e indirectamente, se determinó la priorización de vías de acceso como puentes y carreteras.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la carretera hacia el Caserío Cecilar Chiquito

2.1.1. Criterios de diseño

A continuación se enumeran las normas de la Dirección General de Caminos para una carretera tipo “F”, por ser el tipo de carretera a diseñar.

Tipo de terreno	Montañoso
Tránsito promedio (t.p.d.)	de 10 a 100
Velocidad de diseño	20 Km./Hora
Ancho de calzada	4.5 metros
Ancho de terracería	
a) Corte	9.5 metros
b) Relleno	8.5 metros
Derecho de vía	10 metros
Radio mínimo de curvas horizontales	16 metros

Distancia de visibilidad de parada

- | | |
|----------------|-----------|
| a) Mínima | 20 metros |
| b) Recomendada | 25 metros |

Distancia de visibilidad de paso

- | | |
|----------------|------------|
| a) Mínima | 50 metros |
| b) Recomendada | 100 metros |

Pendiente de circulación máxima 14%

Pendiente mínima de drenaje 2%

2.1.2. Preliminar de campo

Consistió en la obtención de información de campo para realizar el diseño en gabinete, es una serie de procesos de los cuales depende en gran parte el tipo de diseño que se realice, ya que en esta se efectúa la selección de ruta y el levantamiento topográfico.

2.1.2.1. Selección de ruta

Este proceso se realizó tomando como base un camino de herradura existente, por tener como limitante los derechos de paso por algunos terrenos.

Para el trazo se tomó en cuenta la topografía del terreno, los derechos de paso, la pendiente máxima, que para este caso, es el 14%, cuidando de realizar el menor movimiento de tierra posible, porque la carretera pasará por terrenos cultivados con maíz y café.

2.1.3. Levantamiento Topográfico

2.1.3.1. Planimetría

El levantamiento topográfico planimétrico, se realizó como una poligonal abierta, utilizando el método conservación de azimut, entre estación y estación se dejaron marcas de trompos en la línea central y estacas a un lado de las mismas, en las cuales se marcó el kilometraje. Para el replanteo de la línea central, se dejaron referencias con estacas y pintura.

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

- Teodolito Sokia modelo Dt-6
- Trípode
- Brújula
- Plomadas
- Cinta métrica
- Trompos
- Estacas

2.1.3.2. Altimetría

La nivelación del eje central se llevó a cabo por medio de una nivelación compuesta, en la cual se asumió una cota inicial de mil.

Para la realización de los trabajos de altimetría se utilizó el equipo siguiente:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadia

2.1.3.3. Secciones transversales

Se realizó a lo largo de la carretera, en cada punto de nivelación, con el fin de definir las curvas de nivel en el derecho de vía, las alturas se midieron con nivel de mano, en cada cambio de pendiente, definiendo así la topografía del lugar.

La información para este caso, se obtuvo dentro de una franja de 10 metros, a cada lado de la línea central.

2.1.3.4. Cálculo topográfico y dibujo de preliminar

Cálculo planimétrico

Para el cálculo se utilizó el método Pensilvania usando una hoja de cálculo de excel, dando como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar. Con los datos obtenidos se procedió a dibujar la línea central de la carretera en el programa Civilcad.

Tabla III. Libreta de planimetría.

EST.	P.O.	AZIMUT			AZIMUT	DH
		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		
	1					
1	2	300	3	41	300.0614	26.05
2	3	281	44	40	281.7444	29.72

EST.	P.O.	YP	XP	YT	XT
	1			10000	10000
1	2	13.0492	-22.5460	10013.0492	9977.4540
2	3	6.0494	-29.0978	10019.0986	9948.3562

Cálculo altimétrico

Para el cálculo de las cotas, se partió de un valor asumido, en este caso fue mil, luego aplicando las fórmulas para el cálculo de altura de instrumento y cota de nivelación, se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil.

Las fórmulas utilizadas son:

Altura del instrumento = vista atrás + cota inicial

Cota de nivelación = Altura del instrumento – punto de vuelta

Tabla IV. Libreta de altimetría.

EST.	Vista atrás	Altura del instrumento	Vista intermedia	PV	Cota de nivelación
B.M. 1	1.732	1002.000			1000.268
0 + 000		1002.000	2.000		1000.000
0 + 020		1002.000	1.040		1000.960
0 + 026.05		1002.000	0.550		1001.450
PV	3.999	1005.896		0.103	1001.897
0 + 040			2.350		1003.546

Cálculo de secciones transversales

El cálculo de las cotas de secciones transversales, requiere que se conozcan las cotas del eje central, pues a estas se les suman o restan los datos de la libreta de campo.

Tabla V. Libreta de secciones.

Dist./elev.	Dist./elev.	Dist./elev.	EST.	Dist./elev.	Dist./elev.	Dist./elev.
10.00/-2.80	5.00/2.00	2.00/0.00	E2	1.00/0.00	3.00/3.00	5.00/4.00
10.00/-2.50	2.40/0.20	1.50/0.00	E3	1.50/0.10	2.00/1.80	5.00/1.80

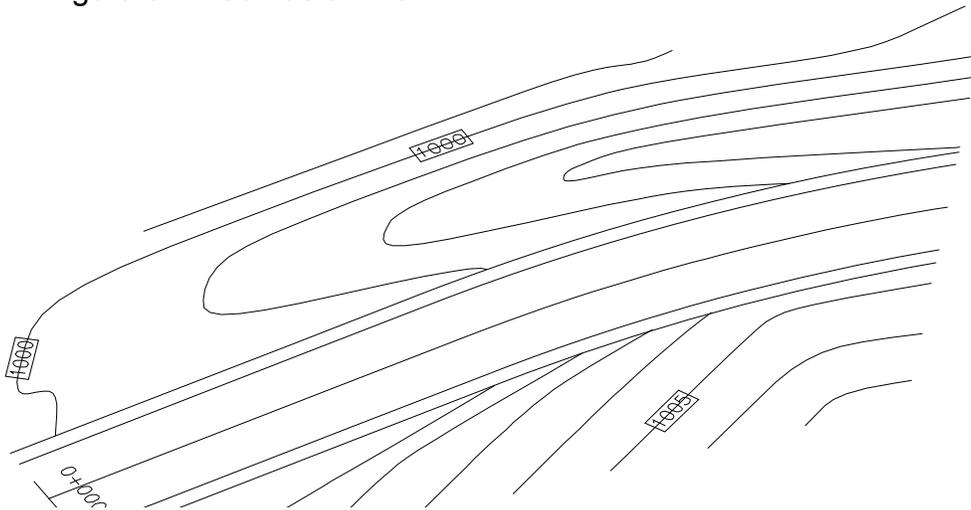
Tabla VI. Cálculo de niveles de libreta de secciones.

Elev.	Elev.	Elev.	EST.	Elev.	Elev.	Elev.
998.65	1003.45	1001.45	E2 = 1001.45	1001.45	1004.45	1005.45
1003.11	1004.61	1004.41	E3 = 1004.41	1004.51	1006.21	1006.21

Curvas a nivel

Es la representación gráfica de los niveles de la carretera, pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias obtenidas en el levantamiento planimétrico y los niveles del levantamiento altimétrico y secciones transversales. Las curvas a nivel se plotearon a cada cinco metros, y para dibujarlas se utilizó el programa Civilcad.

Figura 5. Curvas a nivel.



2.1.4. Estudio de suelos

2.1.4.1. Análisis de la calidad de balasto

Para este caso, se realizaron ensayos a una muestra de material balasto, el cual se utilizará para la carpeta de rodadura. Los ensayos fueron realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los que se muestran en la siguiente página.

Figura 6. Resultados del ensayo de desgaste por abrasión.



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



INFORME No. S.C. 399

O.T. No. 21820

INTERESADO: Douglas Castillo Ordoñez

ASUNTO: ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES PARA AGREGADO GRUESO.

PROYECTO: Trabajo de Graduacion

PROCEDENCIA: Aldea Cenegal-Cecilar, La Libertad, Huchuetenango.

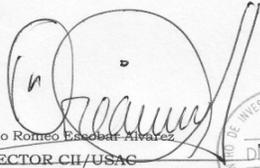
FECHA: 13 de Julio de 2007

REFERENCIAS	MUESTRAS			
	1	2	3	4
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131	*****	*****	*****
2. Graduación	"A"	*****	*****	*****
3. % Desgaste	33.38	*****	*****	*****

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.



Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC



Ing. Dima Yane Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos




FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 7. Resultados del ensayo límites de Atterberg.



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



INFORME No. 0271 S.S. O.T. No. 21,819

Interesado: Douglas Castillo Ordoñez
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Carretera a Aldea Cenegal-Cecilar, La Libertad, Huehuetenango
 Muestra: No. 1
 FECHA: 16 de julio de 2007

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0,0	0,0	S W	Arena con grava color gris.

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el personal de laboratorio.

Atentamente,



Vo. Bo.
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos




FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 8. Resultados del análisis granulométrico.



Los resultados obtenidos indican lo siguiente:

El ensayo de desgaste por abrasión, determina el porcentaje de desgaste que sufre la grava contenida en un suelo, a menor desgaste mejor será la integración del suelo; el desgaste máximo permisible es del 60%. Para este caso el porcentaje de desgaste es del 33.38%, por lo que se encuentra dentro del límite establecido.

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 balasto 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.

De acuerdo a la granulometría del balasto, el sistema C.S.U. lo clasifica como una arena con grava, con poco o nada de finos SW.

Al practicar el ensayo de proctor, indica que la humedad óptima es del 6.2%, por lo cual el balasto no necesita de mucha humedad, para alcanzar una buena compactación. Por las características que presenta el balasto, se considera como un material adecuado para la conformación de la carretera.

2.1.5. Diseño geométrico

2.1.5.1. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final, conocida como línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realizará con toda la información que se recabe en campo según el levantamiento topográfico.

Para este proyecto, no se encontraron inconvenientes u obstáculos que ameritaran cambios en la línea preliminar, por lo que ésta coincidió con la línea de localización final.

2.1.5.1.1. Diseño de 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.

Para calcular los elementos de curva, es necesario tener las distancias de los puntos de intersección (PI) de localización, los deltas calculados (Δ) y el grado de curvatura (G) que será colocado por el diseñador.

En nuestro país se define un grado de curvatura, como el ángulo central, subtendido por un arco de 20 metros. De esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de curva circular.

Grado de curvatura. Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud.

$$G/360 = 20/(211R) = G = (20*360)/(211R) = 1145.9156/R$$

Longitud de curva. Es la longitud de arco, comprendida entre el PC y PT, cuyo ángulo central es la deflexión (Δ).

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

Subtangente. Es la distancia entre el PC y PI o entre el PI y PT.

$$St = R \cdot \tan(\Delta/2)$$

Cuerda máxima. Es la distancia en la línea recta desde el PC al PT.

$$CM = 2R \cdot \sin(\Delta/2)$$

External. Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

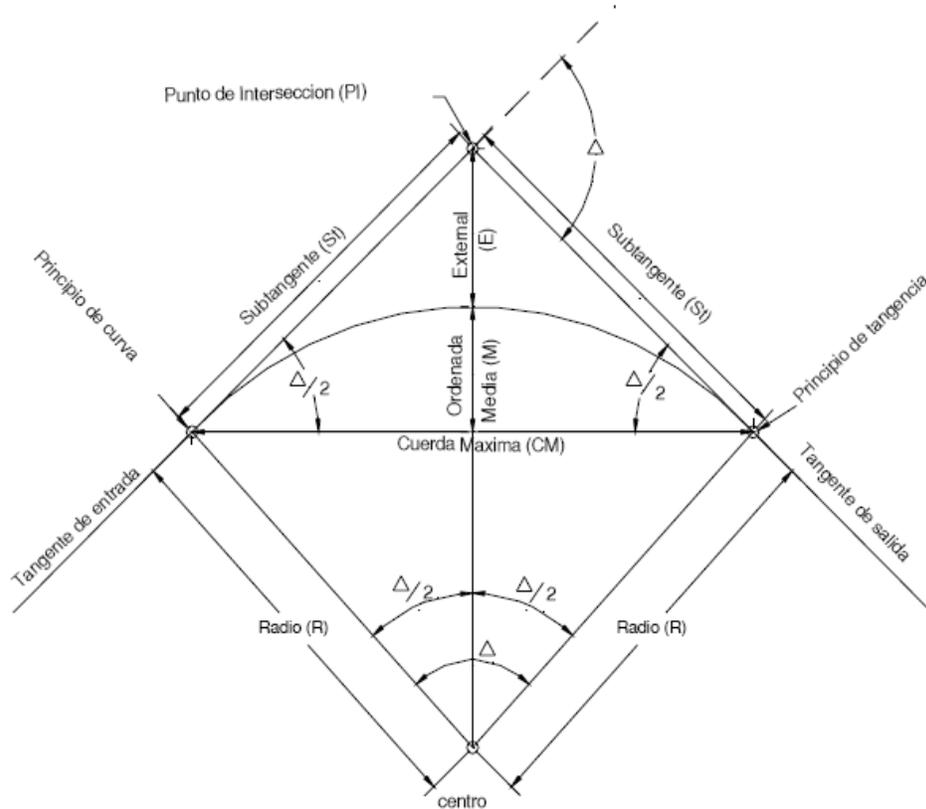
$$E = R \cdot (1 - \cos(\Delta/2)) / \cos(\Delta/2)$$

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

$$OM = R \cdot (1 - \cos(\Delta/2))$$

En el diseño de este proyecto, las curvas horizontales se adaptaron a los parámetros de diseño de una carretera tipo "F", como son radio mínimo de 16m para curvas horizontales, con un ancho promedio de calzada de 4.5m, pendiente mínima de drenaje del 2%, y una pendiente de circulación máxima del 14%.

Figura 10. Elementos de una curva horizontal.



Fuente: Byron René Paiz Morales. Guía de cálculo para carreteras. Página 23.

2.1.5.1.1.1. Ejemplo de cálculo

Datos de la curva horizontal número 38:

$$\text{Caminamiento} = 1+850.427$$

$\Delta = 69^{\circ}09'29.76''$ (se obtiene al restar el azimut de salida menos el de entrada)

$$G = 32^{\circ}00'00'' \text{ (se obtiene en función de } \Delta \text{)}$$

$$R = 1145.9156/G$$

$$R = 1145.9156 / (32^{\circ}00'00'') = 35.810\text{m}$$

$$L_c = (20 \cdot \Delta) / G$$

$$L_c = 20(69^{\circ}09'29.76'') / (32^{\circ}00'00'') = 43.224\text{m}$$

$$St = R \cdot \tan(\Delta/2)$$

$$St = 35.810 \cdot \tan((69^{\circ}09'29.76'')/2) = 24.684\text{m}$$

$$CM = 2R \cdot \sin(\Delta/2)$$

$$CM = 2 \cdot 35.810 \cdot \sin((69^{\circ}09'29.76'')/2) = 40.647\text{m}$$

$$E = R \cdot (1 - \cos(\Delta/2)) / \cos(\Delta/2)$$

$$E = 35.810 \cdot (1 - \cos(69^{\circ}09'29.76'')/2) / (\cos(69^{\circ}09'29.76'')/2)$$

$$E = 7.68\text{m}$$

$$OM = R \cdot (1 - \cos(\Delta/2))$$

$$OM = 35.810 \cdot (1 - \cos(69^{\circ}09'29.76'')/2) = 6.326$$

Los estacionamiento se calculan con base a las distancias entre los PI, calculando también la estación para cada PI, restando la estación del PI menos la subtangente que ubicará el principio de curva PC.

Sumando el PC más la longitud de curva, se ubicará el principio de tangente PT, final de la curva.

Para el ejemplo anterior se tiene:

$$PC = PI - St$$

$$PC = (1+875.111) - 24.684 = 1+850.427$$

$$PT = PC + Lc$$

$$PT = (1+850.427) + 43.224 = 1+893.651$$

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

2.1.5.2. Diseño de la subrasante

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.

Para el diseño de la subrasante se consideraron los siguientes criterios: pendientes máximas (14%), por ser una carretera tipo “F” para una región montañosa; pendientes mínimas (2%).

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

Para el caso en estudio, la subrasante en la mayor parte, presenta pendientes menores al 14%, adaptando el diseño al perfil natural del terreno.

2.1.5.2.1. Diseño de curvas verticales

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 tangente 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.

En el diseño de curvas verticales se tomará en cuenta los siguientes criterios:

La longitud mínima de curvas verticales: se calcula de la siguiente manera:

$$LCV = K * A$$

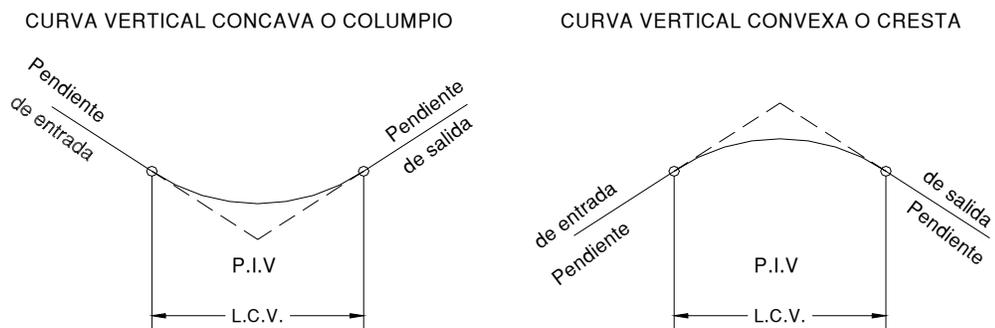
Donde:

LCV = Longitud mínima de curva vertical (m)

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

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

Figura 11. Tipos de curva vertical.



Fuente: Álvaro Danilo Yllescas Ponce. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque Km. 171+400. Página 30.

Tabla VII. Valores “K”, según velocidad de diseño.

VELOCIDAD KPH	CÓNCAVA K	CONVEXA K
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.

2.1.5.2.1.1. Ejemplo de cálculo

Datos de la curva vertical:

Velocidad de diseño = 20 KPH, curva convexa

K = 2, según tabla VII

Pendiente de entrada = -10.10%

Pendiente de salida = 2.6%

Diferencia algebraica entre pendientes (A):

$$A = (2.6) - (-10.1) = 12.7\%$$

Longitud mínima de curva vertical:

$$LCV = 2 * 12.7 = 25.4 \text{ m}$$

Aproximando LCV= 26.00 m

Ordenada media:

$$O_m = LCV * (A/800)$$

$$O_m = 26 * (12.7/800) = 0.4127 \text{ m}$$

2.1.6. Movimiento de tierras

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.

2.1.6.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

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; esto dará un área en metros cuadrados.

La forma analítica, requiere que las secciones transversales se plotean en papel milimetrado, 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.

Otro factor a tomar en cuenta para el cálculo de secciones transversales es la inclinación del talud de la carretera, que está en función de las propiedades de los materiales. Sin embargo, cuando no se tienen mayores datos y para fines de cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, es recomendable usar la siguiente tabla:

Tabla VIII. Tabla de relaciones para dibujo de taludes.

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

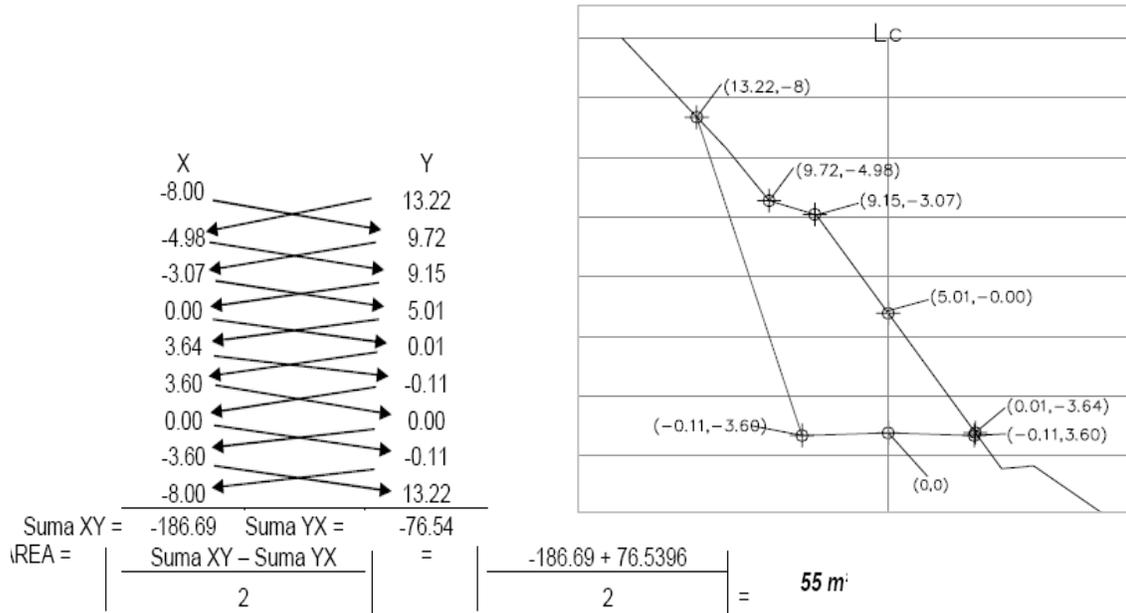
Donde:

H = Horizontal; V = Vertical.

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

Para el caso en estudio, en el movimiento de tierras se tomó como criterio lo establecido en la tabla VIII.

Figura 12. Ejemplo de cálculo de secciones transversales por el método analítico.



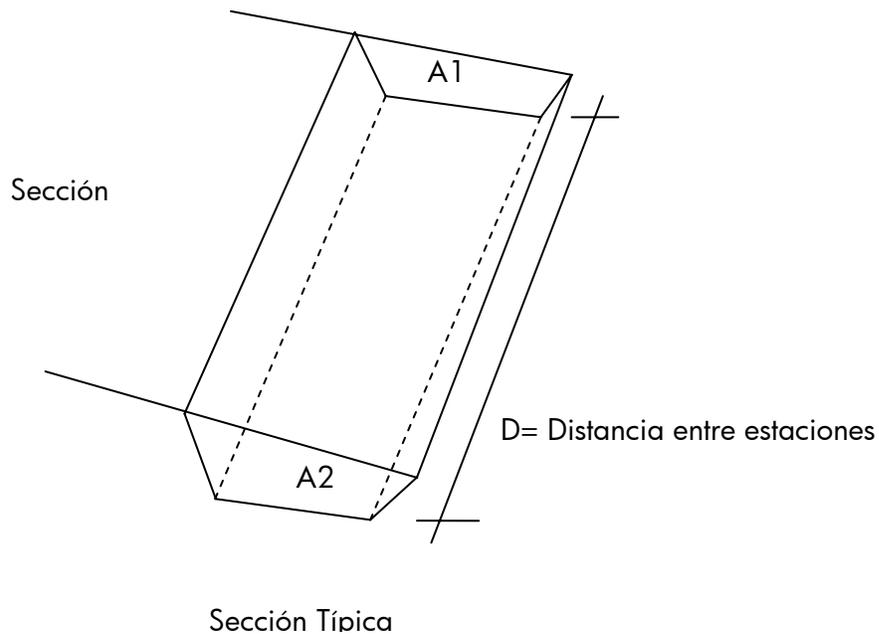
2.1.6.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Cuando se han determinado las áreas de las secciones transversales, se procede al cálculo de volúmenes 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 semisuma de las áreas externas, por la distancia entre estaciones.

Figura 13. Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.



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.

Para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras se utilizó el programa Civilcad.

2.1.6.3. Coeficiente de contracción e hinchamiento

Para poder explicar lo que es el coeficiente de contracción e hinchamiento, es necesario indicar que cualquier material, ya sea de corte o de préstamo experimenta un cambio de volumen cuando pasa del estado natural al relleno, lo que hace necesario conocer la magnitud del cambio, para poder determinar con mayor exactitud los volúmenes del material a mover.

Este coeficiente varía según diversos factores tales como: la clase de suelo, la humedad contenida, las formas de excavación, el transporte usado y el tipo de compactación, para este caso se utilizó un factor del 25%.

2.1.6.4. Curva de masas

Es una representación gráfica, del volumen de corte contra el de relleno. Para proyectos de carreteras en regiones montañosas, los cortes de material sobrepasan en gran medida a los rellenos, siendo este caso, el que se presentó en el proyecto. La curva de balance se utiliza únicamente en regiones semiplanas donde el material de corte se utiliza en los rellenos de la carretera.

2.1.7. Drenajes

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.

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.

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

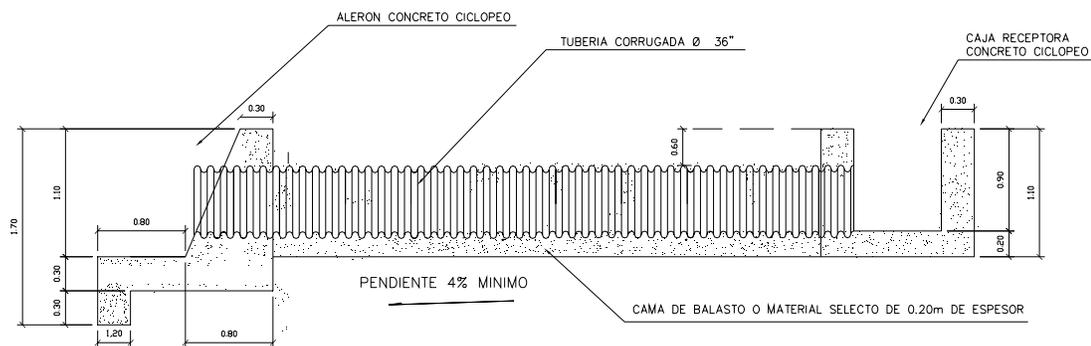
2.1.7.1. Cunetas

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. En el diseño se utilizaron cunetas triangulares (ver figura 15).

2.1.7.2. Drenajes transversales

Son las tuberías que se colocan para aliviar el agua proveniente de las cunetas o de arroyos, se encuentran a lo largo de la carretera; son necesarios en un tramo en corte, sirven para conducir agua al otro lado de la carretera.

Figura 14. Detalle de drenaje transversal.



Uno de los métodos para calcular el área de descarga de los drenajes, es el método racional, en donde 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 máxima (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.

El método racional está representado por la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia (mm/hr)

C = Coeficiente de escorrentía

Para la intensidad de lluvia, se consulta con la información el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) tenga para la región en estudio, está dada por las fórmulas:

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

$$t = (0.886 * L^3/H)^{0.385} * 60$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia (mm/hr)

a y b = Datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal en kilómetros

H = Diferencia de elevaciones entre los puntos extremos
del cauce principal en metros

El caudal se determina por la fórmula de Manning

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

$$Q = V * A$$

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

$$A = \pi * \text{Ø}^2 / 4 \text{ (tubería circular)}$$

$$R = \text{Ø} / 4 \text{ (tubería circular)}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

R = Radio

Ejemplo de cálculo:

Datos:

A = área a drenar 30.2 hectáreas.

L = longitud del cauce 1.18 Km.

H = diferencia de elevaciones 100 metros

P = pendiente 0.1

C = coeficiente de escorrentía 0.4

Tiempo de concentración en minutos

$$t = (0.886 * L^3/H)^{0.385} * 60 = 11.7744 \text{ min}$$

Los valores de a y b proporcionados por el INSIVUMEH, para el cálculo de intensidad de lluvia en mm/hora

$$I = a / (t + b) = 8537 / (11.7744 + 48.56) = 141.4949 \text{ mm/hora}$$

Calculando el caudal

$$Q = C * I * A / 360 = (0.4 * 141.4949 * 30.2) / 360 = 4.7479 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Calculando el diámetro de la tubería necesaria para desfogar el caudal

$$D = ((Q * 4^{5/3} * n) / (S^{1/2} * \pi))^{3/8} = ((4.74 * 4^{5/3} * 0.013) / (0.1^{1/2} * \pi))^{3/8}$$

$$D = 0.8390 \text{ m}$$

$$A = \pi D^2 / 4 = \pi (0.8390)^2 / 4 = 0.55 \text{ m}^2$$

El área necesaria para drenar la cuenca es de 0.55 m², se utilizará tubería de 36 pulgadas que tiene un área de desfogue de 0.66 m².

2.1.7.3. Contracunetas

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; para este proyecto no fue necesaria este tipo cuneta, porque los taludes más altos tienen cinco metros de altura.

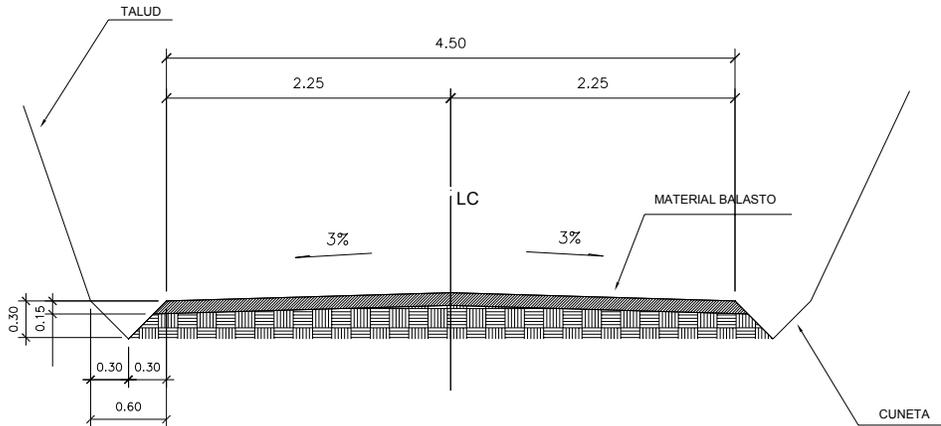
2.1.8. Carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura se coloca después de haber conformado la subrasante, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura para ayudar a prolongar la vida útil de la carretera.

Ayuda a evitar la acción de desgaste de la carretera, por el tránsito de vehículos, animales de carga y la acción erosiva del agua durante época lluviosa. Dentro de las características que debe reunir la carpeta de rodadura están: ser de calidad uniforme y estar libre de materia orgánica o materiales extraños que puedan ser perjudiciales; debe ser estable, relativamente impermeable entre otras. Dichas características se encuentran en el balasto.

Al existir una subrasante y se coloque la capa de balasto, debe ser conformada y escarificada, de acuerdo con las líneas, pendientes y secciones típicas. El espesor total de la capa de balasto, no debe ser menor de 10cm ni mayor de 25cm; deben compactarse como mínimo al 90% de la densidad máxima. Para la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito, la capa de balasto tendrá un espesor de 12cm.

Figura 15. Sección típica balasto.



2.1.9. Elaboración de planos

Para este proyecto se realizaron los planos siguientes:

- Plano planta perfil general
- Planos de planta perfil
- Plano de secciones transversales
- Plano de drenajes y sección típica

2.1.10. Presupuesto

Se elaboró a base de precios unitarios, con el propósito de facilitar la contratación del proyecto. La base para 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. El porcentaje de costos indirectos aplicado es del 30%.

Tabla IX. Presupuesto carretera hacia Cecilar Chiquito.

No.	REGLÓN	U	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL REGLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo topográfico	ML	2,855.78	Q 2.00	Q 5,711.56
1.2	Limpia, chapeo y destronque	Ha	2.29	Q 2,600.00	Q 5,954.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	Excavación material no clasificado	M3	17,989.83	Q 15.28	Q 274,884.60
2.2	Relleno	M3	3,156.87	Q 22.91	Q 72,323.89
2.3	Corte en roca	M3	5,923.89	Q 117.00	Q 693,095.13
3	SUBRASANTE				
3.1	Conformación de Subrasante	M2	12,851.01	Q 6.65	Q 85,459.56
4	DRENAJES				
4.1	Alcantarillas HG 36" calibre 16 corrugada	ML	149.5	Q 1,049.75	Q 156,937.63
4.2	Mampostería de Piedra (Caja y cabezales)	M3	100	Q 740.35	Q 74,035.00
5	CARPETA DE RODADURA				
5.1	Acarreo de balasto	M3/Km	6,877	Q 14.17	Q 97,447.09
5.2	Capa de balasto	M3	1,927.66	Q 26.00	Q 50,119.16
5.3	Cunetas naturales	ML	4,994	Q 6.00	Q 29,964.00
6	MAQUINARIA				
6.1	Transporte de Maquinaria	Global	1	Q20,000.00	Q 20,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q1,565,931.28
COSTO POR KILÓMETRO					Q 539,976.30

2.1.11. Cronogramas

Figura 16. Cronograma de ejecución e inversión.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

No.	ACTIVIDADES	MESES				AVANCE FÍSICO	AVANCE ACUMULADO
		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4		
1	Trabajos Preliminares					1.01%	1.01%
2	Movimiento de Tierras					68.40%	69.41%
3	Subrasante					5.86%	75.27%
4	Drenajes					12.92%	88.19%
5	Carpeta de Rodadura					11.81%	100.00%
TOTALES						100.00%	100.00%

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN

No.	ACTIVIDAD	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4	
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
1	Trabajos Preliminares	Q 2,916.39	Q 12,916.39	Q 2,916.39	Q 2,916.39				
2	Movimiento de Tierras		Q297,229.61	Q297,229.61	Q 297,229.61	Q 148,614.79			
3	Subrasante		Q 21,364.80	Q 21,364.80	Q 21,364.80	Q 21,364.80			
4	Drenajes		Q 28,871.58	Q 28,871.58	Q 57,743.16	Q 57,743.16	Q 28,871.58		
5	Carpeta de Rodadura						Q 88,765.13	Q 88,765.13	
INVERSION QUINCENAL		Q 2,916.39	Q310,146.00	Q350,382.38	Q 379,253.96	Q 227,722.75	Q 79,107.96	Q 117,636.71	Q 98,765.13
INVERSION ACUMULADA		Q 2,916.39	Q313,062.39	Q663,444.77	Q1,042,698.73	Q1,270,421.48	Q1,349,529.44	Q1,467,166.15	Q1,565,931.28
COSTO TOTAL DEL PROYECTO									Q1,565,931.28

2.2. Diseño de puente vehicular colgante aldea El Trapichillo

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del puente vehicular colgante en la aldea El Trapichillo, tendrá una longitud de sesenta metros por tres metros y medio de ancho, con capacidad para el tránsito de peatones, bestias y vehículos tipo pick-up. Este puente beneficiará a los pobladores, proporcionando un acceso vial que facilite la comunicación y desarrollo de las aldeas juntamente con otras comunidades.

2.2.2. Características principales de los puentes colgantes

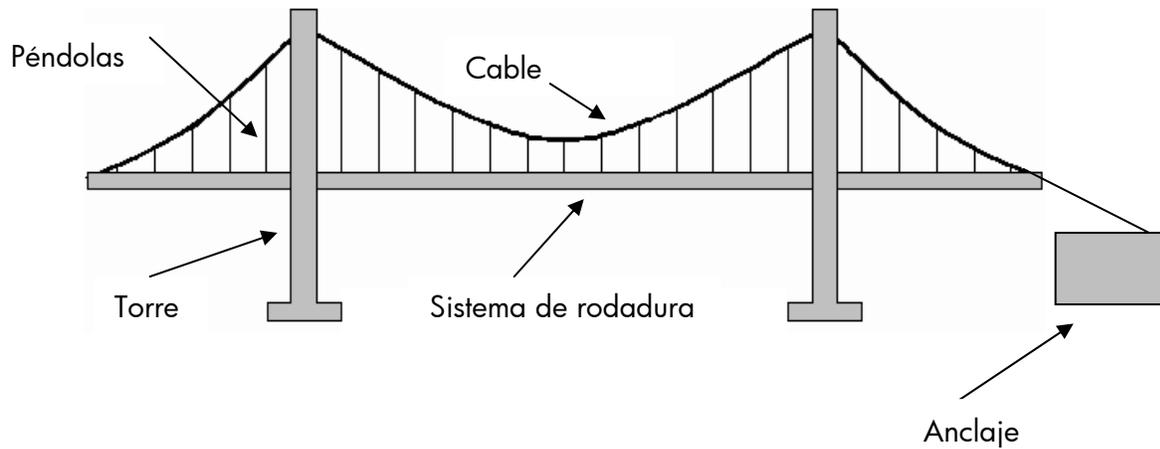
Los puentes colgantes son estructuras, cuyo objetivo es salvar una corriente de agua o una depresión del terreno en una carretera. Por su funcionalidad, todos los puentes son iguales, pero existen ciertos detalles que los hacen diferentes como su forma, análisis, construcción entre otros.

El sistema estructural básico consiste en cables principales flexibles y, suspendidos de ellos traveses o vigas rigidizantes, que soportan la estructura de la cubierta.

Entre las partes más importantes de los puentes colgantes están:

- Anclajes
- Torres
- Cables principales
- Sistema de rodadura
- Péndolas

Figura 17. Principales elementos de un puente colgante.



2.2.3. Clasificación de los puentes colgantes

2.2.3.1. Por el tipo de sistema de suspensión

Este sistema los clasifica de la siguiente manera:

- Cadenas de eslabones forjados
- Cadenas de barras de ojo o argollas
- Cables de alambre, entre otros.

2.2.3.2. Por el método de rigidez del sistema

2.2.3.2.1. Sin rigidez o flexible

Carece de un sistema que le proporcione rigidez, por lo que el cable soporta la carga aplicada, es el más sencillo y el de más bajo costo de construcción.

Este tipo de puente no es empleado para estructuras importantes, es decir, en carreteras en las que el tránsito y las velocidades de diseño son tales que no prestarían un servicio eficiente.

Los puentes sin rigidez pueden ser usados en las siguientes condiciones:

- En estructuras forestales, cuando la carga viva es insignificante.
- En construcciones pesadas de luces grandes, donde la relación de carga estática a carga móvil, es tan grande que la rigidez es innecesaria.

2.2.3.2.2. Con rigidez integral

Comúnmente se le designa como encadenado, emplea miembros como tirantes propios del sistema de suspensión, lo cual deriva una rigidez suficiente sin empleo de rigidez, por lo que no es necesario el empleo de armaduras o vigas de rigidez.

2.2.3.2.3. De tablero rígido

Obtiene su rigidez mediante armaduras o vigas, cuya función principal es restringir la deformación del cable, bajo los efectos de carga viva, absorber las cargas concentradas en las juntas y transmitir las al cable, a través de los tirantes verticales o péndolas, sobre un área de distribución amplia.

2.2.3.3. Por el anclaje del sistema

Puede ser anclado externamente o auto anclado. El tipo más común es el de anclaje externo, el cual es masivo y funciona por gravedad; su función es de resistir la componente vertical y horizontal de la tensión del cable.

2.2.3.4. Por la distribución de las cargas del sistema

Comúnmente, se usan dos arreglos de estructuras, con tirantes laterales cargados y con laterales sin cargar. Un tirante lateral cargado produce mayor simetría en el perfil del cable.

2.2.4. Sistemas de puentes colgantes

2.2.4.1. Puentes rígidos o reforzados

Es uno de los sistemas de puentes más utilizados según su tipo, debido a las grandes cargas que pueden soportar, la durabilidad y seguridad que proporcionan en vías de mucho tránsito.

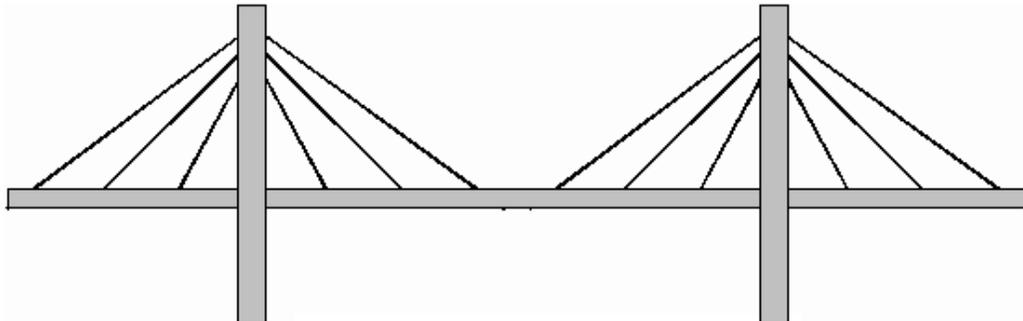
2.2.4.2. Puentes colgantes semi – rígidos

En este tipo de puentes, es posible adoptar disposiciones especiales adecuadas, para disminuir notablemente la deformidad que presentan los puentes.

Disposiciones para disminuir la deformidad de los puentes:

- Reforzar el tablero mediante vigas robustas en el sentido longitudinal, como largueros o bien emplear parapetos capaces de obrar como vigas resistentes a la flexión.
- Colocar una serie de tirantes oblicuos, los cuales a partir de la cabeza del pilar a la que están asegurados, se disponen a la manera de un abanico sobre la pared de suspensión y se fijan en el tablero en diversos puntos, salvo un trozo central de él.
- Desarrollar debajo del tablero, un sistema de arriostramiento eficaz formado por varias series horizontales, que dispuestos a modo de abanico, enlazan los pilares con diversos puntos del tablero.

Figura 18. Puente colgante semi – rígido.



2.2.4.3. Puentes colgantes deformables

Son puentes colgantes de cadenas, en las que todas las vigas transversales o viguetas del tablero, están sostenidas directamente por las barras o péndolas y, todo el entramado del tablero no presenta más que una pequeñísima resistencia a la flexión.

2.2.5. Principales elementos a considerar en el diseño

2.2.5.1. Cable principal

Un cable es un conjunto de alambres con un arrollamiento espiral, de modo que forme un todo más o menos grueso apto para resistir, fundamentalmente, la tensión. El alambre empleado en la fabricación de cables, es un hilo que suele definirse por su diámetro y características del material con que está fabricado.

Algunos cables están formados por una alma metálica o textil y un trenzado de alambres en torno a ella; los cables pueden estar cubiertos con algún material o sustancia, para brindarles protección y alargar su vida cuando están expuestos a la intemperie.

2.2.5.1.1. Cadena de eslabones forjados

Este tipo de cadenas no es muy usado en la actualidad, por el buen resultado de los cables de alambres, las desventajas que presentan son:

- Desigualdad de esfuerzos
- Esfuerzos de trabajo muy bajos
- Dificultad de inspección y mantenimiento

2.2.5.1.2. Cables de alambre

Son fabricados con alambres de acero galvanizado, estos cables varían según el fabricante, por ejemplo cables con alma de acero de 6x25 hilos, torsión derecha con grasa negra ligera, cables de cordones galvanizados, entre otros.

Las ventajas que presentan son:

- Tensión uniforme
- Protección contra la corrosión
- Uniformidad en el cable

2.2.5.1.3. Elección del cable

Al elegir un cable debe verificarse la resistencia, lo suficiente para cubrir la carga máxima con un factor de seguridad, número de cables en cada cordón, número de cordones, sentido de arrollamiento de los cordones, tipo de éstos y naturaleza del alma entre otros. Debe soportar dobleces o flexiones repetitivas sin que fallen por fatiga, además de resistir el desgaste abrasivo.

La flexibilidad de los cables depende de la relación entre los diámetros de los alambres y el tipo de acero empleado, a mayor flexibilidad, menor esfuerzo de flexión del cable.

2.2.5.1.4. Clasificación de los cables

Los cables pueden ser:

- Flexibles
- Muy flexibles
- Extra flexibles
- Rígidos
- Semi rígidos

Tabla X. Secciones aproximadas de cables.

TIPO DE CABLE	Área de sección útil (cm²) D = diámetro
Cable de cordones con alma de cáñamo	0.4 D ²
Cable de cordones con alma de acero	0.5 D ²
Cable - cordón espiral con alma de acero	0.6 D ²
Cable vía liso	0.8 D ²

2.2.5.2. Tirantes verticales o péndolas

Están espaciados a criterio del diseñador, tienen como espaciamiento máximo dos metros. Para determinar el área requerida para las péndolas, se considera que ésta soporta un tramo de carga uniformemente distribuida, de una longitud igual a la separación de las mismas, con el valor de carga y el esfuerzo del acero se procede al diseño.

La longitud de las péndolas varía, es mayor en los extremos y menor en el centro de la luz.

2.2.5.3. Torres

Son miembros verticales sujetos a flexo compresión, colocados en los extremos de la luz del puente colgante. La altura será de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno, pueden construirse de acero estructural, concreto ciclópeo o concreto reforzado.

Al construir las, debe tenerse especial cuidado en la selección de los puntos, los cuales deberán estar perfectamente definidos. Las torres y los anclajes deben construirse simultáneamente, ya que ambos son elementos completamente independientes y de la misma naturaleza.

2.2.5.4. Anclajes

Se diseñan para resistir la tensión de los tirantes inclinados, que son prolongación del cable principal, debe ponerse especial atención en el diseño, ya que son elementos que constituyen la seguridad de un puente colgante.

2.2.6. Determinación del tipo de puente a diseñar

El tipo de puente a diseñar en la aldea El Trapichillo, será un puente colgante flexible, por ser el más conveniente, desde el punto de vista económico y la distancia a salvar.

El análisis se hará de acuerdo a la teoría elástica, la cual se basa en cinco hipótesis:

- El cable se supone perfectamente flexible, tomando libremente la forma del polígono de equilibrio de las fuerzas suspendidas.

- La armadura se considera como una viga, inicialmente recta y horizontal, con momento de inercia constante que sujeta al cable en toda su extensión.
- La carga muerta de todo el sistema, se asume uniformemente distribuida en proyección horizontal, de tal manera que la curva inicial del cable es una parábola.
- La forma de la curva del cable, se asume permanece inalterable durante la aplicación de las cargas.
- La carga muerta la soporta completamente el cable y no causa ningún esfuerzo en la armadura de rigidez. La armadura es afectada solamente por la carga viva y por los cambios de temperatura.

El análisis, para éste proyecto, se basó exclusivamente en la primera, tercera, y cuarta hipótesis, ya que las dos restantes se refieren exclusivamente, al sistema de rigidez.

2.2.7. Cálculos de diseño de puente vehicular colgante

2.2.7.1. Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico, se hizo una nivelación simple, utilizando los mismos criterios que para la carretera.

2.2.7.2. Análisis de la calidad del suelo

El material que se encuentra en el lugar es una arena con grava, color café grisáceo, de buena consistencia.

2.2.7.2.1. Ensayo triaxial

La obtención de la muestra (un pie cúbico), no se pudo obtener en el lugar, ya que por la característica del suelo, no permitió tallarlo, determinar el valor soporte, se recurrió a compararlo con suelos de similar características. Ver figura 19.

Tabla XI. Valor soporte según el tipo de suelo.

MATERIAL DEL SUELO	VALOR SOPORTE ton/m ²	OBSERVACIONES
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22 - 86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena
Suelos arenosos	32 - 64	Densos
Arena fina	22 - 43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: Jadenon Vinicio Cabrera Seis. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1.

Página 44.

Figura 19. Tipo de suelo aldea El Trapichillo.



Se asumirá un valor soporte de 32 Ton/m^2 , correspondiente a un suelo arenoso.

2.2.7.3. Integración de cargas

2.2.7.3.1. Carga viva

La carga viva será la de un vehículo tipo pick-up:

Peso de vehículo tipo pick-up + tripulante = 1000Kg.

Peso de la sobrecarga = 1000Kg.

Peso total de la carga viva = (1000 + 1000) Kg. = 2000Kg.

El área de distribución de la carga viva, se asume en un ancho de tres metros; y la longitud ocupada por el vehículo cuatro metros y medio.

Área de distribución de la carga:

Ancho de puente 3m.

$$A = 3(4.5) = 13.5 \text{ m}^2$$

$$CV = 2000\text{Kg}/13.5\text{m}^2 = 148.15 \text{ Kg./m}^2$$

2.2.7.3.2. Carga muerta

Está compuesta por el peso de los cables, malla y tablón, se considera la carga para un metro lineal de puente:

Tablón:

Se utilizará madera de ciprés tratada con un peso de 50Lb/p³

Tablón de 2" * 12" * 12'

$$(2" * 12")/144 * 12' * 50 \text{ lb./p}^3 = 100 \text{ lb.} * 3 \text{ piezas} = 300 \text{ Lb.}$$

Tablón de 3" * 12" * 4'

$$(3" * 12")/144 * 4' * 50 \text{ Lb./p}^3 = 50 \text{ lb.} * 4 \text{ Piezas} = 200\text{Lb.}$$

Malla:

$$2 \text{ m. de malla} = 2 * 16 \text{ Lb./m} = 32 \text{ Lb.}$$

$$13 \text{ Cables } 1" = 13 * 10 \text{ Lb.} = 130 \text{ Lb.}$$

$$4 \text{ Cables } \frac{3}{4}" = 4 * 5 \text{ Lb.} = 20 \text{ Lb.}$$

$$\text{Peso CM} = (300+200+32+130+20) \text{ Lb.} = 682 \text{ Lb.} \approx 310 \text{ Kg.}$$

Área de distribución:

$$A = 3\text{m.} * 1\text{m} = 3\text{m}^2$$

$$\text{CM} = 310\text{Kg./}3\text{m}^2 = 103.33 \text{ Kg./m}^2$$

2.2.7.3.3. Carga de viento

Son particularmente importantes en proyectos estructurales grandes. Para este proyecto, la carga de viento se tomará en cuenta en el diseño de los tensores, que son los que proporcionan la estabilidad al puente.

2.2.7.3.4. Cargas últimas

$$W_u = 1.4\text{CM} + 1.7\text{CV.}$$

$$W_u = 1.4(103.33\text{Kg/m}^2) + 1.7(148.15 \text{ Kg./m}^2) = 396.52 \text{ Kg./m}^2$$

La carga uniformemente distribuida:

Ancho de puente = 3m

$$W = (396.52 \text{ Kg./m}^2)(3\text{m}) = 1189.56 \text{ Kg./m.}$$

2.2.7.4. Geometría de puente colgante

El aspecto más importante a considerar en el diseño de un puente colgante, cuando no tiene un sistema que le proporcione rigidez es la flecha. Es conveniente que la flecha sea lo menor posible, con el fin de reducir lo más posible las deflexiones provocadas por la carga viva.

2.2.7.5. Esfuerzos utilizados en el diseño

$$f'_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ Kg./cm}^2$$

La madera a utilizar para la rodadura será ciprés debidamente tratado con:

$$\text{Esfuerzo de corte} = 100 - 120 \text{ Lb/plg}^2$$

$$\text{Esfuerzo de flexión} = 1000 - 1200 \text{ Lb/plg}^2$$

Para cables de acero con alma de acero:

Cables de 1"

Carga de ruptura 46 Ton.

$$\text{Esfuerzo de ruptura} = 9073 \text{ Kg./cm}^2$$

Cable de $\frac{3}{4}$ "

Carga de ruptura 20 Ton.

Esfuerzo de ruptura = 7017.5 Kg./cm²

2.2.7.6. Análisis y diseño de sistema de rodadura

Para la rodadura se utilizarán tablonces de madera de ciprés, por su resistencia y durabilidad; deberá ser tratada contra la pudrición. Los tablonces se colocarán de forma transversal al puente y otros en forma longitudinal.

Peso propio de la madera 50 Lb/p³; Luz a ejes entre cables 0.25m

Carga muerta

Tablón de 2" * 12" * 12'

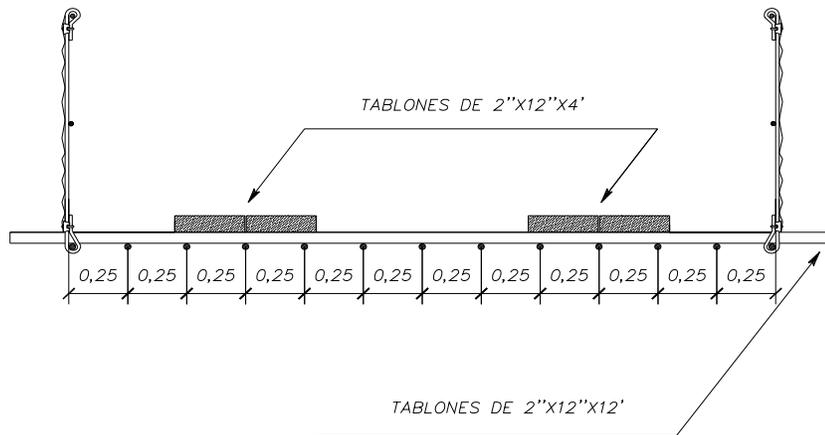
$$(2" * 12")/144 * 50 \text{ Lb./p}^3 = 8.33 \text{ Lb./p}$$

Tablón de 2" * 12" * 4'

$$(2" * 12")/144 * 50 \text{ Lb. /p}^3 = 8.33 \text{ lb./p}$$

$$W_{cm} = (8.33+8.33)\text{Lb./p} = 16.67 \text{ Lb./p} \approx 24.85 \text{ Kg./m}$$

Figura 20. Sección de puente.



$$M1 = WL^2/10 \quad (\text{Tramos continuos})$$

$$M1 = 24.85 (0.25)^2 / 10 = 0.155 \text{ Kg.-m.}$$

Carga viva

$$W_{cv} = W / 7 \quad (\text{Número de piezas})$$

$$W_{cv} = 1189.56/7 = 169.94 \text{ Kg./m}$$

$$M2 = WL^2/10$$

$$M2 = 169.94 (0.25)^2 / 10 = 1.06 \text{ Kg.-m}$$

Momento total provocado por la carga muerta (M1) y la carga viva (M2)

$$MT = M1 + M2$$

$$MT = 0.155 + 1.06 = 1.215 \text{ Kg.- m}$$

Verificando sección

$$P = (W_{cm} * L) / 2 + (W_{cv} * L) / 2$$

$$P = (24.85 * 0.25)/2 + (169.94 * 0.25) / 2 = 24.35 \text{ Kg}$$

Por corte:

$$V_c = (3/2) P / A = 1.5P / (b * h)$$

$$V_c = 1.5 (24.35 \text{ Kg.}) / (0.3048 * 0.102) = 1174.83 \text{ Kg./m}^2$$

$$V_c < \text{Esfuerzo de corte de la madera (100 Lb/plg}^2)$$

Por flexión:

$$F = MC / I$$

$$I = (1/12) bh^3$$

$$F = (1.215)(0.0508) / ((1/12) * 0.3048 * 0.102^3) = 2289.84 \text{ Kg./m}^2$$

$$F < \text{Esfuerzo de flexión de la madera (1000 Lb/plg}^2)$$

Los esfuerzos de trabajo actuantes son menores que los resistentes, por lo que la sección propuesta es apta.

2.2.7.7. Análisis y diseño de cable principal

Se utilizarán cables de acero de 1" de diámetro, con alma de acero de 6*25 hilos, torsión derecha con grasa negra ligera.

De la fórmula de la tensión se tiene:

$$T = WL / 2 * \sqrt{(1 + L^2)/(16 * f^2)}$$

Donde:

$$L = 60 \text{ m,}$$

$$W = 1189.56 \text{ Kg./m.}$$

$$f = 0.9 + f'$$

$$f' = 0.025 * L = 0.025 * 60 = 1.5$$

$$f = 0.9 + 1.5 = 2.4$$

$$T = (1189.56 * 60) / 2 * \sqrt{((1 + 60^2) / (16 * 2.4^2))}$$

$$T = 223073.48 \text{ Kg.} \approx 223.07 \text{ Ton.}$$

La tensión que deben soportar los cables del puente es de 223 toneladas

$$\text{Esfuerzo de Diseño} = \partial c * F_s$$

Donde:

$$\partial c = \text{Esfuerzo del cable}$$

$$F_s = \text{Factor de seguridad, para este caso se tomará } 0.65$$

$$\text{Esfuerzo de Diseño} = 9073 \text{ Kg./cm}^2 * 0.65 = 5897.45 \text{ Kg./cm}^2$$

Área de acero que se necesita:

$$A = 223073.48 \text{ Kg.} / 5897.45 \text{ Kg./cm}^2$$

$$A = 37.83 \text{ cm}^2$$

Utilizar 13 cables de 1" de diámetro

Cálculo de área útil (Au), según tabla IX:

$$Au = 0.6 D^2$$

$$Au = 3.87 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de los cables} = 13 * 3.87 \text{ cm}^2 = 50.31 \text{ cm}^2$$

El área es mayor a la requerida.

Comprobación:

$$\text{Esfuerzo que recibe el cable} = (223073.48) / (50.31) = 4423.34 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo que resiste el cable} = 9073 \text{ Kg./cm}^2$$

El esfuerzo que resiste el cable es mayor que el que recibe, por lo tanto se utilizarán 13 cables de una pulgada de diámetro.

2.2.7.8. Análisis y diseño de barandal

Para el diseño de los cables de barandal, se utilizará el procedimiento aplicado a los cables principales:

Péndolas. Están sometidas a cambios de inclinación, tanto longitudinal como transversalmente, es recomendable que las uniones sean articuladas, para anular los esfuerzos flexionantes que ocasionan estos movimientos.

La separación de las péndolas no debe exceder de dos metros, ya que el momento en las vigas longitudinales y transversales se incrementa, y como consecuencia sus respectivas secciones. Para este diseño se utilizará una separación entre péndolas de un metro.

Carga muerta (CM):

$$\Sigma F_v = 0$$

$$T_1 - CM * X = 0$$

$$T_1 = 310 \text{ Kg.} * 1 \text{ m.} = 310 \text{ Kg.} - \text{ml}$$

Carga viva (CV):

$$\Sigma F_v = 0$$

$$T_2 = CV * X = 0$$

$$T_2 = 2000 \text{ Kg.} * 1 \text{ m.} = 2000 \text{ Kg.} - \text{ml}$$

Carga total (T):

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = (310 + 2000) \text{ Kg.} = 2310 \text{ Kg.}$$

Carga por péndola (Q):

$$Q = T / 2$$

$$Q = 2310 \text{ Kg.} / 2 = 1155 \text{ Kg.} \approx 2541 \text{ Lb.}$$

Área requerida por péndola:

$$A = Q / Ft$$

$$Ft = 0.6 fy$$

$$A = (2541 \text{ Lb.}) / (0.6 * 40000 \text{ PSI}) = 0.105 \text{ plg}^2$$

$$A = 0.105 \text{ plg}^2 \approx 0.68 \text{ cm}^2$$

Utilizar cable $\varnothing \frac{1}{2}$ " a cada metro.

Cable de barandal

Utilizando el procedimiento anterior para los cables principales:

Carga muerta (CM):

$$\text{Cable de } \frac{3}{4}'' \quad \text{Peso} = 1.55 \text{ Kg. /m}$$

$$\text{Cable de } \frac{1}{2}'' \quad \text{Peso} = 0.34 \text{ Kg. /m}$$

$$CM = (2 * 1.55 + 0.34) = 3.44 \text{ Kg. /m}$$

Carga viva (CV):

El puente es vehicular, pero también será transitado por personas que se apoyarán en estos cables, por lo que se contempla una carga distribuida de 35 Kg/m.

Carga última (Wu):

$$Wu = 1.4CM + 1.7CV$$

$$Wu = 1.4 (3.44 \text{ Kg./m}) + 1.7 (35 \text{ Kg./m}) = 64.32 \text{ Kg./m}$$

La carga calculada es para un lado del puente.

$$T = WL / 2 * \sqrt{(1 + L^2)/(16 * f^2)}$$

Donde:

$$L = 60 \text{ m,}$$

$$W = 64.32 \text{ Kg./m.}$$

$$f = 0.9 + f'$$

$$f' = 0.025 * L = 0.025 * 60 = 1.5$$

$$f = 0.9 + 1.5 = 2.4$$

$$T = (64.32 * 60) / 2 * \sqrt{((1 + 60^2) / (16 * 2.4^2))}$$

$$T = 12061.67 \text{ Kg.} \approx 12.06 \text{ Ton.}$$

$$\text{Esfuerzo de Diseño} = \rho_c * F_s$$

$$\text{Esfuerzo de Diseño} = 7017 \text{ Kg./cm}^2 * 0.65 = 4561.05 \text{ Kg./cm}^2$$

Área de acero que se necesita:

$$A = 12061.67 \text{ Kg.} / 4561.05 \text{ Kg./cm}^2$$

$$A = 2.64 \text{ cm}^2$$

Utilizando 2 cables $\varnothing \frac{3}{4}$ "

$$A_u = 0.6 D^2$$

$$A_u = 2.17 \text{ cm}^2$$

$$A = 2 * 2.17 \text{ cm}^2 = 4.34 \text{ cm}^2$$

Revisión:

Esfuerzo que recibe el cable = $(12061.67) / (4.34) = 2779.19 \text{ Kg./cm}^2$

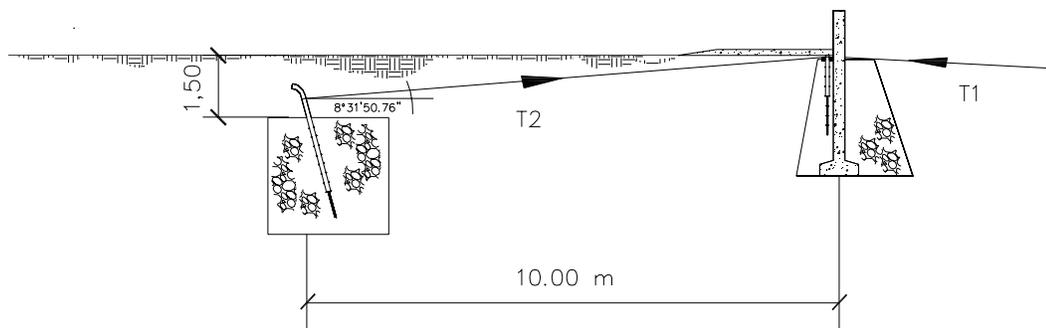
Esfuerzo que resiste el cable = 7017.5 Kg./cm^2

2.2.7.9. Análisis y diseño de torres

Para el diseño, debe determinarse el ángulo en que actúa la tensión:

$$\theta = \tan^{-1} (1.5/10) = 8^{\circ}31'50.67''$$

Figura 21. Anclaje y torre.



De la figura anterior, asumiendo que la tensión uno (T1) es igual a la tensión dos (T2):

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow +$$

$$-T1 * \text{Cos } \theta + T2 * \text{Cos } \theta = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \uparrow +$$

$$T_1 * \text{Sen } \theta + T_2 * \text{Sen } \theta = 0$$

$$2T * \text{Sen } \theta = F_y$$

$$F_y = 2 (223073.48) \text{ Sen } (8^\circ 31' 50.67'') = 66181.65 \text{ Kg.}$$

Si F_y es igual al peso que debe tener la torre, para resistir la tensión del cable principal:

$$F_y = W_{\text{con}} * V$$

Donde:

W_{con} = Peso específico del concreto ciclópeo

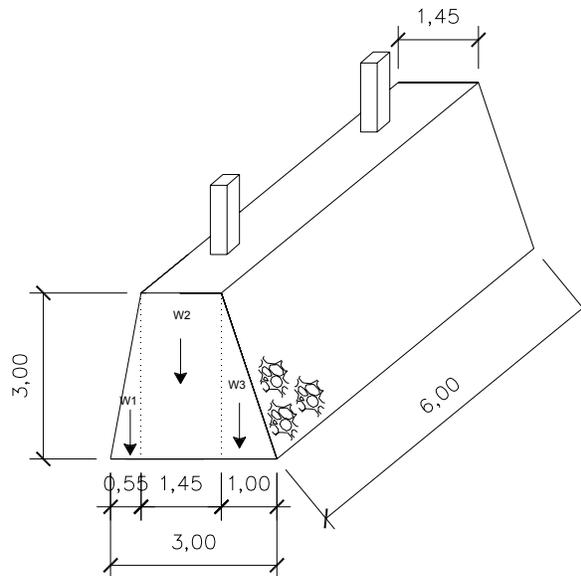
V = Volumen mínimo que debe tener la torre

$$V = F_y / W_{\text{con}} = 66181.65 \text{ Kg.} / (2200 \text{ Kg.} / \text{m}^3) = 30.08 \text{ m}^3$$

Con el resultado anterior se diseña una torre con un volumen de 30.08 m^3 .

El diseño de la torre será de la siguiente forma:

Figura 22. Dimensiones de torre.



Calculando el volumen de la torre:

$$V = 6 * ((1.45*3) + (0.5*0.55*3) + (0.5*1*3))$$

$$V = 40.05 \text{ m}^3$$

Por seguridad se tomará la geometría y volumen anterior para el diseño.

Debido a que las torres se encontrarán en su totalidad enterradas, sólo se chequearán presiones máximas y mínimas sobre la base de la torre.

Cálculo de carga distribuida

$$W1 = 2200 \text{ Kg/m}^3 (0.825 \text{ m}^2) = 1815 \text{ Kg/m}$$

$$W2 = 2200 \text{ Kg/m}^3 (4.350 \text{ m}^2) = 9570 \text{ Kg/m}$$

$$W3 = 2200 \text{ Kg/m}^3 (1.500 \text{ m}^2) = 3300 \text{ Kg/m}$$

$$W = W1 + W2 + W3$$

$$W = 1815 + 9570 + 3300 = 14685 \text{ Kg/m}$$

Cálculo de momentos al pie de la torre

$$M1 = (2/3) (0.55 \text{ m}) (1815 \text{ Kg/m}) = 665.50 \text{ Kg-m/m}$$

$$M2 = (0.55 + 1.45/2) (9570 \text{ Kg/m}) = 12201.75 \text{ Kg-m/m}$$

$$M3 = (0.55 + 1.45 + 1/3) (3300 \text{ Kg/m}) = 7700 \text{ Kg-m/m}$$

$$M = M1 + M2 + M3$$

$$M = 665.50 + 12201.75 + 7700 = 20567.25 \text{ Kg-m/m}$$

Cálculo de excentricidad

$$e = b/2 - a$$

$$a = (\Sigma M) / (\Sigma W) = (20567.25 \text{ Kg-m/m}) / (14685 \text{ Kg/m}) = 1.40$$

$$e = 3/2 - 1.40 = 0.1$$

Cálculo de presiones (q)

$$q = (\Sigma W) / b \pm (\Sigma W * 2e) / S$$

$$S = (1/6) * b^2 = (1/6) * 3^2 = 1.5$$

$$q = (14685 \text{ Kg/m}) / 3\text{m} \pm (14685 \text{ Kg/m}) (2*0.10) / 1.5$$

$$q_{\text{max}} = 6853 \text{ Kg} \approx 6.85 \text{ Ton/m}^2 < 32 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = 2937 \text{ Kg} \approx 2.94 \text{ Ton/m}^2 > 0$$

Las dimensiones adoptadas para la base de la torre son aptas.

2.2.7.10. Análisis y diseño de anclajes

El anclaje tendrá dimensiones de 3m * 3m * 8m, para el diseño se utilizarán los siguientes valores:

$$W_s = 1600 \text{ Kg/m}^3$$

$$W_{\text{con}} = 2200 \text{ Kg/m}^3$$

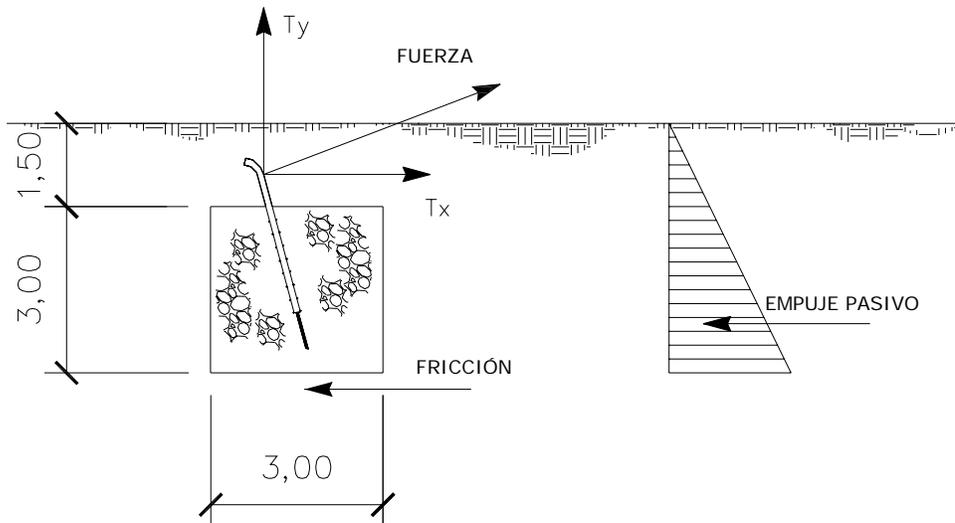
$$F_{sd} = 2 \text{ (factor de seguridad contra deslizamiento)}$$

$$\emptyset = 30^\circ \text{ (asumido)}$$

$$K_p = (1 + \text{sen } \emptyset) / (1 - \text{sen } \emptyset)$$

$$K_p = (1 + \text{sen } 30^\circ) / (1 - \text{sen } 30^\circ) = 3$$

Figura 23. Dimensiones de anclaje.



Cálculo de fuerzas actuantes:

$$\theta = 8^{\circ}31'50.67''$$

$$T_x = T * \cos \theta$$

$$T_x = 223073.48 \text{ Kg} * \cos (8^{\circ}31'50.67'') = 220605.49 \text{ Kg}$$

$$T_y = T * \text{Sen } \theta$$

$$T_y = 223073.48 \text{ Kg} * \text{Sen } (8^{\circ}31'50.67'') = 33090.73 \text{ Kg}$$

Cálculo del empuje (E):

$$b = 8\text{m (base del anclaje)}$$

$$h = 3\text{m (altura del anclaje)}$$

$$e = 3\text{m}$$

$$H = h + \text{desplante} = 4.5\text{m}$$

$$E = (1/2) * W_s + H^2 * K_p * b$$

$$E = (1/2) * 1600 \text{ Kg/m}^3 * (4.5\text{m})^2 * 3 * 8\text{m}$$

$$E = 388800 \text{ Kg}$$

Cálculo de peso de concreto ciclópeo:

$$W_{\text{con}} = (8\text{m} * 3\text{m} * 3\text{m}) (2200 \text{ Kg/m}^3) = 158400 \text{ Kg}$$

Peso del suelo:

$$W_{\text{suelo}} = (8\text{m} * 3\text{m} * 1.5\text{m}) (1600 \text{ Kg/m}^3) = 57600 \text{ Kg}$$

Peso total:

$$WT = W_{\text{con}} + W_{\text{suelo}}$$

$$WT = 158400 + 57600 = 216000 \text{ Kg}$$

Cálculo de la fricción (F):

$$F = \mu (WT - T_y); \mu = 0.5$$

$$F = 0.5 (216000 - 33090.73) = 91454.63 \text{ Kg}$$

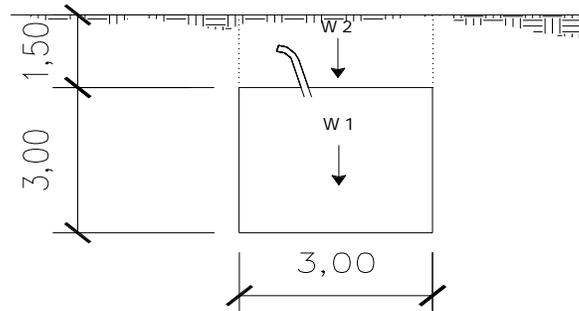
Chequeo por deslizamiento:

$$F_{sd} = (E + F) / T_x > 2$$

$$F_{sd} = (388800 \text{ Kg} + 91454.63 \text{ Kg}) / 220605.49 \text{ Kg}$$

$$F_{sd} = 2.18; \text{ cumple con lo establecido.}$$

Figura 24. Anclaje.



Cálculo de carga distribuida

$$W1 = 2200 \text{ Kg/m}^3 (9 \text{ m}^2) = 19800 \text{ Kg/m}$$

$$W2 = 1600 \text{ Kg/m}^3 (4.5 \text{ m}^2) = 7200 \text{ Kg/m}$$

$$W = W1 + W2$$

$$W = 19800 + 7200 = 27000 \text{ Kg/m}$$

Cálculo de momentos al pie del anclaje

$$M1 = (1.5) (19800) = 29700 \text{ Kg-m/m}$$

$$M2 = (1.5) (7200) = 10800 \text{ Kg-m/m}$$

$$M = M1 + M2$$

$$M = 29700 + 10800 = 40500 \text{ Kg-m/m}$$

Cálculo de excentricidad

$$e = b/2 - a$$

$$a = (\Sigma M) / (\Sigma W) = (40500 \text{ Kg-m/m}) / (27000 \text{ Kg/m}) = 1.50$$

$$e = 3/2 - 1.50 = 0$$

Cálculo de presiones (q)

$$q = (\Sigma W) / b \pm (\Sigma W * 2e) / S$$

$$q = (27000 \text{ Kg/m}) / 3\text{m}$$

$$q = 9000 \text{ Kg} = 9 \text{ Ton/m}^2 < 32 \text{ Ton/m}^2$$

Las dimensiones del anclaje cumplen con las condiciones requeridas.

2.2.7.11. Análisis y diseño de tensores

Los tensores sirven para proporcionar estabilidad al puente contra cargas de viento, según DGC, para los tensores debe utilizarse los valores:

$$H < 9\text{m}, \text{ fuerza del viento } (P_v) = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$H > 9\text{m}, \text{ fuerza del viento } (P_v) = 150 \text{ Kg/m}^2$$

Se utilizará $H > 9$ y $P_v = 150 \text{ Kg/m}^2$, con un factor de seguridad de 1.6

$$P_{vu} = 1.6 * 150 \text{ Kg/m}^2 = 240 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{cu} = 1.4 \text{ CM}$$

$$W_{cu} = 1.4 (103.33 \text{ Kg/m}^2) = 144.66 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_t = (P_{vu} + W_{cu}) * 1\text{m}$$

$$W_t = (240 + 144.66) * 1 = 384.66 \text{ Kg/m}$$

$$T_1 = W_t * L/2$$

$$T_1 = (384.66 \text{ Kg / m}) (60 \text{ m / 2}) = 11539.80 \text{ Kg.}$$

Utilizando Cables de $\varnothing \frac{3}{4}$ "

$$A = (11539.80 \text{ Kg.}) / (7017 \text{ Kg. / cm}^2)$$

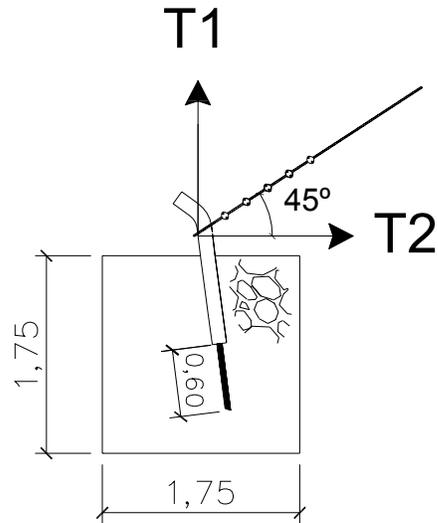
$$A = 1.64 \text{ cm}^2 \text{ (necesarios para cada lado del puente)}$$

Se colocaran dos cables $\varnothing \frac{3}{4}$ " a cada lado del puente, para proporcionar mayor estabilidad.

Diseño del anclaje del tensor

El anclaje de los tensores, se diseña de igual forma que el de los cables principales.

Figura 25. Tensor.



$$T1 = T2$$

$$T = T1 \text{ Sen } (45^\circ)$$

$$T = 11539.80 \text{ Kg} * \text{Sen } (45^\circ) = 8159.90 \text{ Kg}$$

Asumiendo que las dimensiones del anclaje son iguales:

$$T = \text{Volumen} * W_{\text{concreto}}$$

$$\text{Volumen} = T / W_{\text{concreto}}$$

$$\text{Volumen} = (8159.90 \text{ Kg.}) / (2200 \text{ Kg/cm}^2) = 3.71 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del anclaje del tensor serán 1.75 m. * 1.75 m. * 1.75 m.

Cálculo de longitud de desarrollo en tensores del anclaje

$$L_d = (0.06 * A_v * f_y) / (\sqrt{f_c})$$

Donde:

L_d = Longitud de desarrollo

A_v = Área de la varilla

l_d = Longitud de desarrollo para concreto ciclópeo

$F'm$ = Factor de modificación para concreto ciclópeo

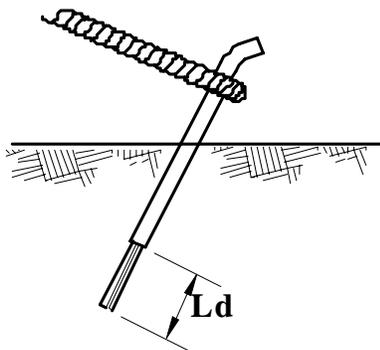
$$A_v (7/8") = 3.88 \text{ cm}^2$$

$$l_d = (0.67 \times L_d) \times F'm \quad ; \quad F'm = 2$$

$$l_d = (0.67 ((0.06 \times 3.88 \text{ cm}^2 \times 2810 \text{ Kg. / cm}^2) / (\sqrt{210 \text{ Kg. / cm}^2}))) \times 2$$

$$l_d \approx 60\text{cm.}$$

Figura 26. Longitud de desarrollo.



2.2.8. Elaboración de planos

Para este proyecto se realizaron los siguientes planos:

- Plano de planta perfil
- Plano de secciones del puente
- Plano de detalles

2.2.9. Presupuesto

En la elaboración del presupuesto se aplicaron los criterios del caso de la carretera. El porcentaje de costos indirectos aplicado es del 34%.

Tabla XII. Presupuesto puente vehicular colgante aldea El Trapichillo.

No.	RENLÓN	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL RENLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Limpia y Chapeo	M2	600	Q 19.90	Q 11,939.40
1.2	Construcción de Bodega y Guardianía	Global	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
1.3	Trazo y Estaqueado	ML	100	Q 30.49	Q 3,048.50
2	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL				
2.1	Excavación y Nivelación	M3	900	Q 88.86	Q 79,969.86
3	ANCLAJES				
3.1	Concreto Ciclópico	M3	160	Q 1,443.72	Q 230,994.56
3.2	Sistema de Anclajes	U	26	Q 2,107.51	Q 54,795.31
3.3	Relleno y Compactación	M3	600	Q 46.90	Q 28,140.00
4	TORRES				
4.1	Concreto Ciclópico	M3	100	Q 1,443.72	Q 144,371.60
4.2	Zapatas de 1.00mx1.00m de concreto reforzado	U	4	Q 1,053.53	Q 4,214.13
4.3	Columnas sección de 0.30mx0.30m de concreto	ML	18	Q 553.01	Q 9,954.09
4.4	Sistema de Separación de cables	U	26	Q 1,773.72	Q 46,116.66
5	CABLES PRINCIPALES				
5.1	Cable de acero con alma de acero diámetro 1"	ML	92	Q 1,445.86	Q 133,019.12
5.2	Colocación y tensado Cable diámetro 1"	U	13	Q 487.12	Q 6,332.59
6	CABLES DE BARANDAL				
6.1	Cable de acero con alma de acero diámetro 3/4"	ML	92	Q 180.90	Q 16,642.80
6.2	Colocación y tensado Cable diámetro 3/4"	U	4	Q 487.12	Q 1,948.48
7	SISTEMA DE RODADURA				
7.1	Tablones, Colocación y Fijación en cables	ML	65	Q 1,161.67	Q 75,508.73
8	PÉNDOLAS				
8.1	Péndolas, Colocación y fijación	ML	60	Q 163.65	Q 9,819.25
9	MALLA				
9.1	Colocación y amarre de malla	ML	60	Q 66.67	Q 3,999.90
10	RAMPA DE ACCESO				
10.1	Rampa de acceso	M3	5	Q 1,919.28	Q 9,596.41
11	TENSORES				
11.1	Concreto Ciclópico	M3	22	Q 1,443.72	Q 31,761.75
11.2	Sistema de Fijación de Tensores	U	4	Q 901.24	Q 3,604.98
11.3	Cable de acero con alma de acero 3/4"	ML	100	Q 46.00	Q 4,600.00
11.4	Colocación y tensado de Cable diámetro 3/4 "	U	4	Q 487.12	Q 1,948.48
11.5	Relleno y Compactación	M3	16	Q 46.90	Q 750.40
12	OTROS				
12.1	Rótulo	U	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 917,077.00
COSTO POR METRO LINEAL					Q 15,284.62

2.2.10. Cronogramas

Figura 27. Cronogramas de ejecución e inversión.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

No.	ACTIVIDADES	MESES				AVANCE FÍSICO	AVANCE ACUMULADO
		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4		
1	Trabajos Preliminares					12.50%	12.50%
2	Excavación Estructural					12.50%	25.00%
3	Anclajes					18.75%	43.75%
4	Torres					6.25%	50.00%
5	Cables Principales					3.13%	53.13%
6	Cables de Barandal					3.13%	56.25%
7	Sistema de Rodadura					6.25%	62.50%
8	Péndolas					6.25%	68.75%
9	Malla					6.25%	75.00%
10	Rampa de Acceso					12.50%	87.50%
11	Tensores					6.25%	93.75%
12	Otros					3.13%	96.88%
13	Limpieza Final					3.13%	100.00%
TOTAL						100.00%	100.00%

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN

No.	ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4		
		15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS	75 DIAS	90 DIAS	105 DIAS	120 DIAS							
1	Trabajos Preliminares	Q 15,887.90														
2	Excavación Estructural	Q 26,656.62	Q 53,313.24													
3	Anclajes		Q 78,482.47	Q 156,964.94	Q 78,482.47											
4	Torres			Q 68,218.83	Q 136,437.65											
5	Cables Principales				Q 69,675.86											
6	Cables de Barandal				Q 16,591.28											
7	Sistema de Rodadura				Q 37,754.37											
8	Péndolas				Q 9,819.25											
9	Malla				Q 3,999.90											
10	Rampa de Acceso													Q 9,596.41		
11	Tensores													Q 42,666.61		
12	Otros														Q 3,000.00	
INVERSIÓN QUINCENAL		Q 42,644.52	Q 131,795.71	Q 225,183.76	Q 284,695.98	Q 126,021.50	Q 51,573.52	Q 52,262.02	Q 3,000.00							
INVERSIÓN ACUMULADA		Q 42,644.52	Q 174,440.23	Q 399,623.99	Q 684,219.96	Q 810,241.46	Q 861,814.98	Q 914,077.00	Q 917,077.00							
COSTO TOTAL DEL PROYECTO																Q 917,077.00

CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito, vendrá a 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. El puente vehicular colgante, facilitará la actividad comercial de la aldea El Trapichillo, caserío Miramar y Loma de la Niña con la cabecera municipal La Libertad, principalmente en la reducción de tiempo en el traslado hacia estos lugares.
3. Los beneficios que las comunidades obtendrán a largo plazo, con la ejecución de proyectos, dependen de diseños factibles como los elaborados para el caso del caserío Cecilar Chiquito y aldea El Trapichillo.
4. 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 comunidades y la municipalidad, permitiéndole complementar su formación como profesional.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad La Libertad:

1. Promover la participación de los beneficiarios en la construcción de los proyectos, en el aporte de la mano de obra no calificada.
2. Organizar cuadrillas de mantenimiento y proporcionar los recursos necesarios, para garantizar la vida útil de los proyectos desarrollados, especialmente en época de invierno.
3. Capacitar a los diferentes comités de las comunidades, en el mantenimiento y control de obras de infraestructura.
4. Garantizar la supervisión técnica por un profesional de la ingeniería civil, durante la ejecución de la carretera y el puente, para que se cumplan con las especificaciones contenidas en planos.

BIBLIOGRAFÍA

Cabrera Cortes, José Ricardo. Investigación respecto a puentes colgantes recomendables en el área rural, diseño y construcción de puente colgante de 35m de luz en caserío Chichalum, Chiantla Huehuetenango. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 1994.

Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, diciembre 2000.

Juárez Isem, Henry Otoniel, Diseño de la carretera hacia la comunidad San Sebastián El Refugio y sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio Vista Hermosa, Municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 2004.

Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 1994.

Yllescas Ponce, Álvaro Danilo. Diseño de Tramo Carretero Comprendido desde el Entronque del Km. 171+400 Carretera Interamericana (CA-1), Hacia el Caserío Nuevo Xenamit, del Municipio de Nahualá Departamento de Sololá. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 2003.

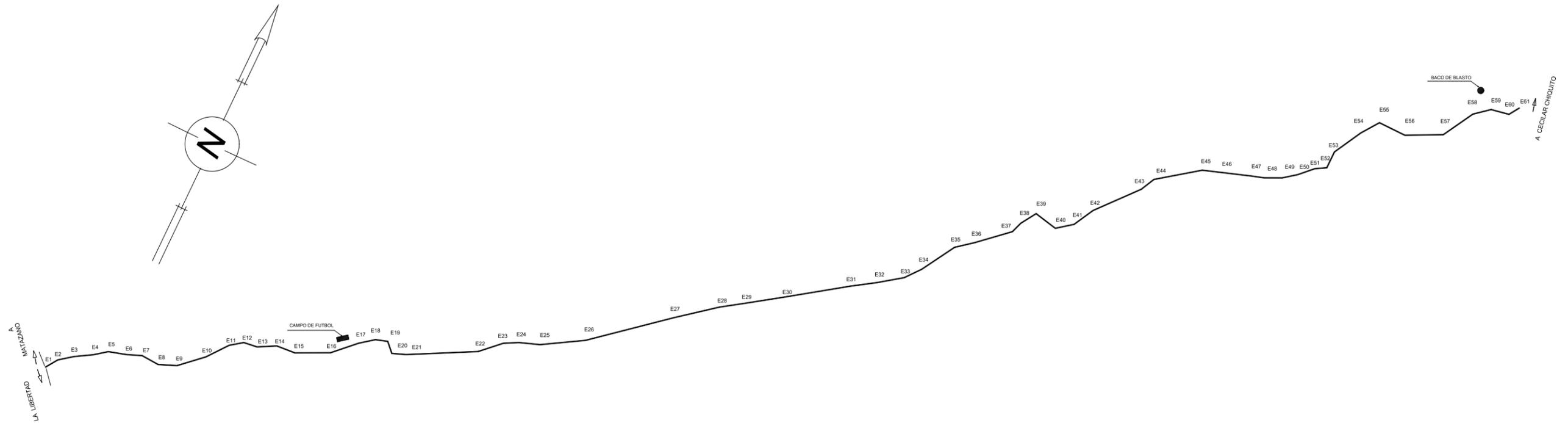
APÉNDICE

Diseño de la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito

- Plano planta – perfil general
- Plano planta – perfil Est. 0+000 – 0+720
- Plano planta – perfil Est. 0+740 – 1+440
- Plano planta – perfil Est. 1+460 – 2+160
- Plano planta – perfil Est. 2+180 – 2+840
- Plano secciones transversales Est. 0+000 – 1+460
- Plano secciones transversales Est. 1+480 – 2+840
- Plano sección típica y drenaje

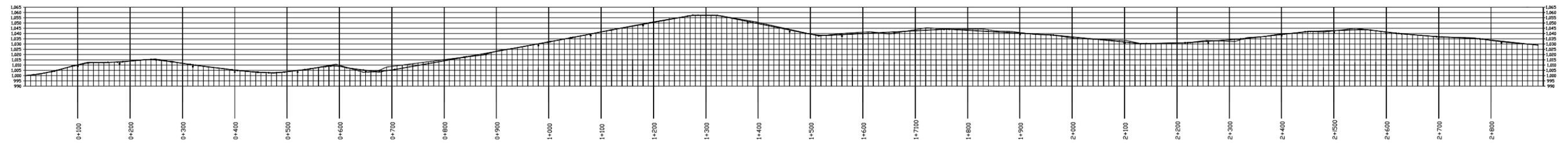
Diseño de puente vehicular colgante Aldea El Trapichillo

- Plano planta perfil
- Plano de secciones
- Plano detalles



PLANTA

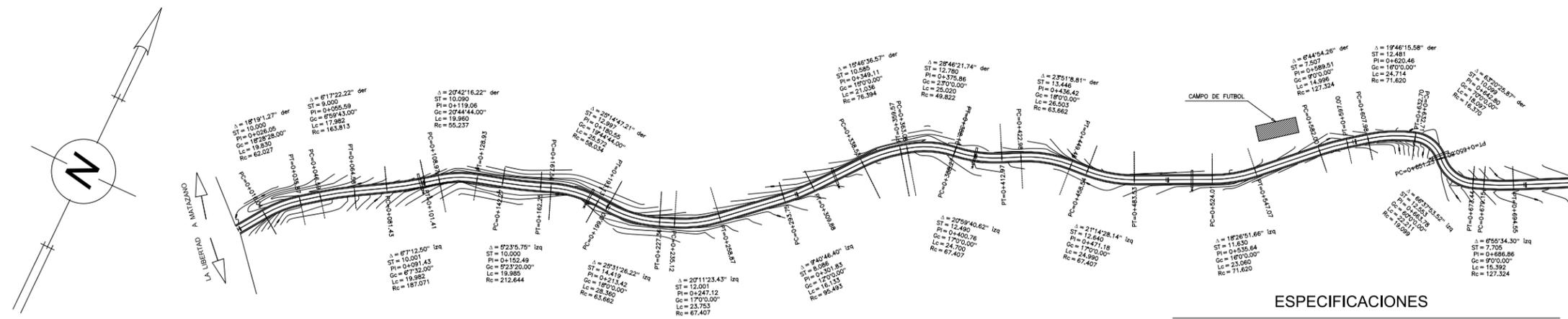
ESCALA 1:400



PERFIL

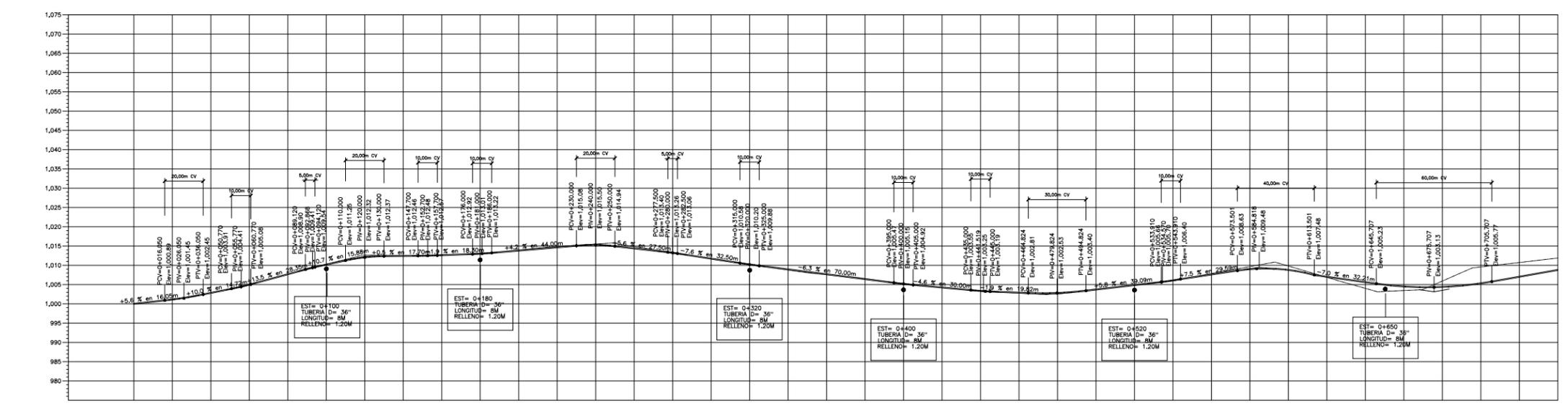
ESCALA HORIZONTAL 1:400
ESCALA VERTICAL 1:200

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO	
PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERIO CECILIA CHIOQUITO	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL GENERAL	
DISEÑO: D.A.C.O. CALCULO: D.A.C.O. DIBUJO: D.A.C.O. ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2007	ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ	CARNÉ: 2002-12801 HOJA No. 1 / 8 <small>ING. CIVIL JUAN MERCEDES COS ASESOR - SUPERVISOR EPS</small>



ESPECIFICACIONES

- LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H.
- DRENAJES TRANSVERSALES
 - SERÁN DE TUBERÍA DE LÁMINA DE ACERO CORRUGADO GALVANIZADO CALIBRE 16, CON DIÁMETRO DE 36"
- BALASTO:
 - EL BALASTO DEBE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAÍCES O CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRAÑO.
 - EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO DEL BALASTO, NO DEBE EXCEDER DE 2/3 DEL ESPESOR DE LA CAPA Y EN NINGÚN CASO DEBE SER MAYOR DE 100mm, EL QUE SEA MAYOR DEBE SER SEPARADO YA SEA POR TAMIZADO EN EL BANCO DE MATERIAL O SEGÚN LO AUTORICE EL DELEGADO RESIDENTE (SECCIÓN 209.04 DCC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).
 - LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA DETERMINADA POR EL MÉTODO AASHOT T 180. (SECCIÓN 209.05 DCC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).



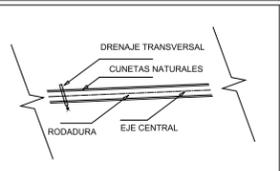
ORDENADAS DE LA CURVA MASA	VOLUMEN	ELEVACION
0+000.000	RELLENO	1,000.00
0+000.000	CORTE	1,001.11
0+040.000	SUBRASANTE	1,002.84
0+040.000	TERRENO	1,004.98
0+080.000		1,007.67
0+120.000		1,010.28
0+160.000		1,012.68
0+200.000		1,014.86
0+240.000		1,016.50
0+280.000		1,017.32
0+320.000		1,017.12
0+360.000		1,016.04
0+400.000		1,013.92
0+440.000		1,011.84
0+480.000		1,009.72
0+520.000		1,007.56
0+560.000		1,005.36
0+600.000		1,003.12
0+640.000		1,000.84
0+680.000		998.52
0+720.000		996.16
0+760.000		993.76
0+800.000		991.32

PLANTA - PERFIL

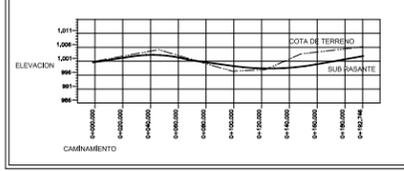
ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:750

EST	LADO	PV	RUMBO	DISTANCIA	V
PSI=0+000.000		PC=0+016.049	N 59°56'18.78" E	16.050	PT=0+016.049
PC=0+016.049		PT=0+035.879	N 67°09'49.42" E	19.746	PI=0+035.879
PT=0+035.879		PC=0+046.599	N 78°19'20.00" E	10.720	PI=0+046.599
PC=0+046.599		PT=0+064.281	N 87°29'58.00" E	18.973	PI=0+064.281
PT=0+064.281		PC=0+081.430	N 97°29'58.00" E	18.973	PI=0+081.430
PC=0+081.430		PT=0+101.413	N 107°29'58.00" E	18.973	PI=0+101.413
PT=0+101.413		PC=0+128.932	N 117°29'58.00" E	18.973	PI=0+128.932
PC=0+128.932		PT=0+142.272	S 82°52'14.00" E	13.340	PI=0+142.272
PT=0+142.272		PC=0+162.257	S 87°33'46.87" E	19.978	PI=0+162.257
PC=0+162.257		PT=0+187.560	S 92°15'19.74" E	5.303	PI=0+187.560
PT=0+187.560		PC=0+199.000	S 97°00'00.00" E	25.360	PI=0+199.000
PC=0+199.000		PT=0+227.366	S 101°42'27.77" E	5.874	PI=0+227.366
PT=0+227.366		PC=0+235.126	S 106°15'58.76" E	7.760	PI=0+235.126
PC=0+235.126		PT=0+258.879	S 110°48'37.89" E	19.882	PI=0+258.879
PT=0+258.879		PC=0+293.752	S 115°10'38.27" E	0.171	PI=0+293.752
PC=0+293.752		PT=0+309.885	S 119°12'11.10" E	24.758	PI=0+309.885
PT=0+309.885		PC=0+338.534	S 123°02'32.52" E	8.574	PI=0+338.534
PC=0+338.534		PT=0+359.570	S 126°46'46.87" E	28.128	PI=0+359.570
PT=0+359.570		PC=0+383.033	S 130°15'19.74" E	5.303	PI=0+383.033
PC=0+383.033		PT=0+412.976	S 133°46'46.87" E	24.758	PI=0+412.976
PT=0+412.976		PC=0+422.980	S 137°09'11.11" E	10.004	PI=0+422.980
PC=0+422.980		PT=0+448.482	S 140°16'49.42" E	26.312	PI=0+448.482
PT=0+448.482		PC=0+468.546	S 143°18'58.11" E	34.933	PI=0+468.546
PC=0+468.546		PT=0+483.536	S 146°15'24.24" E	14.988	PI=0+483.536
PT=0+483.536		PC=0+504.016	S 149°08'52.38" E	10.982	PI=0+504.016
PC=0+504.016		PT=0+517.075	S 151°58'52.38" E	24.391	PI=0+517.075
PT=0+517.075		PC=0+524.016	S 154°44'54.26" E	24.714	PI=0+524.016
PC=0+524.016		PT=0+537.075	S 157°26'58.11" E	12.481	PI=0+537.075
PT=0+537.075		PC=0+547.075	S 160°05'04.04" E	0.010	PI=0+547.075
PC=0+547.075		PT=0+559.004	S 162°38'19.11" E	17.190	PI=0+559.004
PT=0+559.004		PC=0+567.886	S 165°08'52.38" E	24.714	PI=0+567.886
PC=0+567.886		PT=0+580.808	S 167°38'19.11" E	18.997	PI=0+580.808
PT=0+580.808		PC=0+591.236	S 170°05'04.04" E	0.428	PI=0+591.236
PC=0+591.236		PT=0+607.986	S 172°26'58.11" E	20.980	PI=0+607.986
PT=0+607.986		PC=0+617.158	S 174°44'54.26" E	22.211	PI=0+617.158
PC=0+617.158		PT=0+627.809	S 176°58'52.38" E	12.555	PI=0+627.809
PT=0+627.809		PC=0+632.710	S 179°08'52.38" E	5.712	PI=0+632.710
PC=0+632.710		PT=0+640.808	S 181°15'24.24" E	15.382	PI=0+640.808
PT=0+640.808		PC=0+651.236	S 183°18'58.11" E	19.392	PI=0+651.236
PC=0+651.236		PT=0+659.004	S 185°18'58.11" E	22.211	PI=0+659.004
PT=0+659.004		PC=0+667.886	S 187°05'04.04" E	14.023	PI=0+667.886
PC=0+667.886		PT=0+679.158	S 188°44'54.26" E	14.768	PI=0+679.158
PT=0+679.158		PC=0+683.033	S 190°15'24.24" E	16.771	PI=0+683.033
PC=0+683.033		PT=0+691.236	S 191°44'54.26" E	16.771	PI=0+691.236
PT=0+691.236		PC=0+699.004	S 193°05'04.04" E	16.771	PI=0+699.004
PC=0+699.004		PT=0+707.809	S 194°15'24.24" E	14.768	PI=0+707.809
PT=0+707.809		PC=0+716.016	S 195°15'24.24" E	14.768	PI=0+716.016
PC=0+716.016		PT=0+724.016	S 196°05'04.04" E	14.768	PI=0+724.016
PT=0+724.016		PC=0+732.016	S 196°44'54.26" E	14.768	PI=0+732.016
PC=0+732.016		PT=0+740.016	S 197°15'24.24" E	14.768	PI=0+740.016
PT=0+740.016		PC=0+748.016	S 197°44'54.26" E	14.768	PI=0+748.016
PC=0+748.016		PT=0+756.016	S 198°05'04.04" E	14.768	PI=0+756.016
PT=0+756.016		PC=0+764.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+764.016
PC=0+764.016		PT=0+772.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+772.016
PT=0+772.016		PC=0+780.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+780.016
PC=0+780.016		PT=0+788.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+788.016
PT=0+788.016		PC=0+796.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+796.016
PC=0+796.016		PT=0+804.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+804.016
PT=0+804.016		PC=0+812.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+812.016
PC=0+812.016		PT=0+820.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+820.016
PT=0+820.016		PC=0+828.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+828.016
PC=0+828.016		PT=0+836.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+836.016
PT=0+836.016		PC=0+844.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+844.016
PC=0+844.016		PT=0+852.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+852.016
PT=0+852.016		PC=0+860.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+860.016
PC=0+860.016		PT=0+868.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+868.016
PT=0+868.016		PC=0+876.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+876.016
PC=0+876.016		PT=0+884.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+884.016
PT=0+884.016		PC=0+892.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+892.016
PC=0+892.016		PT=0+900.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+900.016
PT=0+900.016		PC=0+908.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+908.016
PC=0+908.016		PT=0+916.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+916.016
PT=0+916.016		PC=0+924.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+924.016
PC=0+924.016		PT=0+932.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+932.016
PT=0+932.016		PC=0+940.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+940.016
PC=0+940.016		PT=0+948.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+948.016
PT=0+948.016		PC=0+956.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+956.016
PC=0+956.016		PT=0+964.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+964.016
PT=0+964.016		PC=0+972.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+972.016
PC=0+972.016		PT=0+980.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+980.016
PT=0+980.016		PC=0+988.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+988.016
PC=0+988.016		PT=0+996.016	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+996.016
PT=0+996.016		PC=0+1000.000	S 198°15'24.24" E	14.768	PI=0+1000.000

SIMBOLOGIA DE PLANTA



SIMBOLOGIA DE PERFIL



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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERIO ECCLAR CHOLTO

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL EST. 0+000 - EST. 0+720

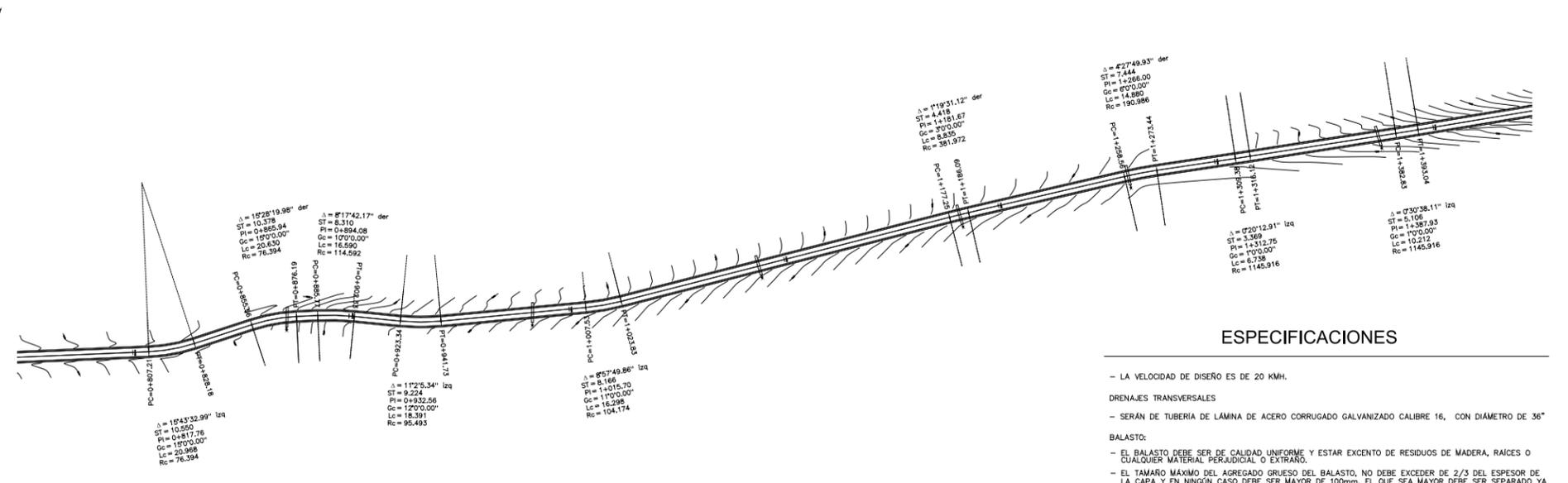
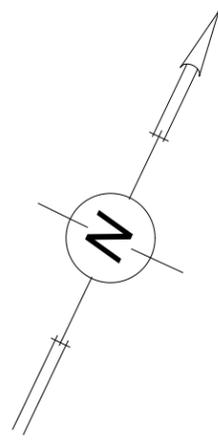
ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2007

ING. CIVIL JUAN MEROZ COS
ASESOR SUPERVISOR EPS

ALCALDE MUNICIPAL

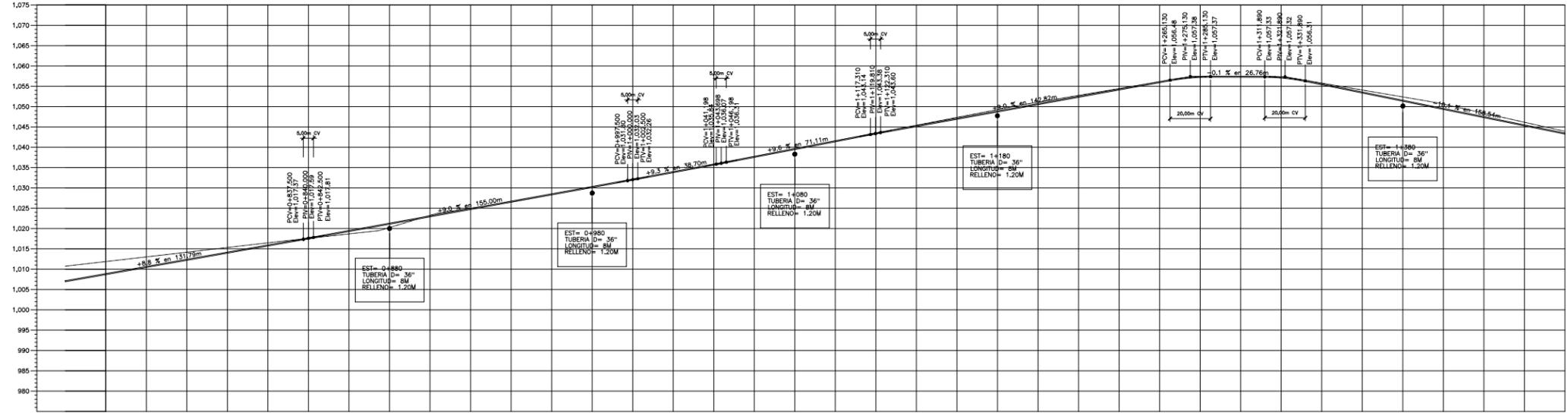
2 / 8



EESPECIFICACIONES

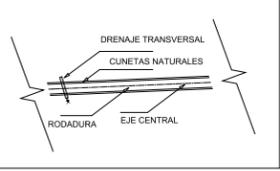
- LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H.
- DRENAJES TRANSVERSALES
 - SERÁN DE TUBERÍA DE LÁMINA DE ACERO CORRUGADO GALVANIZADO CALIBRE 16, CON DIÁMETRO DE 36"
- BALASTO:
 - EL BALASTO DEBE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAICES O CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRAÑO.
 - EL TAMARO MÁXIMO DEL AREGADO GRUESO DEL BALASTO, NO DEBE EXCEDER DE 2/3 DEL ESPESOR DE LA CAPA Y EN NINGÚN CASO DEBE SER MAYOR DE 100mm, EL QUE SEA MAYOR DEBE SER SEPARADO POR SEA POR TAMIZADO EN EL BANCO DEL MATERIAL O SEGÚN LO AUTORICE EL DELEGADO RESIDENTE. (SECCIÓN 209.04 DGC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).
 - LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA DETERMINADA POR EL MÉTODO AASHTO T 180. (SECCIÓN 209.05 DGC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE				
EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V
PT=0+694.550	PC=0+807.214	N 87°37'06.01" E	112.665	PC=0+807.214
PC=0+807.214	PI=0+828.182	N 79°45'19.52" E	20.902	PI=0+828.182
		Δ = 19°43'32.99" IZQ	Lc = 20.968	PI=0+817.785
		Rc = 76.394	ST = 10.550	
PI=0+828.182	PC=0+855.554	N 79°57'43.01" E	27.382	PC=0+855.554
		Δ = 79°16'48.09" IZQ		
PC=0+855.554	PI=0+876.194	N 79°57'43.01" E	20.567	PI=0+876.194
		Δ = 19°28'19.98" DER	Lc = 20.450	PI=0+865.942
		Rc = 76.394	ST = 10.378	
PI=0+876.194	PC=0+885.778	N 87°21'53.00" E	9.582	PC=0+885.778
PC=0+885.778	PI=0+902.366	S 88°29'15.92" E	16.578	PI=0+902.366
		Δ = 87°43'37" DER	Lc = 16.508	PI=0+894.086
		Rc = 8.310	ST = 8.310	
PI=0+902.366	PC=0+923.343	S 84°20'24.83" E	20.978	PC=0+923.343
PC=0+923.343	PI=0+941.734	S 89°51'27.50" E	18.363	PI=0+941.734
		Δ = 19°25'34" IZQ	Lc = 18.391	PI=0+932.567
		Rc = 95.493	ST = 9.224	
PI=0+941.734	PC=1+007.534	N 84°37'29.83" E	65.800	PC=1+007.534
PC=1+007.534	PI=1+023.832	N 80°08'54.90" E	16.281	PI=1+023.832
		Δ = 87°48'23" DER	Lc = 16.298	PI=1+016.790
		Rc = 104.174	ST = 8.166	
PI=1+023.832	PC=1+177.259	N 79°58'39.97" E	153.428	PC=1+177.259
PC=1+177.259	PI=1+196.094	N 78°19'25.53" E	8.875	PI=1+196.094
		Δ = 19°31'12" DER	Lc = 8.830	PI=1+181.676
		Rc = 381.972	ST = 4.418	
PI=1+196.094	PC=1+256.562	N 78°59'11.09" E	72.469	PC=1+256.562
		Δ = 0°39'45.50" DER		
PC=1+256.562	PI=1+273.442	N 79°12'06.00" E	14.876	PI=1+273.442
		Δ = 87°48'23" DER	Lc = 14.890	PI=1+266.006
		Rc = 190.988	ST = 7.444	
PI=1+273.442	PC=1+309.389	N 81°00'48.10" E	30.947	PC=1+309.389
PC=1+309.389	PI=1+316.128	N 81°16'54.56" E	6.738	PI=1+316.128
		Δ = 0°01'33.91" IZQ	Lc = 6.738	PI=1+312.708
		Rc = 1,145.916	ST = 3.369	
PI=1+316.128	PC=1+382.833	N 81°00'48.10" E	66.705	PC=1+382.833
PC=1+382.833	PI=1+393.044	N 80°51'29.00" E	10.212	PI=1+393.044
		Δ = 0°39'45.50" DER	Lc = 10.212	PI=1+387.838
		Rc = 1,145.916	ST = 5.108	

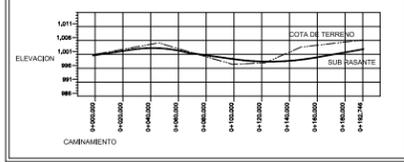


ORDENADAS DE LA CURVA MASA	VOLUMEN		ELEVACION		
	RELLENO	CORTE	SUBRASANTE	TERRENO	
0+740.000	1,011.86	1,008.79	827.79	0.00	16,599
0+750.000	1,013.03	1,010.55	861.71	0.00	17,261
0+760.000	1,014.18	1,012.31	895.01	0.00	17,773
0+770.000	1,015.33	1,014.07	928.74	0.00	18,151
0+780.000	1,016.48	1,015.83	961.24	0.00	18,413
0+790.000	1,017.59	1,017.59	1,000.84	0.74	18,553
0+800.000	1,018.68	1,019.39	975.75	21.09	18,589
0+810.000	1,020.25	1,021.20	987.4	46.18	18,579
0+820.000	1,022.24	1,023.00	974.2	28.84	18,647
0+830.000	1,024.99	1,024.81	1,005.51	0.00	18,778
0+840.000	1,028.51	1,028.61	77.20	1.44	18,894
0+850.000	1,028.33	1,028.42	50.54	2.37	18,902
0+860.000	1,030.18	1,030.22	52.65	1.10	18,983
0+870.000	1,032.03	1,032.03	58.48	0.17	19,012
0+880.000	1,033.88	1,033.88	62.70	0.00	19,074
0+890.000	1,035.79	1,035.73	70.83	0.00	19,146
0+900.000	1,037.71	1,037.64	81.37	0.00	19,226
0+910.000	1,039.64	1,039.56	87.87	0.00	19,314
0+920.000	1,041.57	1,041.48	92.67	0.00	19,407
0+930.000	1,043.49	1,043.39	97.93	0.00	19,505
0+940.000	1,045.42	1,045.30	114.04	0.00	19,619
0+950.000	1,047.35	1,047.00	141.51	0.00	19,760
0+960.000	1,049.27	1,048.80	170.34	0.00	19,931
0+970.000	1,051.09	1,050.81	179.56	0.00	20,110
0+980.000	1,052.76	1,052.41	154.18	0.00	20,264
0+990.000	1,054.44	1,054.21	120.03	0.00	20,384
0+1000.000	1,056.11	1,056.02	84.21	0.16	20,478
0+1010.000	1,057.37	1,057.31	76.07	0.62	20,556
0+1020.000	1,057.35	1,057.35	60.31	1.55	20,615
0+1030.000	1,057.32	1,057.16	51.00	1.09	20,664
0+1040.000	1,055.76	1,055.49	73.46	0.00	20,738
0+1050.000	1,054.08	1,053.47	135.87	0.00	20,874
0+1060.000	1,052.38	1,051.45	231.86	0.00	21,106
0+1070.000	1,050.60	1,049.43	330.45	0.00	21,436
0+1080.000	1,048.38	1,047.40	337.00	0.00	21,773
0+1090.000	1,046.15	1,045.38	260.53	0.00	22,034

SIMBOLOGIA DE PLANTA



SIMBOLOGIA DE PERFIL



PLANTA - PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:750

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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERIO CECILIA CHOLUTO

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL EST. 0+740 - EST. 1+440

ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ

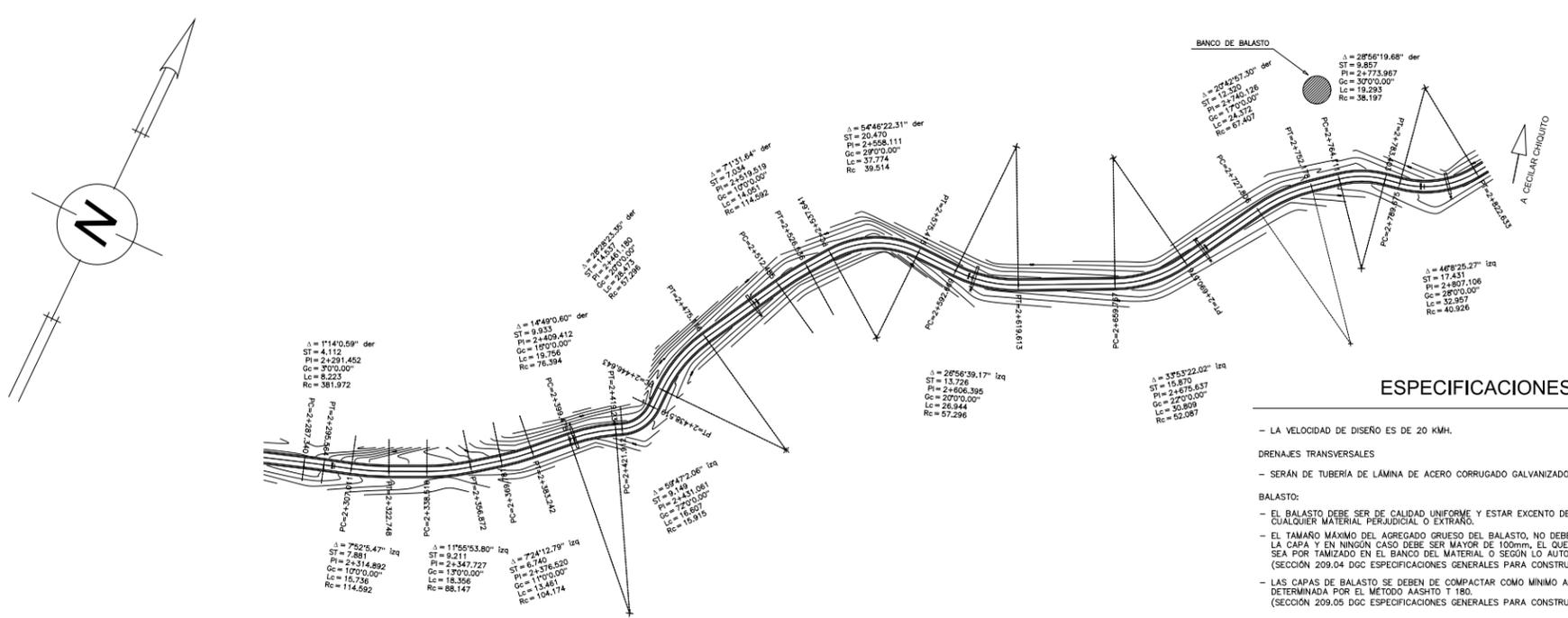
CARNE: 2002-12801

FECHA: SEPTIEMBRE 2007

ING. CIVIL JUAN MERCEDES
ASESOR SUPERVISOR EPS

ALCALDE MUNICIPAL

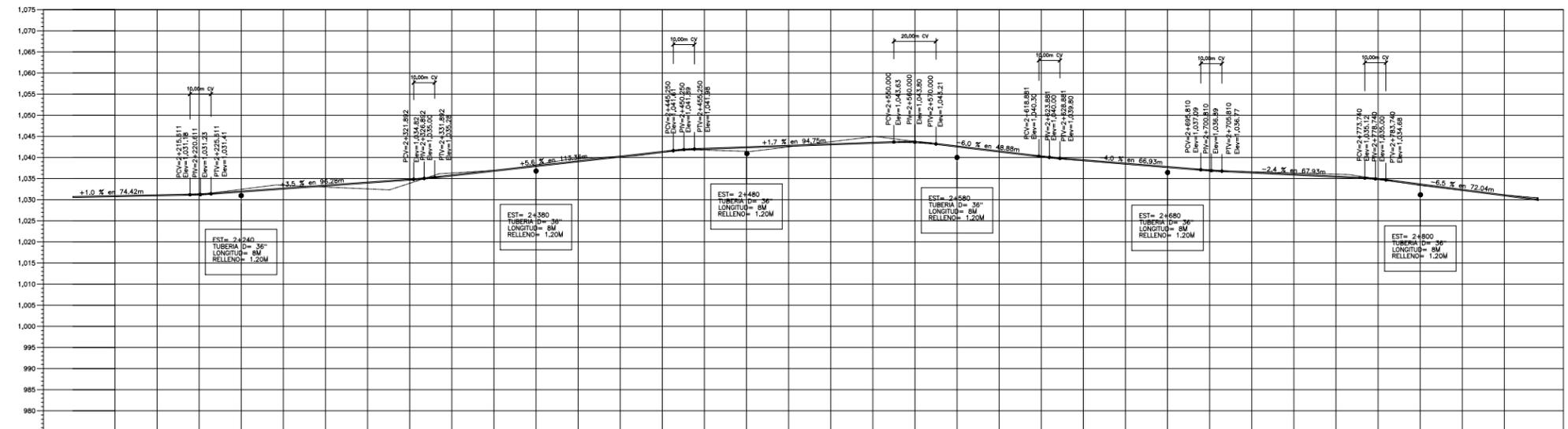
3 / 8



ESPECIFICACIONES

- LA VELOCIDAD DE DISEÑO ES DE 20 KM/H.
- DRENAJES TRANSVERSALES
 - SERÁN DE TUBERÍA DE LÁMINA DE ACERO CORRUGADO GALVANIZADO CALIBRE 16, CON DIÁMETRO DE 36"
- BALASTO:
 - EL BALASTO DEBE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAÍCES O CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRAÑO.
 - EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO DEL BALASTO, NO DEBE EXCEDER DE 2/3 DEL ESPESOR DE LA CAPA Y EN NINGÚN CASO DEBE SER MAYOR DE 100mm, EL QUE SEA MAYOR DEBE SER SEPARADO YA SEA POR TAMIZADO EN EL BANCO DEL MATERIAL O SEGÚN LO AUTORIZE EL DELEGADO RESIDENTE. (SECCIÓN 209.04 DGC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).
 - LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA DETERMINADA POR EL MÉTODO AASHTO T 180. (SECCIÓN 209.05 DGC ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES).

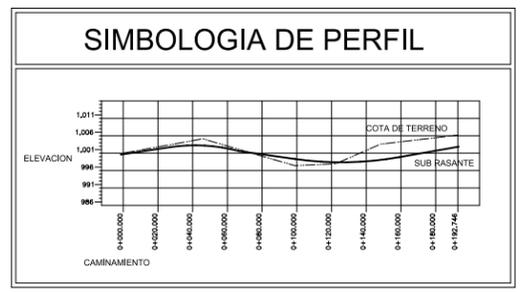
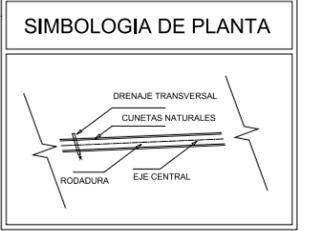
CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE				
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V
EST	PV			
PC=2+238.542	PC=2+287.340	S 87°12'28.30" E	48.799	PC=2+287.340
PC=2+287.340	PT=2+295.564	S 82°30'28.00" E	8.223	PT=2+295.564
		$\Delta = 1°14'0.59"$ der	Lc = 8.223	PI=2+291.452
		Rc = 381.972	ST = 4.112	
PT=2+295.564	PC=2+307.011	S 81°58'27.71" E	11.448	PC=2+307.011
PC=2+307.011	PT=2+322.748	S 89°54'30.44" E	15.724	PT=2+322.748
		$\Delta = 7°52'4.47"$ lqz	Lc = 15.736	PI=2+314.892
		Rc = 114.592	ST = 7.881	
PT=2+322.748	PC=2+338.516	S 89°50'33.18" E	15.768	PC=2+338.516
PC=2+338.516	PT=2+356.872	N 84°11'29.92" E	18.323	PT=2+356.872
		$\Delta = 1°15'0.38"$ lqz	Lc = 18.356	PI=2+347.727
		Rc = 88.147	ST = 9.211	
PT=2+356.872	PC=2+369.781	N 78°13'33.02" E	12.909	PC=2+369.781
PC=2+369.781	PT=2+383.242	N 74°31'28.63" E	13.452	PT=2+383.242
		$\Delta = 7°24'12.79"$ der	Lc = 13.461	PI=2+376.520
		Rc = 104.174	ST = 6.740	
PT=2+383.242	PC=2+399.478	N 70°49'20.23" E	16.237	PC=2+399.478
PC=2+399.478	PT=2+419.234	N 78°13'50.53" E	19.701	PT=2+419.234
		$\Delta = 14°49'0.61"$ der	Lc = 19.786	PI=2+409.412
		Rc = 76.364	ST = 9.933	
PT=2+419.234	PC=2+421.912	N 80°38'20.83" E	2.678	PC=2+421.912
PC=2+421.912	PT=2+438.519	N 50°44'49.80" E	15.863	PT=2+438.519
		$\Delta = 59°47'2.06"$ lqz	Lc = 16.607	PI=2+431.061
		Rc = 15.915	ST = 9.149	
PT=2+438.519	PC=2+446.643	N 29°51'18.77" E	8.124	PC=2+446.643
PC=2+446.643	PT=2+475.116	N 42°00'30.44" E	28.181	PT=2+475.116
		$\Delta = 29°29'23.35"$ der	Lc = 28.473	PI=2+461.180
		Rc = 15.915	ST = 14.937	
PT=2+475.116	PC=2+512.485	N 54°19'42.12" E	37.369	PC=2+512.485
PC=2+512.485	PT=2+526.536	N 57°50'27.94" E	14.042	PT=2+526.536
		$\Delta = 14°49'0.61"$ der	Lc = 14.051	PI=2+519.519
		Rc = 76.364	ST = 7.034	
PT=2+526.536	PC=2+537.641	N 61°21'13.78" E	11.105	PC=2+537.641
PC=2+537.641	PT=2+575.415	N 88°44'24.91" E	36.352	PT=2+575.415
		$\Delta = 54°46'22.31"$ der	Lc = 37.774	PI=2+558.111
		Rc = 39.514	ST = 20.470	
PT=2+575.415	PC=2+592.669	S 63°52'23.94" E	17.254	PC=2+592.669
PC=2+592.669	PT=2+619.613	S 77°20'33.52" E	26.697	PT=2+619.613
		$\Delta = 28°56'39.17"$ lqz	Lc = 26.844	PI=2+608.396
		Rc = 57.296	ST = 13.726	
PT=2+619.613	PC=2+659.767	N 89°10'56.89" E	40.154	PC=2+659.767
PC=2+659.767	PT=2+690.576	N 72°14'15.88" E	30.361	PT=2+690.576
		$\Delta = 13°53'22.02"$ lqz	Lc = 30.809	PI=2+675.637
		Rc = 52.087	ST = 15.870	
PT=2+690.576	PC=2+727.806	N 59°17'34.87" E	37.230	PC=2+727.806
PC=2+727.806	PT=2+752.178	N 69°39'33.52" E	24.239	PT=2+752.178
		$\Delta = 20°42'57.37"$ der	Lc = 24.372	PI=2+740.126
		Rc = 67.407	ST = 12.320	
PT=2+752.178	PC=2+764.111	N 78°00'32.17" E	11.933	PC=2+764.111
PC=2+764.111	PT=2+783.403	S 89°31'17.99" E	19.088	PT=2+783.403
		$\Delta = 28°56'19.68"$ der	Lc = 19.293	PI=2+775.967
		Rc = 38.197	ST = 9.897	
PT=2+783.403	PC=2+789.675	S 79°03'08.15" E	6.272	PC=2+789.675
PC=2+789.675	PT=2+822.633	N 81°52'39.22" E	32.074	PT=2+822.633
		$\Delta = 46°28'2.27"$ lqz	Lc = 32.957	PI=2+807.108
		Rc = 40.928	ST = 17.431	
PT=2+822.633	PST=2+827.082	N 58°48'26.59" E	4.449	PST=2+827.082



ORDENADAS DE LA CURVA MASA	VOLUMEN		ELEVACION	
	RELLENO	CORTE	SUBRASANTE	TERRENO
2+180.000	1.030.83	1.030.83	1.030.83	1.030.83
2+200.000	1.031.03	1.031.03	1.031.03	1.031.03
2+220.000	1.031.22	1.031.22	1.031.22	1.031.22
2+240.000	1.032.46	1.031.99	1.031.99	1.032.46
2+260.000	1.033.42	1.032.63	1.032.63	1.033.42
2+280.000	1.033.99	1.033.34	1.033.34	1.033.99
2+300.000	1.032.66	1.034.05	1.034.05	1.032.66
2+320.000	1.033.88	1.034.76	1.034.76	1.033.88
2+340.000	1.036.32	1.036.73	1.036.73	1.036.32
2+360.000	1.036.93	1.036.85	1.036.85	1.036.93
2+380.000	1.036.26	1.037.97	1.037.97	1.036.26
2+400.000	1.039.70	1.039.08	1.039.08	1.039.70
2+420.000	1.040.34	1.040.20	1.040.20	1.040.34
2+440.000	1.041.22	1.041.32	1.041.32	1.041.22
2+460.000	1.041.75	1.042.06	1.042.06	1.041.75
2+480.000	1.041.46	1.042.41	1.042.41	1.041.46
2+500.000	1.042.51	1.042.76	1.042.76	1.042.51
2+520.000	1.043.71	1.043.11	1.043.11	1.043.71
2+540.000	1.044.92	1.043.46	1.043.46	1.044.92
2+560.000	1.043.80	1.043.61	1.043.61	1.043.80
2+580.000	1.042.57	1.042.61	1.042.61	1.042.57
2+600.000	1.041.40	1.041.42	1.041.42	1.041.40
2+620.000	1.040.23	1.040.23	1.040.23	1.040.23
2+640.000	1.039.24	1.039.35	1.039.35	1.039.24
2+660.000	1.038.46	1.038.44	1.038.44	1.038.46
2+680.000	1.037.69	1.037.73	1.037.73	1.037.69
2+700.000	1.036.92	1.036.94	1.036.94	1.036.92
2+720.000	1.036.33	1.036.94	1.036.94	1.036.33
2+740.000	1.036.04	1.036.45	1.036.45	1.036.04
2+760.000	1.034.90	1.034.89	1.034.89	1.034.90
2+780.000	1.033.39	1.033.62	1.033.62	1.033.39
2+800.000	1.032.20	1.032.32	1.032.32	1.032.20
2+820.000	1.031.12	1.031.02	1.031.02	1.031.12

PLANTA - PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:750



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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CASERIO CECILIA CHOLITU

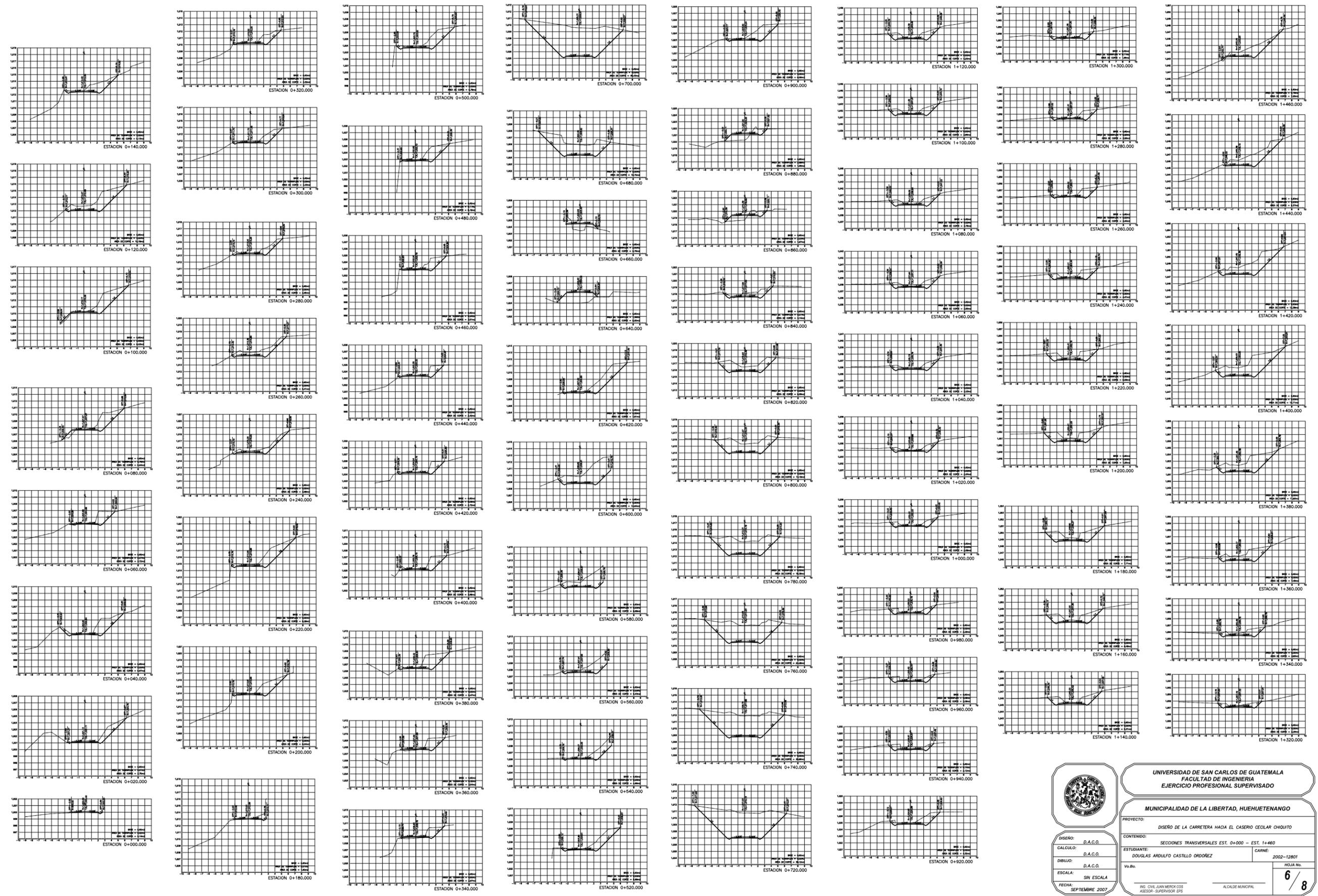
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL EST. 2+180 - EST. 2+840

ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2007

CARNE: 2002-12801

NOJA No. 5/8



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO		
PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HADA EL CASERIO CECILIA CHOLUTO	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES EST. 0+000 - EST. 1+460	ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ	CARRERA: 2002-12801
DISEÑO: D.A.C.G.	CALCULO: D.A.C.G.	DIBUJO: D.A.C.G.	ESCALA: SIN ESCALA
FECHA: SEPTIEMBRE 2007	ING. CIVIL JUAN MERCEDES ASESOR SUPERVISOR EPS	ALCALDE MUNICIPAL	HOJA No. 6 / 8



ESTACION	ELEVACION ORIGINAL	ELEVACION SUPERFICIE	ELEVACION CORTE	ELEVACION RELLENO	VOLUMEN DE CORTE (M ³)	VOLUMEN DE RELLENO (M ³)
0+140.000	1,000.00	1,000.00	0.00	0.00	10.000	0.000
0+160.000	1,001.11	1,001.15	46.74	0.39	10,046	0.000
0+180.000	1,002.84	1,002.84	126.12	0.10	10,771	0.000
0+200.000	1,004.98	1,004.98	124.76	0.71	10,396	0.000
0+220.000	1,007.67	1,007.67	116.93	0.33	10,603	0.000
0+240.000	1,010.28	1,010.17	107.62	11.83	10,029	0.000
0+260.000	1,012.68	1,012.07	118.60	4.81	10,773	0.000
0+280.000	1,014.98	1,014.42	133.74	49.18	10,679	0.000
0+300.000	1,017.29	1,017.29	140.84	0.74	10,800	0.000
0+320.000	1,019.68	1,019.39	137.35	21.09	10,898	0.000
0+340.000	1,022.25	1,021.92	136.74	49.18	10,679	0.000
0+360.000	1,024.98	1,024.81	130.63	0.00	10,578	0.000
0+380.000	1,027.67	1,027.67	127.20	1.44	10,854	0.000
0+400.000	1,030.28	1,030.28	120.54	2.37	10,800	0.000
0+420.000	1,032.68	1,032.68	108.48	1.17	10,653	0.000
0+440.000	1,034.98	1,034.98	98.48	0.17	10,612	0.000
0+460.000	1,037.29	1,037.29	89.74	28.84	10,647	0.000
0+480.000	1,039.68	1,039.68	81.74	5.68	10,647	0.000
0+500.000	1,041.98	1,041.98	74.34	1.47	10,706	0.000
0+520.000	1,044.29	1,044.29	67.44	0.82	10,847	0.000
0+540.000	1,046.59	1,046.59	61.04	0.82	10,847	0.000
0+560.000	1,048.89	1,048.89	55.14	0.82	10,847	0.000
0+580.000	1,051.19	1,051.19	49.74	0.82	10,847	0.000
0+600.000	1,053.49	1,053.49	44.84	0.82	10,847	0.000
0+620.000	1,055.79	1,055.79	40.44	0.82	10,847	0.000
0+640.000	1,058.09	1,058.09	36.54	0.82	10,847	0.000
0+660.000	1,060.39	1,060.39	33.14	0.82	10,847	0.000
0+680.000	1,062.69	1,062.69	30.24	0.82	10,847	0.000
0+700.000	1,064.99	1,064.99	27.84	0.82	10,847	0.000
0+720.000	1,067.29	1,067.29	25.94	0.82	10,847	0.000
0+740.000	1,069.59	1,069.59	24.54	0.82	10,847	0.000
0+760.000	1,071.89	1,071.89	23.64	0.82	10,847	0.000
0+780.000	1,074.19	1,074.19	23.24	0.82	10,847	0.000
0+800.000	1,076.49	1,076.49	23.34	0.82	10,847	0.000
0+820.000	1,078.79	1,078.79	23.94	0.82	10,847	0.000
0+840.000	1,081.09	1,081.09	25.04	0.82	10,847	0.000
0+860.000	1,083.39	1,083.39	26.64	0.82	10,847	0.000
0+880.000	1,085.69	1,085.69	28.74	0.82	10,847	0.000
0+900.000	1,087.99	1,087.99	31.34	0.82	10,847	0.000
0+920.000	1,090.29	1,090.29	34.44	0.82	10,847	0.000
0+940.000	1,092.59	1,092.59	38.04	0.82	10,847	0.000
0+960.000	1,094.89	1,094.89	42.14	0.82	10,847	0.000
0+980.000	1,097.19	1,097.19	46.74	0.82	10,847	0.000
1+000.000	1,099.49	1,099.49	51.84	0.82	10,847	0.000
1+020.000	1,101.79	1,101.79	57.44	0.82	10,847	0.000
1+040.000	1,104.09	1,104.09	63.54	0.82	10,847	0.000
1+060.000	1,106.39	1,106.39	70.14	0.82	10,847	0.000
1+080.000	1,108.69	1,108.69	77.24	0.82	10,847	0.000
1+100.000	1,110.99	1,110.99	84.84	0.82	10,847	0.000
1+120.000	1,113.29	1,113.29	92.94	0.82	10,847	0.000
1+140.000	1,115.59	1,115.59	101.54	0.82	10,847	0.000
1+160.000	1,117.89	1,117.89	110.64	0.82	10,847	0.000
1+180.000	1,120.19	1,120.19	120.24	0.82	10,847	0.000
1+200.000	1,122.49	1,122.49	130.34	0.82	10,847	0.000
1+220.000	1,124.79	1,124.79	140.94	0.82	10,847	0.000
1+240.000	1,127.09	1,127.09	152.04	0.82	10,847	0.000
1+260.000	1,129.39	1,129.39	163.64	0.82	10,847	0.000
1+280.000	1,131.69	1,131.69	175.74	0.82	10,847	0.000
1+300.000	1,133.99	1,133.99	188.34	0.82	10,847	0.000
1+320.000	1,136.29	1,136.29	201.44	0.82	10,847	0.000
1+340.000	1,138.59	1,138.59	215.04	0.82	10,847	0.000
1+360.000	1,140.89	1,140.89	229.14	0.82	10,847	0.000
1+380.000	1,143.19	1,143.19	243.74	0.82	10,847	0.000
1+400.000	1,145.49	1,145.49	258.84	0.82	10,847	0.000
1+420.000	1,147.79	1,147.79	274.44	0.82	10,847	0.000
1+440.000	1,150.09	1,150.09	290.54	0.82	10,847	0.000
1+460.000	1,152.39	1,152.39	307.14	0.82	10,847	0.000
1+480.000	1,154.69	1,154.69	324.24	0.82	10,847	0.000
1+500.000	1,156.99	1,156.99	341.84	0.82	10,847	0.000

TOTAL VOLUMEN DE CORTE = 23,913.72 M³
 TOTAL VOLUMEN DE RELLENO = 3,156.87 M³



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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRERA HACIA EL CASERIO CECLAR CHOLUTO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES EST. 1+480 - EST. 2+840

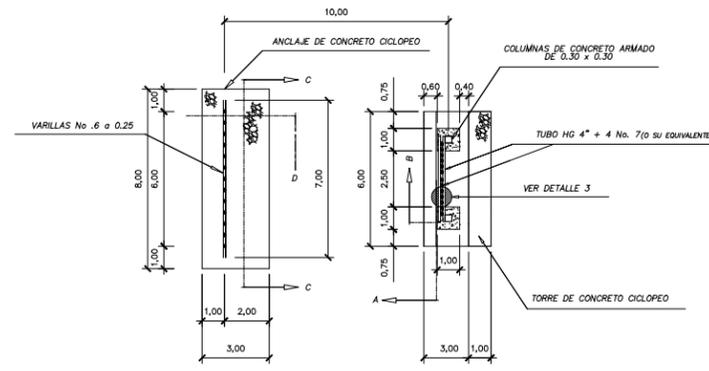
ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2007

ING. CIVIL JUAN VEROFF OJOS
 ASESOR SUPERVISOR EPS

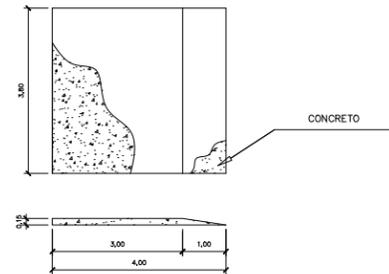
ALCALDE MUNICIPAL

HOJA No. 7/8



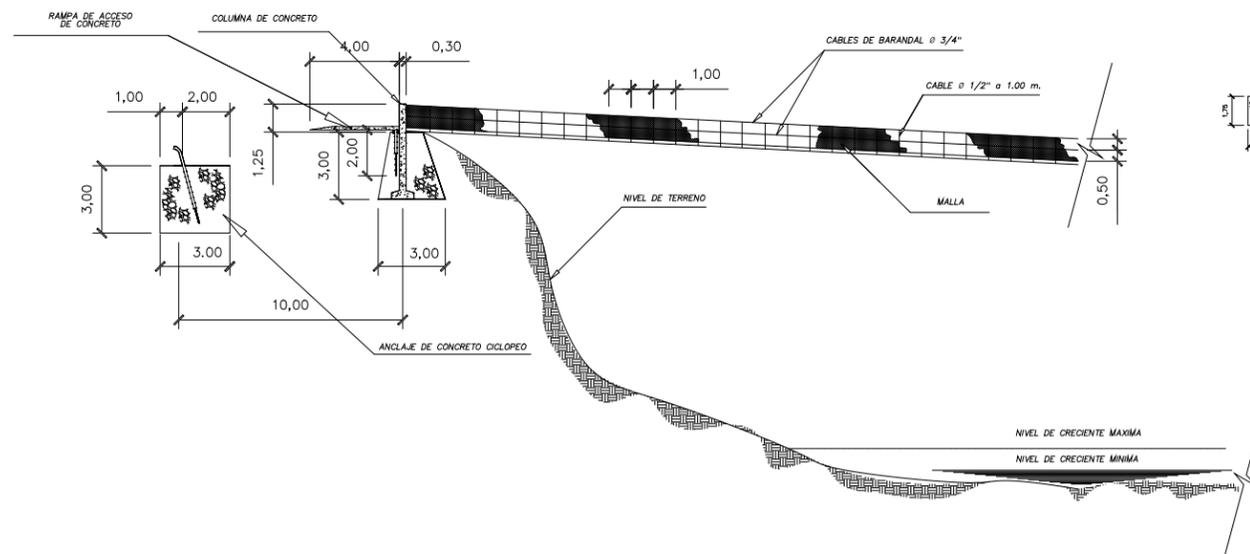
PLANTA DE ANCLAJE Y TORRE

ESCALA 1:50



PLANTA - PERFIL RAMPA DE ACCESO

ESCALA 1:75

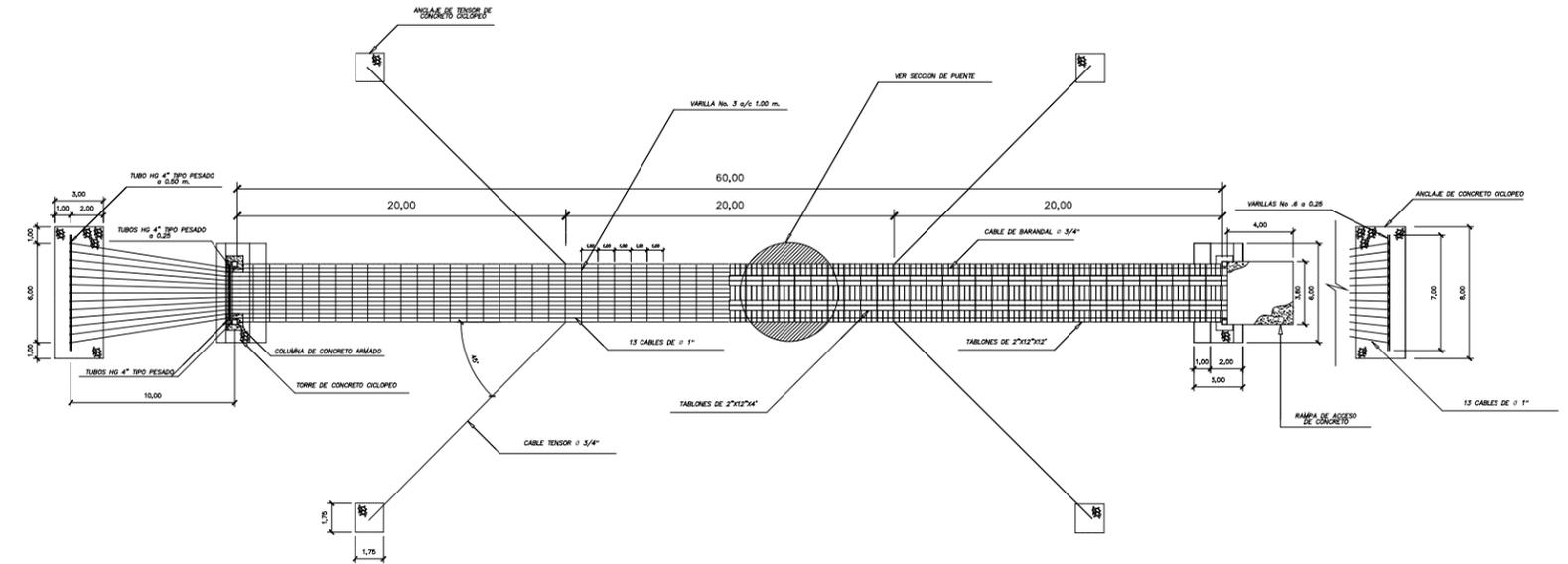


PERFIL DE ANCLAJE Y TORRE

ESCALA 1:50

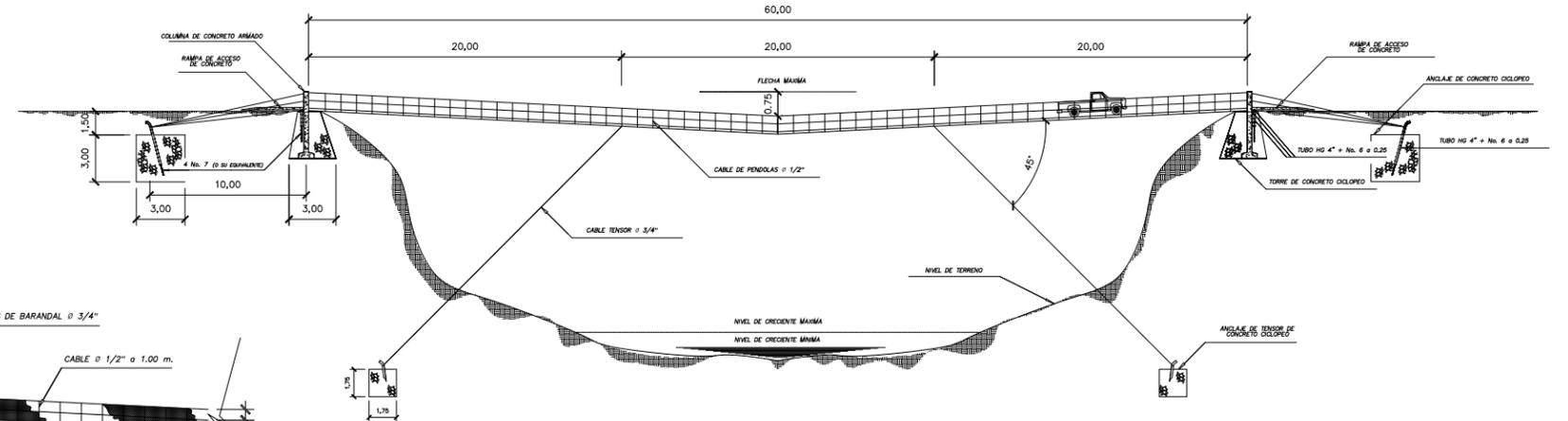
NOTA:

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.



PLANTA

ESCALA 1:200



PERFIL

ESCALA 1:200

ESPECIFICACIONES

- CONCRETO CICLOPEO 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO.
- RESISTENCIA DEL CONCRETO 210 Kg/cm².
- ESFUERZO DE FLUENCIA DEL ACERO 2810 Kg/cm².
- PARA LOS CABLES PRINCIPALES, CABLES DE BARANDAL, PÉNDOLAS Y TENSORES DEBERÁ USARSE CABLES DE ACERO CON ALMA DE ACERO DE 6*25 HILOS, TORSIÓN DERECHA, CON GRASA NEGRA LIGERA EN LOS DIÁMETROS ESPECIFICADOS.
- LOS TUBOS HG A UTILIZAR EN LOS ANCLAJES, TENSORES Y TORRES DEBEN SER DE TIPO PESADO.
- LOS TABONES COLOCADOS PARA LA RODADURA DEBEN SER DE MADERA DE CIPRÉS O DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES DEBIDAMENTE TRATADAS CONTRA LA PUDRICIÓN.



DISEÑO: D.A.C.O.
 CALCULO: D.A.C.O.
 DIBUJO: D.A.C.O.
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: JUNIO 2007

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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO, ALDEA SANTO DOMINGO HUICA Y CASERO MIRAMAR

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL

ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOREZ

CARNÉ: 2002-12801

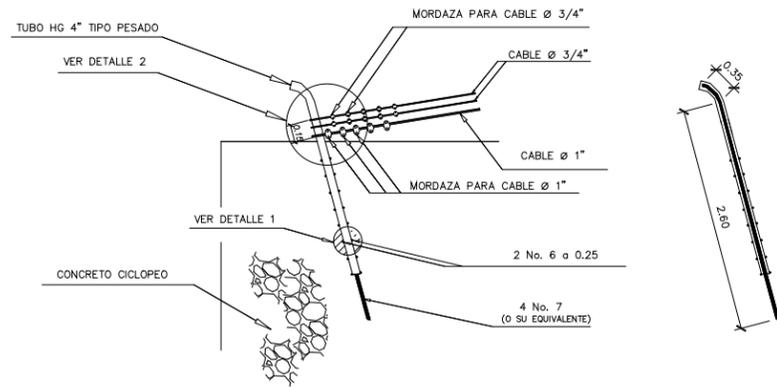
Vo.Bo.

HOJA No.

1 / 3

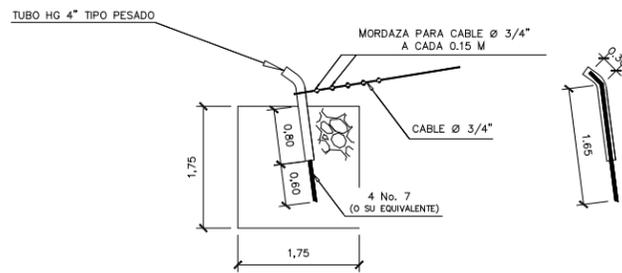
ING. CIVIL JUAN MERCK COS
 ASESOR - SUPERVISOR EPS

ALCALDE MUNICIPAL



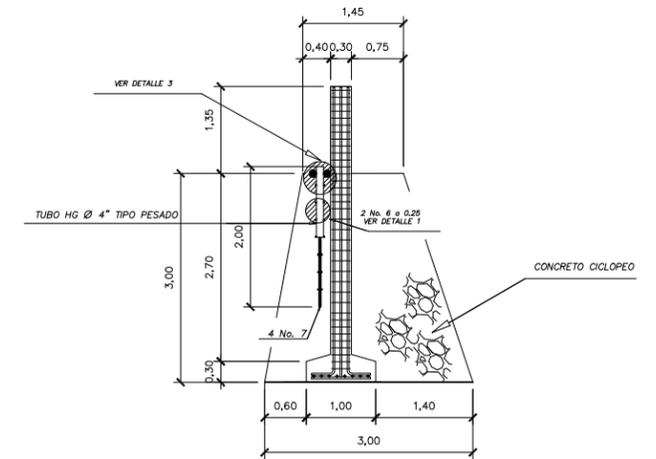
SECCION D - D DE ANCLAJE

ESCALA 1:50



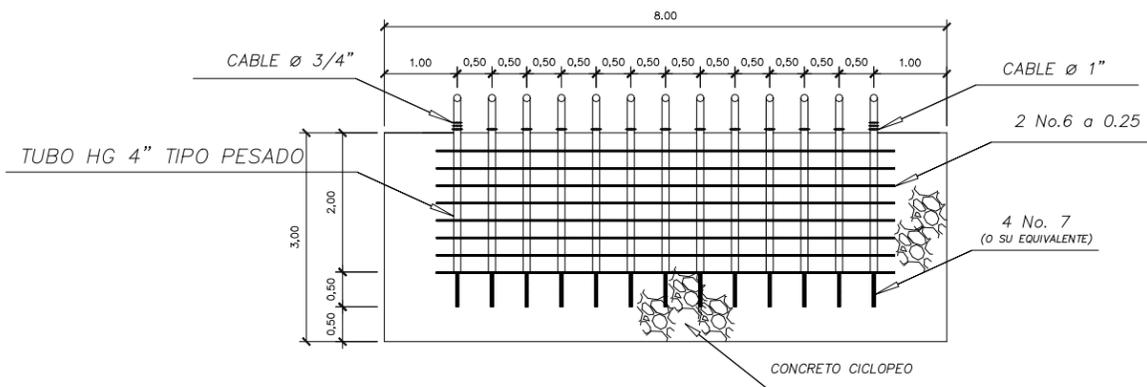
SECCION DE ANCLAJE DE TENSOR

ESCALA 1:50



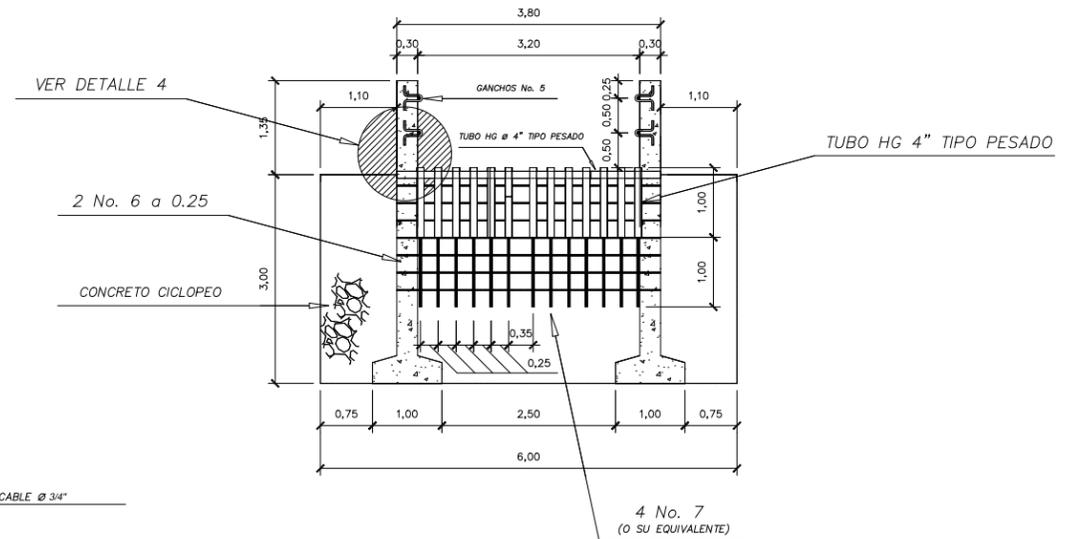
SECCION B - B DE LA TORRE

ESCALA 1:50



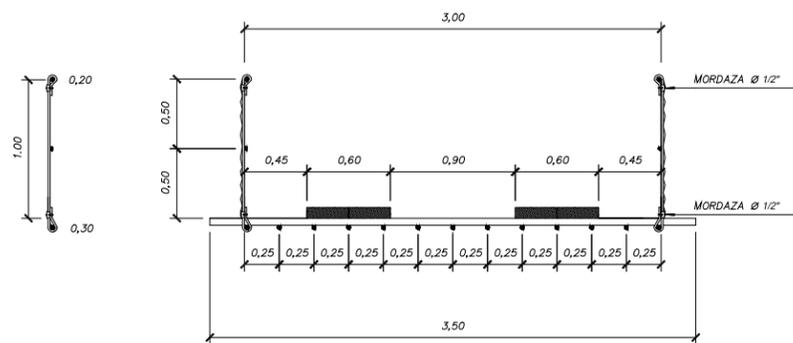
SECCION C - C DE ANCLAJE

ESCALA 1:50



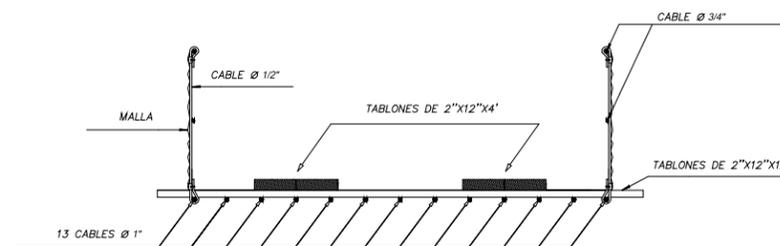
SECCION A - A DE LA TORRE

ESCALA 1:50



SECCION DE PUENTE

ESCALA 1:20



NOTA: PARA LOS TABLONES SE UTILIZARA MADERA DE CIPRES DEBIDAMENTE CURADA.

NOTA:
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.



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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO:
DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO,
ALDEA SANTO DOMINGO HUICA Y CASERIO MIRAMAR

CONTENIDO: SECCIONES

ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ

CARNÉ: 2002-12801

Vo.Bo. HOJA No.

2 / 3

ING. CIVIL JUAN MERCOZ DOS

ASESOR - SUPERVISOR EPS

ALCALDE MUNICIPAL

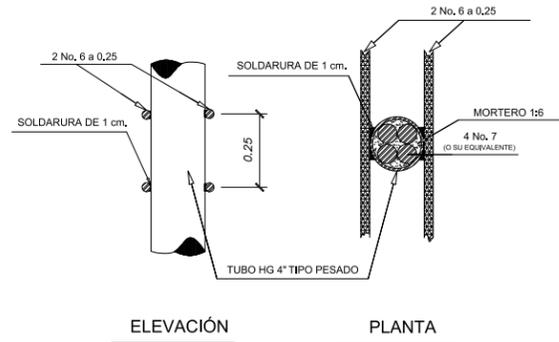
DISEÑO: D.A.C.O.

CALCULO: D.A.C.O.

DIBUJO: D.A.C.O.

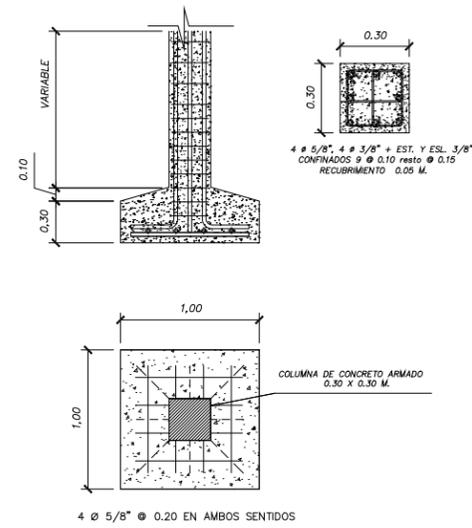
ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2007



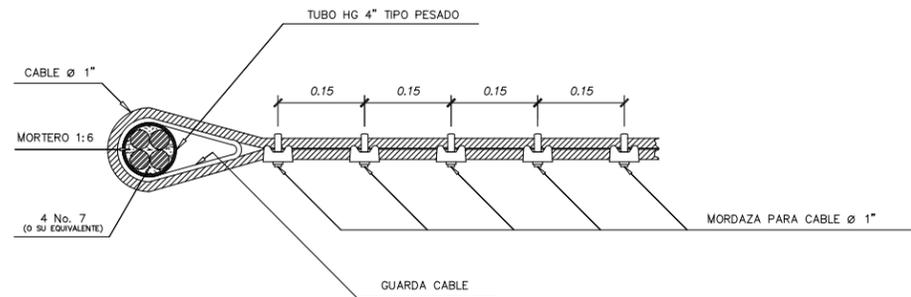
ELEVACIÓN PLANTA

DETALLE 1 SIN ESCALA



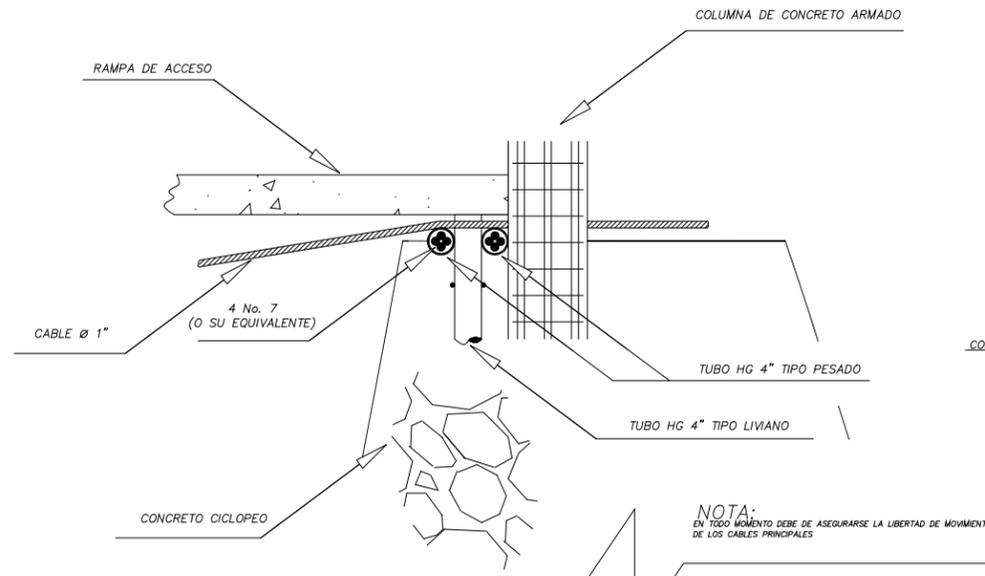
DETALLE DE COLUMNA Y ZAPATA

ESCALA 1:25

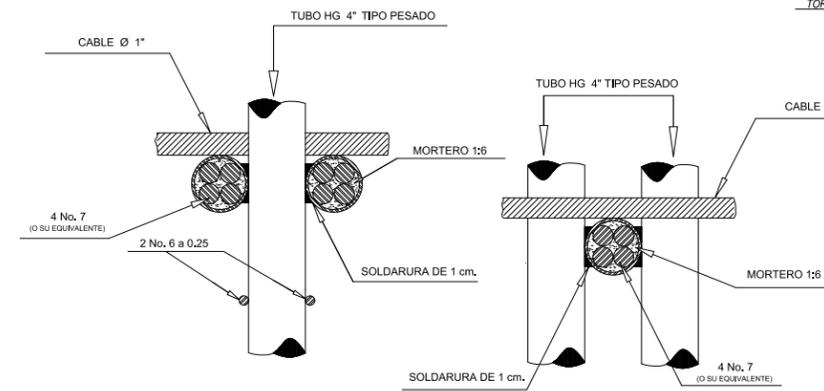


DETALLE 2 SIN ESCALA

NOTA:
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.

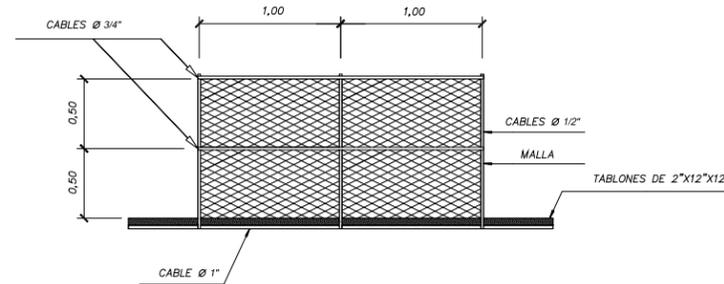


NOTA:
EN TODO MOMENTO DEBE DE ASEGURARSE LA LIBERTAD DE MOVIMIENTO DE LOS CABLES PRINCIPALES



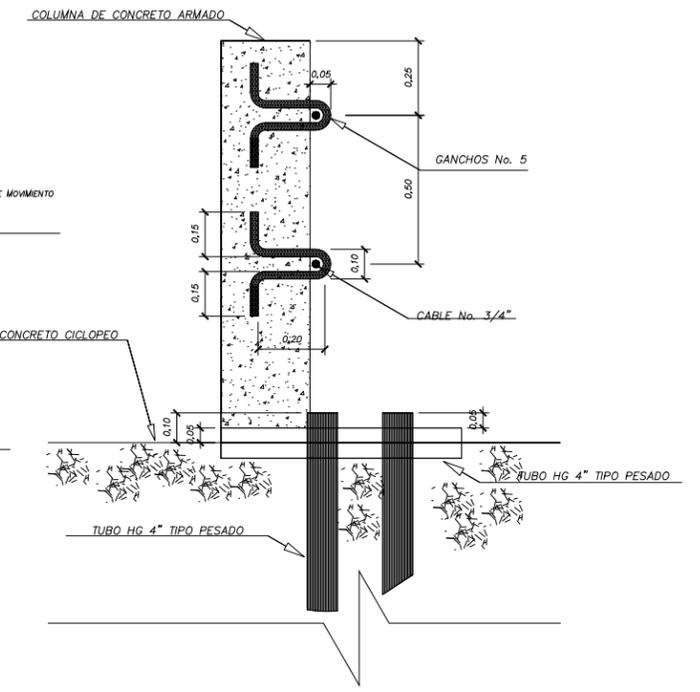
ELEVACIÓN PLANTA

DETALLE 3 SIN ESCALA



DETALLE DE BARANDAL

ESCALA 1:25



DETALLE 4 SIN ESCALA



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

MUNICIPALIDAD DE LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO

PROYECTO:
DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR COLGANTE, ALDEA EL TRAPICHILLO,
ALDEA SANTO DOMINGO HUICA Y CASERIO MIRAMAR

CONTENIDO: DETALLES

ESTUDIANTE: DOUGLAS ARDULFO CASTILLO ORDOÑEZ CARNÉ: 2002-12801

Vs.Bo. HOJA No. 3/3

ING. CIVIL JUAN MERCK COS ASESOR - SUPERVISOR EPS ALCALDE MUNICIPAL

DISEÑO: D.A.C.O.
CALCULO: D.A.C.O.
DIBUJO: D.A.C.O.
ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2007