



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

**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA  
Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES,  
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

**Luis Antonio Zamora Castillo**

Asesorado por el Ing. Angel Roberto Sic Garcia

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA  
Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES,  
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO**

ASESORADO POR EL ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Soto Donis
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Angel Roberto Sic Garcia
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA  
Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MÁNGALES,  
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha octubre de 2010.

  
**Luis Antonio Zamora Castillo**



Guatemala, 12 de julio de 2012  
Ref.EPS.DOC.903.07.12

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Antonio Zamora Castillo** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200413311**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ”**.

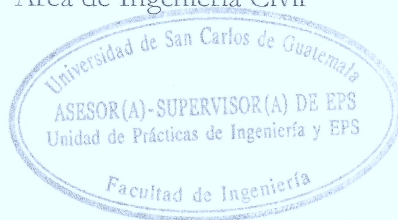
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
ARSG/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
24 de septiembre de 2012

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

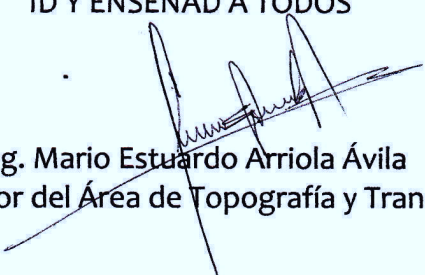
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de **DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Antonio Zamora Castillo, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
29 de octubre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de **DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Antonio Zamora Castillo, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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, 21 de noviembre de 2012  
Ref.EPS.D.992.11.12

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

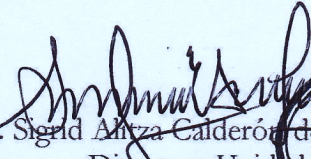
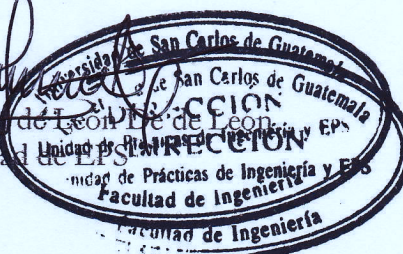
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Antonio Zamora Castillo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo 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. Sigrid Anyza Calderón de León  
Directora Unidad de EPS  


SACdL/ra







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Luis Antonio Zamora Castillo, titulado **DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2013

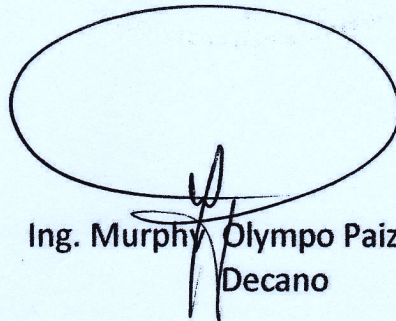
/bbdeb.



DTG. 141 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PUENTE VEHÍCULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA Y DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Antonio Zamora Castillo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 26 de febrero de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser fuente interminable de sabiduría, conocimiento e inteligencia.
- Mi madre** María Carmela Castillo Morales, con mucho amor y en agradecimiento profundo por su ayuda, sacrificio y ejemplo, que esto sea una mínima recompensa.
- Mis hermanos** Alejandra, Ana e Iván Zamora Castillo, por su apoyo y cariño sincero.
- Mis sobrinos** Juan Luis, Joshua, Génesis Zamora López y Luis Emilio Castillo Zamora, por ser la alegría de mi vida.
- Mi madrina** Carmen Rizzo, por su inmenso cariño.
- Mi padrino** Carlos Raúl Rizzo (q.e.p.d.), por el cariño que me dió desinteresadamente.
- Mis amigos** Erny Cuque, Oscar García, Aníbal Montenegro y Jenifer Robles, por sus palabras de aliento en los momentos precisos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por hacer de mí una persona de bien y por todas las bendiciones con las que me ha colmado, herramientas necesarias para lograr mis sueños.
<b>Municipalidad de San Andrés Sajcabajá</b>	Por haberme brindado la oportunidad de realizar el EPS en su municipio.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Con gratitud por la formación profesional.
<b>A mi asesor</b>	Ing. Angel Roberto Sic García, por su gran apoyo en la elaboración de este trabajo.
<b>A mis compañeros y amigos</b>	Fernando Velásquez, Nazir Barrow, Jorge Ortiz, Oscar Hu, Hans Kalel, Samuel Batz, y Luis Méndez por haberme acompañado en mi carrera profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN .....	XIX
OBJETIVOS .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ.....	1
1.1. Aspectos físicos .....	1
1.1.1. Localización y ubicación .....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	2
1.1.3. Vías de acceso .....	2
1.1.4. Clima.....	3
1.1.5. Población e idiomas.....	3
1.1.6. Servicios públicos .....	4
1.1.7. Suelo y topografía.....	7
1.2. Aspectos económicos .....	7
1.2.1. Producción.....	8
1.3. Diagnostico de necesidades y priorización.....	8

2.	DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ .....	11
2.1.	Descripción del proyecto .....	11
2.2.	Datos y especificaciones de diseño .....	11
2.3.	Cálculo de caudal máximo .....	12
2.3.1.	Método de sección pendiente.....	12
2.4.	Levantamiento topográfico .....	14
2.4.1.	Altimetría .....	14
2.4.2.	Planimetría .....	14
2.5.	Evaluación de calidad del suelo .....	15
2.5.1.	Ensayo triaxial .....	15
2.5.2.	Valor soporte del suelo.....	15
2.6.	Diseño de la superestructura.....	17
2.6.1.	Diseño de losa.....	17
2.6.1.1.	Cálculo de peralte .....	17
2.6.1.2.	Cálculo de momentos.....	18
2.6.1.2.1.	Momentos por carga viva.....	18
2.6.1.2.2.	Momento por carga muerta .....	19
2.6.1.2.3.	Momento último .....	20
2.6.2.	Cálculo de refuerzo .....	21
2.6.3.	Diseño de vigas.....	24
2.6.3.1.	Diseño de peralte y base.....	24
2.6.3.2.	Cálculo de momentos.....	24
2.6.3.2.1.	Momento por carga viva.....	25

	2.6.3.2.2.	Momento por carga muerta .....	28
	2.6.3.2.3.	Momento producido por impacto .....	31
	2.6.3.2.4.	Cálculo de refuerzo longitudinal y transversal.....	31
	2.6.3.2.5.	Cálculo de esfuerzos cortantes .....	37
2.6.4.		Diseño de diafragmas .....	41
	2.6.4.1.	Diseño de diafragma exterior .....	41
	2.6.4.2.	Diseño de diafragma interior .....	43
	2.6.4.3.	Diseño de barandal .....	45
	2.6.4.4.	Diseño de baranda de aproximación ....	46
2.7.		Diseño de la subestructura .....	47
	2.7.1.	Diseño de la cortina .....	47
	2.7.2.	Diseño de viga de apoyo .....	58
	2.7.3.	Diseño de estribo .....	59
	2.7.4.	Apoyo elastomérico .....	68
2.8.		Elaboración de planos .....	71
2.9.		Presupuesto y cronograma de ejecución .....	72
2.10.		Estudio de impacto ambiental (EIA) .....	73
	2.10.1.	Generalidades .....	74
	2.10.2.	Evaluación de impacto ambiental, proyecto puente vehicular en el caserío Tzitzima .....	75
	2.10.3.	Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación .....	76
	2.10.4.	Recomendaciones de la evaluación de impacto ambiental y la viabilidad ambiental del proyecto .....	80

2.10.5.	Mantenimiento preventivo .....	80
3.	DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ.....	81
3.1.	Descripción del proyecto .....	81
3.2.	Preliminar de campo.....	81
3.2.1.	Selección de ruta.....	82
3.2.2.	Levantamiento topográfico de la preliminar.....	82
3.2.2.1.	Tránsito de la preliminar.....	83
3.2.2.2.	Niveles de la preliminar .....	83
3.2.2.3.	Secciones transversales de la preliminar.....	84
3.3.	Cálculo topográfico de la preliminar .....	84
3.3.1.	Cálculo de transito de la preliminar .....	85
3.3.2.	Cálculo de niveles de la preliminar.....	85
3.3.3.	Cálculo de secciones transversales de la preliminar .....	86
3.4.	Dibujo de la preliminar.....	86
3.5.	Diseño de localización.....	87
3.5.1.	Diseño de la subrasante de la preliminar .....	87
3.5.2.	Traslado de la subrasante a la planta .....	88
3.5.3.	Diseño de la línea de localización .....	88
3.5.4.	Deducción del perfil y afinamiento del diseño .....	90
3.6.	Cálculo de localización .....	90
3.6.1.	Cálculo de puntos de intersección de localización .....	90
3.6.2.	Cálculo de los elementos de la curva y estacionamientos.....	91



3.7.	Movimiento de tierras .....	100
3.7.1.	Diseño de la subrasante .....	100
3.7.2.	Determinación de curvas verticales .....	103
3.7.3.	Trazo de subrasante .....	106
3.7.4.	Dibujo de secciones transversales .....	107
3.7.5.	Dibujo de secciones típicas .....	107
3.7.6.	Determinación de áreas .....	109
3.7.7.	Cálculo de volúmenes .....	110
3.8.	Carpeta de rodadura .....	112
3.9.	Drenajes .....	120
3.9.1.	Ubicación de drenajes .....	121
3.9.2.	Localización de drenajes .....	122
3.9.3.	Cálculo de áreas de descarga por método racional .....	122
3.10.	Elaboración de planos .....	127
3.11.	Datos finales del proyecto .....	127
3.11.1.	Datos de diseño .....	127
3.11.2.	Movimiento de tierras .....	128
3.12.	Presupuesto y cronograma de ejecución .....	128
	CONCLUSIONES .....	131
	RECOMENDACIONES .....	133
	BIBLIOGRAFÍA .....	135
	APÉNDICES .....	137
	ANEXOS .....	163



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Características del camión de diseño.....	25
2.	Posición del camión que produce el momento máximo en viga.....	26
3.	Características del tándem de diseño .....	27
4.	Posición de cargas para obtener momentos máximos.....	27
5.	Posición del camión que produce el corte máximo en la viga.....	37
6.	Cargas que actúan sobre las barandas para peatones.....	45
7.	Dimensiones de la cortina y viga de apoyo .....	48
8.	Diagrama de presiones en la cortina.....	50
9.	Geometría y diagrama de presiones en el estribo.....	60
10.	Elementos de curva horizontal .....	93
11.	Tipos de curvas verticales .....	104
12.	Área de secciones transversales.....	109
13.	Elementos para el cálculo de volúmenes .....	110
14.	Volumen entre secciones de diferente tipo .....	111
15.	Área de influencia de la cuenca .....	125

### TABLAS

I.	Factores de capacidad de carga .....	16
II.	Momento actuante o de volteo en estribo .....	61
III.	Momento estabilizante en estribo.....	61
IV.	Momento estabilizante en estribo sin carga .....	66
V.	Presupuesto puente vehicular .....	72

VI.	Cronograma de ejecución .....	73
VII.	Impactos ambientales negativos generados durante la construcción .....	76
VIII.	Impactos ambientales negativos generados durante la operación.....	77
IX.	Medidas de mitigación en la construcción.....	77
X.	Medidas de mitigación en la operación .....	78
XI.	Costos medidas de mitigación en la construcción y operación.....	79
XII.	Especificaciones para curvas circulares, para caminos de penetración, sección típica E .....	92
XIII.	Resumen de diseño geométrico de línea de localización .....	99
XIV.	Características geométricas.....	102
XV.	Constante K para curvas cóncavas y convexas.....	105
XVI.	Valores de carga unitaria para calcular el CBR .....	113
XVII.	Distribución granulométrica de suelos aptos para suelo cemento.....	115
XVIII.	Límites de Atterberg de suelos aptos para suelo cemento .....	116
XIX.	Porcentaje de cemento recomendado según clasificación HRB .....	119
XX.	Cantidad de cemento en función de eficiencia del suelo .....	120
XXI.	Ubicación de drenajes.....	121
XXII.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía .....	124
XXIII.	Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia .....	126
XXIV.	Presupuesto general .....	129
XXV.	Cronograma de ejecución .....	130

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>H</b>	Altura de sección de viga
<b>A</b>	Área de descarga
<b>A'<sub>s</sub></b>	Área de acero adicional para refuerzo
<b>A''<sub>s</sub></b>	Área de acero adicional para refuerzo a utilizar
<b>A<sub>smax</sub></b>	Área de acero máxima para refuerzo
<b>A<sub>smin</sub></b>	Área de acero mínima para refuerzo
<b>A<sub>s</sub></b>	Área de acero para refuerzo
<b>A<sub>st</sub></b>	Área de acero por temperatura para refuerzo
<b>b</b>	Base de sección de viga
<b>V<sub>s</sub></b>	Capacidad soporte del suelo
<b>Q</b>	Caudal
<b>cm</b>	Centímetro
<b>c<sub>u</sub></b>	Coefficiente de cohesión del suelo
<b>Ø</b>	Coefficiente de fricción interno
<b>n</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>K</b>	Constante de curva vertical
<b>C<sub>m</sub></b>	Cuerda máxima
<b>Δ</b>	Deflexión
<b>Δc</b>	Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida
<b>Δe<sub>t</sub></b>	Deformación total por esfuerzo
<b>Δe<sub>cm</sub></b>	Deformación por carga muerta
<b>D</b>	Deslizamiento

$\Delta_L$	Desplazamiento máximo
$D_f$	Desplante de cimiento
$P$	Eje más cargado del peso del camión
$EI_x$	Elevación en el punto x
$E$	Empuje de tierra
$\sigma_r$	Esfuerzo a compresión del apoyo
$\sigma_f$	Esfuerzo admisible del acero
$\sigma_p$	Esfuerzo máximo permisible a compresión
$s$	Espaciamiento de acero de refuerzo
$t$	Espesor de losa
$T$	Espesor total del elastómetro
$e$	Excentricidad
$E_x$	External
$N_c$	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión.
$N_q$	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
$N_y$	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
$F_d$	Factor de distribución
$\phi$	Factor de reducción de resistencia
$F_s$	Factor de seguridad
$I$	Factor de sobrecarga de impacto
$V_{max}$	Fuerza cortante máxima
$V_u$	Fuerza cortante última
$F_H$	Fuerza horizontal
$F_L$	Fuerza longitudinal
$G$	Grado de curvatura
$H_I$	Hilo inferior
$H_S$	Hilo superior
$I_{Tr}$	Intensidad de lluvia

<b>kg</b>	Kilogramo
<b>km</b>	Kilometro
<b>lb</b>	Libra
<b>L<sub>c</sub></b>	Longitud de curva
<b>L<sub>cv</sub></b>	Longitud de curva vertical
<b>L<sub>s</sub></b>	Longitud de espiral
<b>L</b>	Luz libre entre vigas
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>M<sub>e</sub></b>	Momento estabilizante
<b>M<sub>ET</sub></b>	Momento estabilizante total
<b>M<sub>max</sub></b>	Momento máximo
<b>M<sub>u</sub></b>	Momento mayorado en la sección
<b>M<sub>cm</sub></b>	Momento por carga muerta
<b>M<sub>cv</sub></b>	Momento por carga viva
<b>M<sub>i</sub></b>	Momento por impacto
<b>M<sub>EQ</sub></b>	Momento por sismo
<b>M<sub>r</sub></b>	Momento resistente
<b>M<sub>v</sub></b>	Momento de volteo
<b>N</b>	Newton
<b>O<sub>m</sub></b>	Ordenada media
<b>S</b>	Pendiente
<b>e</b>	Peralte
<b>d</b>	Peralte de sección de viga
<b>W</b>	Peso de carga muerta
<b>P<sub>e</sub></b>	Peso de diafragma externo
<b>P<sub>i</sub></b>	Peso de diafragma interno
<b>Y</b>	Peso específico del suelo
<b>W<sub>c</sub></b>	Peso volumétrico del concreto

<b>W<sub>cc</sub></b>	Peso volumétrico del concreto ciclópeo
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso volumétrico del suelo
<b>ft</b>	Pie
<b>P<sub>max</sub></b>	Presión máxima
<b>P<sub>min</sub></b>	Presión mínima
<b>PC</b>	Principio de curva
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>in</b>	Pulgada
<b>PI</b>	Punto de intersección
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>R</b>	Radio
<b>R<sub>H</sub></b>	Radio hidráulico
<b>t'</b>	Recubrimiento
<b>f'c</b>	Resistencia especificada a la compresión del concreto
<b>F<sub>y</sub></b>	Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo
<b>V<sub>r</sub></b>	Resistencia nominal al cortante proporcionado por el concreto
<b>s</b>	Segundo
<b>Sa</b>	Sobre ancho
<b>St</b>	Subtangente
<b>Tg</b>	Longitud de tangente horizontal
<b>Tr</b>	Tasa de retorno
<b>t<sub>c</sub></b>	Tiempo de concentración
<b>Ton</b>	Tonelada
<b>q<sub>u</sub></b>	Valor de esfuerzo límite
<b>V</b>	Velocidad
<b>V</b>	Volteo



## GLOSARIO

<b>AASTHO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials, o sea Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
<b>ACI</b>	American Concrete Institute o sea Instituto Americano del Concreto.
<b>Aletón o ala</b>	Muro lateral a los estribos, diseñado y construido como muro de protección de los rellenos y para redirigir la corriente de agua.
<b>Altimetría</b>	Tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos de terreno.
<b>Aproche</b>	Del inglés <i>to approach</i> , aproximarse y se refiere a las estructuras o rellenos que conectan a la carretera con el puente.
<b>Bases de diseño</b>	Parámetros que se utilizan en la elaboración de un diseño, como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.
<b>Banco de marca</b>	Punto en la altimetría cuya altura se conoce y se utiliza para determinar alturas siguientes.

<b>Bombeo</b>	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 de rodamiento.
<b>Carga de diseño</b>	Carga que debe soportar la estructura para el diseño.
<b>Carga muerta</b>	Carga permanente en una estructura.
<b>Carga última</b>	Suma de la carga viva con la carga muerta, afectadas ambas por su respectivo factor de incertidumbre.
<b>Carga viva</b>	Carga no permanente en una estructura.
<b>Carril</b>	Superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.
<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava y agua; todo esto combinado con el acero, que es un elemento homogéneo.

<b>Compactación del suelo</b>	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soporte de cargas.
<b>Cuneta</b>	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual el agua circula debido a la acción de la gravedad.
<b>Curva circular simple</b>	Es un arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.
<b>Especificaciones</b>	Genéricamente son las normas generales y técnicas de construcción, además de las disposiciones especiales y cualquier otro documento que se emita, ya sea antes o durante la ejecución de una obra en particular.
<b>Estribo</b>	Cada una de las estructuras extremas que sirve de apoyo a la superestructura.
<b>Grado máximo de curvatura</b>	De acuerdo con el tipo de carretera se fija un grado máximo de curva a usarse. Este debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.
<b>Luz</b>	Distancia horizontal interna entre dos estribos, entre estribo y pila o entre dos pilas.

<b>Mampostería</b>	Sistemas constructivos y/o decorativos, contruidos a base de piedra, ladrillo, block, etc., simplemente acomodados o bien aglutinados con mortero. Mampostería seca: la que se construye sin emplear mortero.
<b>Planimetría</b>	Estudia los procedimientos para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones.
<b>Sección típica</b>	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.
<b>Subestructura</b>	Parte inferior del puente, formado por las cimentaciones, estribos, pila y aletones, siendo éstos los apoyos extremo de la superestructura que sirven para transmitir las carga de ésta al suelo, y para contener el relleno estructural o terraplén de la carretera.
<b>Superestructura</b>	Parte superior del puente, la cual permite el tránsito de vehículos transmitiendo las cargas a la subestructura, formada por las vigas, losa, diafragmas, pasamanos, torres y cables.

**Talud**

Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica; que delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.

**Terracería**

Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.



## RESUMEN

Debido a la necesidad de contar con vías de acceso entre las comunidades, se planificó el diseño de un puente vehicular de concreto armado para la comunidad del caserío Tzitzima y Caculja, y la carretera hacia el caserío Tonolajic, municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de Quiché.

Para el diseño del puente, se realizaron estudios de campo, para su adecuada ubicación y economía; aplicando las especificaciones de las Normas AASHTO y el código ACI. Los elementos del puente serán fundidos *in situ*, debido a las condiciones de acceso y la disponibilidad de materiales.

El diseño de la carretera, se basó en las especificaciones de la Dirección General de Caminos de Guatemala, seleccionando una carretera tipo rural, dadas las condiciones de tránsito y las características topográficas del terreno. Las pendientes estarán cercanas a las pendientes máximas permitidas debido a la topografía.

La realización de estos proyectos permitirá a las poblaciones, un mejor desarrollo económico, social y cultural. Reduciendo en parte, sus necesidades de infraestructura y servicios básicos.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Proporcionar soluciones técnicas a la carencia de proyectos de infraestructura y vías terrestres, contribuyendo así al progreso y desarrollo de las personas y comunidades del municipio.

### **Específicos**

1. Elaborar el informe que contenga las monografías del municipio en donde se va a desarrollar la planificación de los proyectos.
2. Realizar el diseño del puente vehicular que comunicará a los caseríos Caculja y Tzitzima, y permitir un tránsito fluido y seguro.
3. Diseñar la apertura de un camino que conduzca del caserío Tonolajic al caserío Mangales, que se adapte a las necesidades de la población y que contemple los requerimientos mínimos de diseño.
4. Transmitir y aportar los conocimientos y criterios adquiridos durante el proceso de preparación académica al personal del Departamento Municipal de Planificación (DMP), así como a las personas individuales que así lo soliciten.



## INTRODUCCIÓN

El hombre desde el comienzo de su existencia necesitó desplazarse por diversos motivos, tanto para subsistir como para intercambiar bienes y servicios. En su traslado por vías terrestres encontró obstáculos para realizar estas actividades, tales como la presencia de cuerpos de agua, hondonadas, y otros accidentes geográficos, algunos insalvables con la tecnología disponible. Buscó la manera de vencerlos; inicialmente, en una forma rudimentaria y con la evolución de la tecnología disponible fue perfeccionándolas, siendo una de estas soluciones los puentes.

En la Municipalidad de San Andrés Sajcabajá existen proyectos que por su importancia para las comunidades están priorizados. Dentro de estas propuestas se encuentra el diseño de un puente vehicular que permita sustituir al ya existente en el caserío Tzitzima y que es la principal vía de comunicación para 3 comunidades, razón por la cual se efectuó un diseño apropiado que conlleve a la construcción de una estructura que cumpla con los requerimientos mínimos de la población.

El caserío Mangales y el caserío Tonolajic están localizados dentro del área montañosa del municipio, motivo por el cual el traslado de una comunidad a otra se complica debido a la topografía. Una vía que permita el traslado de las poblaciones de estas comunidades es primordial, ya que reducirá el tiempo y el costo de comercio.



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

El origen del nombre de Sajcabajá proviene de varias versiones que coinciden sobre el nombre del municipio, siendo las siguientes; Sac cabajá o Sac cava, de sac = blanco, y caba = sacrificio y ha o já = agua o río y que significa casa blanca de sacrificio a orilla del río. Una segunda deriva de Zac-kabajá, que viene de já= casa y caba = sacrificio y zac= blanco, que significa casa blanca del sacrificio, ambos vocablos de origen K'iché. Según fuentes de la Academia de Lenguas Mayas (ALG), el nombre del lugar es Saq kab´ ja, que significa, “casa asentada sobre arena blanca”.

## **1.1. Aspectos físicos**

El municipio de San Andrés Sajcabajá se encuentre en una zona topográficamente variada, ya que cuenta con áreas montañosas, onduladas y llanas..

### **1.1.1. Localización y ubicación**

El municipio de San Andrés Sajcabajá, se encuentra a 34 kilómetros al norte de la cabecera departamental y a 198 de la ciudad capital, la cabecera municipal se ubica en las coordenadas latitud 15°10'33.10"N y longitud 90°56'34.53"O y está situada a una altura de 1 302 metros sobre el nivel del mar.

### **1.1.2. Límites y colindancias**

Colinda al norte con los municipios de Cunén y San Miguel Uspantán; al sur con los municipios de Chinique, Zacualpa y Chiché; al este con el municipio de Canillá; al oeste con los municipios de San Bartolomé Jocotenango y San Pedro Jocopilas.

### **1.1.3. Vías de acceso**

Para llegar al municipio, se debe tomar la carretera interamericana (CA-1) hasta Los Encuentros, que se encuentra aproximadamente en el kilómetro 130, seguir por la ruta nacional (RN-15) hasta Santa Cruz del Quiché, cabecera departamental de Quiché en el kilómetro 164 para luego tomar la salida a San Andrés Sajcabajá que se encuentra a 34 kilómetros de la cabecera departamental.

El camino de la cabecera a San Andrés Sajcabajá es en su mayor parte de terracería en buen estado y transitable en la mayor parte del año a excepción del invierno, debido a los trabajos inconclusos de pavimentación.

Todas las comunidades cuentan con infraestructura vial (terracería), que por lo general son brechas, las cuales carecen de cunetas, balastro y transversales, haciendo que la mayoría de ellos se encuentren en mal estado.

#### **1.1.4. Clima**

Existen 2 clases de zonas de vida:

Bosque húmedo subtropical templado (Bhs-t). En esta zona de vida hay una altitud de 1 000 a 1 500 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 1 000 a 2 000 milímetros anuales, y la temperatura en esta zona de vida es de 18 grados a 24 grados centígrados.

Bosque húmedo montano bajo subtropical (Bhm-s). En esta zona de vida la altitud es de 1 500 a 2 000 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 1 000 a 2 000 milímetros anuales y la temperatura media anual en esta zona es de 12 grados a 18 grados centígrados.

#### **1.1.5. Población e idiomas**

El municipio de San Andrés Sajcabajá cuenta con 32 560 habitantes, según el último censo realizado por la municipalidad

90,15% indígena	8,85% no indígena
50,85% mujeres	49,15% hombres
10,1% población urbana	89,9% población rural
90% quiché	10% español

La densidad de población es de 48 habitantes por kilómetro cuadrado; la tasa de crecimiento para este municipio es de 4,14 por ciento, según datos municipales.

### **1.1.6. Servicios públicos**

#### Tren de aseo

El casco urbano cuenta oficialmente con un basurero municipal, ubicado a 1,5 kilómetros al norte, aunque existen al menos 3 puntos dentro del casco urbano en donde la población abandona sus desperdicios, el resto de comunidades tienen sus propios depósitos de basura.

En ningún caso se cuenta con un sistema de tratamiento de desechos sólidos.

#### Agua potable

El agua que surte al casco urbano proviene de nacimientos ubicados en las montañas de las comunidades Xabaj, Xetulup y San José Sacaj. Se cuenta actualmente con 3 tanques de distribución que suministran el vital líquido por sectores a la mayoría de viviendas, aunque ante el crecimiento de la población en el casco urbano, la municipalidad esta perforando un pozo que abastecerá a un tercio de la población

La mayoría de la red de distribución es de pvc por haber sido recientemente remodelada y readecuada de acuerdo a las demandas de los habitantes. La cantidad de acometidas domiciliarias es de 620 conexiones cubriendo el 75 por ciento de la demanda.

#### Drenaje

Solo el casco urbano cuenta con este servicio, y no recibe ningún tratamiento. El agua residual desfoga en los ríos aledaños al municipio, sin ser previamente tratada.



La actual red de alcantarillado sanitario tiene ya más de 20 años de servicio. No existe red de alcantarillado pluvial, lo cual afecta el buen funcionamiento del alcantarillado sanitario, ya que mucha del agua pluvial se descarga a través de dicho sistema.

La red de alcantarillado consta en su mayor parte de tubería de concreto y en una mínima parte por tubería de pvc, la cobertura es del 65 por ciento.

#### Energía eléctrica

Se cuenta con energía eléctrica proveniente del sistema eléctrico de Santa Cruz del Quiché. La mayoría de las comunidades cuentan con este servicio. En el área urbana el 100 por ciento de las casas cuentan con el servicio, este es prestado por la empresa DEOCSA.

#### Telecomunicaciones

Cable: existen 2 empresas de televisión por cable, que cubren toda el área urbana con un promedio de 20 canales.

Correos: se cuenta con una oficina de correos a nivel nacional e internacional.

#### Sistema vial

El 40 por ciento de las calles se encuentran adoquinadas, alrededor del 25 por ciento se encuentran pavimentadas y un restante 35 por ciento aún son de terracería.

## Escuelas

En el área urbana se cuenta con 2 escuelas oficiales de primaria y una escuela oficial de pre primaria; también existe un instituto de formación básica por cooperativa y actualmente se encuentra funcionando un colegio que provee formación diversificada a la población.

## Centros de salud y otros servicios importantes para la comunidad

El municipio cuenta con un centro de salud tipo B, que ofrece atención de consulta y servicios de emergencia limitados a los recursos disponibles; actualmente existe ayuda por medio de médicos cubanos instalados en el lugar, que ofrecen sus servicios tanto en el área urbana como rural.

Se cuenta con un mercado municipal, que es insuficiente para dar lugar a la cantidad de campesinos que llevan sus productos a vender, principalmente los días domingo. La cabecera municipal, también dispone de un rastro municipal.

## Instituciones

Existen varias instituciones gubernamentales y no gubernamentales que coadyuvan al desarrollo del municipio, entre las cuales están:

- Banco de Desarrollo Rural (BANRURAL)
- Programa para el Desarrollo de la Mujer (PROMUJER)
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)

## Servicios recreativos

Para actividades deportivas, existe un campo de fútbol y una cancha de básquetbol y papi fútbol, ubicada en el parque central.

Dentro de esta región se encuentran como fuente turística un nacimiento de agua azufrada llamada Agua Caliente que se localiza a 7 kilómetros de distancia de la cabecera municipal. También cuenta con un balneario (piscinas) denominado El Ticón.

### **1.1.7. Suelo y topografía**

El suelo del lugar por ser terrenos sedimentarios en gran parte, es arenoso y rocoso en las partes bajas. En la zona alta, en donde la temperatura es más baja el suelo es arcilloso. En su mayor parte el terreno local es agrícola, siendo la agricultura la mayor actividad económica de la región.

La topografía del lugar es irregular, existiendo montañas y cerros en la región sur y suroeste del municipio y lugares con grandes planicies en la región norte y noreste, razón por la cual las zonas de vida varían de un lugar a otro.

## **1.2. Aspectos económicos**

Las principales actividades económicas están representadas por la agricultura, la ganadería, la crianza de aves y animales de corral, y el comercio local.

### **1.2.1. Producción**

#### Actividades económicas

Los principales cultivos en San Andrés son el maíz, frijol, y el tomate.

Maíz: Es cultivado en todos los centros poblados.

Frijol: Este cultivo es importante, se siembra en el 100 por ciento de las comunidades en conjunto con el maíz.

Tomate: se reporta que es producido en 28 comunidades para autoconsumo.

En la producción pecuaria, el ganado bovino, porcino y aves de corral se crían en su mayoría para el consumo familiar.

Una de las fuentes de ingreso más relevantes en San Andrés Sajcabajá, es el ingreso monetario proveniente de los inmigrantes que trabajan en la ciudad capital, en la costa sur y en los Estados Unidos.

### **1.3. Diagnostico de necesidades y priorización**

Las necesidades más urgentes de la población del municipio, aldeas y caseríos son básicamente de comunicación, agua y saneamiento. Únicamente 22 comunidades cuentan con acceso por medio de caminos de terracería, no todos se encuentran en buen estado; 25 comunidades poseen acceso mediante brechas o carreteras pequeñas y 9 comunidades cuentan con caminos de herradura, en donde solamente pueden transitar personas y animales de carga.

Solamente en 8 comunidades de las 22 que cuentan con acceso por medio de caminos de terracería existen puentes, necesitando de la construcción de éstos para lograr una mejor movilización de los habitantes y sus productos.

La construcción de puentes vehiculares y de caminos de acceso son las necesidades prioritarias actualmente, para lograr mejorar las vías de comunicación del municipio al igual que construir y mejorar los sistemas de abastecimiento de agua.

Dentro de la priorización que se realizó en conjunto con el Departamento de Planificación Municipal (DMP) se determinó que las comunidades que por los factores tomados en consideración, serian considerados para la elaboración de los proyectos; son Mangales, Tonolajic, Caculja y Tzitzima, beneficiadas con el diseño de una carretera para las comunidades de Mangales y Tonolajic, y con un puente vehicular para las comunidades de Caculja y Tzitzima.



## **2. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO TUCUNEL EN EL CASERÍO TZITZIMA, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un puente vehicular que permita la comunicación entre los caseríos Caculja y Tzitzima y la cabecera municipal. El estudio inicia con un estudio topográfico que permitirá conocer la zona y determinar de esta forma la geometría de la estructura.

El proyecto constara de una estructura de 20 metros de longitud entre apoyos que permitirá un tránsito seguro en condiciones de crecida máxima, la estructura será de concreto reforzado en la superestructura y de concreto ciclópeo en la subestructura, el proyecto estará regido por las Normas AASHTO 2003.

### **2.2. Datos y especificaciones de diseño**

Los parámetros de diseño se obtienen de la topografía del terreno, características particulares y por los lineamientos obtenidos de la Norma AASHTO y del Código ACI.

Datos de diseño:

Luz libre	20,00 m
Carga viva	HS 20 - 44
Peso volumétrico del concreto $W_c$	2 400 kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico del concreto ciclópeo $W_{cc}$	2 700 kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico del suelo $W_s$	1 630 kg/m <sup>3</sup>
Capacidad soporte del suelo $V_s$	33,67 Ton/m <sup>2</sup>
Esfuerzo a compresión del concreto $f'_c$	281 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia del acero $F_y$	4 200 kg/cm <sup>2</sup>

### **2.3. Cálculo de caudal máximo**

El objetivo de calcular el caudal máximo, es determinar en complemento con la sección transversal debajo de donde se proyecta colocar la estructura, la altura mínima que debe tener esta para evitar ser afectada por crecidas máximas.

#### **2.3.1. Método de sección pendiente**

El método usado para la determinación del caudal máximo, es el de sección pendiente, tomando en cuenta los datos que se pudieron recabar en el estudio. Se determina la altura máxima de agua que alcanzó el río por una corriente con anterioridad. Con la topografía se determino esta altura, después se utilizó la fórmula  $Q = V * A$  para calcular el caudal máximo.



Donde:

Q = caudal máximo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

V = velocidad [ $\text{m}/\text{s}$ ]

A = área de descarga [ $\text{m}^2$ ]

Para determinar la velocidad se utilizó la siguiente fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad [ $\text{m}/\text{s}$ ]

$R_H$  = radio hidráulico [ $\text{m}$ ] =  $A/P_m$

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad

La pendiente del terreno se determinó mediante mediciones topográficas.

El valor de área de descarga A, se determina con la máxima altura registrada en las secciones transversales del estudio topográfico.

El valor del coeficiente de rugosidad n, se asumió de 0,03 que es el valor utilizado para ríos con arrastre de piedras regulares.

Datos:

altura de crecida = 2,64 m

área de descarga = 32,45  $\text{m}^2$

perímetro mojado = 43,94 m

n = 0,03

S = 0,35%

solución:

$$R = \frac{32,45}{43,94} = 0,7385 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,03} (0,7385)^{2/3} (0,0035)^{1/2} = 1,61 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = 1,61 * 32,45 = 52,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

## **2.4. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico utilizado, es de primer nivel, debido a que un desnivel en los estribos significaría someter a la superestructura a esfuerzos no controlados.

### **2.4.1. Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría se defina la superficie en estudio. En el presente trabajo, la medición altimétrica se realizó por medio de la lectura de hilos superior, medio e inferior, los que al ser calculados en gabinete dan la cota de terreno de cada punto observado. El equipo utilizado fue un teodolito marca SOKKISHA, modelo TM 20ES.

### **2.4.2. Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte magnético, para su orientación. En la medición de la planimetría del proyecto se utilizó el método de radiaciones, esto con el propósito de encontrar todos los puntos necesarios que formen parte del terreno en cuestión.

El método consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y radiar todos los puntos necesarios que puedan ser tomados en una estación, para luego trasladarse a otra estación y radiar los siguientes puntos.

## **2.5. Evaluación de calidad del suelo**

Es un aspecto importante en el diseño de un puente, ya que mediante resultados obtenidos, se puede conocer con qué tipo de suelo se cuenta, además se puede determinar el valor soporte del mismo.

### **2.5.1. Ensayo triaxial**

Se trabajó un ensayo de compresión triaxial diagrama de Mohr; el tipo de ensayo fue no consolidado y no drenado; se obtuvo de la arcilla consolidada color café los resultados que se muestran en la hoja anexa del ensayo de suelos, de la cual se determinó que el tipo de suelo es limo-arcilloso.

### **2.5.2. Valor soporte del suelo**

Aplicando los resultados del ensayo a la teoría de la capacidad de carga de Terzaghi, se determinó el valor soporte del suelo, siendo el procedimiento de cálculo desarrollado e

l que a continuación se describe:

$$q_u = 1,3c_u N_c + \gamma D_f N_q + 0,4\gamma B N_\gamma \quad \text{cimentación cuadrada}$$

Donde:

$q_u$  = Valor de esfuerzo límite [Ton/m<sup>2</sup>]

$c_u$  = Coeficiente de cohesión del suelo [Ton/m<sup>2</sup>]

- $\phi$  = Ángulo de fricción interna [°]
- $N_c$  = Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
- $\gamma$  = Peso específico del suelo [Ton/m<sup>3</sup>]
- $D_f$  = Desplante del cimiento [m]
- $N_q$  = Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
- $B$  = Base de la zapata [m]
- $N_\gamma$  = Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
- $F_s$  = Factor de seguridad

Resultados del ensayo triaxial

$$\phi = 28,1^\circ \qquad c_u = 7,4 \text{ Ton/m}^2 \qquad \gamma = 1,63 \text{ Ton/m}^3$$

Por seguridad se disminuirán los datos anteriores en un 33 por ciento a excepción del peso específico que debe ser un valor constante.

$$\phi = 18,73^\circ \qquad c_u = 4,93 \text{ Ton/m}^2 \qquad \gamma = 1,63 \text{ Ton/m}^3$$

Para determinar los factores de capacidad de carga, se hará uso de los resultados del ensayo triaxial y de la tabla que a continuación se muestra.

Tabla I. **Factores de capacidad de carga**

	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
<b>Interpolación</b>	19	15,12	6,04	2,59
	18,73	16,17	6,52	2,94
	18	16,56	6,70	3,07

Fuente: Principios de ingeniería de cimentaciones BRAJA. Das p. 158.

$$q_u = 1,3 \cdot 4,93 \cdot 16,17 + 1,63 \cdot 1,00 \cdot 6,52 + 0,4 \cdot 1,63 \cdot 4,40 \cdot 2,94$$

$$q_u = 134,69 \text{ Ton/m}^2$$

El valor soporte del suelo queda determinado por medio de la siguiente expresión matemática, en la cual interviene el factor de seguridad;  $F_s$ , el cual puede variar entre los valores de 2 – 4.

$$V_s = \frac{q_u}{F_s} = \frac{134,69}{4} = 33,67 \text{ Ton/m}^2$$

## **2.6. Diseño de la superestructura**

La superestructura de un puente está compuesta por la losa, vigas, barandal y banquetta. Se diseña como simplemente apoyada y de sección de viga y losa de concreto reforzado.

### **2.6.1. Diseño de losa**

La losa del puente se diseñará de acuerdo con las Normas AASTHO; para esto, es necesario determinar cómo trabaja la losa. En este caso, la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, y por lo tanto el refuerzo principal de la losa, es perpendicular al tráfico. La separación entre vigas que hace la luz de la losa es de 2,00 metros.

#### **2.6.1.1. Cálculo de peralte**

Según especificación AASHTO 9.7.1.1, el espesor mínimo de la losa debe ser de 175 milímetros. Y el peralte se calcula según la siguiente expresión:

$$t = 1,2 \left( \frac{L + 3,0}{30} \right) \geq 175 \text{ mm}$$

Donde:

t = Espesor de losa [m]

L = Luz libre entre vigas [m]

$$t = 1,2 \left( \frac{2,00 + 3,0}{30} \right) = 0,200 \geq 175 \text{ mm}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

### **2.6.1.2. Cálculo de momentos**

Entre las cargas para el diseño se tienen las cargas muertas, vivas y de impacto, las cargas muertas por el concreto y el barandal, se toman para una franja de un metro.

#### **2.6.1.2.1. Momentos por carga viva**

Cargas mínimas: en puentes con uno o más carriles con tráfico pesado, se designará una carga HS20 – 44.

$$M_{cv} = \frac{L+2}{32} P$$

Donde:

M<sub>cv</sub> = momento producido por carga viva [lb-ft]

L = luz libre entre vigas [ft]

P = Eje más cargado del peso del camión [lb]

$$M_{cv} = \frac{6,56 + 2}{32} * 16\ 000 = 4\ 280 \text{ lb-ft}$$

$$M_{cv} = 593,13 \text{ kg-m}$$

La carga de impacto, es un incremento en el momento producido por la carga viva. Tiene que ser menor o igual al 33 por ciento según especificación AASHTO 3.6.2.1

$$I = \frac{15}{L + 38} \leq 0,33$$

Donde:

I = factor de sobrecarga de impacto

L = luz libre entre vigas [m]

$$I = \frac{15}{2 + 38} = 0,375 \leq 0,33$$

$$I = 0,33$$

#### **2.6.1.2.2. Momento por carga muerta**

Se debe calcular la carga muerta para 1 metro en el sentido longitudinal, y no se toma en cuenta la fracción de carga que se encuentra directamente sobre las vigas.

Los momentos producidos por la carga muerta, se calculan de la siguiente manera:

$$M_{cm} = \frac{W L^2}{10}$$

$$M_{cm} = \frac{W S^2}{2}$$

Donde:

$M_{cm}$  = momento por carga muerta [kg-m]

$W$  = peso de la carga muerta [kg/m]

$L$  = luz libre entre vigas [m]

$S$  = luz libre a extremos [m]

Integrando peso de la carga muerta ( $W$ ).

$$W = W_c * t * 1.00 + W_{barandal}$$

$$W = 2400 * 0,20 * 1,00 + 75 = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{cm} = \frac{555 * 2^2}{10} = 222 \text{ kg-m}$$

$$M_{cm} = \frac{555 * 1.25^2}{2} = 433,59 \text{ kg-m}$$

$$M_{cm} = 433,59 \text{ kg-m}$$

### 2.6.1.2.3. Momento último

Tabla 3.22.1 de AASHTO: fórmula de teoría última o fórmula de factores de carga, para combinación de carga muerta y viva.

$$M_u = 1,3 \left[ M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv+l}) \right]$$



Donde:

$M_u$  = momento ultimo [kg-m]

$M_{cm}$  = momento por carga muerta [kg-m]

$M_{cv+i}$  = momento por carga viva e impacto [kg-m]

$$M_u = 1,3 [433,59 + \frac{5}{3} (593,13 * 1,33)]$$

$$M_u = 2 272,87 \text{ kg-m}$$

### 2.6.2. Cálculo de refuerzo

Para el diseño se utilizará, para simplificar los cálculos, solo un metro como representación de toda la losa, la acera y el mordiente del puente por tener el mismo espesor de la losa se diseñaran de la misma forma.

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'c}} \right] \left( \frac{0,85 f'c}{F_y} \right)$$

Donde:

$A_s$  = área de acero para refuerzo [ $\text{cm}^2$ ]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$M_u$  = momento ultimo [kg-m]

$f'c$  = Resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$F_y$  = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$$A_s = \left[ 16,83 * 100 - \sqrt{(16,83 * 100)^2 - \frac{2 272,87 * 100}{0,003825 * 281}} \right] \left( \frac{0,85 * 281}{4 200} \right)$$

$$A_s = 3,64 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero mínimo.

$$A_{smín} = \frac{14,1}{F_y} b d$$

Cálculo de área de acero máxima.

$$A_{smáx} = 0,5 \rho_b b d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * f'c * 6\ 115}{F_y (6\ 115 + F_y)}$$

Donde:

$A_{smín}$  = área de acero mínima [ $cm^2$ ]

$A_{smáx}$  = área de acero máxima [ $cm^2$ ]

$\rho_b$  = cuantía de acero balanceada

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $kg/cm^2$ ]

$f'c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $kg/cm^2$ ]

$b$  = base [ $cm$ ]

$d$  = peralte [ $cm$ ]

$$A_{smín} = \frac{14,1}{4\ 200} * 16,83 * 100$$

$$A_{smín} = 5,65\ cm^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 281 * 6\ 115}{4200 (6\ 115 + 4\ 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{smáx} = 0,5 * 0,0286 * 16,83 * 100 = 24,07\ cm^2$$

$$A_s = 3,64\ cm^2 < A_{smín} = 5,65\ cm^2 < A_{smáx} = 24,07\ cm^2$$

Utilizando

$$A_{s\text{mín}} = 5,65 \text{ cm}^2$$

Diseño de cama inferior (perpendicular).

$$A_s = 5,65 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4

$$S = \frac{1,27 * 100}{5,65}$$

$$S = 22,42 \text{ cm} \quad \text{No. 4 @ 20 cm}$$

Diseño de cama inferior (paralelo).

$$A_{st} = 0,002 b t = 0,002 * 20 * 100 = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4

$$S = \frac{1,27 * 100}{4}$$

$$S = 31,75 \text{ cm} \quad \text{No. 4 @ 30 cm}$$

Diseño de cama superior (ambos sentidos).

$$A_s = 0,67 A_{s(\text{perpendicular})} = 0,67 * 5,65$$

$$A_s = 3,79 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4

$$S = \frac{1,27 * 100}{3,79}$$

$$S = 33,51 \text{ cm} \quad \text{No. 4 @ 30 cm}$$

### **2.6.3. Diseño de vigas**

Para el diseño se emplearán 2 vigas principales de igual geometría en la superestructura del puente, la sección de las vigas se obtiene en función de la longitud del mismo.

#### **2.6.3.1. Diseño de peralte y base**

Para no tener que hacer un chequeo por deflexiones, el peralte no debe ser menor que  $L/16$ , mientras que la base no deberá ser menor de  $2/5$  del peralte para no chequear alabeo, se usaran secciones rectangulares para trabajar eficientemente a flexión.

- Peralte

$$H = \frac{L}{16} = \frac{20}{16} = 1,25 \text{ m}$$

- Base

$$B = \frac{2H}{5} = \frac{2 * 1,25}{5} = 0,50 \text{ m}$$

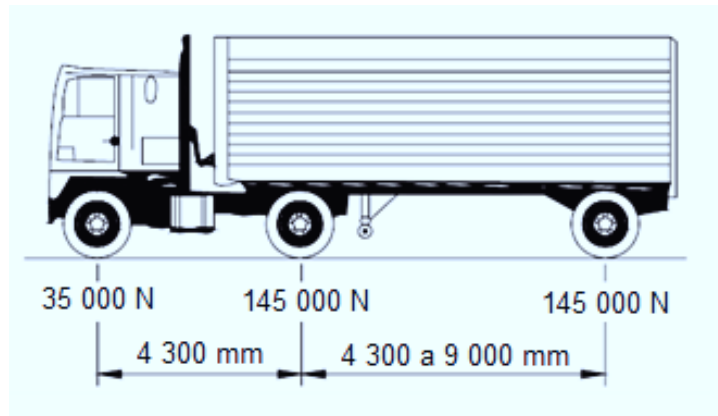
#### **2.6.3.2. Cálculo de momentos**

Por medio de la tabla 3.4.1-1, de la Norma AASHTO, se recomiendan diferentes distribuciones de carga en función de la separación de vigas, el material de construcción, los carriles del puente y la posición de la viga.

### 2.6.3.2.1. Momento por carga viva

Se designará en carreteras principales y/o puentes que soporten tráfico pesado, una carga HS 20-44, con 2 ejes de 145 kN y un eje de 35 kN como se muestra en la figura.

Figura 1. Características del camión de diseño



Fuente: Norma AASHTO 3.6.1.2.2 Camión de Diseño.

La separación entre los 2 ejes de 145 000 N, se deberá variar entre 4 300 y 9 000 milímetros para producir las solicitaciones extremas, según especificación AASHTO 3.6.1.2.2.

Para calcular los momentos máximos, se tomará en cuenta lo siguiente:

El momento máximo, por carga móvil ocurre en la carga más cercana al centro de gravedad, cuando esta se encuentra tan lejos del soporte como su centro de gravedad, respecto al otro.

Calculando centro de gravedad (C.G.).

$$\Sigma M_{CG} = 0$$

$$\Sigma M_{CG} = 35(x + 4,3) + 145(x) - 145(4,3 - x) = 0$$

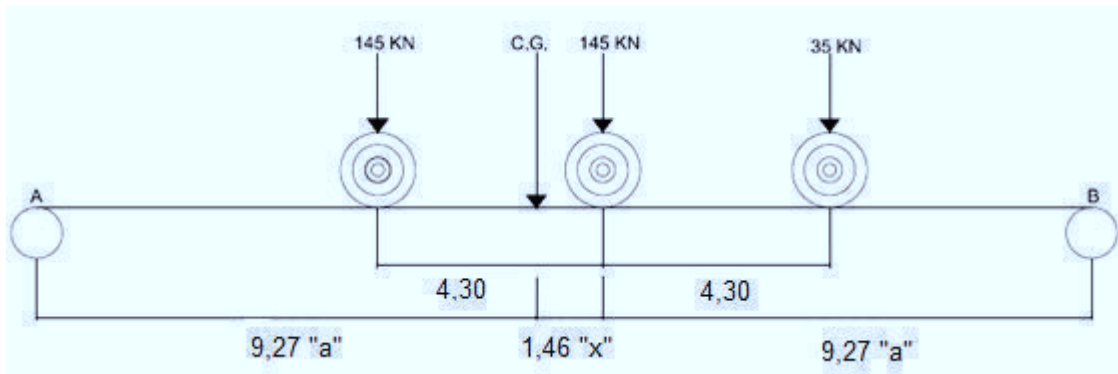
$$0 = 325x - 473$$

$$x = 1,46 \text{ m}$$

$$20 = 2a + x$$

$$a = 9,27 \text{ m}$$

Figura 2. **Posición del camión que produce el momento máximo en la viga**



Fuente: elaboración propia.

Calculando reacciones en A y B.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_A = 325(9,27) - R_B(20)$$

$$R_B = 150,64 \text{ KN}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

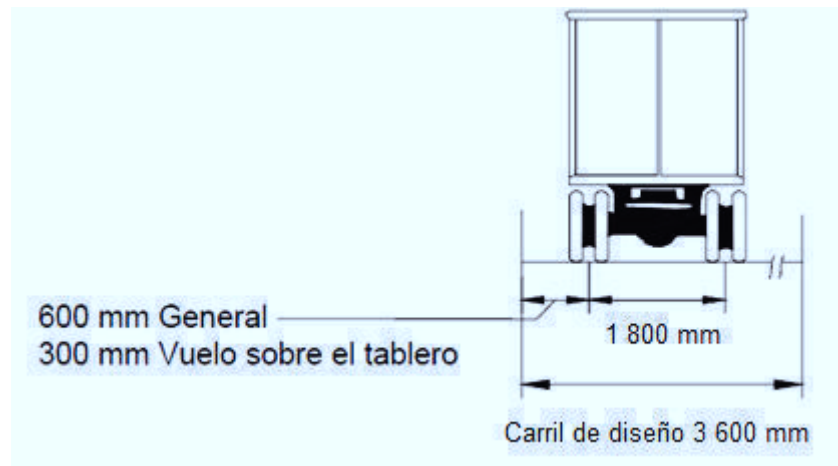
$$0 = R_A + R_B - P_{C.G.}$$

$$0 = R_A + 150,64 - 325$$

$$R_A = 174,36 \text{ KN}$$

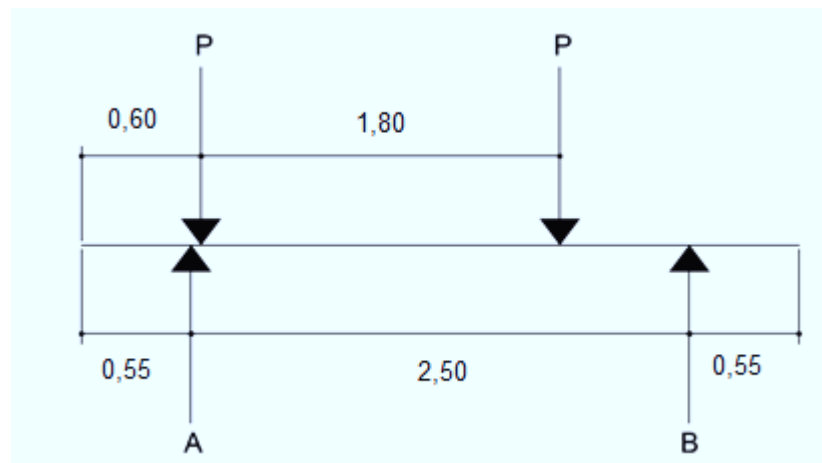
Calculando Factor de sobrecarga (Fd).

Figura 3. **Características del tándem de diseño**



Fuente: Norma AASHTO 3.6.1.2.3 Tándem de diseño.

Figura 4. **Posición de cargas para obtener momentos máximos**



Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_B = R_A(2,5) - P(2,45) - P(0,65)$$

$$R_A = 1,24 P$$

$$F_d = 1,24$$

Calculando momento máximo

$$M_{\max} = 174,36(6,43) + 29,36(4,3)$$

$$M_{\max} = 1247,38$$

$$M_{\max} = 127154,21 \text{ kg-m}$$

#### 2.6.3.2.2. Momento por carga muerta

La carga distribuida total que soportarán las 2 vigas, es igual a la sumatoria de las cargas de cada componente de la superestructura, a continuación se muestra la integración de de dichas cargas.

Integración de pesos por cargas muertas.

- Pasamanos:

$$W_{\varnothing 2"} = 5,44 * 2 = 10,88 \text{ kg/m}$$

- Poste

$$W_{\text{poste}} = 96,24 \text{ kg/m}$$

- Banqueta

$$W_{\text{banqueta}} = W_c b d$$

$$W_{\text{banqueta}} = 2400 * 0,95 * 0,20$$

$$W_{\text{banqueta}} = 456 \text{ kg/m}$$



- Mordiente

$$W_{\text{mordiente}} = Wc b d$$

$$W_{\text{mordiente}} = 2\,400 * 0,40 * 0,20$$

$$W_{\text{mordiente}} = 192 \text{ kg/m}$$

- Losa

$$W_{\text{losa}} = Wc b d$$

$$W_{\text{losa}} = 2\,400 * 1,80 * 0,20$$

$$W_{\text{losa}} = 864 \text{ kg/m}$$

- Viga

$$W_{\text{viga}} = Wc b d$$

$$W_{\text{viga}} = 2\,400 * 0,5 * 1,25$$

$$W_{\text{viga}} = 1\,500 \text{ kg/m}$$

Sumatoria de cargas.

$$W_{\text{total}} = W_{\phi 2''} + W_{\text{poste}} + W_{\text{banqueta}} + W_{\text{mordiente}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{total}} = 10,88 + 96,24 + 456 + 192 + 864 + 1\,500$$

$$W_{\text{total}} = 3\,119,12 \text{ kg/m} = 2\,092,09 \text{ lb/ft}$$

Calculando momento máximo.

$$M_{\text{máx}} = \frac{W_{\text{total}} L^2}{8} + \frac{P L}{3}$$

Dimensionando diafragma interior.

Altura

$$h = \frac{3}{4} H_{\text{viga}}$$

Peralte

$b = 0,30$  m (recomendado)

Peso del diafragma interior.

$$P = W_c \cdot b \cdot d \cdot L_d$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$  = momento máximo [lb-ft]

$W_{\text{total}}$  = sumatoria de carga muerta [lb/ft]

$L$  = largo del puente [ft]

$P$  = peso del diafragma interior [lb]

$H_{\text{viga}}$  = alto de viga [m]

$h$  = altura de diafragma [m]

$W_c$  = peso volumétrico del concreto [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$L_d$  = longitud de diafragma [m]

$$h = \frac{3}{4}(1,25) = 0,9375 \text{ m}$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

$$P = 2\,400 \cdot 0,75 \cdot 0,30 \cdot 2,80$$

$$P = 1\,512 \text{ kg} = 3\,326 \text{ lb}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{2\,092,02 (65,6)^2}{8} + \frac{3\,326 (65,6)}{3}$$

$$M_{\text{máx}} = 1\,198\,067,93 \text{ lb-ft}$$

$$M_{\text{máx}} = 166\,029,36 \text{ kg-m}$$

### 2.6.3.2.3. Momento producido por impacto

Existen cargas dinámicas que se producen en forma violenta debido a los camiones, por lo que incrementan las fuerzas internas dentro de la estructura, a estas se les denominan cargas de impacto.

Cálculo de factor de sobrecarga de impacto

$$I = \frac{15}{L + 38} \leq 0,33$$

$$I = \frac{15}{20 + 38} = 0,26 \leq 0,33$$

$$I = 0,26$$

$$M_i = M_{\max_{cv}} I = 127\ 154,21 * 0,26$$

$$M_i = 33\ 060,09 \text{ kg-m}$$

Calculando momento último

$$M_u = 1,3 \left[ M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv+I}) F_d \right]$$

$$M_u = 1,3 \left[ 166\ 029,36 + \frac{5}{3} (127\ 154,21 + 33\ 060,09) 1,24 \right]$$

$$M_u = 646\ 280,59 \text{ kg-m}$$

### 2.6.3.2.4. Cálculo de refuerzo longitudinal y transversal

En el cálculo de refuerzo, deben emplearse las ecuaciones indicadas, verificando siempre que el área resultante se encuentre dentro del rango de valores máximos y mínimos

### Cálculo de refuerzo a tensión

### Cálculo de peralte efectivo

$$d = H - \frac{\emptyset}{2} - t' \text{ (proponemos varilla No.8)}$$

Donde:

d = peralte [cm]

H = altura de viga [cm]

$\emptyset$  = diámetro de varilla de acero a utilizar [cm]

t' = espesor de recubrimiento [cm]

$$d = 125 - \frac{2,54}{2} - 5,08$$

$$d = 118,65 \text{ cm}$$

Datos:

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fy = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Mu = 646\,280,59 \text{ kg-m}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 118,65 \text{ cm}$$

$$As = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu b}{0,003825 f'c}} \right] \left( \frac{0,85 f'c}{Fy} \right)$$

Donde:

$A_s$  = área de acero para refuerzo [ $\text{cm}^2$ ]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$M_u$  = momento ultimo [kg-m]

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$$A_s = \left[ 50 * 118,65 - \sqrt{(50 * 118,65)^2 - \frac{646 280,59 * 50}{0,003825 * 281}} \right] \left( \frac{0,85 * 281}{4 200} \right)$$

$$A_s = 208,57 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero mínimo.

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{F_y} b d$$

Cálculo de área de acero máxima.

$$A_{s\text{máx}} = 0,5 \rho_b b d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * f'_c * 6 115}{F_y (6 115 + F_y)}$$

Donde:

$A_{s\text{mín}}$  = área de acero mínima [ $\text{cm}^2$ ]

$A_{s\text{máx}}$  = área de acero máxima [ $\text{cm}^2$ ]

$\rho_b$  = cuantía de acero balanceada

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} 50 \cdot 118,65$$

$$A_{s_{\min}} = 19,92 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 281 \cdot 6 \cdot 115}{4200 (6 \cdot 115 + 4 \cdot 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \cdot 0,0286 \cdot 50 \cdot 118,65 = 84,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 19,92 \text{ cm}^2 < A_s = 208,57 \text{ cm}^2 > A_{s_{\max}} = 84,84 \text{ cm}^2$$

Utilizando

$A_s = 208,57 \text{ cm}^2$  y calculamos viga doblemente reforzada.

Cálculo de viga doblemente reforzada.

Momento que resiste  $A_{s_{\max}}$

$$M_{A_{s_{\max}}} = \phi \left[ A_{s_{\max}} F_y \left( d - \frac{A_{s_{\max}} F_y}{1,7 \cdot f'_c b} \right) \right]$$

Momento que falta por resistir.

$$M_r = M_u - M_{A_{s_{\max}}}$$

Donde:

$M_{A_{s_{\max}}}$  = momento que resiste el área de acero máximo [kg-m]

$M_r$  = momento que falta por resistir [kg-m]

$M_u$  = momento ultimo [kg-m]

$\phi$  = factor de reducción de resistencia

$A_{s_{\max}}$  = área de acero máxima [cm<sup>2</sup>]

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [kg/cm<sup>2</sup>]

$f'c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$d$  = peralte de la viga [cm]

$b$  = ancho de viga [cm]

$$MAs_{\text{máx}} = 0,90 \left[ 84,83 * 4\ 200 \left( 118,65 - \frac{84,83 * 4\ 200}{1,7 * 281 * 50} \right) \right]$$

$$MAs_{\text{máx}} = 332\ 628,42 \text{ kg-m}$$

$$Mr = 646\ 280,59 - 332\ 628,42$$

$$Mr = 331\ 652,17 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero adicional

$$A's = \frac{Mr\ 100}{0,9\ Fy\ d}$$

$$A''s = \frac{A's}{0,75}$$

Donde:

$A's$  = acero adicional [ $\text{cm}^2$ ]

$A''s$  = acero adicional a utilizar [ $\text{cm}^2$ ]

$Mr$  = momento que falta por resistir [kg-m]

$Fy$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$d$  = peralte de la viga [cm]

$$A's = \frac{331\ 652,17 * 100}{0,9 * 4\ 200 * 118,65}$$

$$A's = 73,95 \text{ cm}^2$$

$$A''s = \frac{73,95}{0,75}$$

$$A''s = 98,6 \text{ cm}^2$$

Diseño de cama superior.

Tomar  $A_s$  como área de acero proponiendo varillas No.16

$$5 * 20,27 = 101,35 \text{ cm}^2$$

Resumen armado superior.

5 No. 16 como varillas corridas

Diseño de cama inferior.

Tomar el 50% del  $A_s = 208,57 * 0,50 = 104,29 \text{ cm}^2$

Se proponen varillas No 15

$$6 * 18,81 = 106,86 \text{ cm}^2$$

Para rieles

Se proponen varillas No. 15

$$6 * 18,81 = 106,86 \text{ cm}^2$$

Resumen armado inferior.

6 No. 15 como varillas corridas + 6 No. 15 como bastones.

Refuerzo adicional.

Colocar una varilla No. 5 a cada pie de altura ( $0,25 \text{ in}^2/\text{ft}$ ).

Refuerzo transversal.

El refuerzo transversal se determinará luego de calcular los esfuerzos cortantes máximos.

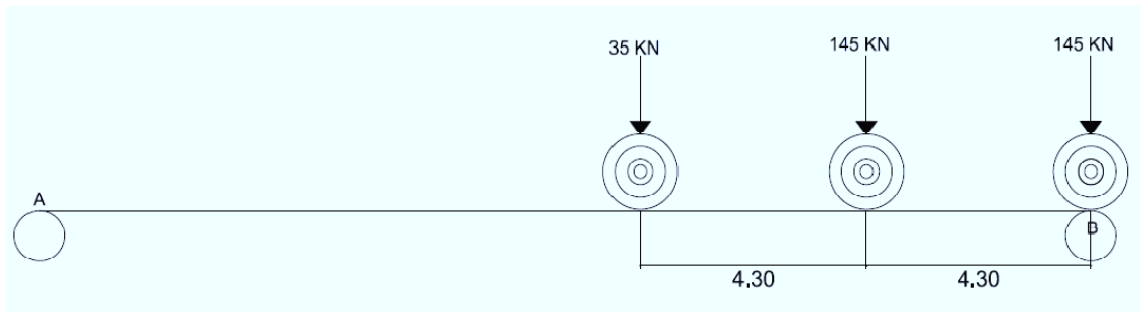


### 2.6.3.2.5. Cálculo de esfuerzos cortantes

Corte máximo producido por carga viva

El corte máximo por carga viva en sentido longitudinal, ocurre sobre el apoyo, cuando la carga mayor se encuentra sobre él.

Figura 5. Posición del camión que produce el corte máximo en la viga



Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$20R_B = 35(11,40) + 145(15,70) + 145(20,00)$$

$$R_B = V_{\text{máx}} = 278,78 \text{ KN} = 28\,417,43 \text{ kg} = 62\,518,35 \text{ lb}$$

Corte máximo producido por carga muerta:

$$V_{\text{máx}} = \frac{W_{\text{total}} L}{2} + P_i + P_e$$

Donde:

$$V_{\text{máx}} = \text{corte máximo [lb]}$$

$$W_{\text{total}} = \text{sumatoria de carga muerta [lb/ft]}$$

$$L = \text{longitud del puente [ft]}$$

Pi = peso de diafragma interno [lb]

Pe = peso de diafragma externo [lb].

Dimensionando diafragma exterior.

Altura

$$h = \frac{1}{2} H_{\text{viga}} = \frac{1}{2} (1,25) = 0,625 \text{ m}$$

$$h = 0,65 \text{ m}$$

Peralte

$$b = 0,30 \text{ m (recomendado)}$$

Peso del diafragma exterior.

$$P_e = 2\,400 * 0,45 * 0,30 * 2,80$$

$$P_e = 907,2 \text{ kg} = 1\,995,84 \text{ lb}$$

Calculando corte máximo.

$$V_{\text{máx}} = \frac{2\,092,09 * 65,6}{2} + 3\,326 + 1\,995,84$$

$$V_{\text{máx}} = 410\,586,78 \text{ lb}$$

Calculando corte último.

$$V_u = 1,3 \left[ V_{\text{cm}} + \frac{5}{3} (V_{\text{cv+i}}) F_d \right]$$

Donde:

Vu = fuerza cortante última [kg]

Vcm = fuerza cortante última producida por carga muerta [kg]

V<sub>cv+i</sub> = fuerza cortante última producida por carga viva e impacto [kg]

Fd = factor de distribución

$$V_u = 1,3 \left[ 410\,586,78 + \frac{5}{3} (62\,518,35 \text{ lb}) * 1,26 * 1,24 \right]$$

$$V_u = 745\,399,93 \text{ lb} = 338\,818,15 \text{ kg}$$

Cálculo de refuerzo transversal.

Cálculo de peralte efectivo.

$$d = H - \frac{\emptyset}{2} - t' \text{ (proponemos varilla No.6)}$$

Cálculo de corte resistente.

$$V_r = 0,85 * 0,53 \sqrt{f'_c} b d$$

Donde:

d = peralte de viga [cm]

H = altura de viga [cm]

$\emptyset$  = diámetro de varilla de acero a utilizar [cm]

t' = espesor de recubrimiento [cm]

$V_r$  = fuerza cortante resistente [kg]

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

d = peralte de la viga [cm]

$$d = 125 - \frac{1,91}{2} - 5,08$$

$$d = 118,97 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 \sqrt{281} * 50 * 118,97$$

$$V_r = 44\,921,62 \text{ kg}$$

Corte actuante.

$$V_a = 338\,818,15 \text{ kg}$$

$V_a \gg V_r \rightarrow$  reforzar a corte

Espaciamiento

$$S = \frac{A_v F_y d}{V_a - V_r}$$

Donde:

S = espaciamiento [cm]

$A_v$  = área de varilla a utilizar para estribos [ $\text{cm}^2$ ]

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

d = peralte de la viga [cm]

$V_r$  = fuerza cortante resistente [kg]

$V_a$  = fuerza cortante actuante [kg]

$$S = \frac{2 * 2,85 * 4\,200 * 118,93}{338\,818,15 - 44\,921,62}$$

$$S = 9,68 \approx 9 \text{ cm}$$

Acero adicional

Colocar una varilla No. 5 @ 30 cm.

Resumen para armado de viga a corte.

Colocar doble juego de estribo varilla No.6 @ 18 centímetros en los primeros 5 metros a partir de los extremos y estribo varilla No.6 @ 18 centímetros en el resto de la viga.

## 2.6.4. Diseño de diafragmas

La principal función de las vigas diafragmas, es dar rigidez torsional a la sección transversal del puente, ayudar a distribuir las cargas transversales (viento y sismo), y mantener la geometría de la sección. Se deben reforzar con el área de acero mínima, ya que no se diseñan para soportar carga proveniente de la losa.

### 2.6.4.1. Diseño de diafragma exterior

Los diafragmas exteriores se ubicaran en ambos extremos de las vigas y deben cumplir con los requerimientos mínimos de geometría, con el fin de desempeñar su función de forma óptima.

Dimensionando diafragma exterior.

- Altura

$$h = \frac{1}{2} H_{\text{viga}} = \frac{1}{2} (1,25) = 0,625 \text{ m}$$

$$h = 0,65 \text{ m}$$

- Base

$$b = 0,30 \text{ m (mínimo recomendado) AASHTO 5.14.1.3.1.c}$$

Peso del diafragma exterior.

$$P_e = 2400 * 0,45 * 0,30 * 2,80$$

$$P_e = 907,2 \text{ kg} = 1995,84 \text{ lb}$$

Refuerzo con acero mínimo para cama inferior

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{F_y} b d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{F_y} 30 * 60 = 6,04 \text{ cm}^2$$

Se proponen varillas No. 4 y No. 7.

$$2 * 1,27 + 1 * 3,88 = 6,42 \text{ cm}^2$$

Buscando acero por temperatura para una sección de 30 \* 60.

$$A_{s_t} = 0,002 b t$$

Se proponen 1 varillas No.7.

$$t = \frac{A_{s_t}}{0,002 b} = \frac{1 * 3,88}{0,002 * 30} = 64,7 > 60 \text{ cumple}$$

Resumen armado inferior.

2 No. 4 + 2 No. 7 como varillas corridas

Resumen armado superior.

2 No.4 por simetría

La separación de los estribos no debe ser mayor a d/2.

$$S = \frac{d}{2} = \frac{0,60}{2} = 30 \text{ cm por seguridad utilizamos 25 cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}$$

Acero adicional.

Colocar una varilla No. 5 @ 25 cm

### 2.6.4.2. Diseño de diafragma interior

El diafragma interior, se ubicará en el centro de la luz de las vigas y debe cumplir con los requerimientos mínimos de geometría con el fin de desempeñar su función de forma óptima.

Dimensionando diafragma interior.

- Altura

$$h = \frac{3}{4} H_{\text{viga}} = \frac{3}{4} (1,25) = 0,9375 \text{ m}$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

- Peralte

$$b = 0,30 \text{ m (mínimo recomendado) AASHTO 5.14.1.3.1.c}$$

Peso del diafragma interior.

$$P_i = 240 * 0,75 * 0,30 * 2,80$$

$$P_i = 1512 \text{ kg} = 3326 \text{ lb}$$

Refuerzo con acero mínimo para cama inferior.

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{14.1}{F_y} b d$$

Donde:

$A_{s_{\text{min}}}$  = área de acero mínima [ $\text{cm}^2$ ]

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{4 \cdot 200} 30 \cdot 90 = 9,03 \text{ cm}^2$$

Se proponen varillas No. 5 y No. 8

$$2 \cdot 1,98 + 1 \cdot 5,07 = 6,03 \text{ cm}^2$$

Buscando acero por temperatura para una sección de 30 \* 80.

$$A_{s_t} = 0,002 b t$$

Se proponen 1 varillas No.8

$$t = \frac{A_{s_t}}{0,002 b} = \frac{1 \cdot 5,07}{0,002 \cdot 30} = 84,5 > 80 \text{ cumple}$$

Resumen armado inferior.

2 No. 5 + 2 No. 8 como varillas corridas

Resumen armado superior.

2 No.5 por simetría

La separación de los estribos no debe ser mayor a d/2.

$$S = \frac{d}{2} = \frac{0,90}{2} = 45 \text{ cm, por seguridad utilizamos 30 cm}$$

$$S = 30 \text{ cm}$$

Acero adicional.

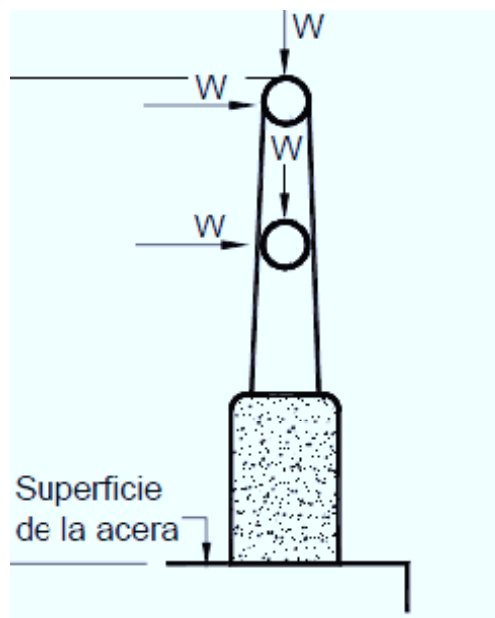
Colocar una varilla No. 5 @ 30 cm



### 2.6.4.3. Diseño de barandal

Según especificaciones AASHTO 13.8.2, los postes y pasamanos se diseñan con las cargas descritas en la siguiente figura.

Figura 6. Cargas que actúan sobre las barandas para peatones



Fuente: Norma AASHTO 13.8.2 sobrecargas de diseño.

Donde:

$W$  = sobrecarga de diseño para la baranda [N/mm]

$H$  = Altura [m]

Datos para cálculo refuerzo del barandal.

Sección = 0,20 m (sección cuadrada)

Altura = 1,185 m

Sobrecarga = 0,73 N/mm

Resumen armado.

4 varillas No.4 y estribos No. 2 @ 10 cm

Los postes serán de concreto con una sección de 0,20 x 0,20 metros, colocados a una distancia entre ejes de 2,45 metros. El armado final del poste queda: 4 No. 4 + estribo No. 2 a cada 10 centímetros, de acuerdo a lo indicado en los planos. Para los pasamanos se usará tubería de hierro galvanizado de diámetro 2 pulgadas.

#### **2.6.4.4. Diseño de baranda de aproximación**

Sistema de guardarrieles que precede a la estructura y está unido al sistema de barandas del puente; su intención es evitar que un vehículo impacte contra el extremo de la baranda del puente

Se deberían considerar los siguientes factores:

- Protección de los ocupantes de un vehículo que impacta contra la barrera.
- Protección de otros vehículos próximos al lugar de impacto.
- Protección de las personas y propiedades que se encuentran en las carreteras y otras áreas debajo de la estructura.

La estructura de las barandas de aproximación será ubicada en los extremos de los barandales de peatones.

La geometría y el diseño del armado de las barandas de aproximación están incluidos en los anexos respectivos.

## **2.7. Diseño de la subestructura**

La subestructura de un puente, es el conjunto de elementos estructurales, diseñados para transmitir la carga proveniente de la superestructura al terreno donde se edifica el puente. La subestructura está constituida por: cortina, viga de apoyo y estribos.

La cortina y viga de apoyo, son los elementos estructurales que reciben directamente la carga de la superestructura y la transmiten a los estribos, estos a la vez se encargan de trasladarlos al suelo y además contienen el relleno estructural o terraplén de la carretera.

### **2.7.1. Diseño de la cortina**

Se asume que la cortina está empotrada sobre la viga de apoyo. Para calcular el momento máximo de empotramiento se utilizarán los siguientes grupos de carga: II y III, según Norma AASHTO 1.2.22.A

Dimensionando cortina y viga de apoyo.

AASHTO recomienda los siguientes parámetros para dimensionar las vigas de apoyo y las cortinas:

X: debe ser de 2 centímetros por cada metro longitudinal del puente.

$X = 20,00 * 2 = 40$  centímetros, se asumirán 50 centímetros

X1: debe ser como mínimo 30 centímetros.

X1 = 30 cm

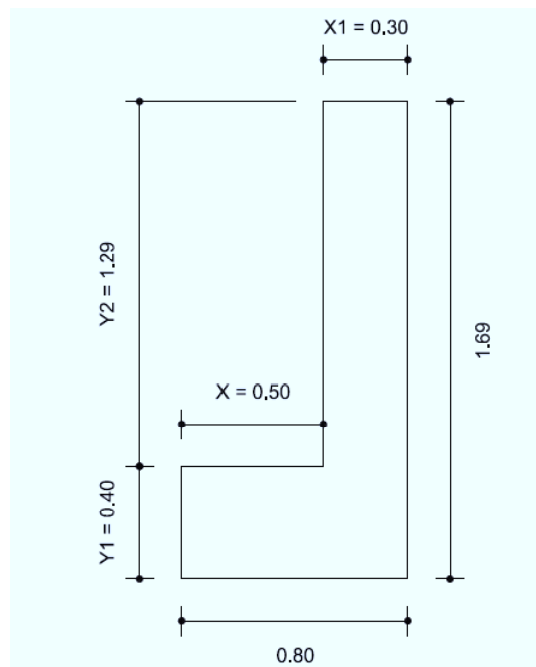
Y1: debe ser como mínimo 40 centímetros.

$$Y1 = 40 \text{ cm}$$

Y2: debe ser la suma de la altura de la viga y el alto del apoyo de neopreno.

$$Y2 = 125 + 4 = 129 \text{ cm}$$

Figura 7. **Dimensiones de la cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia.

Se deberán considerar las presiones debido a:

Fuerza Longitudinal (FL) producida por las llantas del camión en el terraplén, la cual es transmitida a la cortina.

Sismo (S).

Empuje de suelo, localizado tras la cortina (E).

Cálculo de fuerza longitudinal.

$$FL = \frac{0.05 P}{2 H}$$

$$\text{Brazo}_{FL} = H + 6'$$

$$\text{Momento}_{FL} = FL \text{ Brazo}_{FL}$$

Donde:

FL = fuerza longitudinal [kg/m]

P = peso del camión = 15 000 kg

H = altura de la cortina = 1,29 m

Brazo<sub>FL</sub> = brazo de fuerza longitudinal [m]

Momento<sub>FL</sub> = momento producido por la fuerza longitudinal [kg]

$$FL = \frac{0,05 * 15\ 000}{2 * 1,29}$$

$$FL = 290,70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Brazo}_{FL} = H + 6' = 1,29 + \frac{6}{3,28}$$

$$\text{Brazo}_{FL} = 3,12 \text{ m}$$

$$\text{Momento}_{FL} = 290,70 * 3,12$$

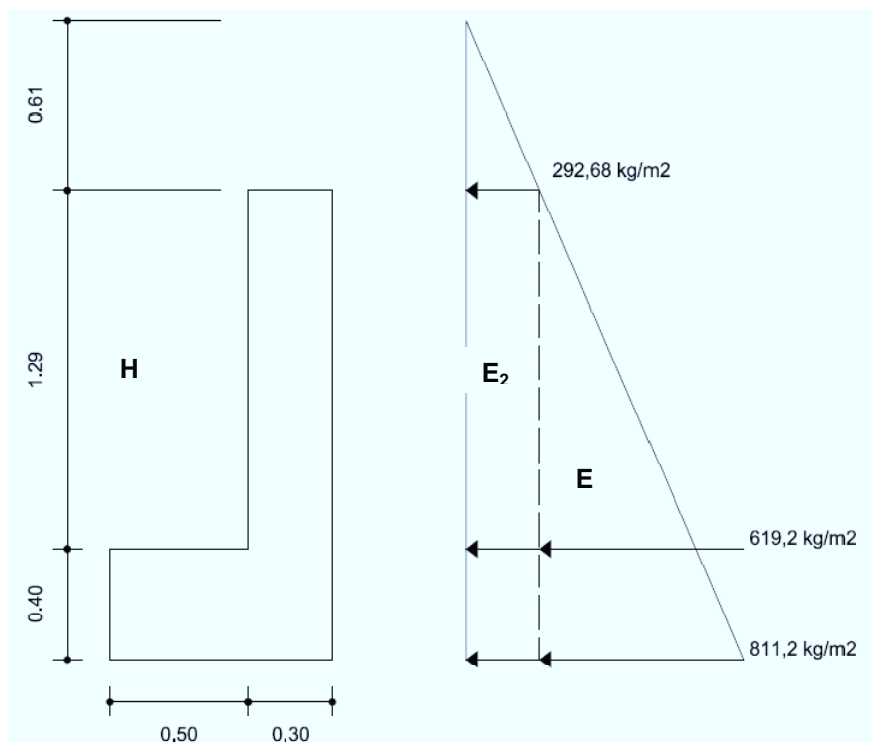
$$\text{Momento}_{FL} = 906,98 \text{ kg}$$

## Cálculo de empuje de tierra

Se debe considerar una sobrecarga del suelo del equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de 480 kilogramos por metro cúbico según AASHTO 3.11.5.5.

El empuje de la cortina (E) se deberá calcular como el empuje de la sobrecarga calculado a 2 pies, más el empuje del suelo a lo alto de la cortina.

Figura 8. Diagrama de presiones en la cortina



Fuente: elaboración propia.

$$E = E_{2'} H + \frac{1}{2} E_H H$$

$$\text{Brazo}_E = \frac{E_{2'} H \frac{H}{2} + \frac{1}{2} E_H H \frac{H}{3}}{E_{2'} H + \frac{1}{2} E_H H}$$

$$\text{Momento}_E = E \text{ Brazo}_E$$

Donde:

$E$  = empuje de tierra [kg/m]

$E_{2'}$  = empuje de tierra a  $2'$

$H$  = altura de la cortina = 1,29 m

$E_H$  = empuje de tierra a una altura  $H$  [kg/m]

$\text{Brazo}_E$  = brazo de empuje de tierra [m]

$\text{Momento}_E$  = momento producido por el empuje de tierra [kg]

$$E_{2'} = 0,61 * 480 = 292,68 \text{ kg/m}$$

$$E_H = 1,29 * 480 = 619,2 \text{ kg/m}$$

$$E = 292,68 * 1,29 + \frac{1}{2} * 619,2 * 1,29$$

$$E = 776,94 \text{ kg/m}$$

$$\text{Brazo}_E = \frac{292,68 * 1,29 * \frac{1,29}{2} + \frac{1}{2} * 619,2 * 1,29 * \frac{1,29}{3}}{292,68 * 1,29 + \frac{1}{2} * 619,2 * 1,29}$$

$$\text{Brazo}_E = 0,534 \text{ m}$$

$$\text{Momento}_E = 776,94 * 0,534$$

$$\text{Momento}_E = 414,98 \text{ kg}$$

Cálculo de fuerza de sismo.

Se usará un coeficiente sísmico del 12,0 por ciento y se multiplicará al peso de la cortina para determinar la fuerza por sismo ( $E_Q$ ), el punto de aplicación de la fuerza se localizará en el centro de la cortina, actuando de forma horizontal.

Calculando peso propio de la cortina

$$C_m = H \cdot b \cdot W_c$$

$$E_Q = 0,12 \cdot C_m$$

$$\text{Brazo}_{EQ} = \frac{H}{2}$$

$$\text{Momento}_{EQ} = E_Q \cdot \text{Brazo}_{EQ}$$

Donde:

$C_m$  = peso propio de la cortina [kg/m]

$H$  = altura de la cortina [m]

$W_c$  = peso volumétrico del concreto [kg/m<sup>3</sup>]

$E_Q$  = empuje debido a sismo [kg]

$\text{Brazo}_{EQ}$  = brazo de empuje de sismo [m]

$\text{Momento}_{EQ}$  = momento producido por el empuje de sismo [kg]

$$C_m = 1,29 \cdot 0,30 \cdot 2\,400 = 928,8 \text{ kg/m}$$

$$E_Q = 0,12 \cdot 928,8$$

$$E_Q = 111,46 \text{ kg/m}$$



$$\text{Brazo}_{EQ} = \frac{1,29}{2}$$

$$\text{Brazo}_{EQ} = 0,645 \text{ m}$$

$$\text{Momento}_{EQ} = 118,46 * 0,645$$

$$\text{Momento}_{EQ} = 71,89 \text{ kg}$$

Cálculo de momentos finales

Grupo II

$$Mu = 1,3 (M_E + M_{EQ})$$

Grupo III

$$Mu = 1,3 (M_E + 0,3 M_{EQ} + M_{FL})$$

Donde:

Mu = momento ultimo [kg]

M<sub>E</sub> = momento producido por el empuje de tierra [kg]

M<sub>Q</sub> = momento producido por el empuje de sismo [kg]

M<sub>FL</sub> = momento producido por la fuerza longitudinal [kg]

Grupo II

$$Mu = 1,3 (414,98 + 71,89)$$

$$Mu = 632,81 \text{ kg}$$

Grupo III

$$Mu = 1,3 (414,98 + 0,3 * 71,89 + 906,98)$$

$$Mu = 1\ 746,47 \text{ kg}$$

Para el cálculo del refuerzo, se toma en cuenta el momento máximo, siendo este de 1 746,47 kilogramos.

Cálculo de refuerzo.

Cálculo de peralte efectivo.

$$d = h - \frac{\emptyset}{2} - t' \text{ (proponemos varilla No.5)}$$

Donde:

d = peralte de cortina [cm]

h = altura de cortina [cm]

$\emptyset$  = diámetro de varilla de acero a utilizar [cm]

t' = espesor de recubrimiento [cm]

$$d = 30 - \frac{1,59}{2} - 5,08$$

$$d = 24,21 \text{ cm}$$

Calculando área de acero.

$$A_s = \left[ b d - \sqrt{(b d)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f_c}} \right] \left( \frac{0,85 f_c}{F_y} \right)$$

Donde:

$A_s$  = área de acero para refuerzo [cm<sup>2</sup>]

b = base [cm]

d = peralte [cm]

$M_u$  = momento ultimo [kg-m]

$f_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [kg/cm<sup>2</sup>]

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [kg/cm<sup>2</sup>]

$$A_s = \left[ 24,21 * 100 - \sqrt{(24,21 * 100)^2 - \frac{1\,746,47 * 100}{0,003825 * 281}} \right] \left( \frac{0,85 * 281}{4\,200} \right)$$

$$A_s = 1,92 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Cálculo de área de acero mínimo.

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{F_y} b d$$

Cálculo de área de acero máxima.

$$A_{s\text{máx}} = 0,5 \rho_b b d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * f'c * 6\,115}{F_y (6\,115 + F_y)}$$

Donde:

$A_{s\text{mín}}$  = área de acero mínima [ $\text{cm}^2$ ]

$A_{s\text{máx}}$  = área de acero máxima [ $\text{cm}^2$ ]

$\rho_b$  = cuantía de acero balanceada

$F_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$f'c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{4\,200} 100 * 24,21$$

$$A_{s\text{mín}} = 8,13 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 281 * 6\ 115}{4200 (6\ 115 + 4\ 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{sm\acute{a}x} = 0,5 * 0,0286 * 24,21 * 100$$

$$A_{sm\acute{a}x} = 34,62 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 1,92 \text{ cm}^2 < A_{smin} = 8,13 \text{ cm}^2 < A_{sm\acute{a}x} = 34,62 \text{ cm}^2$$

Utilizando

$$A_{smin} = 8,13 \text{ cm}^2$$

Se proponen varillas No.6

$$S = \frac{2,85 * 100}{8,13}$$

$$S = 35,06 = 35 \text{ cm}$$

Resumen de armado

Varillas No. 6 @ 35 cm en ambas caras de la cortina.

Cálculo de cortes finales

Grupo II

$$V_u = 1,3 (F_E + F_{EQ})$$

Grupo III

$$V_u = 1,3 (F_E + 0,3 F_{EQ} + F_{FL})$$

Donde:

$V_u$  = fuerza cortante ultima [kg/m]

$F_E$  = fuerza debida al empuje de tierra [kg/m]

$F_{EQ}$  = fuerza debida al sismo [kg/m]

$F_{FL}$  = fuerza debida a la fuerza longitudinal [kg/m]

Grupo II

$$V_u = 1,3 (776,94 + 111,46 )$$

$$V_u = 1 154,92 \text{ kg/m}$$

Grupo III

$$V_u = 1,3 (776,94 + 0,3 * 111,46 + 290,70)$$

$$V_u = 1 431,40 \text{ kg/m}$$

Para el cálculo del refuerzo a corte se toma en cuenta el corte máximo, siendo este de 1 431,40 kilogramos por metro lineal.

Cálculo de corte resistente

$$V_r = 0,85 * 0,53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

$V_r$  = corte que resiste la sección [kg]

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto [kg/cm<sup>2</sup>]

$b$  = base [cm]

$d$  = peralte [cm]

$$V_r = 0,85 * 0,53 \sqrt{281} * 24,21 * 129$$

$$V_r = 23 584,81 \text{ kg}$$

$V_r \gg V_u \rightarrow$  calcular espaciamiento máximo.

La separación de los estribos no debe ser mayor a  $d/2$

$$S = \frac{d}{2} = \frac{24,21}{2} = 12,1 \text{ cm}$$

$$S = 12 \text{ cm}$$

Estribo No. 3 @ 12 cm.

### 2.7.2. Diseño de viga de apoyo

Es la viga transversal, en la cual se apoyaran las vigas principales (longitudinales), como la viga de apoyo no soporta flexión, el refuerzo longitudinal se calcula con refuerzo mínimo. El refuerzo transversal se calcula en la misma forma en que se calculó el estribo de la cortina.

Cálculo de área de acero mínimo.

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14.1}{F_y} b d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14.1}{4\ 200} 80 * 35$$

$$A_{s\text{mín}} = 11,75 \text{ cm}^2$$

Se proponen varillas No.6

$$S = \frac{2,85 * 100}{11,75} = 24,25 = 24 \text{ cm}$$

Resumen de armado

Varillas No. 6 @ 24 cm en ambas caras de la viga de apoyo.

La separación de los estribos no debe ser mayor a  $d/2$

$$S = \frac{d}{2} = \frac{35}{2} = 17,50 \text{ cm}$$

S = 12 cm (espaciamiento de la cortina)

Estribo No. 3 @ 12 cm.

### 2.7.3. Diseño de estribo

Los estribos son elementos del puente, diseñados para recibir las cargas que actúan verticalmente sobre las vigas principales, el peso propio de las mismas, cortina y la viga de apoyo, más el peso propio del estribo.

Los tipos de estribos más utilizados son: marcos rígidos, caballete (con pilotes), muros de gravedad y voladizo. Para el diseño de los estribos se elige muros de gravedad de concreto ciclópeo, dado que se encuentra en el área de disponibilidad de material para su construcción.

La altura del muro se define con base a la capacidad soportante del suelo y por la crecida máxima del río.

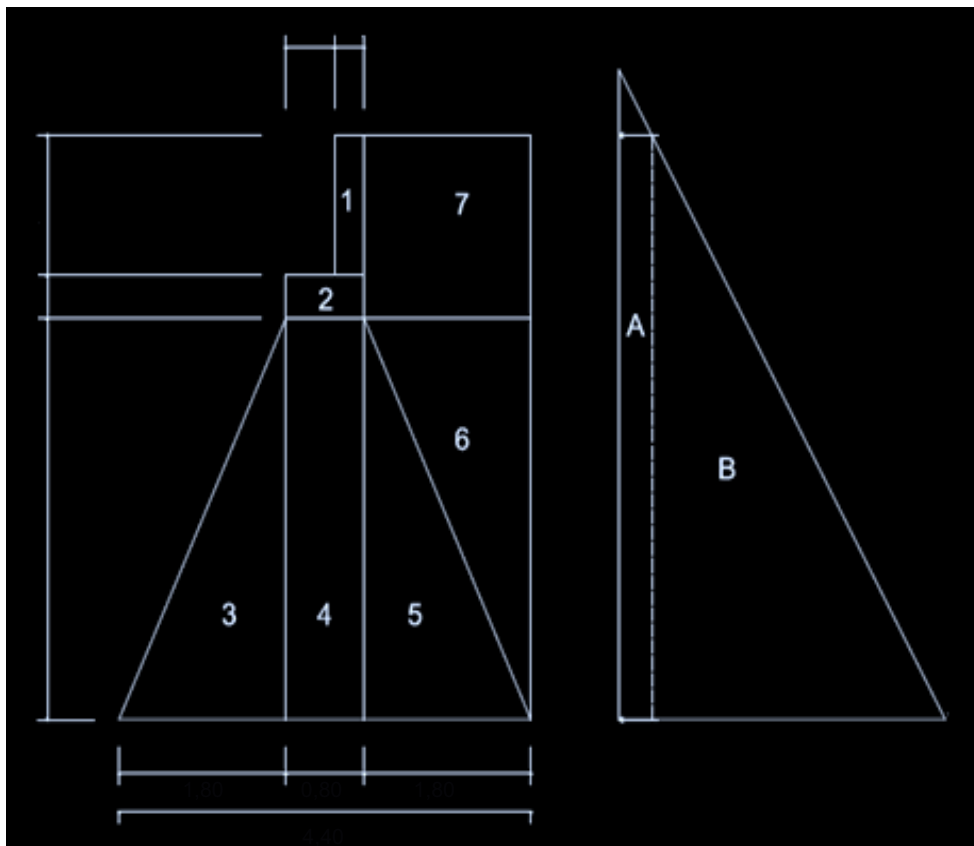
Las dimensiones del estribo serán sometidas a verificación de deslizamiento, volteo y presión, estas verificaciones se harán para los casos de muro solo, muro con superestructura y carga viva, y la verificación de muro por sismo.

Datos de diseño:

Capacidad soportante del suelo ( $V_s$ )	33,67 Ton/m <sup>2</sup>
Altura (H)	6.94 m
Base (B)	4,40 m

Esfuerzo a compresión del concreto $f'c$	281 kg/cm <sup>2</sup>
Peso volumétrico del suelo $Ws$	1 630 kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico del concreto ciclópeo $Wcc$	2 700 kg/m <sup>3</sup>

Figura 9. Geometría y diagrama de presiones en el estribo



Fuente: elaboración propia.

Verificación con el muro solo.

Se verifica como un muro de contención, sin tomar en cuenta ningún tipo de cargas. Primero se calcula el momento actuante o de volteo, seguidamente el momento resistente o estabilizante.



Tabla II. **Momento actuante o de volteo en estribo**

sección	altura	presión	empuje	brazo	momento
1	6,94	292,80	2 032,03	3,47	7 051,50
2	3,47	3 624,00	12 575,28	2,31	29 090,81
<b><math>\Sigma = V</math></b>			<b>14 607,31</b>	<b><math>\Sigma = Mv</math></b>	<b>36 141,96</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Momento estabilizante en estribo**

Sección	Área	pv	Peso	Brazo	Momento
1	0,387	2 400	928,80	2,45	2 275,56
2	0,320	2 400	768,00	2,2	1 689,60
3	4,725	2 700	12 757,50	1,2	15 309,00
4	4,200	2 700	11 340,00	2,2	24 948,00
5	4,725	2 700	12 757,50	3,2	40 824,00
6	4,725	1 630	7 701,75	3,8	29 266,65
7	3,042	1 630	4 958,46	3,5	17 354,61
<b><math>\Sigma = W</math></b>			<b>51 212,01</b>	<b><math>\Sigma = Me</math></b>	<b>131 667,42</b>

Fuente: elaboración propia.

Verificaciones.

Volteo

$$V = \frac{Me}{Mv} > 1,5$$

Deslizamiento.

$$D = \frac{0,5 W}{E} > 1,5$$

Presiones.

$$P = \frac{W}{A} \left[ 1 \pm \left( 6 * \frac{e}{b} \right) \right] < Vs , > 0$$

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$a = \frac{Me - Mv}{W}$$

Donde:

V = factor de volteo

Me = momento estabilizante [kg-m]

Mv = momento de volteo [kg-m]

D = factor de deslizamiento

W = peso del estribo [kg]

E = empuje de tierra detrás del estribo [kg]

P = presión sobre el estrato de suelo [Ton/m<sup>2</sup>]

A = área de contacto del estribo [m<sup>2</sup>]

e = excentricidad [m]

b = base [m]

Vs = capacidad soporte del suelo [Ton/m<sup>2</sup>]

Volteo.

$$V = \frac{131\,667,42}{36\,141,97} = 3,64 > 1,5 \text{ cumple}$$

Deslizamiento.

$$D = \frac{0,5 * 51\,212,01}{14\,607,312} = 1,75 > 1,5 \text{ cumple}$$

Presiones.

$$a = \frac{131\,667,42 - 36\,141,97}{51\,212,01}$$

$$a = 1,87$$

$$e = \frac{4,40}{2} - 1,87$$

$$e = 0,33 \text{ m}$$

$$P = \frac{51\,212,01}{4,40 * 1} \left[ 1 \pm \left( 6 * \frac{0,33}{4,40} \right) \right] < V_s, > 0$$

$$P_{\text{máx}} = 16,95 \text{ Ton/m}^2 < 33,67 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

$$P_{\text{mín}} = 6,33 \text{ Ton/m}^2 > 0 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

Verificación muro con superestructura y carga viva

La siguiente verificación consiste en agregar al estado del muro solo, el peso propio de la estructura y la carga viva, que corresponden a los valores calculados para la viga de apoyo. Se obtiene un nuevo momento estabilizante, producido por la aplicación de la carga muerta y viva. El momento total para esta verificación será la suma de MET y ME2.

$$C_m = 26\,850 \text{ kg}$$

$$C_v = 7\,390,41 \text{ kg}$$

$$W2 = C_m + C_v$$

$$W2 = 32\,240,41 \text{ kg}$$

$$\text{Brazo}_{W2} = \frac{B}{2} = \frac{4,40}{2}$$

$$\text{Brazo}_{W2} = 2,20 \text{ m}$$

Cálculo de momento estabilizante ( $M_{E2}$ )

$$M_{E2} = W2 \cdot \text{Brazo}_{W2} = 32\,240,41 \cdot 2,20 = 70\,928,90 \text{ kg-m}$$

$$M_{ET} = M_{E2} + M_E = 70\,928,90 + 131\,667,42$$

$$M_{ET} = 202\,596,34 \text{ kg-m}$$

Verificaciones.

Volteo.

$$V = \frac{M_{ET}}{M_v} > 1,5$$

$$V = \frac{202\,596,34}{36\,141,97} = 5,61 > 1,5 \text{ cumple}$$

Deslizamiento.

$$D = \frac{0,5 (W + W2)}{E} > 1,5$$

$$D = \frac{0,5 (51\,212,01 + 32\,240,41)}{14\,607,312} = 1,75 > 1,5 \text{ cumple}$$

Presiones.

$$P = \frac{(W + W2)}{A} \left[ 1 \pm \left( 6 \cdot \frac{e}{b} \right) \right] < V_s, > 0$$

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$a = \frac{M_{ET} - M_v}{W + W_2}$$

$$a = \frac{206\,996,34 - 36\,141,97}{51\,212,01 + 34\,240,42}$$

$$a = 1,99$$

$$e = \frac{4,40}{2} - 1,99$$

$$e = 0,2\text{m}$$

$$P = \frac{51\,212,01 + 34\,240,42}{4,40 * 1} \left[ 1 \pm \left( 6 * \frac{0,2}{4,40} \right) \right] < V_s, > 0$$

$$P_{\text{máx}} = 24,73 \text{ Ton/m}^2 < 33,67 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

$$P_{\text{mín}} = 14,11 \text{ Ton/m}^2 > 0 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

Verificación muro por sismo

En esta verificación no se considera la carga viva, únicamente la carga muerta y el peso propio del muro. Se obtiene un nuevo momento estabilizante generado por el peso del muro y la carga muerta. Los momentos de volteo se tomarán en sentido horizontal.

Tabla IV. **Momento estabilizante en estribo sin carga**

Sección	Área	pv	Peso	Brazo	Momento
1	0,387	2 400	928,80	6,30	5 846,80
2	0,320	2 400	768,00	5,45	4 185,60
3	4,725	2 700	12 757,50	1,75	2 232,63
4	4,200	2 700	11 340,00	2,63	29 767,50
5	4,725	2 700	12 757,50	1,75	22 325,63
6	4,725	1 630	7 701,75	3,50	26 956,13
7	3,042	1 630	4 958,46	6,10	30 221,81
<b>Σ = W</b>			<b>51 212,01</b>	<b>Σ</b>	<b>141 629,08</b>

Fuente: elaboración propia.

$$C_m = 26\ 850\ \text{kg}$$

$$W_3 = W + C_m = 26\ 850 + 51\ 212,01$$

$$W_3 = 78\ 062,01\ \text{kg}$$

Cálculo de momento estabilizante (MET).

$$M_{E3} = C_m \text{ Brazo}_{W_3} = 26\ 850 * 2,20 = 59\ 070\ \text{kg-m}$$

$$M_{ET} = M_{E3} + M_E = 59\ 070 + 131\ 667,42$$

$$M_{ET} = 190\ 737,42\ \text{kg-m}$$

Cálculo de fuerza horizontal (FH).

$$FH = 1,08 E + 0,08 W_3$$

$$FH = 1,08 * 14\ 607,312 + 0,08 * 78\ 062,01$$

$$FH = 22\ 020,86\ \text{kg}$$

Calculo de momento de volteo ( $M_{V3}$ ).

$$M_{EQ} = 0,08 M_{V2}$$

$$M_{EQ} = 0,08 * 141\ 629,08$$

$$M_{EQ} = 11\ 330,33\ \text{kg-m}$$

$$M_{V3} = 1,08 M_v + C_m 0,08 h' + M_{EQ}$$

$$M_{V3} = 1,08 * 36\ 141,97 + 26\ 850 * 0,08 * 5,65 + 11\ 330,33$$

$$M_{V3} = 62\ 499,85\ \text{kg-m}$$

Verificaciones

Volteo.

$$V = \frac{M_{ET}}{M_{V3}} > 1,5$$

$$V = \frac{190\ 737,42}{62\ 499,85} = 3,05 > 1,5\ \text{cumple}$$

Deslizamiento.

$$D = \frac{0,5 W_3}{FH} > 1,5$$

$$D = \frac{0,5 (78\ 062,01)}{22\ 020,86} = 1,77 > 1,5\ \text{cumple}$$

Presiones.

$$P = \frac{W_3}{A} \left[ 1 \pm \left( 6 \frac{e}{b} \right) \right] < V_s, > 0$$

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$a = \frac{M_{ET} - M_{V3}}{W_3}$$

$$a = \frac{190\,737,42 - 62\,499,85}{78\,062,01}$$

$$a = 1,64$$

$$e = \frac{4,40}{2} - 1,64$$

$$e = 0,56$$

$$P = \frac{78\,062,01}{4,40 * 1} \left[ 1 \pm \left( 6 \frac{0,56}{4,40} \right) \right] < V_s, > 0$$

$$P_{\text{máx}} = 31,22 \text{ Ton/m}^2 < 33,67 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

$$P_{\text{mín}} = 4,26 \text{ Ton/m}^2 > 0 \text{ Ton/m}^2 \text{ cumple}$$

Con los resultados obtenidos, se concluye que los valores de las fuerzas no exceden el valor soporte, por lo cual las dimensiones del muro son aptas para soportar la superestructura.

#### 2.7.4. Apoyo elastomérico

El dispositivo de apoyo elastomérico, es vínculo entre 2 elementos estructurales, y tiene la función de transmitir determinados componentes de sollicitación (fuerza o momento) sin movimiento entre los elementos; permite sin oponer resistencia apreciable, los movimientos relativos entre desplazamiento o rotación.



Propiedades del acero a utilizar:

- Propiedades de alargamiento a la rotura mayor del 23%
- El esfuerzo de fluencia será mayor de 2 400 kg/cm<sup>2</sup>
- El esfuerzo de rotura será mayor de 4 200 kg/cm<sup>2</sup>

Propiedades del elastómetro:

- El neopreno tendrá características de un módulo de elasticidad a corte G preferiblemente de 10 kilogramos por centímetro cuadrado (dureza SHORE A de 60).

Diseño de los apoyos de elastómero reforzado.

Los apoyos integrales serán rectangulares, formados por placas interpuestas de neopreno puro de dureza SHORE A de 60, de 13 mm (t = 1.3 centímetros) de espesor.

fórmulas:

$$\sigma_p = \frac{8ab}{t^*(a+b)} \quad \text{para apoyos fijos y móviles, y}$$

$$\frac{\Delta_L}{T} \leq 0,50 \quad \text{para apoyos fijos o libremente apoyados.}$$

Donde:

$\Delta_L$  = máximo desplazamiento

a,b = dimensiones del apoyo

$\sigma_f$  = esfuerzo admisible del acero (esfuerzos de trabajo).

$\sigma_p$  = esfuerzo máximo permisible a compresión

$\sigma_r$  = esfuerzo a compresión del apoyo

t = espesor de una lámina (1.3 cm)

T = espesor total del elastómetro

Datos:

$$L = 20,00 \text{ m}$$

$$a = 40 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$R = 144,55 \text{ Ton}$$

$$M(cv+l) = 96,929 \text{ Ton-m}$$

$$Mcm = 158,2 \text{ Ton-m}$$

Revisando esfuerzo a compresión.

$$\sigma_p = \frac{8 a b}{t (a + b)} = \frac{8 * 40 * 40}{1,3 (40 + 40)}$$

$$\sigma_p = 123,08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{R}{a b} = \frac{144 549,05}{40 * 40}$$

$$\sigma_a = 90,34 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_p > \sigma_a \text{ cumple}$$

$$\sigma_a < 100 \text{ kg/cm}^2 \text{ cumple}$$

Cálculo del desplazamiento horizontal.

Deformación total por esfuerzo, se utilizará la Ley de Hooke.

$$\sigma_f = 1 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta e_t = \frac{\sigma_f}{E} L = \frac{1 700}{29 000 000} 1 600 = 1,7 \text{ cm}$$

Deformación por carga muerta.

$$\Delta e_{cm} = \frac{\Delta e_t M_{cm}}{M_{cm} + M (cv+l)} = \frac{1,7 * 158 200}{158 200 + 96 929} = 1,054 \text{ cm}$$

Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida.

$$\Delta c = 0,000165 L = 0,000165 * 2\ 000 = 0,33 \text{ cm}$$

Deformación por temperatura.

$$\Delta L = 0,00011 L = 0,00011 * 2\ 000 = 0,22 \text{ cm}$$

Deformaciones máximas.

$$\text{Contracción: } \Delta e_{cm} - (\Delta c + \Delta L) = 1,054 - (0,33 + 0,22) = 0,504 \text{ cm}$$

$$\text{Dilatación: } (\Delta e_t + \Delta L) - \Delta c = (1,7 + 0,22) - 0,33 = 1,59 \text{ cm rige}$$

Espesor de apoyos

Se usarán 2 placas de elastómetro de 13 milímetros, 2 placas de acero de 5 milímetros y 1 placa de acero de 4 milímetros.

$$\text{Revisar: } \frac{\Delta L}{T} \leq 0,50 = \frac{1,59}{4,00} = 0,4 < 0,5 \text{ cumple}$$

## **2.8. Elaboración de planos**

Los planos incluirán la planta general, planta perfil, secciones transversales y detalle de drenaje transversal y típica, y serán incluidos en los anexos.

## 2.9. Presupuesto y cronograma de ejecución

El presupuesto se desarrollo tomando en cuenta costos de materiales, insumos y transporte, basándose para esto en datos tanto de la Cámara de la Construcción como de ferreterías y distribuidores locales; el cronograma de ejecución fue realizado en base a la secuencia lógica de etapas constructivas, el rendimiento de la maquinaria a utilizar, así como al rendimiento de la mano de obra, tomando en cuenta también la ruta crítica del proyecto.

Tabla V. Presupuesto puente vehicular

DATOS GENERALES DE PUENTE					
COMUNIDADES:			CACULJA Y TZITZIMA		
MUNICIPIO:			SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ		
FECHA:			01/11/2011		
No	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	DEMOLICIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE	200,00	m <sup>3</sup>	Q 122,22	Q 24 443,5
1.2	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	554,00	m <sup>2</sup>	Q 8,24	Q 4 566,00
2	SUB-ESTRUCTURA				
2.1	ESTRIBOS	253,00	m <sup>3</sup>	Q 1 152,06	Q 291 471,86
2.2	VIGAS DE APOYO TIPO L	7,81	m <sup>3</sup>	Q 3 916,24	Q 30 585,86
2.3	DISPOSITIVOS PARA APOYO	4,00	unidad	Q2 893,75	Q 11 575,00
3	SÚPER-ESTRUCTURA				
3.1	VIGAS DE CARGA	25,00	m <sup>3</sup>	Q 9 310,67	Q 232 766,85
3.2	DIAFRAGMAS	6,10	m <sup>3</sup>	Q 3 597,97	Q 21 947,59
3.3	LOSA	24,00	m <sup>3</sup>	Q 4 813,97	Q 115 535,20
3.4	BARANDAS	40,00	m	Q 930,99	Q 37 239,57
3.5	APROCHES	164,00	m <sup>3</sup>	Q 213,75	Q 35 054,2
<b>SUB-TOTAL</b>					<b>Q 805 185,64</b>
<b>INDIRECTOS</b>					<b>Q 322 074,25</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q 1 127 259,89</b>
COSTO POR METRO CUADRADO					Q 10 247,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Cronograma de ejecución

ACTIVIDAD	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12	Sem. 13
DEMOLICIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE	■												
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	■												
ESTRIBOS		■	■	■									
VIGA DE APOYO TIPO L				■									
APOYOS ELASTOMÉTRICOS					■								
VIGAS DE CARGA						■	■	■					
DIAFRAGMAS							■	■	■				
LOSA								■	■	■	■		
BARANDAS										■	■	■	
APROCHES												■	■

Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Estudio de impacto ambiental (EIA)

La legislación ambiental actual en Guatemala, establece exigencias ambientales para los proyectos de inversión.

Determina qué tipo de herramienta ambiental habrá que utilizar en cada caso. En general, el análisis de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que minimicen la alteración de las condiciones medioambientales en la zona de ubicación de la obra y sectores aledaños.

### **2.10.1. Generalidades**

Todas las actividades desarrolladas por el ser humano causan algún tipo de impacto al medio ambiente, en todos los sistemas que componen la naturaleza, pudiendo ser el impacto positivo, negativo o poco significativo.

Se hace necesario que en la actualidad se determine la naturaleza, tipo, cantidad; así como las medidas de mitigación que se pueden aplicar para reducir el impacto que causen estas actividades. Desde 1972, Guatemala es signataria de la mayoría de acuerdos o convenios que en el tema se han suscrito, situación que impulsó la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) a partir del 2000, teniendo como legislación principal en este tema el Decreto 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Dentro de las herramientas existentes para evaluar los impactos que causará determinado proyecto, se pueden mencionar los siguientes tipos:

- Estudio de impacto ambiental no significativo (evaluación rápida)
- Estudio de impacto ambiental significativo (evaluación general): se realizan en 2 fases que son complementaria entre sí, estas son:
  - Fase preliminar o de factibilidad, incluye datos de la persona interesada, descripción del proyecto y escenario ambiental, principales impactos y medidas de mitigación, planes de contingencia, plan de seguridad humana y otros.

- Fase completa que generalmente se aplica a proyectos con ciertas características de tamaño y complejidad de operaciones. Además de lo establecido en la fase preliminar, debe incluir las repuestas a las siguientes preguntas:
  - ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?
  - ¿Cuál es el alcance de los cambios que se sucedan?
  - ¿Qué importancia tienen los cambios?
  - ¿Qué puede hacerse para prevenirlos o mitigarlos?
  - ¿Qué opciones o posibilidades son factibles?
  - ¿Qué piensa la comunidad del proyecto?

#### **2.10.2. Evaluación de impacto ambiental, proyecto puente vehicular en el caserío Tzitzima**

Por las características, tipo del proyecto y de la zona donde se ubicará, se puede realizar un estudio del tipo evaluación rápida, que permita conocer los impactos positivos, negativos o pocos significativos.

Así como las medidas de mitigación necesarias para el mismo, incluye la fase de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

- Información sobre el proyecto
  - Nombre de la comunidad: caserío Tzitzima
  - Municipio: San Andrés Sajcabajá, Quiché
  - Tipo de proyecto: puente vehicular de concreto reforzado en camino rural.

- Consideraciones sobre áreas protegidas y ecosistemas naturales: el proyecto no se ubica dentro de alguna área protegida legalmente establecida y no afecta al ecosistema natural.
- Otras consideraciones no aplican.

### 2.10.3. Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación

Evaluar por medio de una matriz que incluye el sistema ambiental afectado y el tipo de proceso u operación responsable.

Se presenta el impacto identificado, las actividades de mitigación previstas y los responsables de las mismas.

Tabla VII. Impactos ambientales negativos generados durante la construcción

Proyecto: puente vehicular, caserío Tzitzima		
Impacto Ambiental	Responsable	
	Ejecutor	Comunidad
I. Deslaves de material.	x	
II. Erosión de cortes.	x	
III. Disposición inadecuada de materiales de desperdicio.	x	
IV. Alteración del drenaje superficial.	x	
V. Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción.	x	
VI. Contaminación del aire por polvo generado en la construcción.	x	
VII. Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.	x	
VIII. Riesgos para los trabajadores.		x
IX. Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajos de la obra.	x	

Fuente: elaboración propia.



Tabla VIII. **Impactos ambientales negativos generados durante la operación**

<b>Proyecto: puente vehicular, caserío Tzitzima</b>			
<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Responsable</b>		
	<b>Comité de mantenimiento</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Municipalidad</b>
I. Erosión de cortes.	x	x	
II. Accidentes de tránsito.	x		
III. Accidentes a peatones.	x		
IV. Reasentamiento involuntario.			x

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Medidas de mitigación en la construcción**

<b>Medidas de mitigación en la construcción</b>			
<b>Etapas del proyecto</b>	<b>Construcción</b>		
<b>Componentes ambientales y sociales</b>	<b>Impacto calificación</b>	<b>Medida de mitigación</b>	
<b>Ambiente físico</b>	<b>Suelos</b>	Deslaves de materiales.	Prevención durante la construcción.
		Erosión de cortes.	Prevención de la erosión usando estabilización.
		Disposición inadecuada de material de desperdicio.	Selección de sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0,25 metros de material compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.
		Alteración del drenaje superficial.	Construcción durante la estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río.
	<b>Recursos hídricos</b>	Disminución de la calidad del agua.	Alteración mínima de corrientes naturales de agua.
		Contaminación de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción.	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del río.
<b>Calidad del aire</b>	Contaminación del aire por polvo generado durante la construcción.	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.	
<b>Ambiente biológico</b>	<b>Hábitat naturales, flora y fauna</b>	No aplica.	
<b>Ambiente social</b>	<b>Salud humana</b>	Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.	Limpieza de sitios de construcción. Desarrollo plan de seguridad.
		<b>Comunidades humanas</b>	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Medidas de mitigación en la operación**

<b>Medidas de mitigación en la operación</b>			
<b>Etapa del proyecto</b>		<b>Operación y mantenimiento</b>	
<b>Componentes ambientales y sociales</b>		<b>Impacto calificación</b>	<b>Medida de mitigación</b>
<b>Ambiente físico</b>	<b>Suelos</b>	No aplica.	
		No aplica.	
		No aplica.	
		No aplica.	
	<b>Recursos hídricos</b>	No aplica.	
		No aplica.	
<b>Calidad del aire</b>	No aplica.		
<b>Ambiente biológico</b>	<b>Hábitat naturales, flora y fauna</b>	No aplica.	
<b>Ambiente social</b>	<b>Salud humana</b>	Erosión de cortes.	Mantenimiento y limpieza en zona de cortes.
		Accidentes de tránsito.	Regulación y señalización adecuadas.
	<b>Comunidades humanas</b>	No aplica.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Costos medidas de mitigación en la construcción y operación**

<b>Costos medida de mitigación</b>		
<b>Etapa proyecto</b>	<b>Mediadas de mitigación</b>	<b>Costo</b>
<b>Construcción</b>	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.	Incluido en costos de estabilización de aproches con zampeado de piedra.
	Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0,25 metros compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	Incluido en costos de excavación no clasificada desperdicio.
	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de ribera del río, alteración mínima de corrientes de agua naturales.	Requiere únicamente de programación de inicio de obra en mes adecuado.
	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.	Incluido en costos administrativos.
	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.	Incluido en costos de excavación no clasificada desperdicio.
	Limpieza de sitios de construcción.	Incluido en costos de excavación no clasificada desperdicio.
	Desarrollar plan de seguridad e higiene.	Incluido en costos administrativos.
	Hacer sanitario provisional.	Incluido en costos administrativos.
	Colocar depósitos identificados para los desechos, y su posterior disposición en sitios adecuados.	Incluido en costos administrativos.
<b>Operación y mantenimiento</b>	Mantenimiento y limpieza en zonas de cortes. Regulación y señalización adecuadas.	Variable, con fondo para mantenimiento del comité.

Fuente: elaboración propia.

#### **2.10.4. Recomendaciones de la evaluación de impacto ambiental y la viabilidad ambiental del proyecto**

Después de analizar los impactos ocasionados (significativos y no significativos), así como las medidas de mitigación propuestas, se considera el proyecto ambientalmente viable. Los impactos sociales son de carácter positivo al mejorar las comunicaciones entre las comunidades cercanas a la zona del proyecto y generación de empleos para los vecinos de la zona.

#### **2.10.5. Mantenimiento preventivo**

Esta operación tiene por objeto, conservar en las mejores condiciones posibles, los diferentes elementos de la estructura para su óptimo funcionamiento.

- Señalización, pintura, alumbrado, etc.
- Limpieza de acotamientos, drenes, lavaderos y coronas de pilas, estribos, caballetes, etc.
- Limpieza y rehabilitación de conos de derrame incluida su protección.
- Limpieza y rehabilitación del cauce.
- Recarpeteo de los accesos del puente.
- Protección contra la socavación.
- Reacondicionamiento de parapetos dañados.
- Limpieza o rehabilitación de las juntas de dilatación.
- Limpieza o protección de apoyos.

### **3. DISEÑO DE LA CARRETERA DEL CASERÍO TONOLAJIC AL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ.**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño geométrico del tramo de carretera, que comunica al caserío Mángales con el caserío Tonolajic, con el cual se pretende contribuir al desarrollo de las mismas.

La región es de tipo montañoso en su totalidad. El diseño se basa en una carretera tipo E, clasificación según la Dirección General de Caminos, la longitud total es de 4 248,24 metros con un Tráfico Promedio Diario (TPD) de 100 a 500 vehículos, velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, con un ancho de calzada de 5,50 metros y drenajes de tubería corrugada de 36 pulgadas de diámetro, ubicados en los puntos bajos y a no más de 300 metros de distancia entre un drenaje y otro.

#### **3.2. Preliminar de campo**

En este proceso se obtiene la información de campo, selección de la ruta, reconocimiento y levantamiento topográfico para realizar el diseño en gabinete.

### **3.2.1. Selección de ruta**

Para obtener el trazo de la carretera, se hizo el reconocimiento del lugar y se tomaron 2 puntos obligados, el inicial y el final. Entre estos 2 puntos se tiene una sola ruta delimitada por un sendero, por lo que será necesario adaptarse a las condiciones del mismo.

Antes del reconocimiento preliminar, se realizó una entrevista con los habitantes para obtener información de la zona. Una vez finalizado se procedió hacer un reconocimiento directo de la ruta para determinar en general las siguientes características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas

Determinando así el tipo de suelo en el que se construirá el camino.

### **3.2.2. Levantamiento topográfico de la preliminar**

Consiste en el levantamiento de la línea preliminar trazada en la fase de la selección de ruta, este levantamiento se basa en una poligonal abierta a partir de:

- Un punto de inicio
- Azimut o rumbo de salida
- Cota de salida del terreno

Para cada levantamiento preliminar, se debe tomar en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales, radiaciones y referencias, la topografía realizada, es de segundo orden ya que no se requiere una precisión exacta, debido a que la información obtenida dará las bases para la realización del proyecto definitivo.

#### **3.2.2.1. Tránsito de la preliminar**

El trazo del tránsito preliminar, se realizó utilizando el método de deflexiones, que consiste en trazar una poligonal abierta a partir de un punto inicial, clavando estacas a cada 20 metros y en los puntos donde se considere necesario.

Se determinó el norte magnético para el rumbo de salida, el kilometraje de salida fue de 0+000,00 debido que no existe referencia alguna y por estar al inicio del tramo.

En cada intersección de rectas, se colocó una estación y se midió el ángulo delta ( $\Delta$ ), la medición de distancias se hizo con cinta métrica metálica.

#### **3.2.2.2. Niveles de la preliminar**

La nivelación se efectuó sobre la línea o eje central, tomando diferencias de nivel a cada 20 metros, y en puntos donde se presentaron detalles importantes como alturas variables intermedias, cruces de ríos, ubicación de drenajes, etc.

Es recomendable tomar un BM referenciado a un punto fijo; como un árbol, roca prominente, exteriores de casas o en otro lugar fijo que sea lo suficientemente visible.

### **3.2.2.3. Secciones transversales de la preliminar**

Los datos de las secciones transversales, se tomaron a cada estación de la línea central, haciendo levantamiento a 20 metros a la izquierda y 20 metros a la derecha de la línea central. La longitud de las secciones puede variar dependiendo del terreno y al criterio del topógrafo.

Dentro de la información se incluyen también orillas de camino, orillas de río, depresiones, casas, muros de contención y cercos.

Se debe anotar también: localización probable de drenajes y puentes, tipo de material existente y sus características, tipo de cultivos y construcciones, características de los puntos obligados. Descripción de los terrenos que corresponden al derecho de vía, para este caso, se trata de terrenos municipales.

### **3.3. Cálculo topográfico de la preliminar**

Consiste en procesar en gabinete los datos proporcionados por el levantamiento preliminar, estos trabajos se detallan a continuación.



### 3.3.1. Cálculo de tránsito de la preliminar

Con la información recopilada en campo, se realiza el cálculo de la libreta de tránsito, luego se calculan las coordenadas parciales, de cada punto de intersección, teniendo la distancia y el azimut entre cada uno.

Para el cálculo de coordenadas, es recomendable tomar un valor inicial grande para X y Y, esto para evitar tener coordenadas con signos negativos que dificulten el cálculo.

### 3.3.2. Cálculo de niveles de la preliminar

El cálculo de la nivelación del eje central, se llevó a cabo por medio del método de nivelación trigonométrica y consiste en calcular las elevaciones de la línea central, utilizando la siguiente fórmula:

$$El_1 = El_0 + hi + V - HM$$

Donde:

$El_1$  = elevación o cota en la estación 1

$El_0$  = elevación o cota en la estación 0

hi = altura del instrumento

V = distancia vertical

HM = lectura de hilo medio

Para la obtención de la distancia vertical (V), se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = 100 (HS - HI) \left( \frac{1}{2} \text{seno}(2\phi) \right)$$

Donde:

HS = lectura de hilo superior

HI = lectura de hilo inferior

$\emptyset$  = ángulo vertical

### **3.3.3. Cálculo de secciones transversales de la preliminar**

Este cálculo se realizó tomando en cuenta los datos obtenidos de la nivelación del eje central, seccionando a cada 20 metros sobre el eje central y 20 metros en ambos lados, para determinar el volumen de corte y relleno para la construcción de la carretera.

El procedimiento de cálculo, consiste en obtener las cotas de los puntos medidos, referenciados a la cota del eje central obtenidos anteriormente.

### **3.4. Dibujo de la preliminar**

Consiste en convertir los datos topográficos calculados de la preliminar, a un dibujo desarrollado en planta y perfil.

Se utilizó el programa Auto CAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009, para ingresar los datos calculados de la preliminar, obteniendo el dibujo de planta perfil a una escala horizontal de 1:1000 y vertical de 1:500, los datos obtenidos de la preliminar son presentados en una libreta topográfica y adjuntados en los anexos.

### **3.5. 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 realizar el diseño se siguieron los siguientes pasos:

- Diseño de subrasante de la preliminar.
- Traslado de la subrasante a planta.
- Diseño de la línea de localización.
- Deducción de perfil y afinamiento de diseño.

#### **3.5.1. Diseño de la subrasante de la preliminar**

La subrasante se diseñó sobre el perfil de la preliminar, el objetivo de esta subrasante, es fijar una línea base, a la cual se tratará de ajustar el perfil de la línea final o de localización, diseñándose sobre la misma para obtener una nueva subrasante que cumpla con los requisitos de balance en el movimiento de tierras.

Se tomó especial cuidado en este diseño, que las pendientes utilizadas no excedieran la pendiente máxima permitida, que para una típica E en área montañosa es del 10 por ciento.

### **3.5.2. Traslado de la subrasante a la planta**

Para poder realizar este traslado, primero se obtiene la elevación de cada estación del perfil de la subrasante que se diseñó. Luego, se busca dicha elevación en la planta de la preliminar sobre la sección transversal de la misma estación, se marca la curva del nivel correspondiente. A continuación se hace lo mismo con todas las estaciones. Por último se unen todos los puntos con línea discontinua, dando como resultado una línea base al diseñador, para aproximar el diseño de la línea de localización al perfil de la preliminar en planta.

### **3.5.3. Diseño de la línea de localización**

El diseño de la línea de localización, consiste en un proceso de tanteos y comparaciones que se van adquiriendo con la práctica en el diseño de carretera.

Consideraciones importantes a tomar en cuenta para el diseño de la línea de localización:

- El uso de tangentes largas pero no excesivas, ofrece seguridad. Sin embargo, hay que quebrarlas para alejarse de terrenos pantanosos, lugares donde el derecho de vía es muy costoso, evitar pasar ríos.
- Es preferible una línea que siga las ondulaciones del terreno, que una tangente larga con repetidos cortes y rellenos.
- Para una velocidad de diseño, debe evitarse el uso de la curvatura máxima permisible. Se debe tender a usar curvas suaves.

- Debe evitarse un alineamiento con quiebres bruscos.
- Debe reducirse en lo posible la localización de puentes cerca de curvas, por la brusca sensación que siente el conductor al ingresar al mismo. Si no se puede evitar, se debe ubicar la estructura de tal manera que la transición del peralte al bombeo normal, no se extienda hasta el puente. Si se coloca un puente en una curva, debe ser dentro de la curva y de preferencia fuera de las espirales de transición.
- Evitar curvas sucesivas cuando existan tangentes cortas.

El diseño se efectúa utilizando tangentes, curvas de diseño y las especificaciones. Se procedió a efectuar el primer tanteo, tratando en lo posible de seguir la línea fijada por la curva de la subrasante trasladada del perfil al rollo de planta. Si se logra adaptar la línea de localización a esta curva, su perfil seguirá la pendiente de la subrasante, es decir que se obtendría una condición ideal de corte y relleno en toda la línea; sin embargo, esto es muy difícil de conseguir.

Las curvas de diseño deben de adaptarse lo mejor posible, a las características del terreno y a la curva de la subrasante, luego; con líneas, se unen a través de tangentes las curvas, moviendo constantemente dichas tangentes y curvas hasta que el proyecto obtenga una forma lógica.

#### **3.5.4. Dedución del perfil y afinamiento del diseño**

Para realizar la deducción de perfil, se colocan estacionamientos a cada 20 metros, cada estación tiene una elevación que se indica en el perfil preliminar para cada estación correspondiente, se unen estos puntos con una línea punteada. Trazando así sobre este nuevo perfil, una nueva subrasante; teniendo siempre en consideración los puntos obligados y todas las especificaciones para el diseño.

El diseño del alineamiento horizontal y el alineamiento vertical, no se debe considerar independiente uno del otro, debido a que ambos se complementan entre sí, sobre todo por criterio de economía y de seguridad al tránsito.

### **3.6. Cálculo de localización**

El cálculo de localización, consiste en un procedimiento matemático por medio del cual se definen totalmente las características geométricas y trigonométricas de la línea de localización.

#### **3.6.1. Cálculo de puntos de intersección de localización**

En algunos de los diseños horizontales, existirán casos donde la línea de localización coincida con la línea de preliminar, además, cuando sea necesario se recurrirá a efectuar medidas gráficas, para relacionar la línea de localización diseñada, con la línea de preliminar colocada en el campo.

Para el cálculo final, es importante utilizar relaciones de triángulos, ley de senos y cósenos, intersecciones o alguna otra relación trigonométrica, que proporcione un dato para seguir con el cálculo.

Después de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los rumbos entre los mismos.

Entre cada 2 rumbos existirá un delta ( $\Delta$ ) que al calcularse, variará respecto a la ubicación del cuadrante, donde se encuentre el azimut.

En la mayoría de los cálculos, para afinar distancias o encontrarlas, se hace necesario calcular una intersección, que consiste en encontrar las distancias y las coordenadas del punto entre 2 rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección.

### **3.6.2. Cálculo de los elementos de la curva y estacionamientos**

Para el cálculo de elementos de curva, es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas ( $\Delta$ ) y el grado de curva ( $G$ ) que serán colocados por el diseñador, con estos 2 datos se calculan los elementos de la curva.

Para la deducción de fórmulas, se procede de la siguiente manera:

Datos:

Curva 2

$\Delta = 55^{\circ}00'10''$

$G = 22$  (tabla VII)

Estacionamiento (PI) = 0 + 473,27

Grado de curvatura (G).

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros, de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva horizontal circular.

Se escogerá el grado de curvatura (G), para cada curva, utilizando las tablas de especificaciones de la Dirección General de Caminos. En la tabla VII, se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos como el peralte, sobreancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo E, por lo que el radio mínimo utilizado deberá ser de 30 metros.

Tabla XII. **Especificaciones para curvas circulares, para caminos de**  
Tabla XIII. **penetración, sección típica E**

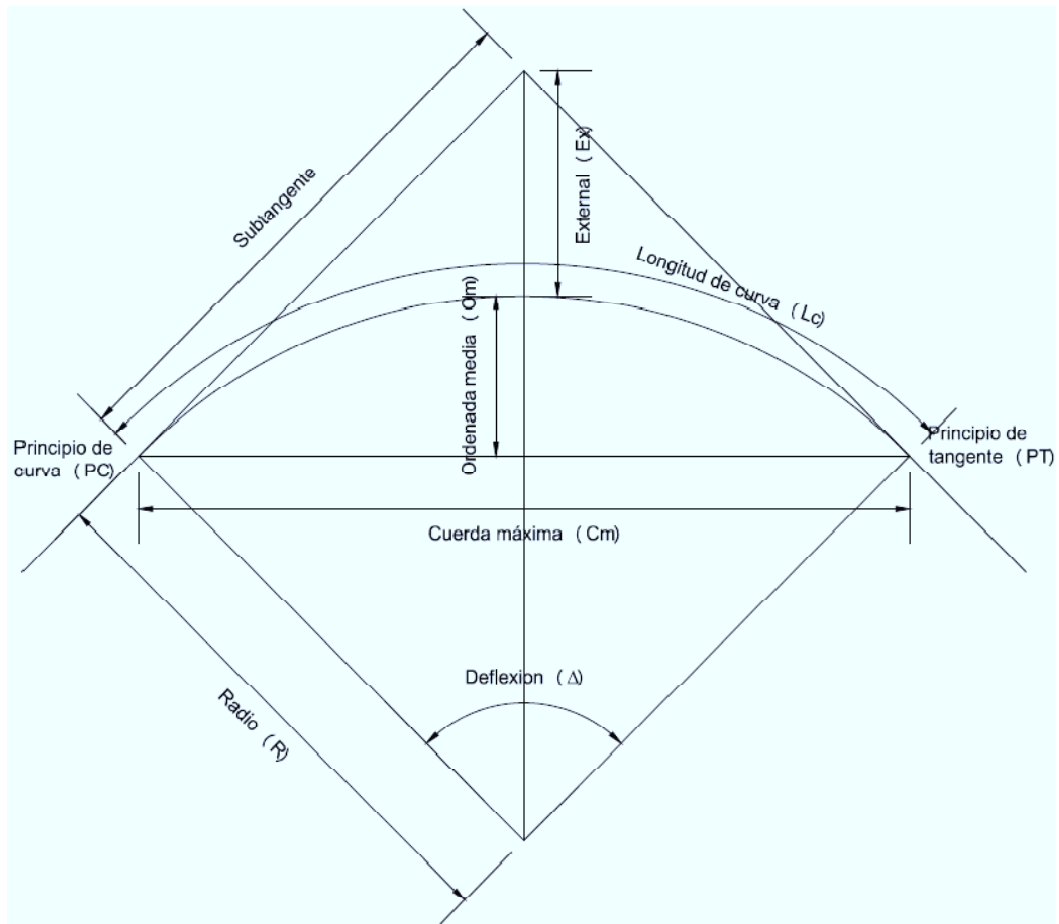
G	Radio	30 Kph			
		DB = 11			
		e%	LS	Δ	SA
1	1 145,92	0,50	17	0,80	0,00
2	572,96	0,90	17	1,70	0,00
3	381,97	1,30	17	2,50	0,00
4	286,48	1,70	17	3,30	0,60
5	229,18	2,10	17	4,20	0,60
6	190,99	2,50	17	5,00	0,60
7	163,70	2,90	17	5,80	0,60
8	143,24	3,30	17	6,70	0,60
9	127,32	3,70	17	7,50	0,60
10	114,59	4,00	17	8,30	0,61
11	104,17	4,40	17	9,20	0,65
12	95,49	4,70	17	10,10	0,70
13	88,15	5,00	18	11,70	0,74
14	81,85	5,40	19	13,40	0,79
15	76,39	5,70	20	15,10	0,83
16	71,62	6,00	21	17,00	0,87
17	67,41	6,20	22	18,90	0,92
18	63,66	6,50	23	20,90	0,96
19	60,31	6,80	24	22,90	1,00
20	57,30	7,00	25	25,00	1,05
21	54,57	7,30	26	27,20	1,09
22	52,09	7,50	27	29,40	1,13

G	Radio	30 Kph			
		DB = 11			
		e%	LS	Δ	SA
23	49,82	7,70	28	31,70	1,17
24	47,75	7,90	28	33,90	1,22
25	45,84	8,10	29	36,20	1,26
26	44,07	8,30	30	38,60	1,30
27	42,44	8,50	30	40,90	1,34
28	40,93	8,70	31	43,30	1,38
29	39,51	8,80	31	45,70	1,42
30	38,20	9,00	32	48,00	1,47
31	36,97	9,10	33	50,40	1,51
32	35,81	9,30	33	52,80	1,55
33	34,72	9,40	33	55,10	1,59
34	33,70	9,50	34	57,40	1,63
35	32,74	9,60	34	59,70	1,67
36	31,83	9,70	34	62,00	1,71
37	30,97	9,80	35	64,20	1,75
38	30,16	9,80	35	66,40	1,79
39	29,38	9,90	35	68,50	1,83
40	28,65	9,90	35	70,60	1,87
41	27,95	10,00	35	72,60	1,92
42	27,28	10,00	36	74,60	1,96
43	26,65	10,00	36	76,50	2,00

Fuente: Dirección General de Caminos.



Figura 10. Elementos de curva horizontal



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de los elementos de la curva y estacionamientos

- Peralte ( $e$ )  
 $e =$  en función de  $G$  (tabla VII)
- Sobreechancho ( $Sa$ )  
 $Sa =$  en función de  $G$  (tabla VII)

- Longitud de espiral (Ls)  
Ls = en función de G (tabla VII)

- Longitud de curva (Lc)

$$Lc = \frac{20 \Delta}{G}$$

- Subtangente (St)

$$St = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

$$R = \frac{1145,9156}{G}$$

- Cuerda máxima (Cm)

$$Cm = 2 R \operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2}$$

- External (E<sub>x</sub>)

$$E_x = R \left( \operatorname{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

- Ordenada media (Om)

$$Om = R \left( 1 - \operatorname{Cos} \frac{\Delta}{2} \right)$$

- Cálculo de estacionamientos

$$PC_1 = PT_0 + Tg_1$$

$$PT_1 = PC_1 + Lc_1$$

$$PC_2 = PT_1 + Tg_2$$

$$PT_2 = PC_2 + Lc_2$$

Donde:

$e$  = peralte [%]

$S_a$  = sobreaño [m]

$L_s$  = Longitud de espiral [m]

$L_c$  = longitud de curva [m]

$\Delta$  = deflexión [°]

$G$  = grado de curvatura

$S_t$  = subtangente [m]

$R$  = radio [m]

$C_m$  = cuerda máxima [m]

$E_x$  = external [m]

$O_m$  = ordenada media [m]

$P_c$  = principio de curva

$PI$  = punto de intersección

$P_t$  = principio de tangente

$T_g$  = Longitud de tangente horizontal

sen = función trigonométrica seno

cos = función trigonométrica coseno

sec = función trigonométrica secante

tg = función trigonométrica tangente

- Peralte ( $e$ )

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas de una carretera. El objetivo del peralte, es contrarrestar la fuerza centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva. También tiene la función de evacuar aguas de la calzada.

$e = 7,5 \%$  (tabla VII)

- Sobreechancho (Sa)

Son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

$$Sa = 1,13 \text{ (tabla VII)}$$

- Longitud de espiral (Ls)

Se emplea para realizar la transición del peralte y la del sobreechancho, entre la sección transversal en línea recta y la sección transversal completamente peraltada y con sobreechancho de la curva.

$$Ls = 27 \text{ (tabla VII)}$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la distancia, siguiendo la curva desde el principio de curva (PC), hasta el principio de tangente (PT).

$$Lc = \frac{20 * 55,0028}{22}$$

$$Lc = 50,01 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el Pc y el punto de intersección (PI) o entre el PI y el Pt, en curvas circulares simples, forman un ángulo de 90 grados con el radio.

$$R = \frac{1145,9156}{22}$$

$$R = 52,09 \text{ m}$$

$$St = 52,09 \operatorname{tg} \frac{55^{\circ}00'10''}{2}$$

$$St = 27,12 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia entre una línea recta trazada entre el PC al PT.

$$Cm = 2 * 52,09 \operatorname{Sen} \frac{55^{\circ}00'10''}{2}$$

$$Cm = 48,10 \text{ m}$$

- External (Ex)

Es la distancia comprendida entre el PI al punto medio de la curva.

$$Ex = 52,09 \left( \operatorname{Sec} \frac{55^{\circ}00'10''}{2} - 1 \right)$$

$$Ex = 6,64 \text{ m}$$

- Ordenada media (Om)

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

$$Om = 52,09 \left( 1 - \operatorname{Cos} \frac{55^{\circ}00'10''}{2} \right)$$

$$Om = 5,89 \text{ m}$$

Cálculo de estacionamientos.

Éstos se determinan con base a las longitudes de curva y de tangentes, calculando la estación para cada PC y para cada PT, el PC se determina sumando el estacionamiento del PT anterior a la longitud de tangente actual.

El PT se determina sumando el estacionamiento del PC actual y la longitud de curva

$$PC_1 = PT_0 + Tg_1$$

$$PC_1 = (0) + (152,45) = 0 + 152,45$$

$$PT_1 = PC_1 + Lc_1$$

$$PT_1 = (0 + 152,45) + 64,81 = 0 + 217,26$$

$$PC_2 = PT_1 + Tg_2$$

$$PC_2 = (0 + 217,26) + 228,90 = 0 + 446,16$$

$$PT_2 = PC_2 + Lc_2$$

$$PT_2 = (0 + 446,16) + 50,00 = 0 + 496,16$$

A continuación se presenta una tabla que contiene la información referente a longitudes de curva y de tangentes, valores que permitirán calcular los estacionamientos, así como los valores geométricos de cada curva en particular.

Tabla XIV. Resumen de diseño geométrico de línea de localización

curva No.	radio	G	Deflexión	Tg min	Tg real	Dif	DATOS DE CURVA					
							Long. curva	External	Sub-tangente	Ordenada media	Cuerda máxima	
				13,50	152,44	138,94						
1	52,08	22	71°17 '32"	27,0	228,89	201,89	64,81	12,00	37,35	9,75	60,71	
2	52,08	22	55°0 '10"	22,0	93,80	71,80	50,00	6,63	27,11	5,88	48,10	
3	95,49	12	51°7 '1"	22,0	36,94	14,94	85,19	10,35	45,66	9,34	82,39	
4	52,08	22	30°37 '26"	27,50	40,48	12,98	27,83	1,91	14,26	1,84	27,50	
5	49,82	23	44°19 '14"	24,0	90,28	66,28	38,53	3,97	20,29	3,68	37,58	
6	76,39	15	49°39 '58"	18,50	68,59	50,9	66,22	7,78	35,35	7,06	64,16	
7	143,23	8	29°58 '52"	21,0	110,37	89,37	74,95	5,04	38,35	4,87	74,10	
8	57,29	20	31°31 '57"	22,0	38,27	16,27	31,53	2,23	16,17	2,15	31,13	
9	81,85	14	20°27 '7"	19,0	43,8	24,8	29,21	1,32	14,76	1,30	29,06	
10	81,85	14	9°52 '3"	27,0	71,85	44,85	14,9	0,30	7,06	0,30	14,07	
11	30,15	38	121°31 '4"	30,0	30,54	0,54	63,95	31,57	53,86	15,42	52,62	
12	57,29	20	38°0 '39"	26,50	63,87	37,37	38,01	3,30	19,73	3,12	37,31	
13	49,82	23	33°26 '35"	22,50	83,51	61,1	29,08	2,19	14,96	2,10	28,66	
14	95,49	12	10°30 '1"	18,0	87,22	69,22	17,50	0,40	8,77	0,40	17,47	
15	81,85	14	36°50 '45"	20,0	89,82	69,82	52,63	4,42	27,26	4,19	51,73	
16	71,61	16	16°16 '41"	28,0	175,17	147,17	20,34	0,72	10,24	0,72	20,27	
17	30,15	38	70°19 '59"	29,0	72,21	43,21	37,1	6,73	21,24	5,50	34,73	
18	63,66	18	40°11 '3"	28,0	28,54	0,54	44,64	4,12	23,28	3,87	43,73	
19	34,72	33	71°52 '35"	30,0	69,34	39,34	43,56	8,16	25,17	6,60	40,76	
20	52,08	22	30°59 '30"	31,0	34,22	3,22	28,17	1,96	14,44	1,89	27,83	
21	30,15	38	77°24 '24"	26,50	54,44	27,94	40,74	8,48	24,16	6,62	37,71	
22	88,14	13	46°26 '48"	26,50	197,53	171,3	71,45	7,77	37,82	7,14	69,51	
23	30,15	38	78°18 '6"	34,0	96,79	62,79	41,21	8,73	24,55	6,77	38,07	
24	34,72	33	57°39 '41"	31,50	63,49	31,99	34,94	4,91	19,11	4,30	33,49	
25	44,07	26	52°45 '10"	32,50	54,65	22,15	40,57	5,12	21,85	4,58	39,16	
26	30,15	38	91°15 '58"	35,0	89,56	54,56	48,03	12,97	30,82	9,06	43,11	
27	30,15	38	83°58 '42"	28,50	35,17	6,67	44,19	10,41	27,14	7,74	40,34	
28	67,40	17	34°42 '29"	19,50	62,33	42,83	40,83	3,21	21,06	3,06	40,21	
29	95,49	12	35°25 '47"	20,0	56,15	36,15	59,4	4,75	30,50	4,52	58,11	
30	63,66	18	28°38 '58"	20,0	118,29	98,29	31,83	2,04	16,25	1,97	31,50	
31	95,49	12	50°9 '57"	26,0	39,14	13,14	83,60	9,94	44,69	9,00	80,96	
32	30,15	38	89°21 '27"	35,0	104,85	69,85	47,03	12,25	29,81	8,71	42,40	
33	30,15	38	69°45 '3"				36,71	6,60	21,01	5,41	34,48	

Fuente: elaboración propia.

### **3.7. Movimiento de tierras**

Esta actividad consiste, en el movimiento de una parte de la superficie de tierra de un lugar a otro y, en su nueva posición, crea una forma y condición física deseada.

Siendo ésta una de las actividades más importantes en la construcción de una carretera, debido a su incidencia en el costo. Por lo tanto, deberá lograrse un balance óptimo entre el corte y el relleno, para lograr el costo mínimo, sin dejar de lograr la calidad en el diseño de la carretera.

Utilizando el programa Auto CAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009, se dibuja a escala la sección típica a utilizar, la cual el mismo programa reconoce, una vez definido el mismo, se pide que la superficie o alineamiento con la subrasante y la sección típica sea unificada, para generar el dibujo y cálculo de las secciones transversales y con esto se define el uso del método para calcular el movimiento de tierras, en este caso será el método de promedio de áreas.

#### **3.7.1. Diseño de la subrasante**

La subrasante se proyecta sobre el perfil longitudinal del terreno, a través de aproximaciones, y el alineamiento vertical debe combinarse con el horizontal. La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, la economía del proyecto depende de un buen diseño y debe contar con lo siguiente:



- Definir la sección típica de la carretera
- El alineamiento horizontal del tramo
- El perfil longitudinal del mismo
- Las secciones transversales
- Las especificaciones necesarias
- Datos de la clase del terreno
- Haber determinado puntos obligados

Además de su diseño, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Coeficiente de contracción e hinchamiento
- Pendiente máxima y mínima
- Condiciones topográficas

Las condiciones topográficas de la región, determinan 3 tipos de terreno, según la clasificación usada en la Dirección General de Caminos, y son los siguientes:

- Terreno llano
- Terreno ondulado
- Terreno montañoso

En este proyecto, el terreno es montañoso, el perfil obligó a grandes movimientos, pudiendo ser este un inconveniente para la factibilidad del proyecto debido a lo accidentado del terreno. En algunos de los tramos se emplearon pendientes máximas.

Tabla XV. Características geométricas

TPD de	Carretera	Velocidad de diseño	Ancho de calzada (m)	Ancho de terracería		Derecho de vía	Radio mínimo	Pendiente máxima (%)	Distancia de visibilidad de parada		Distancia de visibilidad de paso	
				Corte	Relleno				Mínima (m)	Recom. (m)	Mínima (m)	Recom. (m)
3 000 A 5 000	Tipo A		2 x 7,20	25	24	50						
	Regiones											
	Llanas	100					375	3	160	200	700	750
	Onduladas	80					225	4	110	150	520	550
	Montañosa	60					110	5	70	100	350	400
1 500 A 3 000	Tipo B		7,20	13	12	25						
	Regiones											
	Llanas	80					225	6	110	150	520	550
	Onduladas	60					110	7	70	100	350	400
	Montañosa	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1 500	Tipo C		6,50	12	11	25						
	Regiones											
	Llanas	80					225	6	110	150	520	550
	Onduladas	60					110	7	70	100	350	400
	Montañosa	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	Tipo D		6,00	11	10	25						
	Regiones											
	Llanas	80					225	6	110	150	520	550
	Onduladas	60					110	7	70	100	350	400
	Montañosa	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	<b>Tipo E</b>		<b>5,50</b>	<b>9,50</b>	<b>8,50</b>	<b>25</b>						
	<b>Regiones</b>											
	<b>Llanas</b>	<b>50</b>					<b>75</b>	<b>8</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>260</b>	<b>300</b>
	<b>Onduladas</b>	<b>40</b>					<b>47</b>	<b>9</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>180</b>	<b>200</b>
	<b>Montañosa</b>	<b>30</b>					<b>30</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>110</b>	<b>150</b>
10 A 100	Tipo F		5,50	9,50	8,50	15						
	Regiones											
	Llanas	40					47	10	30	35	110	150
	Onduladas	30					30	12	30	35	110	150
	Montañosa	20					18	14	20	25	50	100

Fuente: Dirección General de Caminos.

### **3.7.2. Determinación de curvas verticales**

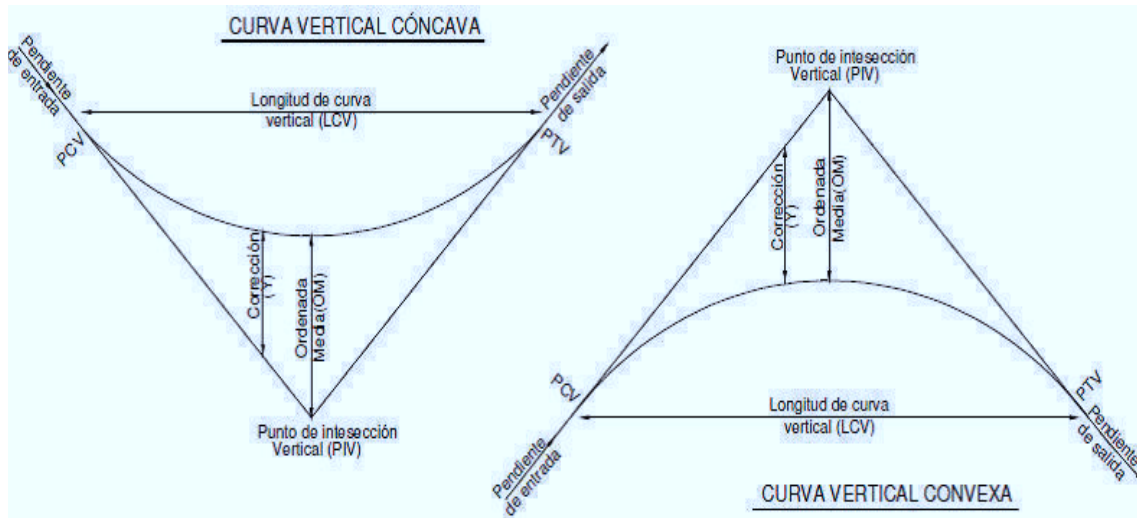
Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en 3 dimensiones, para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

En lo concerniente a la altimetría, se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

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

En el momento de diseñar las curvas verticales, debe tenerse presente las longitudes de éstas, para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

Figura 11. Tipos de curvas verticales



Fuente: Augusto, Pérez, Metodología de actividades para el diseño de carreteras.

La longitud mínima de curva vertical se calcula con la siguiente expresión:

$$LCV = K A$$

Donde:

LCV = Longitud mínima de curva.

A = Diferencia algebraica de las pendientes.

K = Constante que depende de la velocidad de diseño.

En la tabla IX se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla XVI. **Constante K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Jorge Félix Valladares. Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1.

Además existen 4 criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

- Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

En donde:  $P_s$  = pendiente de salida y  $P_e$  = pendiente de entrada

- Criterio de comodidad

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

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

- Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

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

- Criterio de seguridad

Que es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella, la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

### **3.7.3. Trazo de subrasante**

El trazo de la subrasante se efectúa en 2 fases:

- Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal

Se encuentran las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base en las pendientes que se colocaron al momento de hacer el diseño de la subrasante y a las estaciones de los PIV. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.

- Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras

Se colocan los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierra. Se debe colocar la pendiente entre cada PIV.

#### **3.7.4. Dibujo de secciones transversales**

Se desarrolla esta actividad con los datos de la libreta de secciones transversales de localización, y consiste en dibujar distancias con sus respectivas elevaciones, al lado derecho e izquierdo de la línea central del caminamiento, a cada 20 metros.

#### **3.7.5. Dibujo de secciones típicas**

El dibujo de las secciones típicas depende del tipo de carretera a diseñar, es decir, del diseño de la sección típica, para este diseño se utilizó un corte de terracería de 5,50 metros de ancho.

- Sección típica en tangente

Se dibuja la diferencia entre la subrasante y el nivel, arriba o debajo de la sección transversal, según sea el caso, a partir de este punto se traza la sección típica; dibujando la mitad de la típica a ambos lados de la línea central, siendo la inclinación de la típica de 3 por ciento de bombeo normal.

- Sección típica en curva

Aquí también se dibuja la diferencia como se hizo anteriormente, colocándose a la izquierda o derecha de acuerdo con el valor del corrimiento de la curva.

El peralte indica la inclinación de la sección típica; cuando el peralte es menor del 3 por ciento y la curva es hacia la izquierda, el lado izquierdo de la sección típica, permanece con el 3 por ciento y el lado derecho de la sección se suma o resta el peralte con el porcentaje calculado en esa estación para el lado hacia dónde va la curva.

En caso que el peralte sea mayor del 3 por ciento se inclina toda la sección típica hacia el lado donde va la curva de acuerdo con el porcentaje calculado en cada estación.

- Dibujo de taludes

Consiste en el trazo de líneas inclinadas en los extremos de la sección de terracería, haciéndolas coincidir con la sección transversal típica.



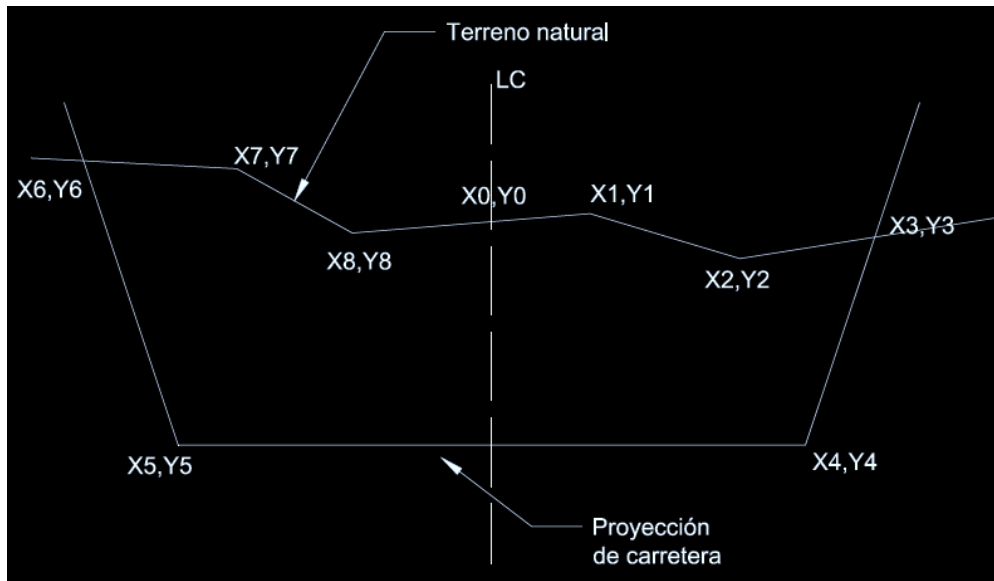
### 3.7.6. Determinación de áreas

Para la obtención de áreas, se utiliza el método gráfico, que consiste en la determinación del área de la sección dibujada y delimitada por el contorno de la sección típica y el contorno de la sección transversal del nivel inferior de la capa vegetal.

Para el cálculo del área en forma gráfica, se asignan coordenadas totales como se considere conveniente y se aplica el método de los determinantes para encontrar su área.

$$A = [ \sum(X_i * Y_{i+1}) - \sum(Y_i * X_{i+1}) ] / 2$$

Figura 12. Área de secciones transversales



Fuente: Elaboración propia.

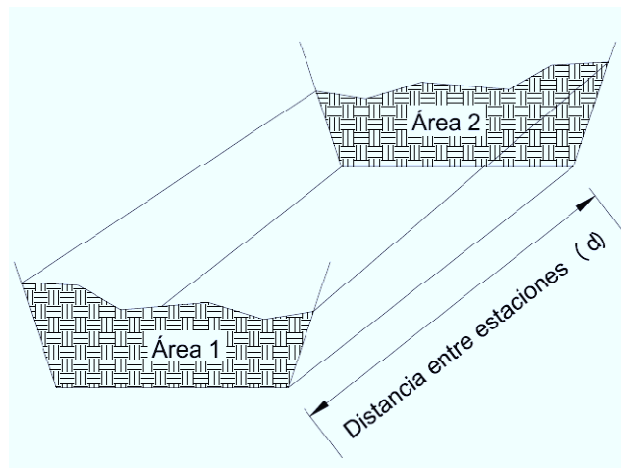
Para la obtención de áreas, se utilizó Auto CAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009.

### 3.7.7. Cálculo de volúmenes

Una vez se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierras. Entre 2 estaciones, el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases es la calculada en cada una de las estaciones y la altura es igual a la diferencia de estaciones. Cada una de las áreas calculadas constituye un lado del prisma de terreno, que debe rellenarse o cortarse.

Suponiendo que el terreno se comporta de una manera uniforme entre 2 estaciones, se hace un promedio de áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Figura 13. Elementos para el cálculo de volúmenes



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de volumen

$$V = (A_1 + A_2) * \frac{d}{2}$$

Donde:

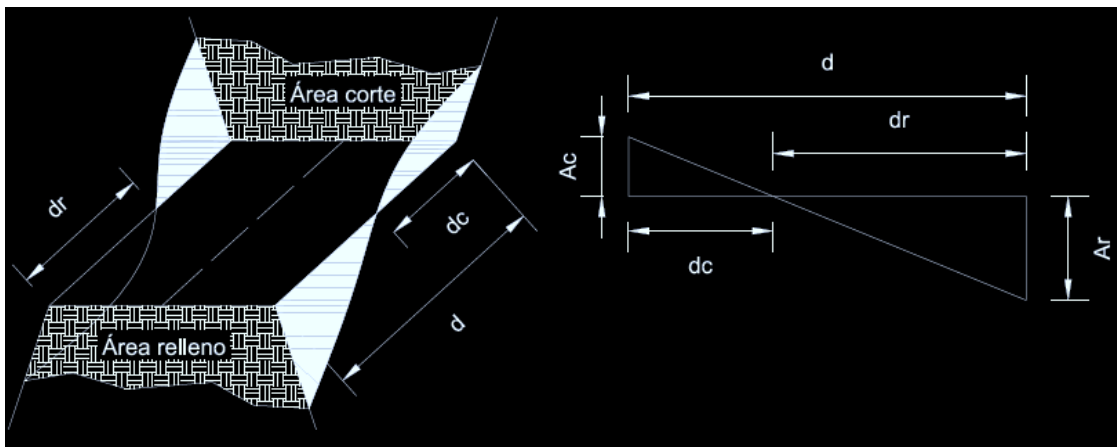
V = volumen a movimiento de tierra [m<sup>3</sup>]

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> = Áreas de corte o relleno [m<sup>2</sup>]

d = Distancia entre estaciones [m]

Cuando existen 2 secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones.

Figura 14. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: elaboración propia.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A<sub>c</sub> y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A<sub>R</sub> y el área de la línea de paso.

Cálculo de volumen

$$V_C = \frac{d_C}{2} * (A_C + A_o) , \quad V_R = \frac{d_R}{2} * (A_R + A_o)$$

Donde:

$V_C, V_R$  = volumen de corte y de relleno [ $m^3$ ]

$A_C, A_R$  = áreas de las secciones en corte y relleno [ $m^2$ ]

$d_C, d_R$  = distancias de corte y relleno [m]

Para la obtención de volúmenes, se utilizó Auto CAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009. (ver anexos).

### **3.8. Carpeta de rodadura**

La carpeta de rodadura servirá para proteger la terracería en su estado natural, a fin de que la acción del tránsito y las precipitaciones pluviales, no provoquen un rápido deterioro. Esta protección se efectúa mediante una capa de balasto de espesor variable de 10 a 25 centímetros, para lo cual se utiliza material debidamente seleccionado y especificado que cumplan con las normas de un buen material para el proyecto.

El balasto debe ser un material que reúna las características de granulometría y calidad, y debe estar exento de material perjudicial o extraño (como material orgánico o arcilla). Las partículas de material grueso, no excederán las 2/3 partes del espesor de la capa de rodadura, y en ningún caso serán mayores de 10 centímetros, el porcentaje de abrasión debe ser menor de 60 por ciento, determinado por el método AASHTO T 96, el peso unitario suelto debe ser mayor a 1 450 kilogramo por metro cubico (90 libras por pie cubico ),

determinado por el método AASHTO T 19, el material retenido en el tamiz No. 4 debe de estar comprendido entre 60 y 40 por ciento en peso y el material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder de 15 por ciento en peso, determinado por el método AASHTO T 11.

El límite líquido debe ser menor a 35 por ciento determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11 por ciento determinado por el método AASHTO T 90.

El índice de CBR es la relación de la carga unitaria en libra por pulgada cuadrada necesaria, para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (con área = 19,4 centímetros cuadrados), dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas, con respecto a la carga unitaria patrón requerida, para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, siendo de 37 por ciento el índice obtenido en el ensayo realizado a la muestra (ver anexos).

Tabla XVII. **Valores de carga unitaria para calcular el CBR**

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	pulg.	Mpa	psi
2,5	0,1	6,9	1 000
5	0,2	10,3	1 500
7,5	0,3	13	1 900
10	0,4	16	2 300
12,7	0,5	18	2 600

Fuente: BOWLES, Joseph. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. p. 175.

El banco de material analizado con el fin de utilizarlo para la capa de balasto, no cumple con los distintos requisitos especificados para el empleo del mismo, por lo que se hizo necesario buscar una alternativa que permita cumplir con los requerimientos establecidos, llegando a la decisión de optar por la tecnología del suelo cemento.

El suelo cemento, es el resultado de una mezcla de suelo pulverizado con determinadas cantidades de cemento portland y agua que se compactan y curan, para obtener densidades altas y para que se produzca su endurecimiento más efectivo. De esta forma se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable termo aislante y estable en el tiempo. De los 3 componentes del suelo cemento, el del mayor volumen y más complejo es el suelo.

- Análisis de la calidad del suelo

Desde el punto de vista de su empleo como material de construcción, el suelo se caracteriza en 2 grandes grupos; los suelos finos, compuestos por arcillas y limos y los suelos gruesos formados por arenas y gravas. Estos 2 grupos se fraccionan en subgrupos, tomando en cuenta la granulometría o distribución de los diferentes tamaños de partículas que contienen y la plasticidad que ofrecen con diferentes contenidos de humedad.

Basado en los sistemas de clasificación, se puede abarcar una gran mayoría de los suelos formados por la naturaleza en un reducido número de subgrupos y con relativa facilidad obtener una considerable información sobre cada suelo en específico.

Existen 2 vías para proceder a la clasificación de los suelos, la primera y más precisa, es por medio de ensayos físicos de laboratorio. La segunda, mucho menos precisa, es por medio de ensayos elementales de campo que no requieren una tecnología especializada. La primera variante debe ser la de mayor utilización, debido a que con una debida clasificación, prácticamente se garantiza la calidad requerida de la mezcla con un mínimo consumo de cemento.

Prácticamente todos los suelos pueden ser empleados para producir suelo cemento con la lógica excepción de la capa vegetal, sin embargo, cuando se requiere ejecutar una mezcla con calidad y consumo mínimo de cemento, el número de suelos aptos se reduce. Se consideran suelos aptos para mezclas de suelo cemento aquellos cuyos consumos de cemento en peso se encuentren entre 5 y 12 por ciento con respecto al peso del suelo.

Tabla XVIII. **Distribución granulométrica de suelos aptos para**  
Tabla XIX. **suelo cemento**

Tamiz	% Que pasa	% Que pasa muestra	Cumple
3 pul.	100	100	Si
No. 4	100 - 50	78,83	Si
No. 40	100 - 15	40,46	Si
No. 200	50 - 10	22,10	Si

Fuente: elaboración propia.

Los límites de plasticidad lo fijan el límite líquido y el límite plástico del suelo. Ambos límites están representados por un porcentaje de humedad, estos límites dependen no solo del contenido de arcilla sino de su tipo y rango admisible para mezclas de suelo cemento. Se fija como sigue:

Tabla XX. **Límites de Atterberg de suelos aptos para suelo cemento**

	%			
	Mínimo	Máximo	Muestra	Cumple
<b>Límite Líquido</b>	0	45	0	Si
<b>Límite Plástico</b>	0	18	0	Si

Fuente: elaboración propia.

Suelos eficientes: estos son los que naturalmente reaccionan perfectamente ante una proporción relativamente pequeña de cemento y entre estos se pueden citar:

- Suelos arenosos y suelos con grava
- Suelos arenosos con deficiencia de partículas finas
- Suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad

Suelos arenosos y suelos con grava: estos suelos con aproximadamente entre un 10 y un 35 por ciento de limo y arcilla combinados, tienen las características más favorables y generalmente requieren la mínima cantidad de cemento para un endurecimiento adecuado.



Suelos arenosos con deficiencia de partículas finas: los suelos arenosos con deficiencia de partículas finas, tales como arenas de playas permiten obtener un buen suelo cemento a pesar de que la cantidad de cemento necesario será mayor que para los arenosos normales.

Suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad: permiten preparar un suelo cemento satisfactorio, pero mientras más arcilloso, mayor será el porcentaje de cemento que necesitará nuestra mezcla.

Suelos deficientes: estos son los que naturalmente no reaccionan bien ante una proporción relativamente pequeña de cemento, es decir, necesitan mucho cemento para poder endurecer y entre estos se pueden citar:

- Suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad
- Suelos orgánicos

Suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad: estos necesitan buena cantidad de cemento, debido a su alta plasticidad y poca resistencia.

Suelo ideal: un suelo que sería ideal para la mezcla del suelo cemento, debe cumplir con varios requisitos, con los cuales se diría que la mezcla fuera casi perfecta y el volumen de cemento fuera mínimo, debido a que las deficiencias del suelo fueran mínimas también.

El suelo ideal para una mezcla suelo cemento, debe cumplir con las siguientes características; para que dicha mezcla sea de buen funcionamiento y posea cantidades mínimas de cemento.

- Máximo agregado de arena 80% (óptimo del 55% al 75%)
  - Muestra 54,73 (cumple)
- Máximo agregado de grava 30% (óptimo 0% al 28%)
  - Muestra 23,17 (cumple)
- Máximo agregado de finos 50% (óptimo 15% al 18%)
  - Muestra 22,10 (cumple)
- Máximo agregado de materia orgánica 3%
  - Muestra 0 (cumple)
- Debe pasar por un tamiz de 4,8 mm (#4)
  - Muestra pasa 76,83% (cumple)

#### Diseño de la mezcla suelo cemento

Para proceder al diseño de mezcla de suelo cemento, es preciso preparar el suelo de forma tal que cuando se añada el cemento y el agua, se logre una mezcla homogénea. Esto se obtiene distribuyendo el suelo en una plataforma plana para que el agua natural que contiene, se vaya perdiendo y permita la destrucción de los grumos con una maceta de madera dura.

Paulatinamente el suelo irá adquiriendo una coloración homogénea. Si el suelo contiene la necesaria fracción fina, este paso se logra con relativa rapidez (1 a 2 días).

La mezcla de suelo cemento se comportará de forma similar al suelo natural que la compone, queriendo decir; que alcanzará su densidad máxima al ser compactado, cuando el mismo alcance el contenido de humedad equivalente a la humedad óptima, ambos determinados en el ensayo de Proctor.

La humedad que tendrá el suelo al ser secado al aire, será la llamada humedad higroscópica. Esta humedad tiene que tomarse en cuenta cuando se determine, sea por peso o por volumen la cantidad de agua a añadir para obtener la humedad óptima.

Tabla XXI. **Porcentaje de cemento recomendado según clasificación HRB**  
Tabla XXII.

Tipo de Suelo HRB	Rangos promedio de cemento		Contenido de cemento
	% por volumen	% por peso	Recomendado en % de peso
A-1-a	5-7	3-5	5
A-1-b	7-9	5-8	6
A-2	7-10	5-9	7
A-3	8-12	7-11	9
A-4	8-12	7-11	10
A-5	8-12	8-13	10
A-6	10-14	9-15	12
A-7	10-14	10-16	13

Fuente: el suelo cemento como material de construcción INTEC 2008.

Así mismo, de acuerdo a la calificación cualitativa de suelos eficientes y suelos no eficientes para realizar mezclas de suelo cemento, se expone la siguiente tabla que posee la cantidad porcentual de cemento que debe tener la mezcla, según el tipo de suelo que se posee.

Tabla XXIII. **Cantidad de cemento en función de eficiencia del suelo**

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Cantidad de cemento (%)</b>
Roca triturada, grava con arena y arcilla bien graduada	0,5 - 2
Arena bien graduada	2 - 4
Arena pobremente graduada	4 - 6
Arcilla arenosa	4 - 6
Arcilla limosa	6 - 8
Arcilla con plasticidad media	8 - 12
Arcilla con plasticidad alta	12 - 15
Suelos orgánicos	10 - 15

Fuente: el suelo cemento como material de construcción INTEC 2008.

En base a los resultados obtenidos en el análisis de la muestra de suelo y comparándolos con los requerimientos para la utilización de la misma en una mezcla de suelo cemento, se llegó a la conclusión de que es un suelo eficiente para la utilización de esta tecnología.

La mezcla definida después de los estudios arroja que la proporción adecuada de cemento es de un 6 por ciento en peso, en relación con el suelo total a utilizar en la capa de rodadura, el cual tendrá un espesor de 13 centímetros.

### **3.9. Drenajes**

Son tuberías que se colocan para desalojar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en tramos de corte y sirven para conducir agua al otro lado de la carretera.

Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal, que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la

tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione.

Si la pendiente del terreno en corte es muy pronunciada, se colocan, adicionalmente, disipadores de energía al final de la tubería que servirán para que el agua que desfoga, no erosione el suelo y provoque hundimientos.

### 3.9.1. Ubicación de drenajes

Los drenajes se ubicaron en planos planta y perfil, teniendo en cuenta la topografía del terreno y la escorrentía superficial.

Tabla XXIV. Ubicación de drenajes

No.	Tubería	Estación	Diámetro (")
1	Corrugado	0 + 051,02	36
2	Corrugado	0 + 360,00	36
3	Corrugado	0 + 581,38	36
4	Corrugado	0 + 799,82	36
5	Corrugado	0 + 939,93	36
6	Corrugado	1 + 200,00	36
7	Corrugado	1 + 460,70	36
8	Corrugado	1 + 920,00	36
9	Corrugado	2 + 209,27	36
10	Corrugado	2 + 500,00	36
11	Corrugado	2 + 703,70	36
12	Corrugado	2 + 918,04	36
13	Corrugado	3 + 477,22	36
14	Corrugado	3 + 691,23	36
15	Corrugado	3 + 960,00	36
16	Corrugado	4 + 204,95	36

Fuente: elaboración propia.

### **3.9.2. Localización de drenajes**

Consiste en realizar un recorrido del tramo en estudio, determinando la información siguiente:

- Tipo y sentido de la corriente.
- Pendiente media con un clinómetro.
- Condiciones del lecho como ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedras sueltas y su tamaño.
- Condiciones de correntadas o caídas de agua.
- Vegetación de la cuenca.
- Esviaje.
- Perímetro, área y forma del lecho.
- Probables canalizaciones de entrada y salida.
- Determinación de tramos de subdrenaje.
- Puntos de erosión.

En este proyecto, se colocaron drenajes transversales en los puntos más bajos de la carretera, así como en puntos intermedios donde el tramo era demasiado largo y se podía llegar a tener un caudal muy alto (ver anexos).

### **3.9.3. Cálculo de áreas de descarga por método racional**

En el método racional, se asume que el caudal máximo a un punto dado; se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima.

Determinación del diámetro para el drenaje transversal:

Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

A = área drenada de la cuenca [Ha]

I<sub>Tr</sub> = intensidad de lluvia [mm/hora]

C = coeficiente de escorrentía

Los parámetros para la intensidad de lluvia, los proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio. La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

$$I_{Tr} = \frac{A}{(B+t)^n}$$

I<sub>Tr</sub> es la intensidad de lluvia [mm/hr], asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr), t es la duración [min], A, B y n son parámetros de ajuste.

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

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

L [m] es la longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria y H [m] es el desnivel de dicho cauce.

El coeficiente de escorrentía C, se estima con base en las características hidrogeológicas de las cuencas.

Tabla XXII. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía**

Uso de suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelo arenoso)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5%	0,30	0,50	0,60
	5 -10%	0,40	0,60	0,70
	10 - 30%	0,50	0,70	0,80
Potreros	< 5%	0,10	0,30	0,40
	5 -10%	0,15	0,35	0,55
	10 - 30%	0,20	0,40	0,60
Bosques	< 5%	0,10	0,30	0,40
	5 -10%	0,25	0,35	0,50
	10 - 30%	0,30	0,50	0,60

Fuente: Informe de intensidad de lluvias, INSIVUMEH.

Una vez conocido el tiempo de concentración, este valor se usa para estimar la intensidad de lluvia para el período de retorno deseado. Conociendo los parámetros de las ecuaciones respectivas, para el sitio de interés, simplemente se ingresa en la ecuación el valor de  $t_c$ .

L = 906,54 m

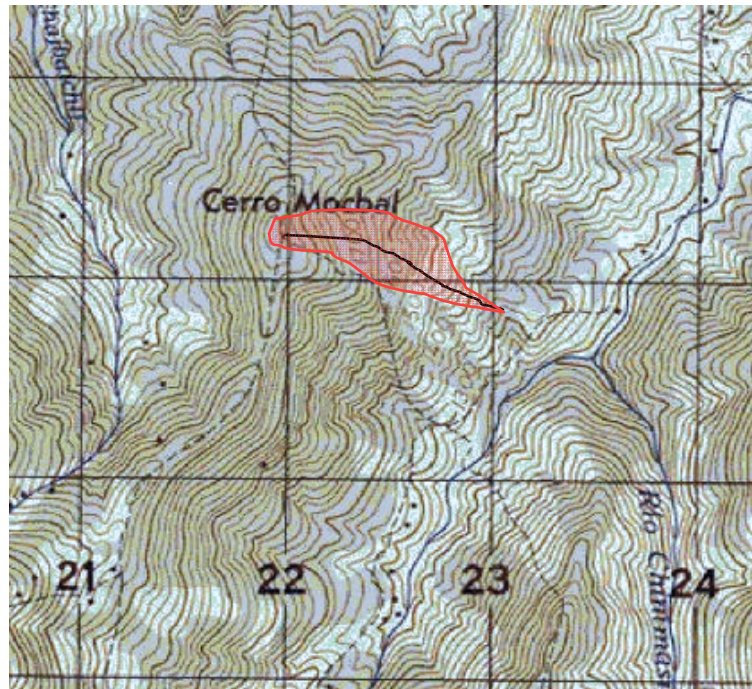
A = 25,3 Ha

H = 460 m

C = 0,50. (coeficiente para tierras agrícolas)



Figura 15. Área de influencia de la cuenca



Fuente: elaboración propia.

Tiempo de concentración en minutos (t):

$$t_c = \frac{3 * 960,54^{1,15}}{154 * 460^{0,38}} = 4,77 \text{ min.}$$

Intensidad de lluvia para un período de diseño de 20 años, los valores se obtienen de los parámetros hidrológicos de la estación de San Jerónimo.

Tabla XXIII. **Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia**

San Jerónimo								
TR	2		10	20	25	30	50	100
<b>A</b>	2 040	930	1 510	1 285	1 273	1 265	1 250	1 243
<b>B</b>	20	6	8	7	7	7	7	7
<b>n</b>	0,9	0,717	0,79	0,747	0,742	0,739	0,733	0,729
<b>R2</b>	0,992	0,996	0,991	0,991	0,991	0,99	0,99	0,99

Fuente: Informe de intensidad de lluvias, INSIVUMEH.

Tr = período de retorno (años). R2 = coeficiente de determinación (-).

$$I_{Tr} = \frac{1\ 285}{(7+4,77)^{0,747}} = 203,69 \text{ mm/hr}$$

Caudal de la cuenca:

$$Q = \frac{0,50 * 203,69 * 25,3}{360} = 7,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro de la tubería:

utilizando n = 0,017 (tubería de H.G.)

$$D = \left( \frac{Q \cdot 4^{5/3} \cdot n}{S^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = \left[ \frac{7,16 * 4^{5/3} * 0,017}{\left( \frac{460}{906,54} \right)^{1/2} * \pi} \right]^{3/8} = 0,798 \text{ m} = 31,42 \text{ plg.}$$



- Velocidad de diseño 30 km/h
- Ancho de calzada 5,50 m
- Derecho de vía 25,00 m
- Radio mínimo
  - Regiones montañosas 30,00 m
- Pendiente longitud máxima:
  - Regiones montañosas 10%
- Pendiente transversal bombeo 3%
- Espesor capa de rodadura compactada (suelo cemento) 13 cm

### **3.11.2. Movimiento de tierras**

Las tablas de movimiento de tierras serán presentadas en los anexos correspondientes, las mismas contienen los datos de corte y relleno de estacionamientos a cada 20 metros, los datos de corte y relleno acumulados hasta cada estacionamiento en particular así como el balance acumulado en cada uno.

### **3.12. Presupuesto y cronograma de ejecución**

El presupuesto se desarrollo tomando en cuenta; costos de materiales, insumos y transporte, basándose para esto en datos tanto de la Cámara de Construcción como de ferreterías y distribuidores locales.

Tabla XXIV. Presupuesto general

DATOS GENERALES DE CARRETERA					
COMUNIDADES:			MANGALES A TONOLAJIC		
MUNICIPIO:			SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ		
FECHA:			01/09/2012		
No	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1	Trabajos preliminares				
1.1	Limpia, chapeo y destronque	2,97	Ha	Q 45 309,14	Q 134 739,01
1.2	Replanteo topográfico	4,25	Km	Q 176 968,24	Q 751 804,24
2	Movimiento de tierras				
2.1	Excavación no clasificada	61 530,11	m <sup>3</sup>	Q 30,46	Q 1 874 388,75
2.3	Excavación no clasificada de material de desperdicio	56 067,74	m <sup>3</sup>	Q 17,06	Q 956 621,25
3	Reacondicionamiento de sub-rasante existente	27 737,71	m <sup>2</sup>	Q 4.35	Q 120 620,50
4	Drenajes transversales				
4.1	Excavación estructural para sub-drenajes	512,00	m <sup>3</sup>	Q 14,29	Q 7 319,00
4.2	Relleno estructural para capa de sub-drenaje	512,00	m <sup>3</sup>	Q 85,90	Q 43 979,00
4.3	Alcantarillas de metal corrugado	128,00	ml	Q 2 062,02	Q 263 938,35
5	Obras de mampostería				
5.1	Cabezales de concreto ciclópeo	221,23	m <sup>3</sup>	Q 1 209,36	Q 267 548,92
6	Carpeta de rodadura				
6.1	Capa de balasto colocado	4 460,66	m <sup>3</sup>	288,25	Q 1 285 779,3
7	Transporte de maquinaria				
7.1	Transporte de convoy	1,00	global	Q 23 400,00	Q 23 400,00
<b>TOTAL</b>					<b>Q 5 730 138,32</b>
COSTO POR KILOMETRO					Q 1 348 826,41

Fuente: elaboración propia.

### Cronograma de ejecución

La realización del cronograma de ejecución, se llevo a cabo siguiendo una secuencia lógica de las etapas necesarias, incluyendo también el rendimiento tanto de la maquinaria como de la mano de obra, analizando asimismo las rutas críticas que detendrían o entorpecerían la realización del proyecto.

Tabla XXV. Cronograma de ejecución

Proyecto: Carretera hacia el caserío Tonolajic  
 Municipio: San Andrés Sajcabajá, Quiché

ACTIVIDADES	Mes 1				M 2	M 3	Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12	Sem. 13	Sem. 14	Sem. 15	Sem. 16	Sem. 17	Sem. 18
Limpia, chapeo y destronque																		
Replanteo topográfico																		
Excavación no clasificada																		
Excavación no clasificada de material de desperdicio																		
Reacondicionamiento de sub-rasante existente																		
Drenajes transversales																		
Relleno estructural para capa de sub-drenaje																		
Alcantarillas de metal corrugado																		
Obras de mampostería																		
Carpeta de rodadura																		
Transporte de maquinaria																		

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. La construcción de vías de acceso adecuado, como es la apertura de carretera y puente vehicular, permitirá a las comunidades integrarse a la vida económica del municipio; con lo que se estará mejorando la calidad de vida de sus pobladores.
2. A través de un adecuado mantenimiento de los proyectos, se garantiza el servicio y la seguridad de los usuarios al transitar, evitando de esta manera, la interrupción de las actividades económicas y la pérdida de inversión en los proyectos.
3. Las necesidades básicas y de infraestructura en las comunidades, son diversas y urgentes de resolver; esto será posible, con el trabajo conjunto de municipalidad, comités, apoyo técnico y la comunidad misma; logrando de esta manera minimizar los problemas que afrontan las poblaciones.





## RECOMENDACIONES

Al Comité del caserío Tonolajic y Mangales

1. Proveerle un mantenimiento constante a la carretera, sobre todo a la carpeta de rodadura; para que preste un servicio seguro y eficiente en todo tiempo, especialmente, en tiempo de invierno.

Al Comité del caserío Tzitzima

1. Darle limpieza a los canales de evacuación de agua, para evitar posibles erosiones, socavaciones, humedad, etc.

A la Municipalidad

1. Contratar la supervisión técnica, a través de un profesional de la ingeniería civil, en la construcción de cada uno de los proyectos; para que de esta forma se cumpla con las especificaciones técnicas contenidas en planos, así como la utilización de materiales de buena calidad; para garantizar así la seguridad y la vida de servicio de los proyectos.
2. Dar continuidad al programa de apoyo técnico que brinda la unidad de EPS, a través de sus epesistas, para contribuir en la planificación y diseño de los proyectos más urgentes a resolver en las poblaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials. *Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método.LRFD*. 2a. ed. Washington: AASHTO, 2002. 1005 p.
2. American Concrete Institute. Comité ACI 318. *Código de Construcción para el Hormigón Estructural (ACI 318S-05)*. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 2002. 490 p.
3. Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América , 2000. 723 p.
4. GARCÍA LUNA, Juan Carlos. *Diseño de abastecimiento de agua potable para el caserío La Consolación, aldea Carrizal y diseño de Puente vehicular en caserío Valle Nuevo, aldea El Rodeo, municipio de Olopa, Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2007. 165 p.
5. LÓPEZ RAFAEL, Roberto. *Diseño de carretera hacia aldea San Ramón y Puente Vehicular caserío Pino Grande Xepón, municipio de Malacatancito, Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2007. 135 p.

6. MORENO PACHECO, Milton Negli. *Diseño de ampliación de puente vehicular de 32,00 m para aldea San José Chiquilajá sector 1 y propuesta de paso a desnivel de doble bóveda, 4ta. Calle y av. Las Américas zona 1, Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2005. 160 p.
7. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 20a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1999. 722 p.
8. TRUJILLO OROZCO, José Eusebio. *Diseño de Puentes*. 2a ed. Colombia: UIS Bucaramanga, 1993. 363 p.
9. TOIRAC CORRAL, José. *Ciencia y Sociedad, El suelo cemento como material de construcción*. República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana, 2008. 571 p.

## **APÉNDICES**



## 1. Libreta topográfica línea preliminar

Est	Po	DH	AZIMUTH
0	1	20,000	329°20'20"
1	2	20,000	326°50'10"
2	3	20,001	326°15'50"
3	4	20,000	328°9'10"
4	5	19,999	308°12'30"
5	6	20,001	344°49'10"
6	7	19,999	324°51'10"
7	8	20,000	304°38'20"
8	9	20,000	342°52'20"
9	10	20,000	0°1'50"
10	11	20,001	4°59'10"
11	12	20,000	34°13'20"
12	13	20,000	69°12'10"
13	14	20,000	27°51'10"
14	15	20,000	21°40'10"
15	16	20,000	50°37'30"
16	17	19,999	50°37'20"
17	18	20,000	36°8'50"
18	19	20,000	15°53'20"
19	20	20,000	34°9'50"
20	21	20,000	50°54'20"
21	22	20,000	29°1'40"
22	23	20,000	26°15'50"
23	24	20,000	28°50'50"
24	25	20,000	10°0'10"
25	26	20,000	15°53'20"
26	27	19,999	320°12'10"
27	28	20,001	325°16'50"
28	29	19,999	1°25'50"
29	30	20,000	317°27'10"
30	31	19,999	346°32'30"

Continuación de la libreta.

<b>Est</b>	<b>Po</b>	<b>DH</b>	<b>AZIMUTH</b>
31	32	20,000	19°14'50"
32	33	20,001	20°16'40"
33	34	20,000	339°33'40"
34	35	20,000	34°56'10"
35	36	20,000	2°15'40"
36	37	20,000	51°38'50"
37	38	20,000	26°15'10"
38	39	20,000	339°26'50"
39	40	20,000	11°28'10"
40	41	20,000	11°28'10"
41	42	20,000	10°5'40"
42	43	20,000	26°5'50"
43	44	20,480	60°5'20"
44	45	20,000	55°30'50"
45	46	20,000	28°7'50"
46	47	20,000	39°38'50"
47	48	20,000	23°57'30"
48	49	19,999	38°22'20"
49	50	20,001	10°12'30"
50	51	19,999	16°25'40"
51	52	20,000	343°19'30"
52	53	20,001	356°26'20"
53	54	20,000	5°50'30"
54	55	20,000	5°14'10"
55	56	20,000	9°47'50"
56	57	20,000	6°5'10"
57	58	20,000	19°2'30"
58	59	20,000	50°17'50"
59	60	20,000	12°24'40"
60	61	20,001	38°33'50"
61	62	20,000	13°30'20"
62	63	20,000	35°52'10"
63	64	19,999	2°19'10"
64	65	20,000	23°11'50"
65	66	20,000	1°39'32"



Continuación de la libreta.

Est	Po	DH	AZIMUTH
66	67	20,000	323°33'40"
67	68	19,999	18°11'20"
68	69	20,000	321°43'10"
69	70	20,000	348°58'10"
70	71	20,001	320°29'50"
71	72	20,000	334°56'30"
72	73	20,000	338°0'30"
73	74	20,000	4°12'40"
74	75	20,000	335°36'40"
75	76	20,001	5°31'10"
76	77	19,999	24°40'10"
77	78	20,000	81°1'30"
78	79	20,000	88°39'50"
79	80	20,000	109°33'50"
80	81	20,000	105°18'10"
81	82	20,000	81°39'10"
82	83	20,000	51°33'50"
83	84	20,000	70°18'50"
84	85	20,000	89°50'10"
85	86	20,000	25°57'40"
86	87	19,999	60°38'30"
87	88	20,001	41°1'30"
88	89	20,000	21°6'50"
89	90	20,000	47°30'40"
90	91	20,000	21°23'50"
91	92	20,000	35°14'40"
92	93	20,000	38°23'50"
93	94	20,001	16°44'50"
94	95	19,999	18°12'20"
95	96	20,001	16°45'10"
96	97	19,999	21°19'30"
97	98	20,000	55°55'40"
98	99	20,000	59°6'30"
99	100	20,000	60°54'30"
100	101	19,999	65°5'30"

Continuación de la libreta.

<b>Est</b>	<b>Po</b>	<b>DH</b>	<b>AZIMUTH</b>
101	102	20,000	41°12'50"
102	103	20,001	64°20'20"
103	104	19,999	48°16'50"
104	105	20,000	44°32'50"
105	106	20,000	52°1'40"
106	107	20,000	61°18'30"
107	108	20,000	46°57'30"
108	109	20,000	46°34'50"
109	110	20,000	49°44'30"
110	111	20,000	29°11'0"
111	112	20,000	31°1'30"
112	113	20,000	59°48'10"
113	114	20,000	43°27'50"
114	115	19,999	95°56'30"
115	116	20,001	93°13'20"
116	117	20,000	106°59'50"
117	118	19,999	139°31'50"
118	119	20,000	101°7'40"
119	120	20,000	108°14'20"
120	121	20,000	79°28'50"
121	122	20,000	73°36'30"
122	123	20,001	89°3'50"
123	124	20,001	25°6'20"
124	125	20,000	34°55'30"
125	126	19,999	16°12'10"
126	127	20,000	338°32'40"
127	128	20,000	5°1'0"
128	129	20,001	3°36'40"
129	130	20,000	354°33'40"
130	131	20,000	318°13'10"
131	132	19,999	323°46'50"
132	133	20,000	18°12'50"
133	134	20,000	27°0'20"
134	135	20,000	56°16'10"
135	136	20,000	42°39'40"

Continuación de la libreta.

Est	Po	DH	AZIMUTH
136	137	20,000	55°2'40"
137	138	20,000	357°49'40"
138	139	19,999	33°29'50"
139	140	20,536	31°43'10"
140	141	20,000	12°43'20"
141	142	20,000	342°48'50"
142	143	20,000	26°9'50"
143	144	20,000	348°0'50"
144	145	20,000	9°25'50"
145	146	20,000	15°49'50"
146	147	20,000	356°48'10"
147	148	20,000	5°46'10"
148	149	19,999	349°19'10"
149	150	20,000	18°59'20"
150	151	20,000	20°16'10"
151	152	20,000	46°40'10"
152	153	20,000	61°51'50"
153	154	20,001	116°3'40"
154	155	20,000	70°36'10"
155	156	20,000	93°37'20"
156	157	20,001	67°39'50"
157	158	19,999	58°48'50"
158	159	20,186	79°3'50"
159	160	20,000	18°14'30"
160	161	19,999	9°26'40"
161	162	20,000	26°59'0"
162	163	20,000	46°48'50"
163	164	20,001	67°4'10"
164	165	20,000	54°10'50"
165	166	20,000	86°34'50"
166	167	20,000	75°52'40"
167	168	20,001	67°45'10"
168	169	19,999	356°41'10"
169	170	20,001	20°6'20"
170	171	20,000	347°8'20"

Continuación de la libreta.

<b>Est</b>	<b>Po</b>	<b>DH</b>	<b>AZIMUT</b>
171	172	19,999	326°19'20"
172	173	20,000	4°22'10"
173	174	20,000	337°13'50"
174	175	20,000	19°46'40"
175	176	19,999	21°16'10"
176	177	20,000	54°46'40"
177	178	20,000	101°17'30"
178	179	20,000	69°5'50"
179	180	20,001	28°13'20"
180	181	20,000	48°7'40"
181	182	20,000	47°25'30"
182	183	20,000	15°5'40"
183	184	20,000	49°37'20"
184	185	20,000	14°56'10"
185	186	20,000	1°1'20"
186	187	20,000	10°57'30"
187	188	20,000	351°44'40"
188	189	20,000	26°33'20"
189	190	20,000	23°5'50"
190	191	20,000	348°59'50"
191	192	20,000	37°36'50"
192	193	20,000	20°33'30"
193	194	20,000	43°13'10"
194	195	20,000	37°37'20"
195	196	20,001	356°28'40"
196	197	19,999	33°24'10"
197	198	20,001	25°16'50"
198	199	20,000	347°39'30"
199	200	20,000	23°45'50"
200	201	20,001	344°38'50"
201	202	20,000	343°16'10"
202	203	20,000	357°55'30"
203	204	20,000	345°32'20"
204	205	20,001	22°11'0"
205	206	20,000	41°35'10"

Continuación de la libreta.

<b>Est</b>	<b>Po</b>	<b>DH</b>	<b>AZIMUTH</b>
206	207	20,000	77°50'10"
207	208	20,001	93°55'20"
208	209	20,000	49°7'20"
209	210	20,000	80°14'40"
210	211	20,000	52°21'10"
211	212	20,000	58°5'30"
212	213	19,999	24°28'50"
213	214	20,000	340°36'50"
214	215	20,000	22°25'50"
215	216	20,000	341°57'0"
216	217	20,000	14°27'40"

Fuente: elaboración propia.

## 2. Cálculo de movimiento de tierra

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
0+000	0	0					10,000
			88,589	90,770	88,589	90,770	
0+020	3,903	3,138					10 030,051
			103,774	71,542	192,363	162,312	
0+040	4,399	2,585					10 044,961
			82,821	67,911	275,183	230,223	
0+060	2,227	2,848					10 390,175
			380,815	35,601	655,998	265,823	
0+080	28,239	0,000					11 428,953
			1 038,778	0,000	1 694,776	265,823	
0+100	54,864	0,000					13 187,889
			1 758,936	0,000	3 453,713	265,823	
0+120	85,851	0,000					15 565,345
			2 377,456	0,000	5 831,169	265,823	
0+140	104,345	0,000					17 081,884
			1 516,538	0,000	7 347,707	265,823	
0+152,439	90,720	0,000					17 815,421
			733,538	0,000	8 081,244	265,823	
0+160	62,057	0,000					18 754,475
			941,387	2,333	9 022,632	268,156	
0+180	11,037	0,195					18 295,613
			141,106	599,968	9 163,737	868,124	
0+200	0,000	50,005					17 287,461
			0,000	1 008,152	9 163,737	1 876,277	
0+217,254	0,000	43,484					17 139,982
			0,000	147,479	9 163,737	2 023,756	
0+220	0,000	42,446					16 192,721
			0,000	947,261	9 163,737	2 971,017	
0+240	0,000	33,335					15 494,833
			0,000	697,888	9 163,737	3 668,904	
0+260	0,000	22,496					14 904,719
			0,000	590,114	9 163,737	4 259,018	
0+280	0,000	24,713					14 399,192
			8,445	513,972	9 172,182	4 772,990	
0+300	0,676	16,405					14 130,336
			50,582	319,438	9 222,764	5 092,428	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
0+320	3,371	9,150					13 919,274
			69,759	280,821	9 292,523	5 373,249	
0+340	2,210	13,315					13 539,54
			34,177	413,910	9 326,700	5 787,160	
0+360	0,524	19,797					13 275,586
			49,205	313,159	9 375,905	6 100,319	
0+380	3,412	5,255					13 255,375
			92,776	112,987	9 468,681	6 213,306	
0+400	4,010	3,784					13 292,237
			116,099	79,236	9 584,780	6 292,542	
0+420	5,278	2,555					13 386,784
			144,179	49,632	9 728,959	6 342,174	
0+440	6,257	1,415					13 410,239
			39,815	16,360	9 768,774	6 358,534	
0+446,152	4,098	2,839					13 386,690
			57,705	81,254	9 826,478	6 439,787	
0+460	3,025	5,811					13 380,19
			95,899	102,571	9 922,377	6 542,358	
0+480	5,153	1,747					13 496,24
			136,786	20,781	10 059,163	6 563,139	
0+496,158	9,121	0,148					13 542,376
			46,741	0,390	10 105,904	6 563,528	
0+500	10,343	0,014					13 889,568
			347,374	0,180	10 453,278	6 563,708	
0+520	17,447	0,000					14 595,666
			706,097	0,000	11 159,375	6 563,708	
0+540	39,041	0,000					15 446,274
			850,609	0,000	12 009,984	6 563,708	
0+560	29,008	0,000					15 772,860
			418,865	92,280	12 428,849	6 655,988	
0+580	4,501	7,382					15 632,345
			30,450	170,965	12 459,298	6 826,954	
0+589,968	0,386	20,059					15 257,546
			2,477	377,276	12 461,776	7 204,230	
0+600	0,000	42,067					13 824,239
			0,000	1 433,306	12 461,776	8 637,535	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
0+620	0,000	74,906					12 272,619
			0,000	1 551,621	12 461,776	10 189,157	
0+640	0,000	51,583					12 609,737
			974,584	637,465	13 436,360	10 826,622	
0+660	77,312	0,000					14 203,275
			1 593,538	0,000	15 029,898	10 826,622	
0+675,161	88,164	0,000					14 737,278
			534,002	0,000	15 563,900	10 826,622	
0+680	88,392	0,000					16 943,546
			2 206,269	0,000	17 770,169	10 826,622	
0+700	88,109	0,000					18 082,830
			1 139,283	0,000	18 909,452	10 826,622	
0+712,103	62,499	0,000					18 611,396
			528,565	0,000	19 438,018	10 826,622	
0+720	48,013	0,000					19 739,162
			1 127,767	0,000	20 565,784	10 826,622	
0+739,945	45,528	0,000					19 742,306
			3,144	0,000	20 568,928	10 826,622	
0+740	45,578	0,000					20 735,618
			993,313	0,000	21 562,241	10 826,622	
0+760	33,887	0,000					21 312,879
			577,260	0,000	22 139,501	10 826,622	
0+778,499	16,041	0,000					21 343,75
			30,196	0,000	22 169,697	10 826,622	
0+780	15,539	0,000					21 336,290
			205,497	212,281	22 375,194	11 038,903	
0+800	0,087	17,465					21 219,822
			106,020	222,488	22 481,213	11 261,392	
0+820	7,841	1,662					21 226,55
			7,545	1,312	22 488,759	11 262,704	
0+820,711	8,240	1,560					21 568,826
			361,581	18,809	22 850,340	11 281,513	
0+840	21,753	0,000					22 005,830
			437,064	0,061	23 287,403	11 281,573	
0+860	13,212	0,005					22 356,95
			350,325	0,061	23 637,729	11 281,634	
0+880	14,814	0,000					22 563,978
			242,968	35,083	23 880,697	11 316,717	
0+900	4,623	2,807					22 567,737
			45,119	41,361	23 925,816	11 358,078	



Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
0+909,065	3,340	4,494					22 564,360
			55,589	58,966	23 981,404	11 417,044	
0+920	5,157	3,640					22 652,287
			160,763	72,836	24 142,167	11 489,880	
0+940	8,235	1,840					22 852,686
			231,050	30,650	24 373,217	11 520,530	
0+960	10,938	0,468					23 155,54
			306,979	4,612	24 680,196	11 525,142	
0+975,283	22,157	0,000					23 295,501
			140,446	0,000	24 820,642	11 525,142	
0+980	25,480	0,000					24 043,608
			748,107	0,000	25 568,749	11 525,142	
1+000	34,369	0,000					25 019,489
			975,882	0,000	26 544,632	11 525,142	
1+020	43,702	0,000					26 335,309
			1 315,820	0,000	27 860,451	11 525,142	
1+040	61,564	0,000					26 634,442
			299,133	0,000	28 159,584	11 525,142	
1+043,877	61,883	0,000					27 849,671
			1 215,229	0,000	29 374,813	11 525,142	
1+060	57,182	0,000					29 339,186
			1 489,515	0,000	30 864,328	11 525,142	
1+080	60,581	0,000					30 895,32
			1 555,846	0,000	32 420,175	11 525,142	
1+100	61,942	0,000					31 581,687
			880,707	194,054	33 300,882	11 719,195	
1+118,830	11,114	16,776					31 569,591
			14,592	26,688	33 315,474	11 745,883	
1+120	8,845	19,728					31 111,990
			124,267	581,867	33 439,741	12 327,751	
1+140	1,097	26,821					31 070,389
			313,622	355,222	33 753,363	12 682,973	
1+160	23,993	1,596					31 653,393
			602,957	19,954	34 356,320	12 702,926	
1+180	24,243	0,000					32 427,327
			773,934	0,000	35 130,254	12 702,926	
1+200	37,671	0,000					33 204,194
			776,867	0,000	35 907,120	12 702,926	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
1+220	24,478	0,000					33 434,241
			241,968	11,920	36 149,088	12 714,847	
1+229,210	17,559	2,071					33 528,798
			169,451	74,894	36 318,539	12 789,740	
1+240	9,021	8,057					33 498,398
			209,402	239,802	36 527,941	13 029,543	
1+260	8,820	9,569					33 496,47
			7,590	9,941	36 535,531	13 039,483	
1+260,744	8,574	10,081					33 240,342
			142,811	398,517	36 678,342	13 438,000	
1+280	3,292	23,033					32 797,654
			86,040	528,728	36 764,382	13 966,728	
1+299,022	3,945	21,441					32 774,737
			4,604	27,520	36 768,986	13 994,247	
1+300	3,984	21,322					32 479,786
			174,789	469,742	36 943,775	14 463,989	
1+320	10,712	14,256					32 399,111
			88,188	168,863	37 031,963	14 632,852	
1+328,238	7,269	16,732					32 213,205
			89,336	275,242	37 121,300	14 908,094	
1+340	4,884	20,711					31 880,451
			129,899	462,654	37 251,199	15 370,747	
1+360	5,508	16,301					31 773,11
			95,037	202,476	37 346,236	15 573,223	
1+371,328	7,915	12,296					31 759,907
			100,404	113,508	37 446,640	15 686,732	
1+380	9,848	10,004					31 768,218
			70,802	62,492	37 517,442	15 749,224	
1+385,424	10,200	9,654					31 736,419
			158,056	189,855	37 675,498	15 939,078	
1+400	7,150	11,187					31 316,687
			89,620	509,351	37 765,117	16 448,429	
1+420	0,019	29,561					30 799,116
			15,663	533,236	37 780,781	16 981,665	
1+440	1,234	13,097					30 624,83
			26,011	201,044	37 806,792	17 182,708	
1+457,279	1,175	5,519					30 626,525
			12,213	9,772	37 819,005	17 192,480	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
1+480	31,166	0,000					31 948,939
			848,501	0,000	39 154,205	17 205,264	
1+500	33,523	0,000					32 642,407
			693,468	0,000	39 847,672	17 205,264	
1+520	19,812	0,000					32 673,206
			30,798	0,000	39 878,471	17 205,264	
1+521,245	18,748	0,000					33 086,25
			470,908	58,089	40 349,379	17 263,353	
1+540	21,426	4,956					33 295,258
			279,978	70,745	40 629,357	17 334,098	
1+551,783	16,592	4,651					33 329,599
			123,032	88,692	40 752,389	17 422,790	
1+560	8,879	11,158					33 258,634
			212,385	283,349	40 964,774	17 706,139	
1+580	9,249	9,685					33 259,74
			118,818	118,378	41 083,592	17 824,518	
1+589,797	11,420	8,048					33 303,747
			145,735	101,063	41 229,327	17 925,580	
1+600	11,433	7,800					33 427,786
			321,147	197,106	41 550,474	18 122,686	
1+620	14,259	7,969					33 556,542
			335,386	206,631	41 885,859	18 329,317	
1+640	12,572	8,562					33 667,167
			231,522	120,898	42 117,381	18 450,215	
1+653,672	14,523	5,587					33 688,547
			86,827	65,446	42 204,208	18 515,661	
1+660	8,995	9,354					33 648,656
			237,134	277,024	42 441,342	18 792,685	
1+680	11,403	10,724					33 650,764
			39,352	37,244	42 480,694	18 829,929	
1+682,751	13,114	8,860					34 197,169
			641,922	95,518	43 122,616	18 925,446	
1+700	46,430	0,000					35 504,357
			1 307,188	0,000	44 429,804	18 925,446	
1+720	58,145	0,000					36 569,182
			1 084,056	19,231	45 513,860	18 944,677	
1+740	28,580	1,538					36 116,605
			357,244	809,819	45 871.103	19 754,497	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
1+760	0,000	63,247					35 504,737
			0,000	611,868	45 871,103	20 366,365	
1+766,269	0,000	92,908					33 685,296
			0,000	1 819,441	45 871,103	22 185,806	
1+780	0,000	115,794					33 169,525
			0,000	515,771	45 871,103	22 701,577	
1+783,769	0,000	100,591					31 807,030
			0,000	1 362,523	45 871,103	24 064,101	
1+800	0,000	33,725					32 489,790
			1 104,355	421,568	46 975,459	24 485,669	
1+820	88,348	0,000					35 400,691
			2 910,902	0,000	49 886,361	24 485,669	
1+840	144,524	0,000					38 800,891
			3 400,200	0,000	53 286,561	24 485,669	
1+860	127,492	0,000					40 310,529
			1 509,638	0,000	54 796,199	24 485,669	
1+870,990	92,283	0,000					41 154,457
			843,929	0,000	55 640,127	24 485,669	
1+880	55,154	0,000					41 557,853
			694,878	291,483	56 335,005	24 777,152	
1+900	0,000	23,712					40 962,332
			7,273	602,793	56 342,278	25 379,945	
1+920	0,566	26,476					40 849,258
			2,424	115,498	56 344,702	25 495,443	
1+923,627	0,448	26,874					40 263,298
			5,212	591,173	56 349,914	26 086,615	
1+940	0,061	30,895					39 676,517
			7,239	594,019	56 357,153	26 680,635	
1+960	0,518	16,626					39 340,923
			46,073	381,667	56 403,226	27 062,302	
1+980	3,168	13,907					40 468,813
			1 301,729	173,839	57 704,955	27 236,141	
2+000	100,970	0,000					42 176,762
			1 707,948	0,000	59 412,903	27 236,141	
2+013,445	102,275	0,000					43 007,161
			830,400	0,000	60 243,303	27 236,141	
2+020	104,820	0,000					44 928,207
			1 921,046	0,000	62 164,349	27 236,141	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
2+033,793	122,509	0,000					45 881,781
			953,574	0,000	63 117,923	27 236,141	
2+040	123,295	0,000					47 651,449
			1 829,410	59,742	64 947,333	27 295,884	
2+060	23,058	4,779					47 220,781
			288,221	718,889	65 235,554	28 014,773	
2+080	0,000	52,732					45 619,33
			0,000	1 601,747	65 235,554	29 616,520	
2+100	0,000	75,408					44 211,474
			0,000	1 407,559	65 235,554	31 024,079	
2+120	0,000	37,197					43 868,680
			145,603	488,399	65 381,157	31 512,478	
2+140	11,648	1,875					44 373,639
			528,400	23,441	65 909,558	31 535,918	
2+160	30,624	0,000					45 059,650
			703,464	17,454	66 613,022	31 553,372	
2+180	25,653	1,396					44 851,894
			320,667	528,423	66 933,689	32 081,795	
2+200	0,000	40,877					44 294,322
			0,000	557,571	66 933,689	32 639,366	
2+208,957	0,000	58,717					43 702,351
			0,000	591,971	6 6933,689	33,231,337	
2+220	0,000	33,923					43 474,483
			179,819	407,688	67 113,508	33 639,025	
2+240	13,684	3,866					43 560,241
			112,791	27,031	67 226,298	33 666,056	
2+245,980	13,656	4,999					43 621,900
			204,396	142,738	67 430,694	33 808,794	
2+260	9,671	11,291					43 775,826
			354,035	200,109	67 784,729	34 008,903	
2+280	18,652	4,718					44 328,942
			612,086	58,969	68 396,815	34 067,872	
2+300	30,315	0,000					44 787,862
			520,763	61,842	68 917,578	34 129,715	
2+318,199	15,469	5,437					44 803,555
			31,336	15,644	68 948,914	34 145,359	
2+320	13,881	7,341					45 126,766
			419,027	95,814	69 367,941	34 241,174	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
2+340	21,024	0,000					45 849,101
			722,335	0,000	70 090,276	34 241,174	
2+360	37,560	0,000					45 983,186
			134,085	0,000	70 224,361	34 241,174	
2+362,847	37,837	0,000					46 869,192
			886,005	0,000	71 110,365	34 241,174	
2+380	44,806	0,000					47 629,464
			760,273	0,000	71 870,639	34 241,174	
2+392,127	55,505	0,000					48 210,224
			580,759	0,000	72 451,398	34 241,174	
2+400	63,277	0,000					50 188,381
			1 978,158	0,000	74 429,556	34 241,174	
2+420	96,173	0,000					52 146,921
			1 958,539	0,000	76 388,095	34 241,174	
2+434,403	122,266	0,000					53 034,91
			887,171	0,000	77 275,266	34 241,174	
2+440	131,331	0,000					56 681,743
			3 647,653	0,000	80 922,918	34 241,174	
2+460	160,481	0,000					59 921,855
			3 240,111	0,000	84 163,029	34 241,174	
2+480	98,728	0,000					61 629,396
			1 707,541	0,000	85 870,570	34 241,174	
2+500	37,876	0,000					61 817,216
			187,819	0,000	86 058,389	34 241,174	
2+504,496	28,957	0,000					62 175,654
			385,108	26,669	86 443,498	34 267,843	
2+520	12,658	2,621					62 327,557
			196,487	44,583	86 639,984	34 312,426	
2+532,672	13,638	2,486					62 434,366
			133,067	26,259	86 773,051	34 338,685	
2+540	15,418	3,248					62 321,57
			223,455	336,764	86 996,506	34 675,450	
2+560	2,459	23,694					62 085,544
			11,848	247,360	87 008,354	34 922,810	
2+566,891	0,293	33,743					61 532,942
			2,577	555,180	87 010,932	35 477,989	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
2+580	0,000	42,317					61 095,656
			157,067	594,353	87 167,999	36 072,342	
2+600	11,850	12,555					61 122,173
			131,533	105,015	87 299,531	36 177,357	
2+607,637	12,663	13,792					61 080,563
			187,206	228,816	87 486,737	36 406,173	
2+620	11,565	15,821					61 040,565
			290,864	330,863	87 777,601	36 737,036	
2+640	11,704	10,648					61 172,665
			332,436	200,336	88 110,038	36 937,372	
2+660	14,891	5,379					61 197,652
			38,471	13, 484	88 148,508	36 950,856	
2+662,073	14,797	5,027					61 120,919
			197,114	273,848	88 345,622	37 224,703	
2+680	3,553	18,118					59 867,389
			43,396	1 296,925	88 389,018	38 521,628	
2+700	0,000	81,929					57 872,550
			0,000	1 994,840	88 389,018	40 516,468	
2+720	0,000	73,546					56 796,845
			0,000	1 075,705	88 389,018	41 592,174	
2+733,532	0,000	49,651					56 448,224
			4,078	352,699	88 393,097	41 944,872	
2+740	1,009	37,595					55 895,872
			118,822	671,174	88 511,919	42 616,046	
2+760	8,497	16,099					55 899,84
			276,783	273,572	88 788,702	42 889,618	
2+780	13,646	5,786					56 448,411
			621,658	72,330	89 410,360	42 961,948	
2+800	36,087	0,000					57 833,161
			1 384,751	0,000	90 795,111	42 961,948	
2+820	74,693	0,000					59 240,976
			1 407,813	0,000	92 202,924	42 961,948	
2+840	37,932	0,000					60 057,190
			848,380	32,164	93 051,304	42 994,113	
2+860	29,938	2,573					60 483,550
			567,901	141,542	93 619,205	43 135,655	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
2+860	29,938	2,573					60 483,550
			567,901	141,542	93 619,205	43 135,655	
2+880	15,494	8,750					60 524,569
			274,263	233,244	93 893,468	43 368,899	
2+900	6,448	9,909					60 356,103
			102,605	271,071	93 996,073	43 639,970	
2+920	1,761	11,776					60 331,349
			72,974	97,727	94 069,047	43 737,698	
2+931,075	8,782	2,342					60 467,288
			147,939	12,001	94 216,986	43 749,698	
2+940	15,756	0,000					61 267,891
			540,721	0,000	94 757,707	43 749,698	
2+960	24,502	0,000					61 267,891
			285,209	25,326	95 042,915	43 775,025	
2+972,292	9,351	3,620					61 246,427
			54,192	75,656	95 097,107	43 850,681	
2+980	1,898	12,085					60 821,459
			24,038	449,006	95 121,146	44 299,686	
3+000	0,025	23,836					60 402,635
			51,883	470,707	95 173,029	44 770,394	
3+020	4,126	13,821					60 406,720
			280,153	276,067	95 453,182	45 046,461	
3+040	18,287	8,264					60 620,194
			399,666	186,192	95 852,848	45 232,653	
3+060	13,687	6,631					60 616,714
			106,682	110,161	95 959,530	45 342,815	
3+069,218	4,829	12,489					60 453,80
			47,235	210,870	96 006,764	45 553,685	
3+080	3,071	15,304					60 199,866
			103,448	356,662	96 110,213	45 910,346	
3+100	6,223	9,928					60 199,894
			41,703	41,676	96 151,916	45 952,022	
3+104,160	11,528	4,019					60 597,764
			437,660	39,790	96 589,576	45 991,812	
3+120	32,680	0,000					61 585,377
			987,613	0,000	97 577,189	45 991,812	



Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
3+140	46,329	0,000					62 228,360
			697,928	54,945	98 275,117	46 046,756	
3+160	9,506	4,396					62 158,99
			48,690	118,951	98 323,807	46 165,707	
3+167,662	0,661	20,443					61 799,485
			5,353	363,966	98 329,159	46 529,674	
3+180	0,000	30,199					61 310,196
			40,369	529,659	98 369,528	47 059,332	
3+200	3,092	15,761					61 304,951
			90,561	95,805	98 460,089	47 155,137	
3+208,238	13,190	5,378					61 473,95
			222,189	54,046	98 682,279	47 209,184	
3+220	17,035	1,974					61 812,788
			371,128	31,435	99 053,406	47 240,618	
3+240	12,655	0,541					62 113,319
			307,300	6,769	99 360,707	47 247,387	
3+260	11,929	0,001					62 154,624
			41,350	0,047	99 402,057	47 247,433	
3+262,892	10,945	0,025					62 466,220
			311,886	0,289	99 713,944	47 247,722	
3+280	20,283	0,000					63 232,213
			765,993	0,000	100 479,936	47 247,722	
3+300	43,610	0,000					63 942,491
			710,277	0,000	101 190,214	47 247,722	
3+310,934	62,435	0,000					64 738,955
			796,464	0,000	101 986,678	47 247,722	
3+320	78,130	0,000					66 891,904
			2 152,948	0,000	104 139,626	47 247,722	
3+340	94,106	0,000					68 624,953
			1 733,050	0,000	105 872,677	47 247,722	
3+360	44,538	0,000					69 047,726
			604,251	181,478	106 476,927	47 429,200	
3+380	3,802	14,518					68 597,801
			53,266	503,192	106 530,193	47 932,392	
3+400	0,459	25,737					68 582,27
			0,274	16,048	106 530,467	47 948,441	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
3+400,497	0,424	25,965					67 593,72
			5,545	994,500	106 536,013	48 942,941	
3+420	0,000	61,758					66 317,559
			0,000	1 275,512	106 536,013	50 218,453	
3+440	0,000	41,256					66 097,936
			0,000	219,623	106 536,013	50 438,077	
3+444,702	0,000	33,483					65 411,500
			0,000	686,436	106 536,013	51 124,513	
3+460	0,000	38,311					64 937,31
			108,461	582,930	106 644,473	51 707,443	
3+479,874	8,732	8,618					64 936,892
			1,313	1,451	106 645,787	51 708,894	
3+480	8,809	8,504					64 912,313
			130,340	154,919	106 776,127	51 863,813	
3+500	2,191	3,247					64 729,201
			41,274	224,387	106 817,401	52 088,200	
3+520	1,320	13,922					64 716,999
			1,134	13,337	106 818,535	52 101,536	
3+520,709	1,403	14,386					64 495,29
			78,131	300,101	106 896,666	52 401,638	
3+540	5,078	10,505					64 449,222
			164,273	210,079	107 060,939	52 611,717	
3+560	8,064	6,301					64 571,86
			240,647	118,783	107 301,586	52 730,500	
3+580	11,188	3,202					64 600,843
			42,154	12,396	107 343,740	52 742,896	
3+583,040	10,998	3,322					64 814,99
			263,042	49,786	107 606,782	52 792,682	
3+600	14,566	1,116					64 992,48
			273,712	95,765	107 880,494	52 888,447	
3+620	8,029	6,138					64 925,582
			199,839	266,303	108 080,333	53 154,750	
3+640	8,575	14,106					64 910,713
			22,515	37,386	108 102,848	53 192,136	
3+642,088	9,391	13,161					64 977,360
			315,800	249,152	108 418,648	53 441,288	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
3+660	18,817	9,094					65 087,989
			369,004	258,375	108 787,652	53 699,663	
3+680	10,703	11,576					65 174,900
			264,193	177,281	109 051,845	53 876,944	
3+698,235	12,478	3,980					65 203,171
			34,186	5,915	109 086,031	53 882,859	
3+700	17,135	1,917					66 43,774
			863,441	22,839	109 949,472	53 905,699	
3+720	49,638	0,000					66 684,152
			640,378	0,000	110 589,850	53 905,699	
3+730,067	49,895	0,000					67 294,671
			610,520	0,000	111 200,371	53 905,699	
3+740	48,445	0,000					68 509,898
			1 215,226	0,000	112 415,597	53 905,699	
3+760	48,773	0,000					69 620,535
			1 110,637	0,000	113 526,234	53 905,699	
3+780	40,078	0,000					70 546,111
			925,575	0,000	114 451,809	53 905,699	
3+800	33,968	0,000					71 382,483
			836,374	0,000	115 288,183	53 905,699	
3+820	32,942	0,000					71 992,42
			609,836	0,278	115 898,019	53 905,976	
3+840	15,845	0,022					72 093,222
			121,462	20,281	116 019,481	53 926,258	
3+848,362	7,397	3,859					72 029,831
			58,354	121,745	116 077,835	54 048,002	
3+860	0,930	12,086					71 515,125
			11,371	526,078	116 089,206	54 574,080	
3+880	0,000	28,547					70 703,101
			0,000	812,023	116 089,206	55 386,104	
3+900	0,000	34,568					69 631,160
			0,000	1 071,942	116 089,206	56 458,046	
3+920	0,000	48,916					68 989,150
			1,095	643,104	116 090,301	57 101,149	
3+931,969	0,150	34,485					68 690,957
			7,833	306,026	116 098,133	57 407,175	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

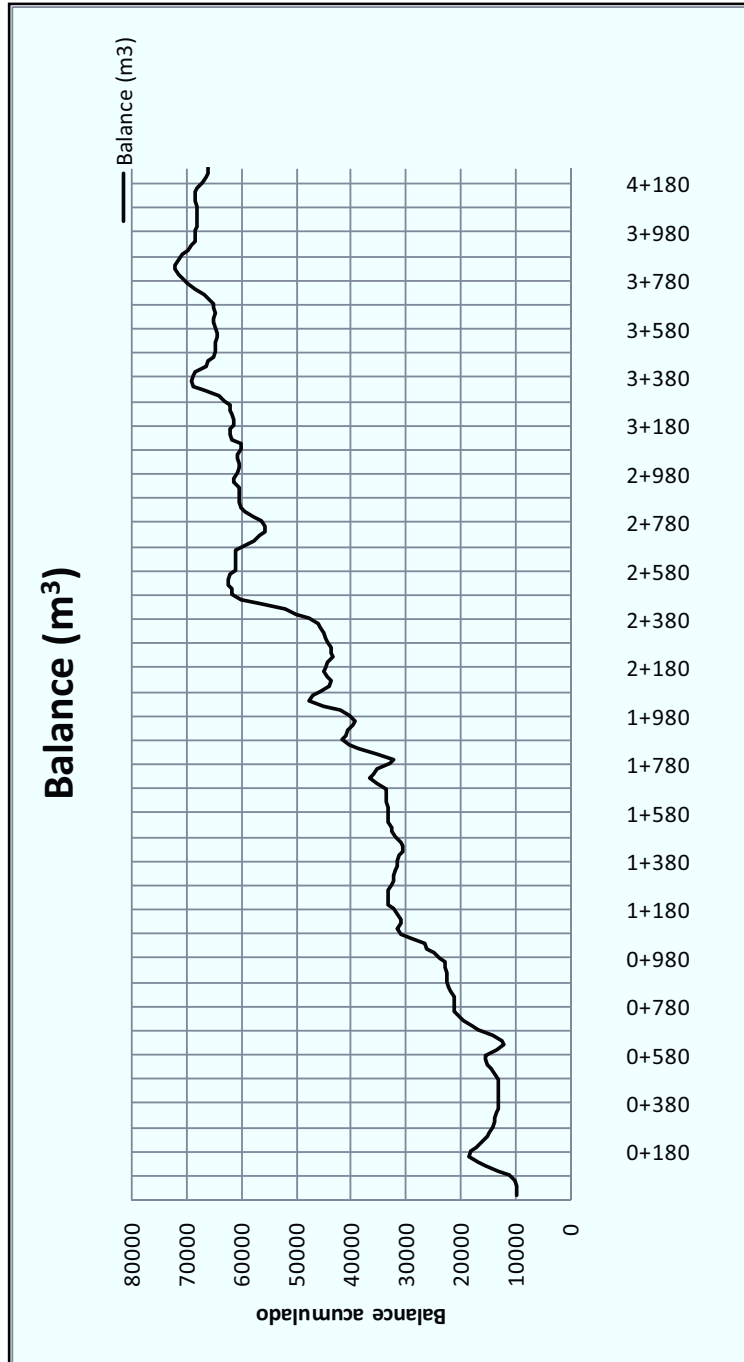
Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
3+940	1,410	26,482					68 374,657
			146,928	463,228	116 245,062	57 870,404	
3+960	10,344	10,577					68 466,559
			199,855	107,954	116 444,917	57 978,357	
3+971,104	18,454	4,979					68 634,418
			214,144	46,284	116 659,061	58 024,642	
3+980	16,268	5,263					68 466,505
			214,401	382,315	116 873,462	58 406,956	
4+000	0,000	28,583					68 095,963
			0,000	370,542	116 873,462	58 777,499	
4+018,141	0,000	4,176					68 088,86
			0,000	7,876	116 873,462	58 785,375	
4+020	0,000	2,603					68 028,205
			22,263	82,145	116 895,726	58 867,520	
4+040	1,781	3,969					68 044,220
			65,622	49,607	116 961,347	58 917,127	
4+060	3,469	0,000					68 135,445
			91,226	0,000	117052.573	58917.127	
4+080	3,829	0,000					68 235,709
			100,263	0,000	117 152,836	58 917,127	
4+100	4,192	0,000					68 345,42
			109,333	0,000	117 262,169	58 917,127	
4+120	4,555	0,000					68 362,190
			17,149	0,000	117 279,318	58 917,127	
4+122,994	4,610	0,000					68 463,866
			101,676	0,000	117 380,994	58 917,127	
4+140	4,957	0,000					68 538,372
			108,166	33,661	117 489,161	58 950,788	
4+159,710	4,271	2,546					68 538,877
			1,502	0,997	117 490,663	58 951,785	
4+160	4,022	2,956					67 930,668
			50,279	658,489	117 540,941	59 610,274	
4+180	0,000	49,723					66 931,883
			0,000	998,783	117 540,941	60 609,057	
4+200	0,000	30,180					66 400,339
			12,126	543,672	117 553,068	61 152,729	

Continuación tabla de cálculo de movimientos de tierra.

Estacion	Corte Area (m2)	Relleno Area (m2)	Corte Volumen (m3)	Relleno Volumen (m3)	Corte Tot Vol (m3)	Relleno Tot Vol (m3)	Balance (m3)
4+220	0,970	13,314					66 120,385
			30,353	310,307	117 583,420	61 463,035	
4+240	1,458	11,510					66 067,736
			14,426	67,074	117 597,846	61 530,109	
4+248,244	1,342	1,508					

Fuente: elaboración propia.

### 3. Gráfica de balance de movimiento de tierra



Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**





# 1. Informe de compresión triaxial, diagrama de Mohr



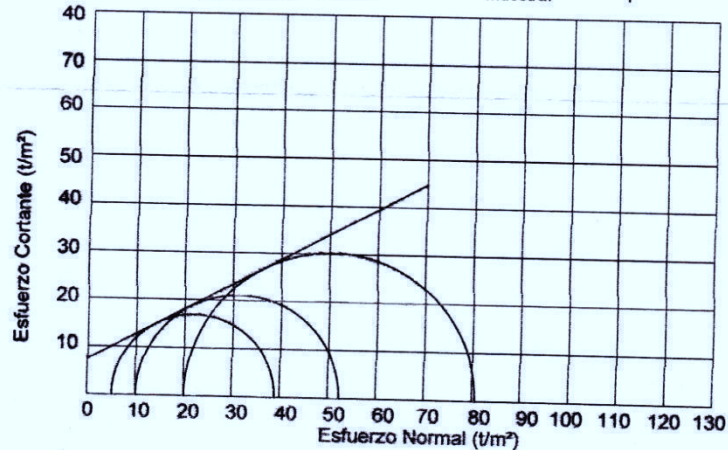
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 21325

## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No. 403 S.S. O.T.: 27,604  
 INTERESADO: Luis Antonio Zamora Castillo  
 PROYECTO: EPS-Diseño de puente vehicular sobre el río Tucunel.  
 UBICACIÓN: Caserío Tzitzima, San Andrés Sajcabajá, Quiché.  
 Fecha: 29 de noviembre de 2010.  
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 28.1^\circ$       COHESIÓN:  $C_u = 7.4 \text{ t/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arcilloso color café con partículas de grava.  
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
 OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (t/m²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(t/m²)	33.87	42.29	60.56
PRESION INTERSTICIAL u(t/m²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	3.5	5.0
DENSIDAD SECA (t/m³)	1.42	1.42	1.42
DENSIDAD HUMEDA (t/m³)	1.63	1.63	1.63
HUMEDAD (%H)	14.6	14.6	14.6



Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



### 3. Ensayo de Valor Soporte California (CBR)



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

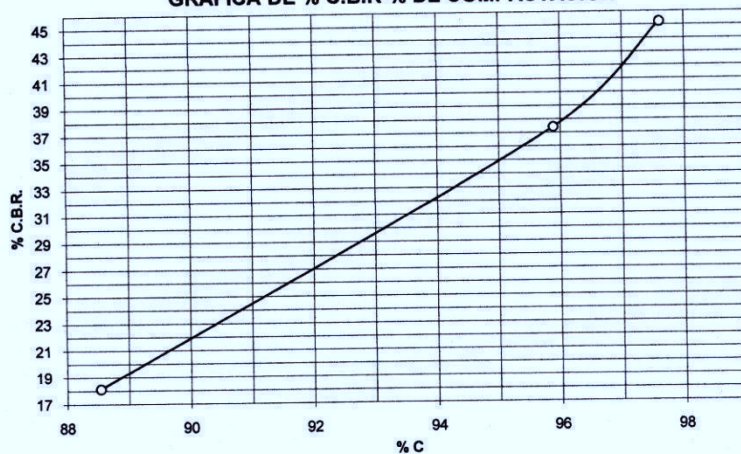


Nº 15698

INFORME No.: 0532 S.S. O.T. No.: 27,603  
 Interesado: Luis Antonio Zamora Castillo  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS-Diseño de carretera del caserío Tonolajic al caserío Mangales, San Andrés Sajcabaja, Quiché.  
 Descripción del suelo: Arena limosa color café con grava.  
 Fecha: 23 de noviembre de 2011

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ b/pt <sup>3</sup>			
1	10	13.50	106.2	88.5	2.17	18.1
2	30	13.50	115.0	95.9	1.87	37.4
3	65	13.50	117.0	97.6	4.30	45.2

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



#### 4. Ensayo de Peso Unitario Suelto (PUS)



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



Nº 15699

INFORME No.: 0533 S. S. O.T.: 27,603

INTERESADO: Luis Antonio Zamora Castillo  
PROYECTO: EPS-Diseño de carretera del caserío Tonolajic al caserío Mangales, San Andrés Sajcabajá, Quiché.  
ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)  
Norma: A.A.S.T.H.O T-19

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa color café con grava.

FECHA: 23 de noviembre de 2011

**RESULTADO DEL ENSAYO:**

P.U.S.= 1,415 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

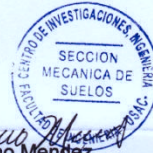
Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



## 5. Análisis granulométrico



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



**Nº 15700**

INFORME No. 0534S.S.

O.T. No. 27,603

Interesado: Luis Antonio Zamora Castillo

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

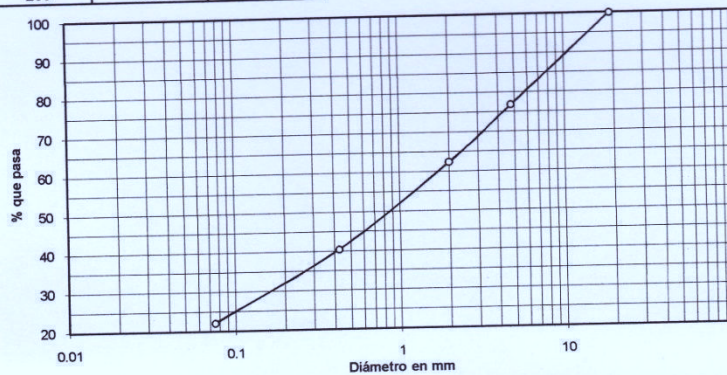
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Proyecto: EPS-Diseño de carretera del caserío Tonolajic al caserío Mangales, San Andrés Sajcabaja, Quiché.

Fecha: 23 de noviembre de 2011

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	76.83
10	2	62.44
40	0.425	40.46
200	0.075	22.10

% de Grava: 23.17  
% de Arena: 54.73  
% de finos: 22.10



Descripción del suelo: Arena limosa color café con grava.  
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1-b  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maripela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



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

## 6. Ensayo de límites de Atterberg



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



Nº 15701

INFORME No. 0515 S. S. O.T.: 27,603

Interesado: Luis Antonio Zamora Castillo  
Proyecto: EPS-Diseño de carretera del caserío Tonolajic al caserío Mangales, San Andrés Sajcabaja, Quiché.  
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90  
FECHA: 23 de noviembre de 2011

### RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	SM	Arena limosa color café con grava.

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maritela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medina Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

# NOTAS GENERALES

- ACERO DE REFUERZO ASTM A415  
F<sub>y</sub> = 60,000 PSI = 4200 Kg/cm<sup>2</sup> PARA TODA LA ESTRUCTURA  
35 T/M<sup>2</sup> ( COMPRESION TRAMAJU)
- VALOR SOPORTE DEL SUELO  
HS 20/44
- TREN DE CARGA CAMION
- RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESION DEL CONCRETO  
F<sub>c</sub> = 4,000 PSI = 281 Kg/cm<sup>2</sup>
- PROPORCION DEL CONCRETO CICLOPEO  
% CONCRETO = 66  
% PIEDRA BOLCA = 34

NOTA: CORROBORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO A TRAVEZ DE UN ENSAYO DINAMICO PREVIO A LA CONTRUCCION DEL PUENTE

## REQUERIMIENTOS

ASISTO 8.22 Medio diseño al costo de la barra hasta la superficie del concreto 8 centímetros para columnas y muros, 5 centímetros para bases arriba y 2.5 centímetros abajo, 5 centímetros para columnas y vigas.

## LONGITUD DE DESARROLLO

ASISTO 8.24.1.2: Se proporcionara a todas las barras la longitud necesaria a partir del punto que se requieran por diseño, dando cara la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o 1/20, pero no menor a 30 centímetros.

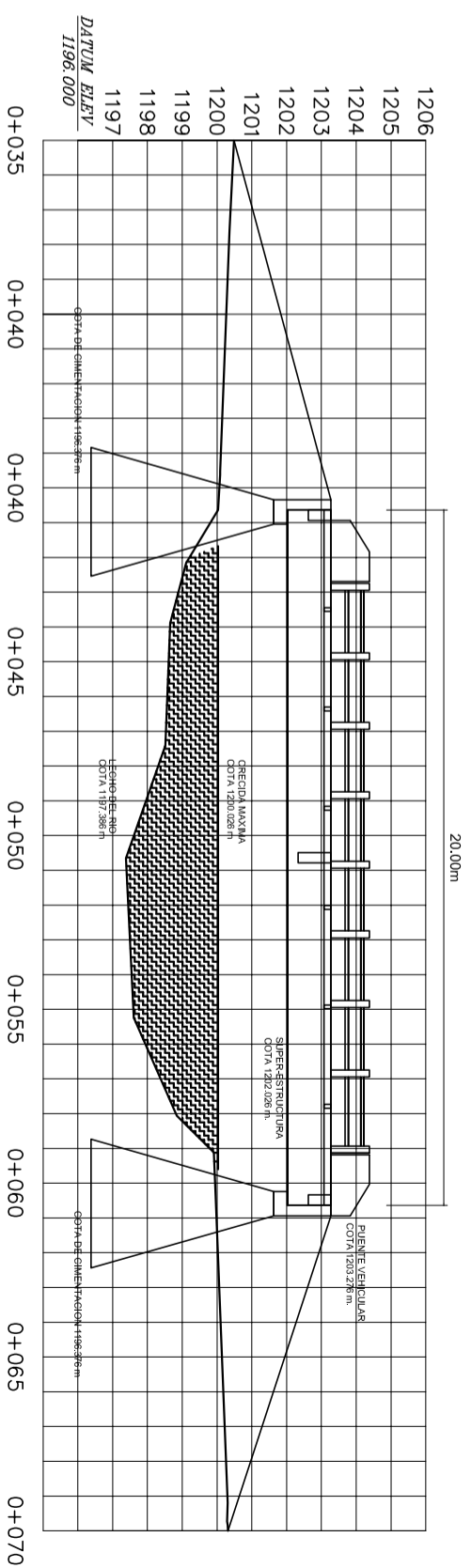
## TRASLAPES

ASISTO 8.25: DCG 509.060: Para toda la estructura sera de 20 diámetros de la viga, se recomienda para las barras de acero de refuerzo en las vigas y columnas el uso de la soldadura de arco de electrodo revestido E70T-18 de ASISTO 8.32, cuando los diámetros de las barras donde se producen esfuerzos de tensión débiles y nunca en una misma línea. Deberán colocarse alternos a cada 80 centímetros.

## GANCHOS

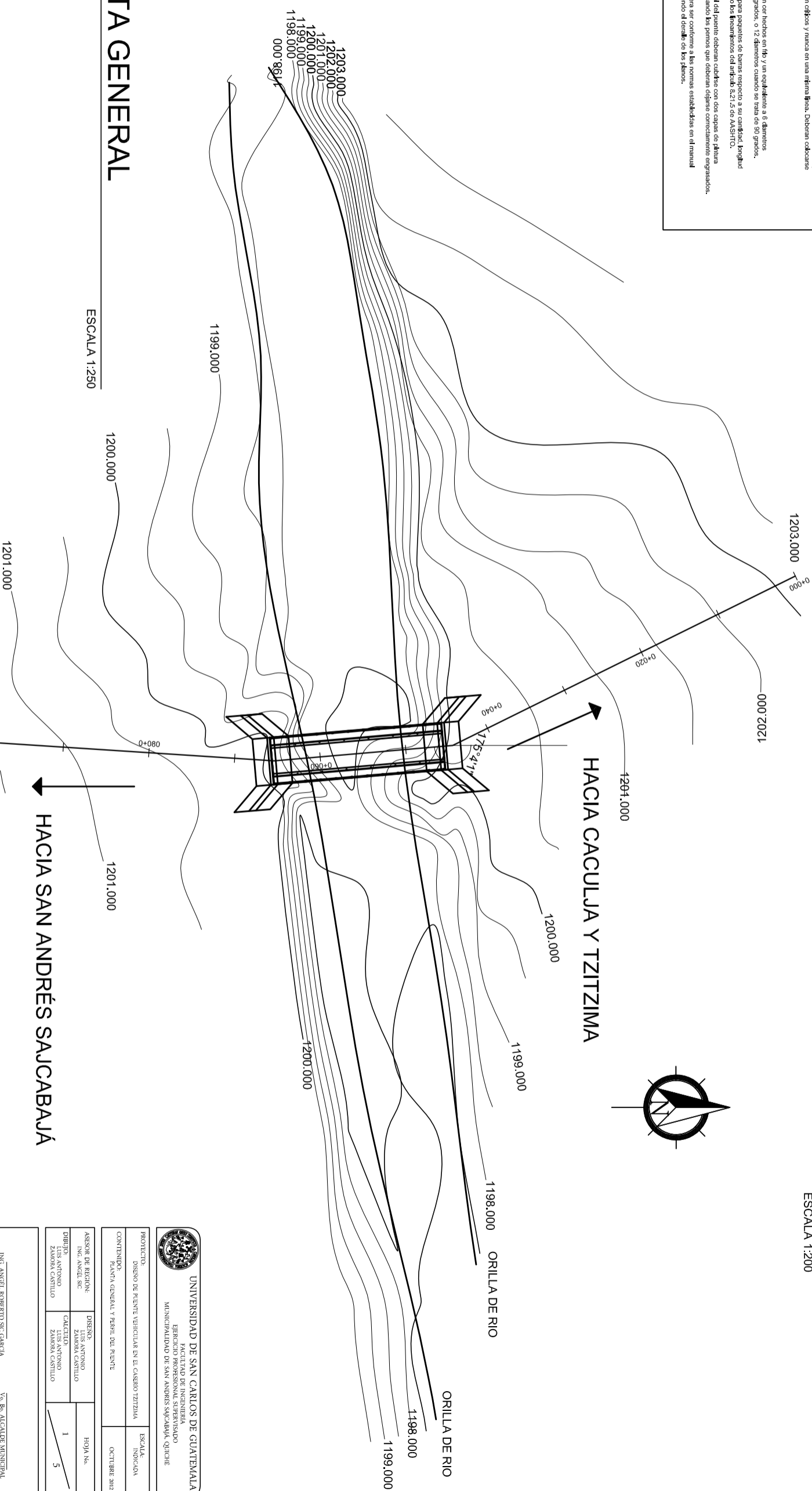
ASISTO 8.23.2: Los ganchos deberán ser hechos en 90° y un equivalente a 8 diámetros en su lado libre cuando se trata de 180 grados, o 12 diámetros cuando se trata de 90 grados. Se debe seguir las normas establecidas para paquetes de barras respecto a su cantidad, longitud de desarrollo y recubrimientos, siguiendo los lineamientos del artículo 8.21.5 de ASISTO.

Todos los diámetros de acero estructural del puente deberán cubrir con dos capas de pintura antior oxidación de diferentes colores, exceptuando las partes que deberán dejarse convenientemente engrasadas. Cualquier soldadura que se efectúe deberá ser conforme a las normas establecidas en el manual de la American Welding Society y siguiendo el detalle de las juntas.



## PERFIL DEL PUENTE

ESCALA 1:200



## PLANTA GENERAL

ESCALA 1:250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SAJUCABÁ, QUICHÉ

PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN EL CASERIO TZITZIMA

ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA GENERAL Y PERIL DEL PUENTE

OCTUBRE 2012

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL S.C.

HOJA No. 1

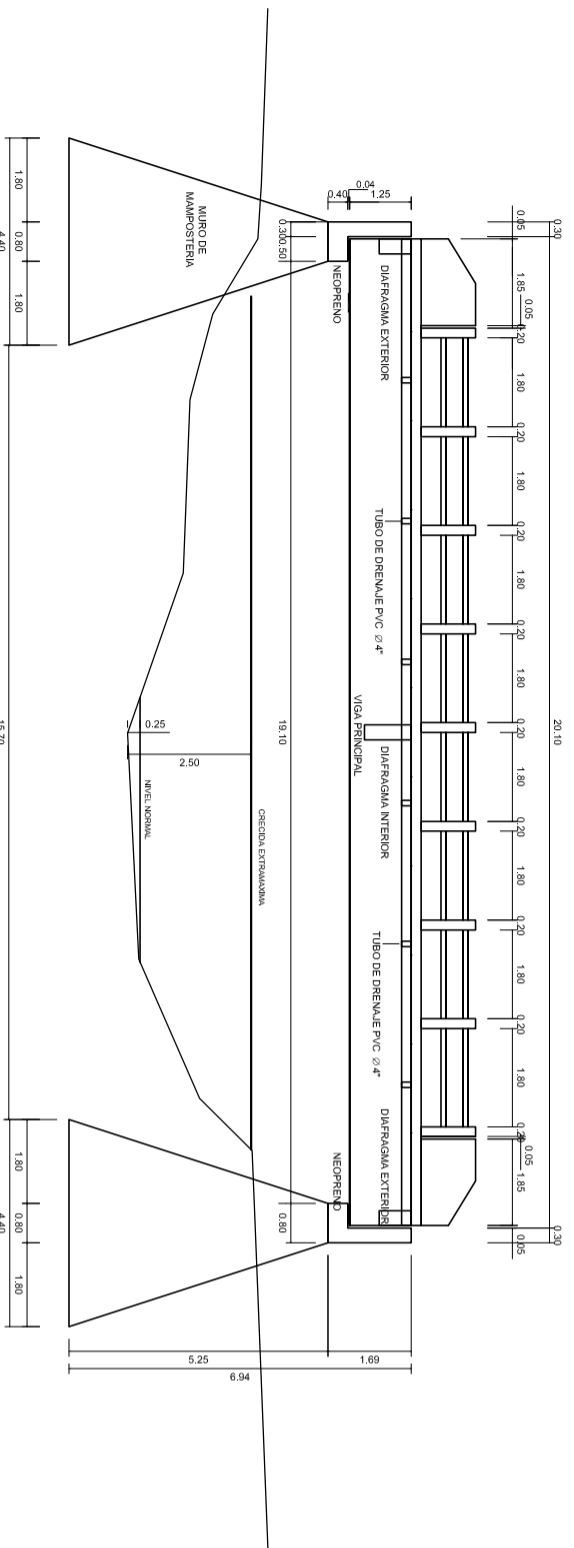
DISEÑO: ANDRÉS ZAMORA CASTILLO

5

DIBUJO: ELS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

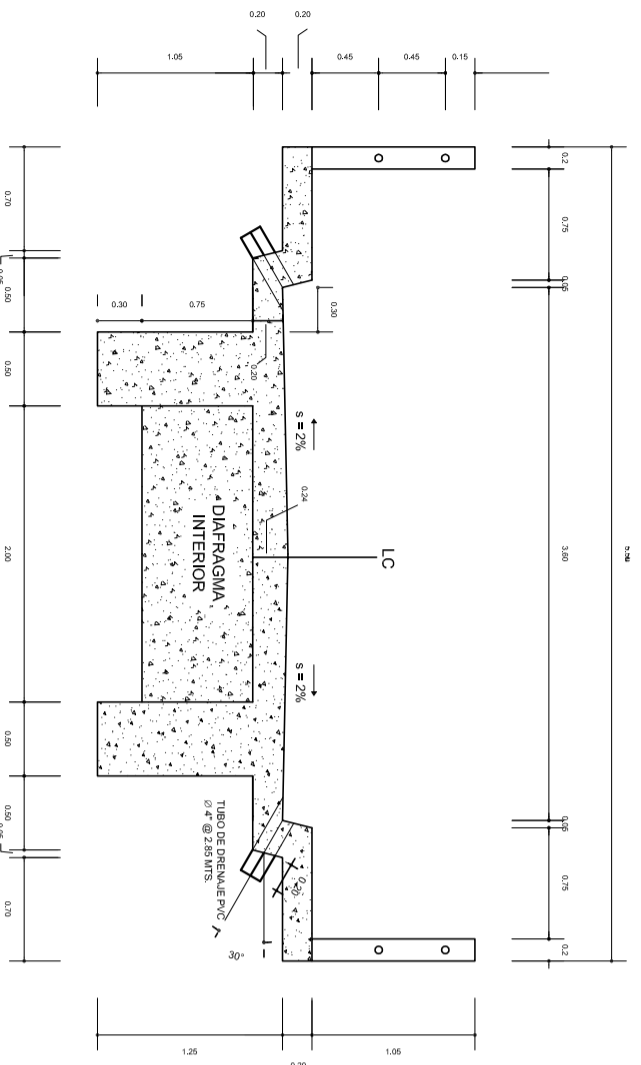
ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCIA

Vs. Bn. ALCALDE MUNICIPAL



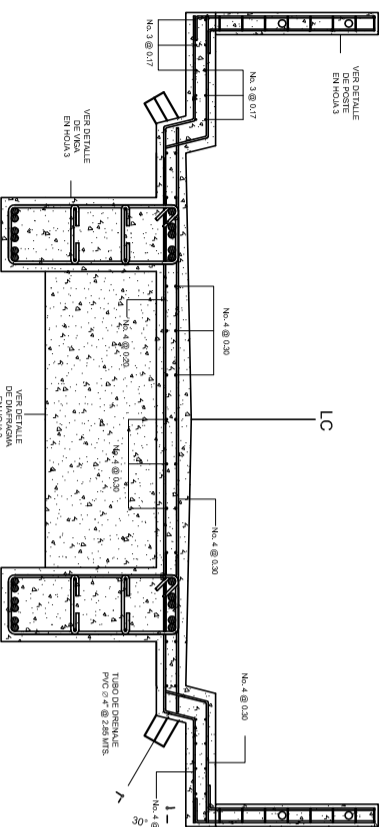
### SECCION A-A' ELEVACIÓN PUENTE

ESCALA 1:75



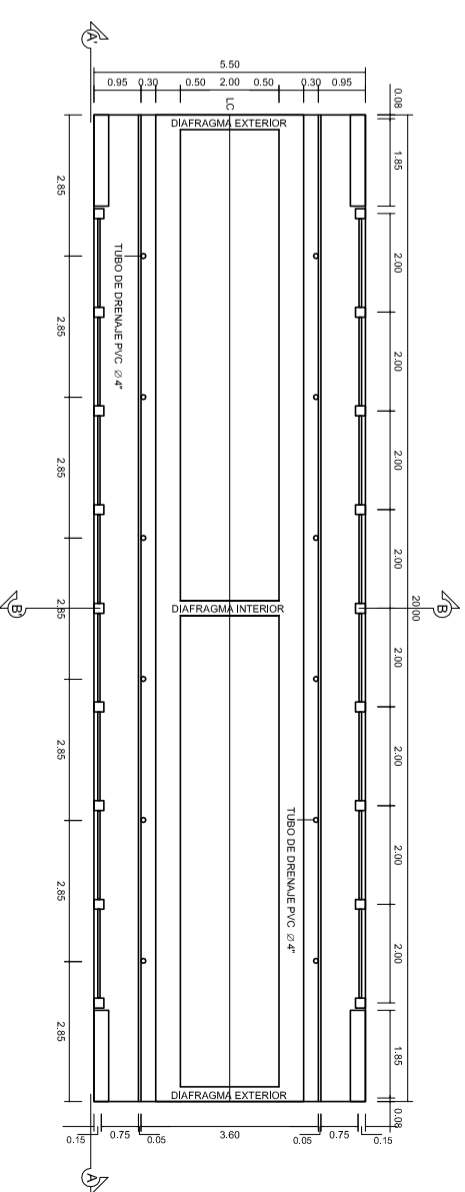
### SECCIÓN B-B' GEOMETRIA

ESCALA 1:25



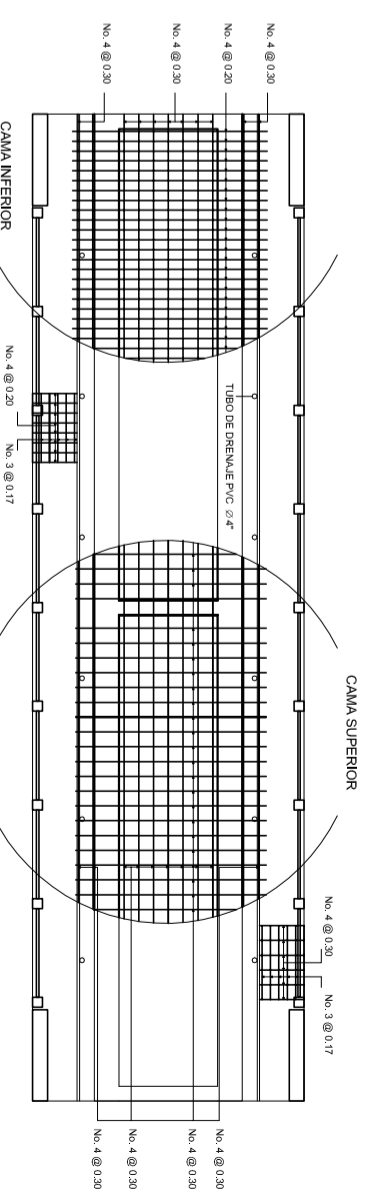
### SECCIÓN C-C' REFUERZO

ESCALA 1:25



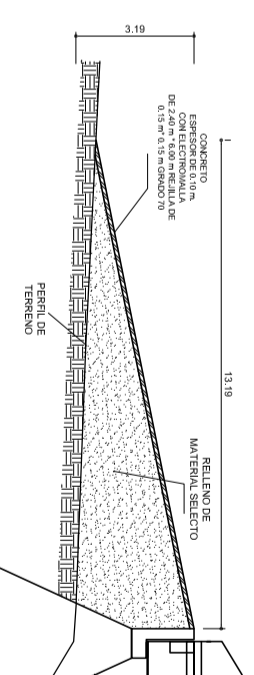
### PLANTA ACOTADA

ESCALA 1:75



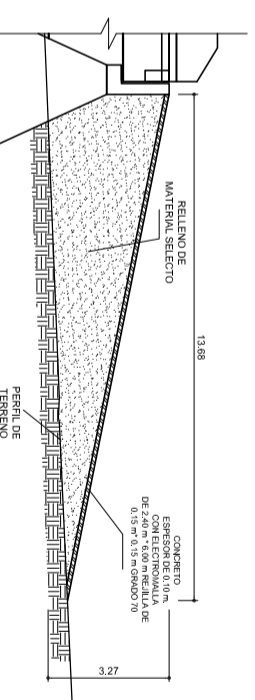
### PLANTA DE ARMADO DE LOSA

ESCALA 1:75



### APROCHE LADO IZQUIERDO

ESCALA 1:100



### APROCHE LADO DERECHO

ESCALA 1:100

NOTA:  
EL RELLENO DEBE HACERSE DE MATERIAL SELECTO COMPACTADO AL 95%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACACÁBAM, QUiché

PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN EL CASERIO TIZIMIA

CONTENIDO: PLANTA Y SECCIONES DEL PUENTE

ASISOR DE REGION: ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO

DISEÑO: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

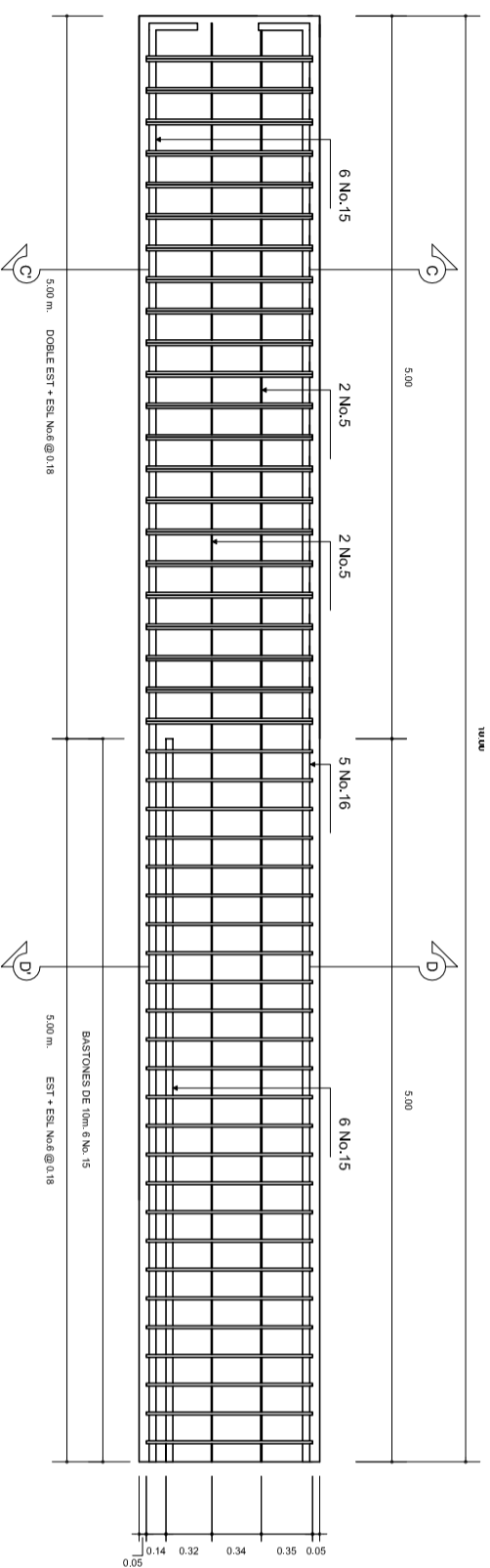
DIBUJO: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

HOJA No. 2

ING. ANGELO ROBERTO SUC GARCIA

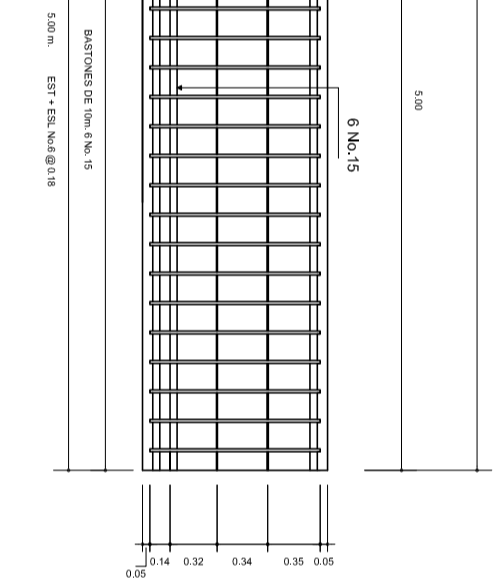
Va. Bn. ALCALDE MUNICIPAL





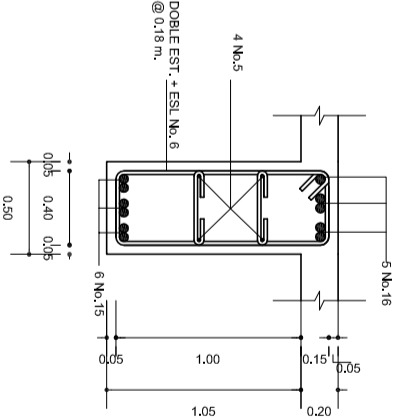
### REFUERZO Y ARMADO DE VIGA

ESCALA 1:25



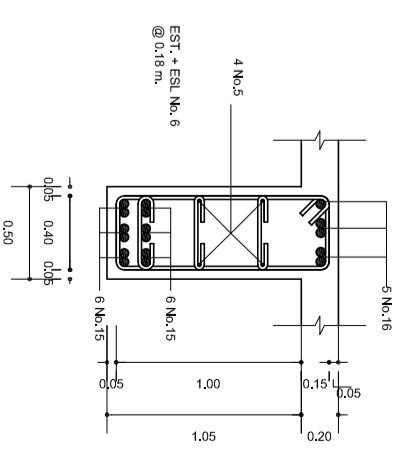
### SECCION C-C'

ESCALA 1:20

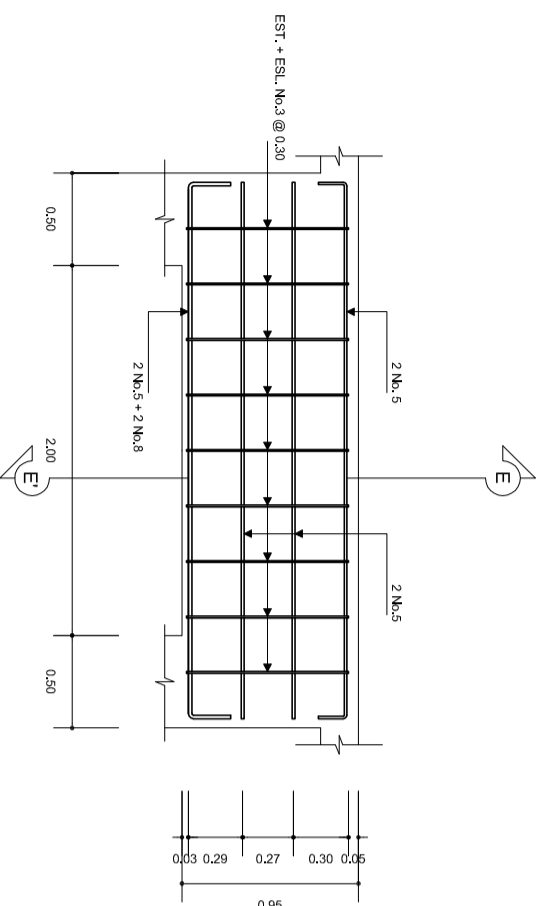


### SECCION D-D'

ESCALA 1:20

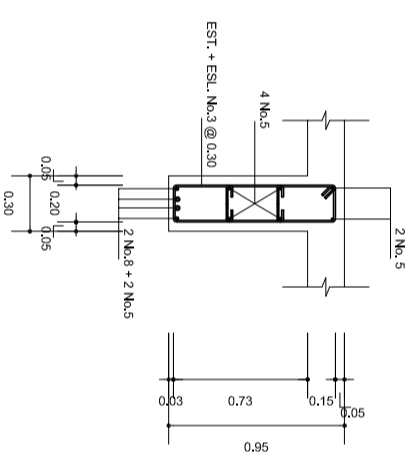


NOTA: PARA EL REFUERZO DE VIGAS, SE UTILIZARA UN ESFUERZO MAXIMO DEL CONCRETO DE 281 kg/cm<sup>2</sup> (4,000 PSI) Y UN ESFUERZO DE FLUENCIA DEL ACERO DE 4,200 kg/cm<sup>2</sup> (60,000 PSI).



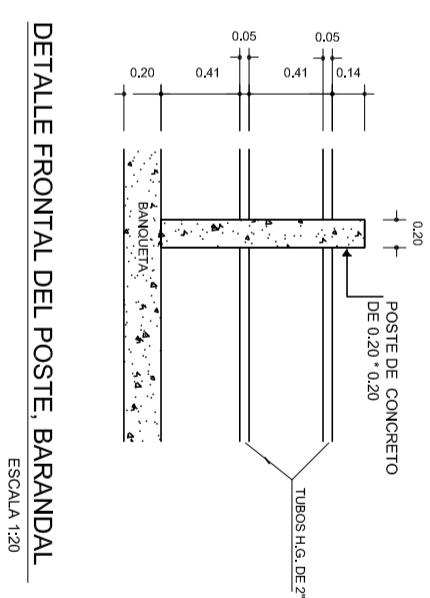
### REFUERZO DE DIAFRAGMA INTERIOR

ESCALA 1:20



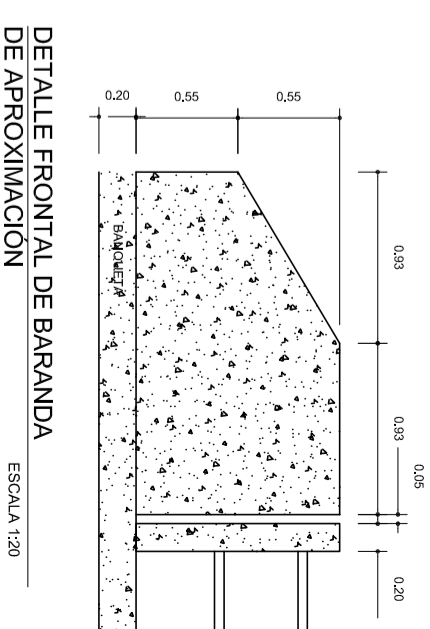
### SECCION E-E'

ESCALA 1:20



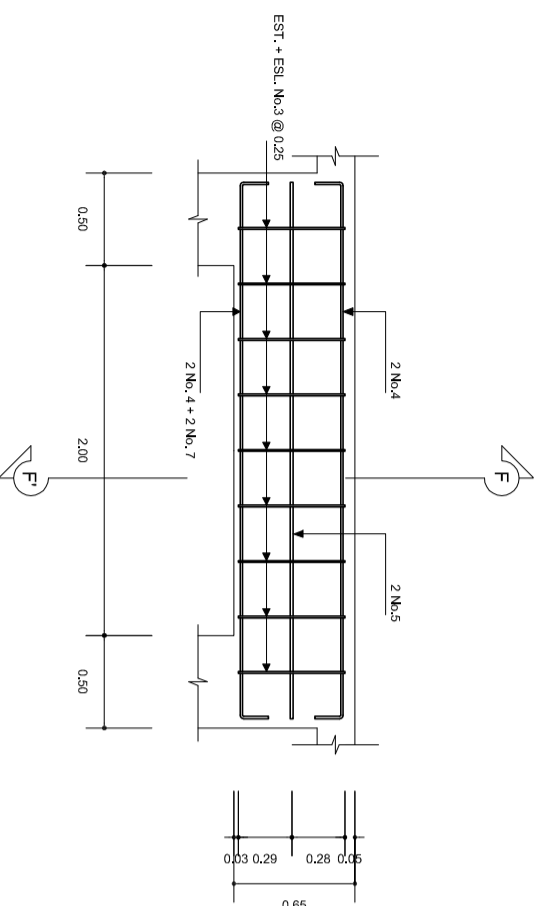
### DETALLE FRONTAL DEL POSTE, BARANDAL

ESCALA 1:20



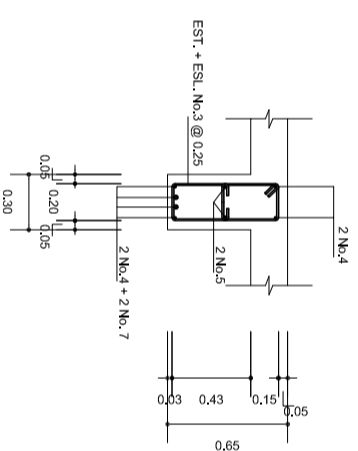
### DETALLE FRONTAL DE BARANDA DE APROXIMACIÓN

ESCALA 1:20



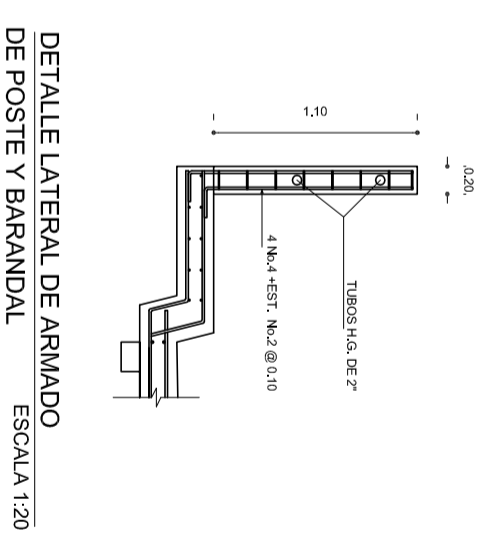
### REFUERZO DE DIAFRAGMA EXTERIOR

ESCALA 1:20



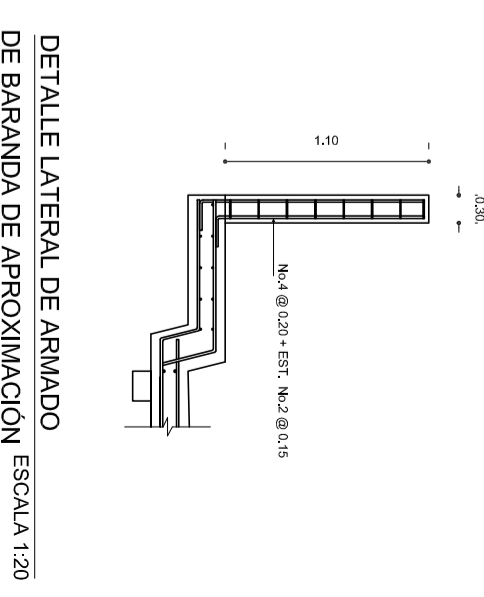
### SECCION F-F'

ESCALA 1:20



### DETALLE LATERAL DE ARMADO DE POSTE Y BARANDAL

ESCALA 1:20



### DETALLE LATERAL DE ARMADO DE BARANDA DE APROXIMACIÓN

ESCALA 1:20

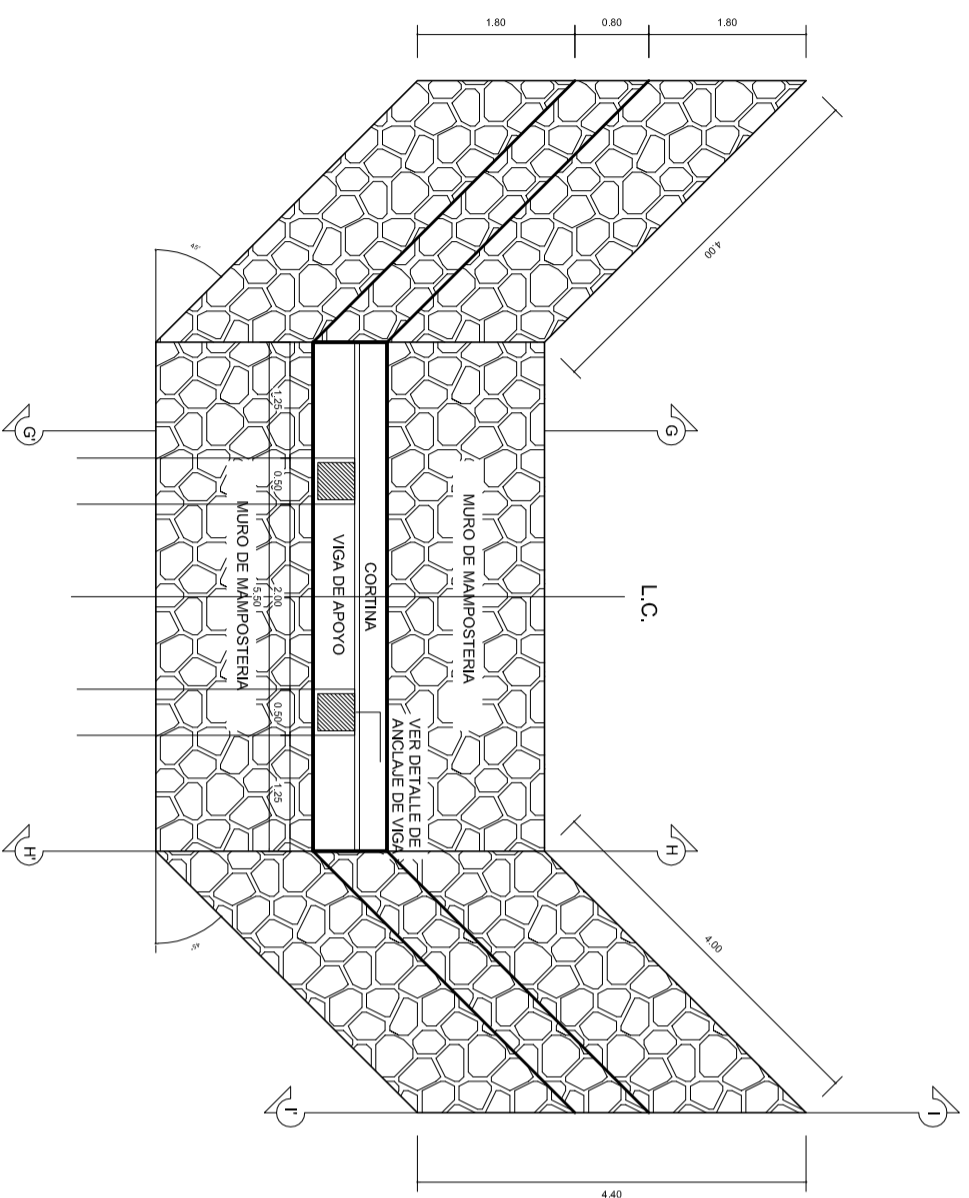
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR  
MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACARBA, QUICHÉ

PROYECTO: DISEÑO DE PANTÓN VEHICULAR EN EL CASERIO TIZIMIA  
CONTENIDO: VIGAS, DIAFRAGMAS, POSTE Y BARANDAL  
ASesor DE REGION: ING. ANGEL SC.  
DISEÑO: ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
DIRECCION: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

ESCALA: INDICADA  
FECHA: OCTUBRE 2012  
HOJA No. 3

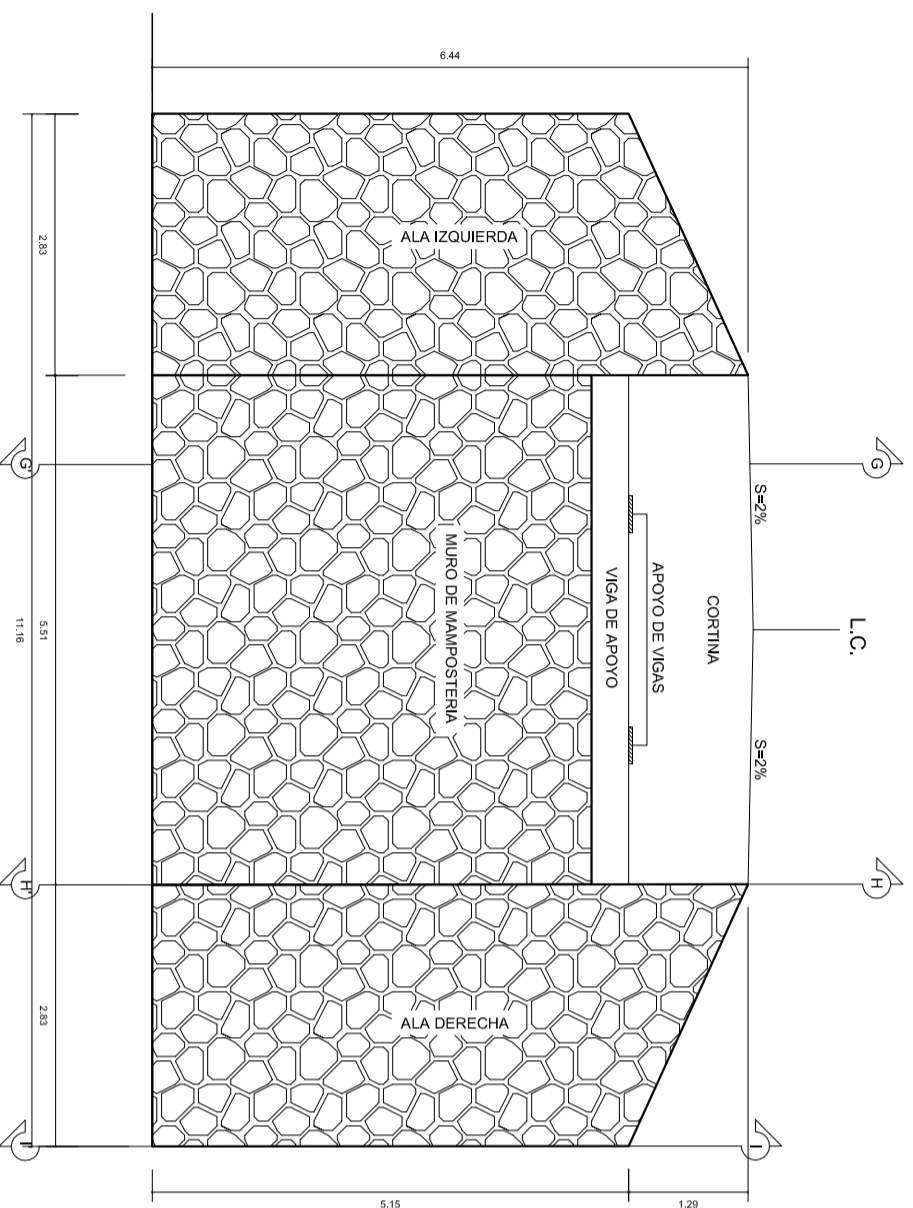
ING. ANGEL ROBERTO SC. GARCIA  
ING. ANGEL SC.  
ING. ANGEL SC.  
ING. ANGEL SC.

Vs. Sr. ALCALDE MUNICIPAL



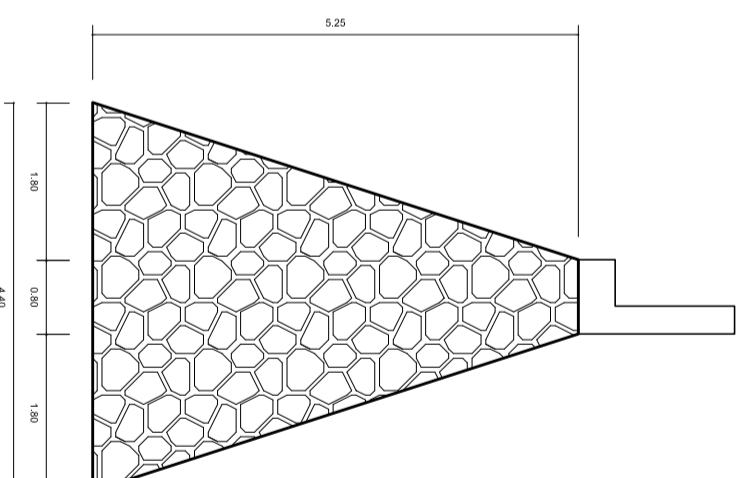
**PLANTA DE ESTRIBOS**

ESCALA 1:50



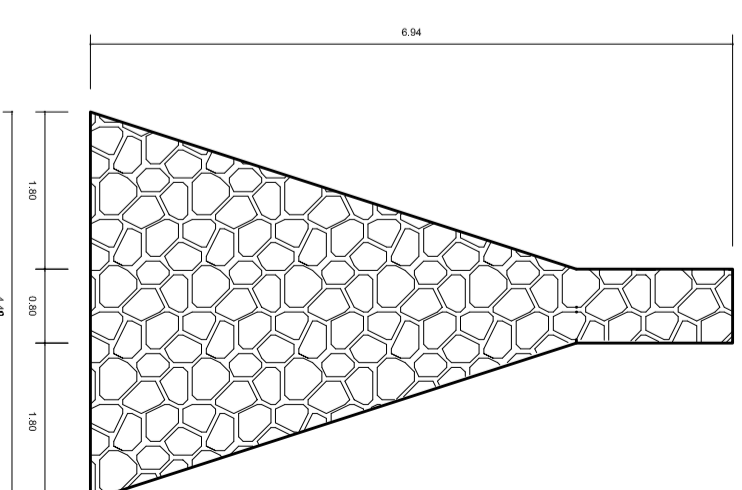
**ELEVACION DE ESTRIBOS**

ESCALA 1:50



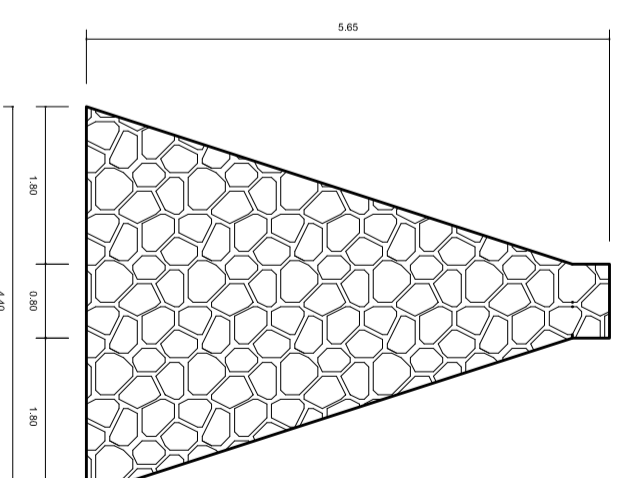
**SECCION G-G'**

ESCALA 1:50



**SECCION H-H'**

ESCALA 1:50



**SECCION I-I'**

ESCALA 1:50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SACARBA, QUICHE

PROYECTO: DISEÑO DE PUNTE VEHICULAR EN EL CASERIO TETZIMA

CONTENIDO: MURO DE MAMPOSTERIA

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL S.C.

DISEÑO: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

VERIFICACION: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA

ASESOR E.P.S.

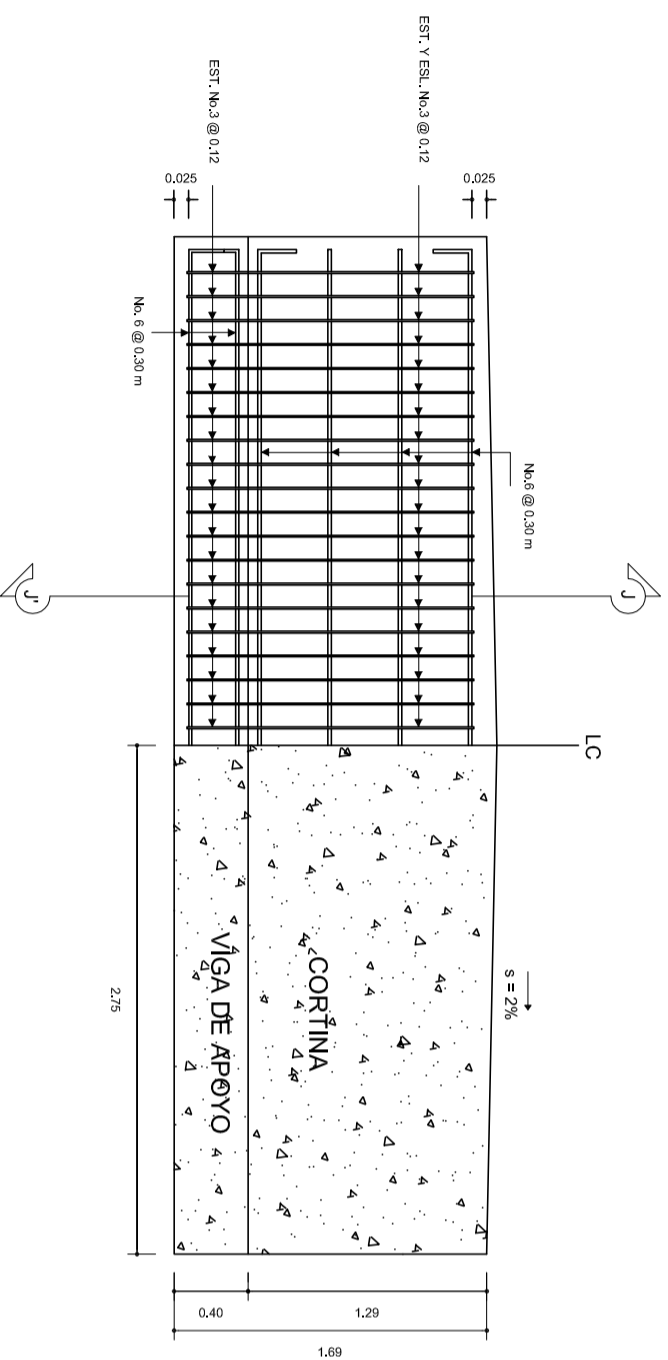
ESCALA: INDICADA

FECHA: OCTUBRE 2012

HOJA No. 4

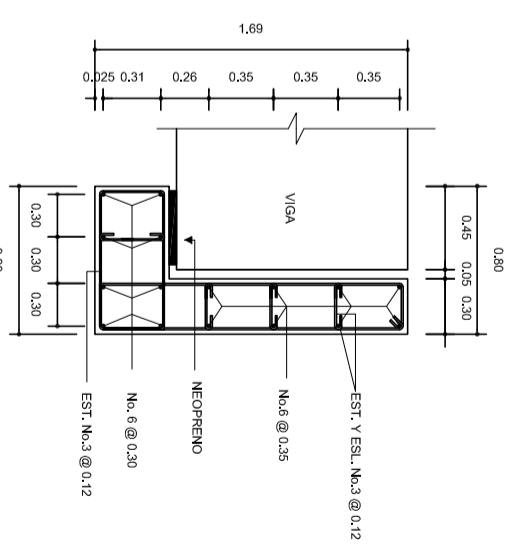
5

Va. Sr. ALCALDE MUNICIPAL



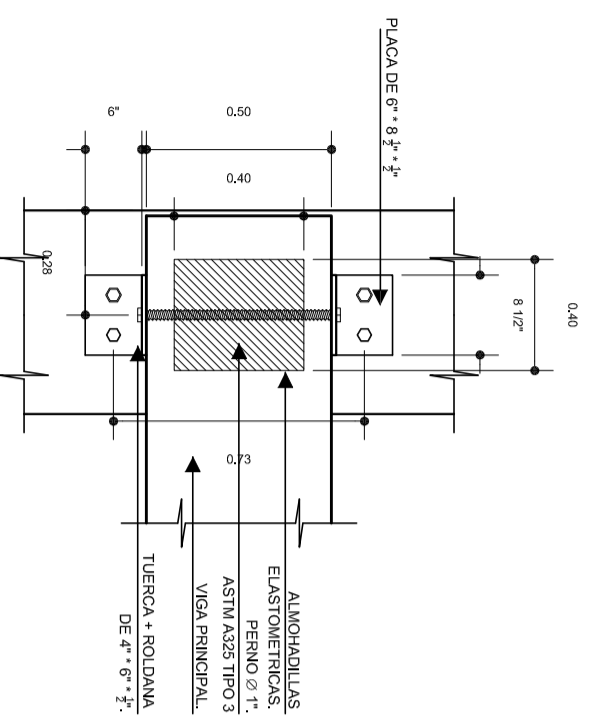
**ELEVACIÓN VIGA DE APOYO Y CORTINA**

ESCALA 1:20



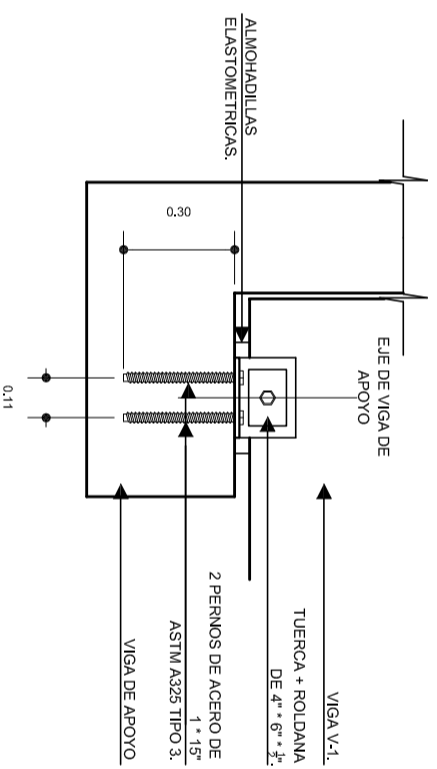
**SECCIÓN J-J'**

ESCALA 1:20



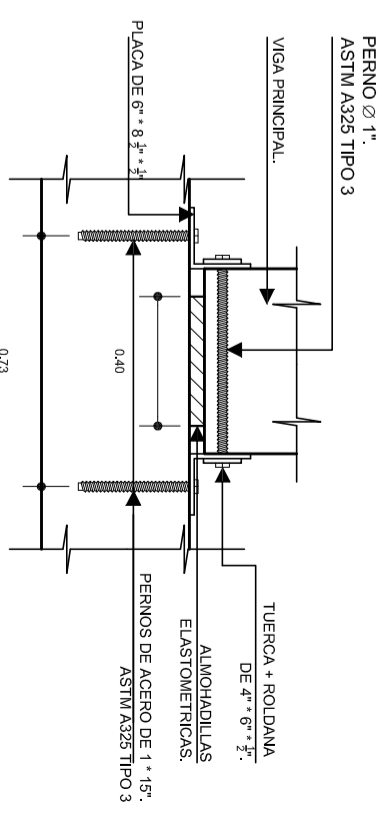
**PLANTA DE ANCLAJE Y APOYOS DE NEOPRENO**

ESCALA 1:10



**PERFIL DE ANCLAJE Y APOYOS DE NEOPRENO**

ESCALA 1:10

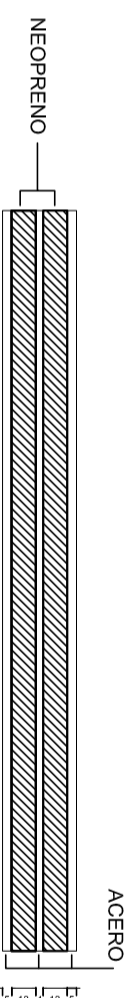


**ELEVACIÓN DE ANCLAJE Y APOYOS DE NEOPRENO**

ESCALA 1:10

**ESPECIFICACIONES DE APOYOS ELASTOMETRICOS**

- La unión entre las planchas de neopreno y las placas metálicas deberá hacerse con un pegamento que evite su separación.
- Las dimensiones del neopreno son de 40 cm \* 40 cm \* 1.3 cm, con una dureza Shore 60.
- Las placas metálicas deben de cumplir con la resistencia especificada AASHTO M 270 ASTM A 709M) con una resistencia de 250 Mpa.
- Los apoyos de Neopreno deben colocarse en una sola envoltura conteniendo tanto las placas de Neopreno como las placas metálicas que las separan. El espesor total es de 40 mm, siendo el orden de colocación el siguiente: placa de metal de 5 mm, placa de Neopreno de 13 mm, placa de metal de 4 mm, placa de Neopreno de 13 mm, placa de metal de 5 mm.



**DETALLE DE ARMADO DE APOYOS ELASTOMETRICOS**

ESCALA 1:2

NOTA: EL ESPESOR DE LAS PLACAS DE ACERO Y DEL NEOPRENO ESTÁN DADOS EN MM

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACUBÁ, QUiché

PROYECTO:	DISEÑO DE PLANTE VEHICULAR EN EL CASERIO TERTIMA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	VIGA DE APOYO CORTINA Y APOYOS ELASTOMETRICOS	FECHA:	OCTUBRE 2012
ASESOR DE REGION:	ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO	HOJA No.	5
DISEÑO:	ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO		
DIRIGIDO:	ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO		
REVISADO:	ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO		

ING. ANGELO ROBERTO SACUBÁ  
 ASISOR EJES

Via. Bn. ALCALDE MUNICIPAL

LIBRETA TOPOGRAFICA			LIBRETA TOPOGRAFICA				
DE	A	AZMUT	DH	DE	A	AZMUT	DH
0	1	329°20'20"	20,00	55	56	9°47'50"	20,00
1	2	326°50'10"	20,00	56	57	6°9'10"	20,00
2	3	326°15'50"	20,00	57	58	19°2'30"	20,00
3	4	328°9'10"	20,00	58	59	50°17'50"	20,00
4	5	308°12'30"	20,00	59	60	12°24'40"	20,00
5	6	344°49'10"	20,00	60	61	38°33'50"	20,00
6	7	324°51'10"	20,00	61	62	13°30'20"	20,00
7	8	304°38'20"	20,00	62	63	35°52'10"	20,00
8	9	342°52'20"	20,00	63	64	2°19'10"	20,00
9	10	0°1'50"	20,00	64	65	23°11'50"	20,00
10	11	4°59'10"	20,00	65	66	1°39'32"	20,00
11	12	34°13'20"	20,00	66	67	32°33'40"	20,00
12	13	89°12'10"	20,00	67	68	18°11'20"	20,00
13	14	27°51'10"	20,00	68	69	32°14'310"	20,00
14	15	21°40'10"	20,00	69	70	348°38'10"	20,00
15	16	50°37'20"	20,00	70	71	320°29'50"	20,00
16	17	50°37'20"	20,00	71	72	334°56'30"	20,00
17	18	38°8'90"	20,00	72	73	338°03'0"	20,00
18	19	15°53'20"	20,00	73	74	4°12'40"	20,00
19	20	34°9'90"	20,00	74	75	345°36'40"	20,00
20	21	50°42'20"	20,00	75	76	5°31'10"	20,00
21	22	28°14'0"	20,00	76	77	24°40'10"	20,00
22	23	26°15'50"	20,00	77	78	81°1'30"	20,00
23	24	28°50'90"	20,00	78	79	88°39'50"	20,00
24	25	10°0'10"	20,00	79	80	109°33'50"	20,00
25	26	15°53'20"	20,00	80	81	105°18'10"	20,00
26	27	320°12'10"	20,00	81	82	81°39'10"	20,00
27	28	325°16'50"	20,00	82	83	51°33'50"	20,00
28	29	1°25'50"	20,00	83	84	70°18'50"	20,00
29	30	317°27'10"	20,00	84	85	89°50'10"	20,00
30	31	346°32'30"	20,00	85	86	25°57'40"	20,00
31	32	19°14'50"	20,00	86	87	60°38'30"	20,00
32	33	20°16'40"	20,00	87	88	41°1'30"	20,00
33	34	339°33'40"	20,00	88	89	21°55'0"	20,00
34	35	34°56'10"	20,00	89	90	47°29'40"	20,00
35	36	2°15'40"	20,00	90	91	21°25'90"	20,00
36	37	51°38'50"	20,00	91	92	35°14'40"	20,00
37	38	28°15'10"	20,00	92	93	38°25'50"	20,00
38	39	339°28'50"	20,00	93	94	16°44'50"	20,00
39	40	11°28'10"	20,00	94	95	18°12'20"	20,00
40	41	11°28'10"	20,00	95	96	16°45'10"	20,00
41	42	10°5'40"	20,00	96	97	21°19'30"	20,00
42	43	26°5'50"	20,00	97	98	55°5'40"	20,00
43	44	68°52'0"	20,00	98	99	59°33'0"	20,00
44	45	55°30'50"	20,00	99	100	60°54'30"	20,00
45	46	28°7'90"	20,00	100	101	65°53'0"	20,00
46	47	39°38'50"	20,00	101	102	41°12'50"	20,00
47	48	23°57'30"	20,00	102	103	64°29'20"	20,00
48	49	38°22'20"	20,00	103	104	48°16'50"	20,00
49	50	10°12'30"	20,00	104	105	44°32'50"	20,00
50	51	16°25'40"	20,00	105	106	52°1'40"	20,00
51	52	343°19'30"	20,00	106	107	61°18'30"	20,00
52	53	356°28'20"	20,00	107	108	46°57'30"	20,00
53	54	5°50'30"	20,00	108	109	46°34'50"	20,00
54	55	5°14'10"	20,00	109	110	49°44'30"	20,00

LIBRETA TOPOGRAFICA			LIBRETA TOPOGRAFICA				
DE	A	AZMUT	DH	DE	A	AZMUT	DH
55	56	9°47'50"	20,00	109	110	49°44'30"	20,00
56	57	6°9'10"	20,00				
57	58	19°2'30"	20,00				
58	59	50°17'50"	20,00				
59	60	12°24'40"	20,00				
60	61	38°33'50"	20,00				
61	62	13°30'20"	20,00				
62	63	35°52'10"	20,00				
63	64	2°19'10"	20,00				
64	65	23°11'50"	20,00				
65	66	1°39'32"	20,00				
66	67	32°33'40"	20,00				
67	68	18°11'20"	20,00				
68	69	32°14'310"	20,00				
69	70	348°38'10"	20,00				
70	71	320°29'50"	20,00				
71	72	334°56'30"	20,00				
72	73	338°03'0"	20,00				
73	74	4°12'40"	20,00				
74	75	345°36'40"	20,00				
75	76	5°31'10"	20,00				
76	77	24°40'10"	20,00				
77	78	81°1'30"	20,00				
78	79	88°39'50"	20,00				
79	80	109°33'50"	20,00				
80	81	105°18'10"	20,00				
81	82	81°39'10"	20,00				
82	83	51°33'50"	20,00				
83	84	70°18'50"	20,00				
84	85	89°50'10"	20,00				
85	86	25°57'40"	20,00				
86	87	60°38'30"	20,00				
87	88	41°1'30"	20,00				
88	89	21°55'0"	20,00				
89	90	47°29'40"	20,00				
90	91	21°25'90"	20,00				
91	92	35°14'40"	20,00				
92	93	38°25'50"	20,00				
93	94	16°44'50"	20,00				
94	95	18°12'20"	20,00				
95	96	16°45'10"	20,00				
96	97	21°19'30"	20,00				
97	98	55°5'40"	20,00				
98	99	59°33'0"	20,00				
99	100	60°54'30"	20,00				
100	101	65°53'0"	20,00				
101	102	41°12'50"	20,00				
102	103	64°29'20"	20,00				
103	104	48°16'50"	20,00				
104	105	44°32'50"	20,00				
105	106	52°1'40"	20,00				
106	107	61°18'30"	20,00				
107	108	46°57'30"	20,00				
108	109	46°34'50"	20,00				
109	110	49°44'30"	20,00				



PLANTA  
ESC 1/4000

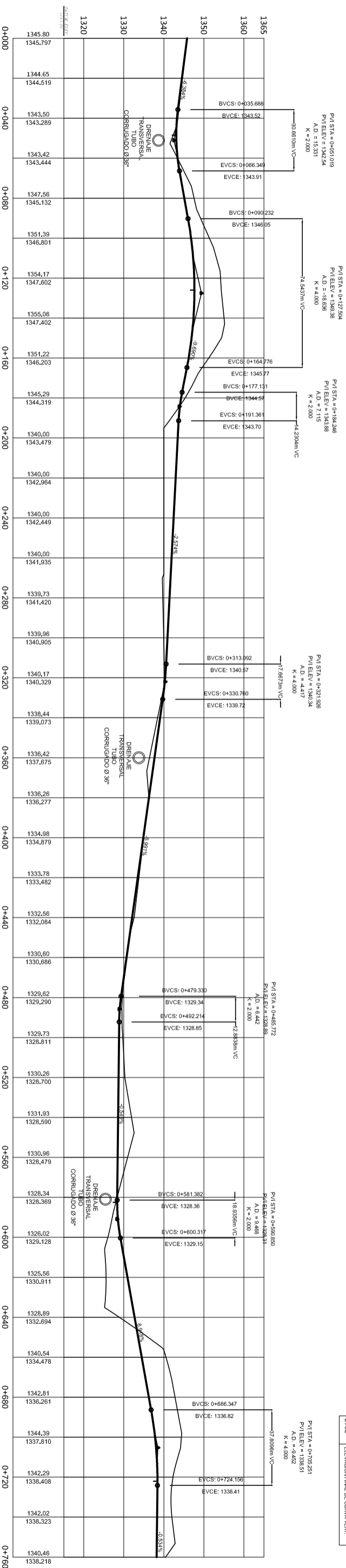


CASERIO MANGALES

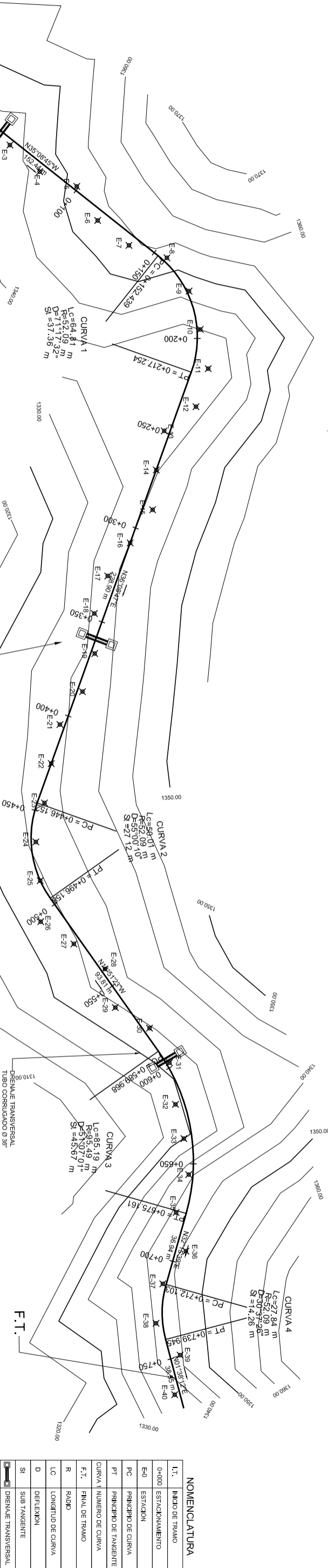
CASERIO TONOLAJIC

LIBRETA TOPOGRAFICA			LIBRETA TOPOGRAFICA				
DE	A	AZMUT	DH	DE	A	AZMUT	DH
55	56	9°47'50"	20,00	173	174	337°13'50"	20,00
56	57	6°5'10"	20,00	174	175	19°46'40"	20,00
57	58	19°2'30"	20,00	175	176	21°16'10"	20,00
58	59	50°17'50"	20,00	176	177	54°46'0"	20,00
59	60	12°24'40"	20,00	177	178	101°17'30"	20,00
60	61	38°33'50"	20,00	178	179	69°59'0"	20,00
61	62	13°30'20"	20,00	179	180	28°13'20"	20,00
62	63	35°52'10"	20,00	180	181	48°7'40"	20,00
63	64	2°19'10"	20,00	181	182	47°25'0"	20,00
64	65	23°11'50"	20,00	182	183	15°34'0"	20,00
65	66	1°39'32"	20,00	183	184	49°37'20"	20,00
66	67	32°33'40"	20,00	184	185	14°49'10"	20,00
67	68	18°11'20"	20,00	185	186	1°12'0"	20,00
68	69	32°14'310"	20,00	186	187	10°57'30"	20,00
69	70	348°38'10"	20,00	187	188	351°44'40"	20,00
70	71	320°29'50"	20,00	188	189	26°33'20"	20,00
71	72	334°56'30"	20,00	189	190	23°55'0"	20,00
72	73	338°0'30"	20,00	190	191	348°59'50"	20,00
73	74	4°12'40"	20,00	191	192	37°56'50"	20,00
74	75	345°36'40"	20,00	192	193	20°33'40"	20,00
75	76	5°31'10"	20,00	193	194	43°13'10"	20,00
76	77	24°40'10"	20,00	194	195	37°37'20"	20,00
77	78	81°1'30"	20,00	195	196	356°28'40"	20,00
78	79	88°39'50"	20,00	196	197	33°24'10"	20,00
79	80	109°33'50"	20,00	197	198	25°16'50"	20,00
80	81	105°18'10"	20,00	198	199	347°39'30"	20,00
81	82	81°39'10"	20,00	199	200	23°45'50"	20,00
82	83	51°33'50"	20,00	200	201	344°38'50"	20,00
83	84	70°18'50"	20,00	201	202	343°16'10"	20,00
84	85	89°50'10"	20,00	202	203	357°55'30"	20,00
85	86	25°57'40"	20,00	203	204	345°32'20"	20,00
86	87	60°38'30"	20,00	204	205	22°11'0"	20,00
87	88	41°1'30"	20,00	205	206	41°35'10"	20,00
88	89	21°55'0"	20,00	206	207	77°50'10"	20,00
89	90	47°29'40"	20,00	207	208	93°52'30"	20,00
90	91	21°25'90"	20,00	208	209	49°72'0"	20,00
91	92	35°14'40"	20,00	209	210	80°14'40"	20,00
92	93	38°25'50"	20,00	210	211	52°21'10"	20,00
93	94	16°44'50"	20,00	211	212	58°5'30"	20,00
94	95	18°12'20"	20,00	212	213	24°28'50"	20,00
95	96	16°45'10"	20,00	213	214	340°38'50"	20,00
96	97	21°19'30"	20,00	214	215	22°25'50"	20,00
97	98	55°5'40"	20,00	215	216	341°57'0"	

NOMENCLATURA	
PVI STA.	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PVI ELEV.	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
A.D.	DIFERENCIA ALABEDA PENDIENTES
K	FACTOR DE CURVATURA
VC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	INICIO DE CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT.
EVCS	FINAL DE CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT.



**PERFIL DE TRAMO 1 DE 0+000.00 A 0+760.00**  
 ESC: H 1/1000, V 1/500



NOMENCLATURA	
I.T.	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E-0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LC	CURVA 1 NUMERO DE CURVA
F.T.	FINAL DE TRAMO
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEXION
St	SUB TANGENTE
	DRENAJE TRANSVERSAL



**PLANTA DE TRAMO 1 DE 0+000.00 A 0+760.00**  
 ESC: 1/1000

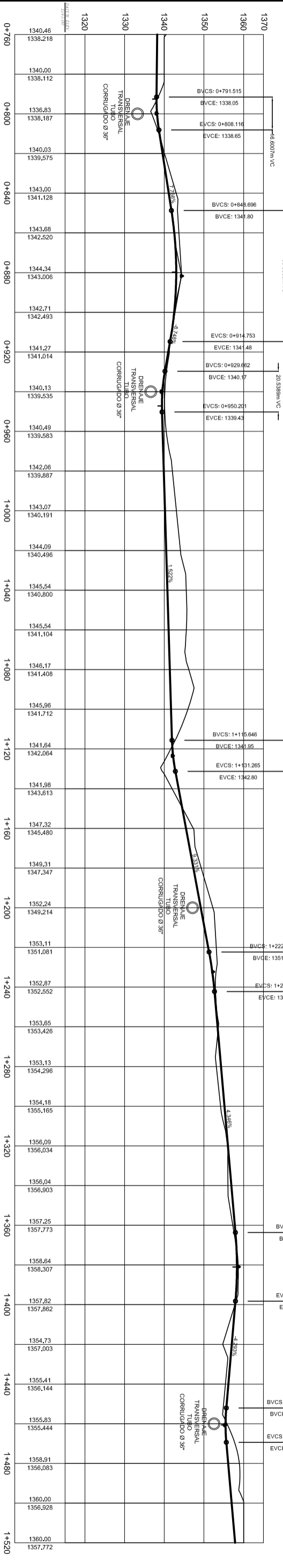
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE OBRAS DE FERROVIARIAS  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SAJUBAJA, QUICHE

PROYECTO:	CAMINERA DEL CASERIO MANAGUALS AL CASERIO TONJALIC	ESCALA:	GENERICIA
ASISOR DE REGION:	ING. ANSEL SIC	DISEÑO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO
DIRIJO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO	CALEFICADO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO
FECHA:	OCTUBRE 2012	HORA No.	2
			13

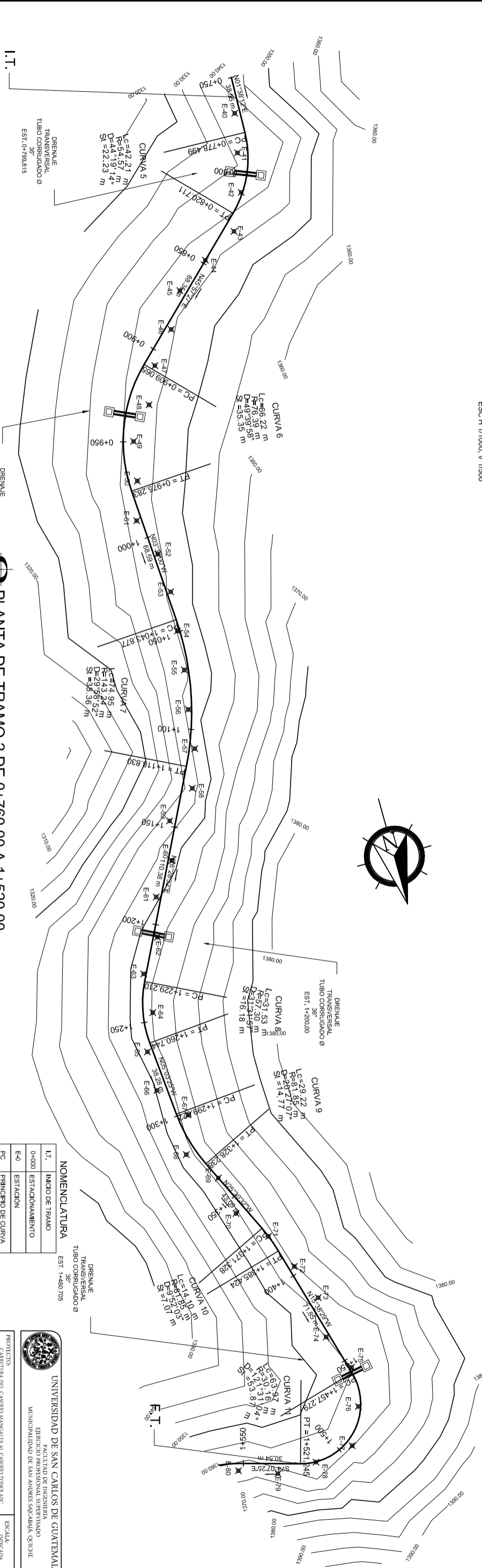
ING. ANGEL ROBERTO SIG GARCIA  
 ASISOR EN CH  
 VA. BA. ALCALDE MUNICIPAL

**NOMENCLATURA**

PIA STA	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PIA ELEV	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
A.D.	DIFERENCIA ALGEBRAICA PENDIENTES
K	FACTOR DE CURVATURA
VC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	INICIO DE CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT.
EVCS	FINAL DE CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT.



**PERFIL DE TRAMO 2 DE 0+760.00 A 1+520.00**  
 ESC: H 1/1000, V 1/500



**PLANTA DE TRAMO 2 DE 0+760.00 A 1+520.00**  
 ESC: 1/1000

**NOMENCLATURA**

I.T.	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E-0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PI	PRINCIPIO DE TANGENTE
VC	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEXION
SI	SUB TANGENTE
	DRENAJE TRANSVERSAL

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPIO DE SAN ANDRES SACARBA, QUICHE

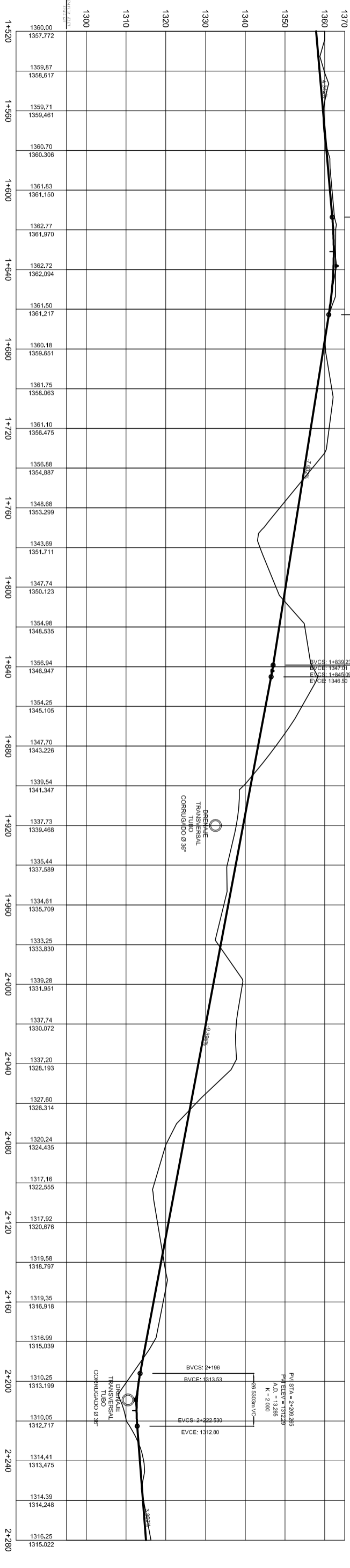
PROYECTO: CARRETERA DEL CASERIO MANAGALES AL CASERIO TONGUAC  
 CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE 0+760.00 A 1+520.00 TRAMO 2  
 ASesor DE REGION: ING. ANGELO S.C.  
 DISEÑO: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
 CALIFICADO: EUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
 FECHA: OCTUBRE 2012

HOJA No. 3  
 DE 13

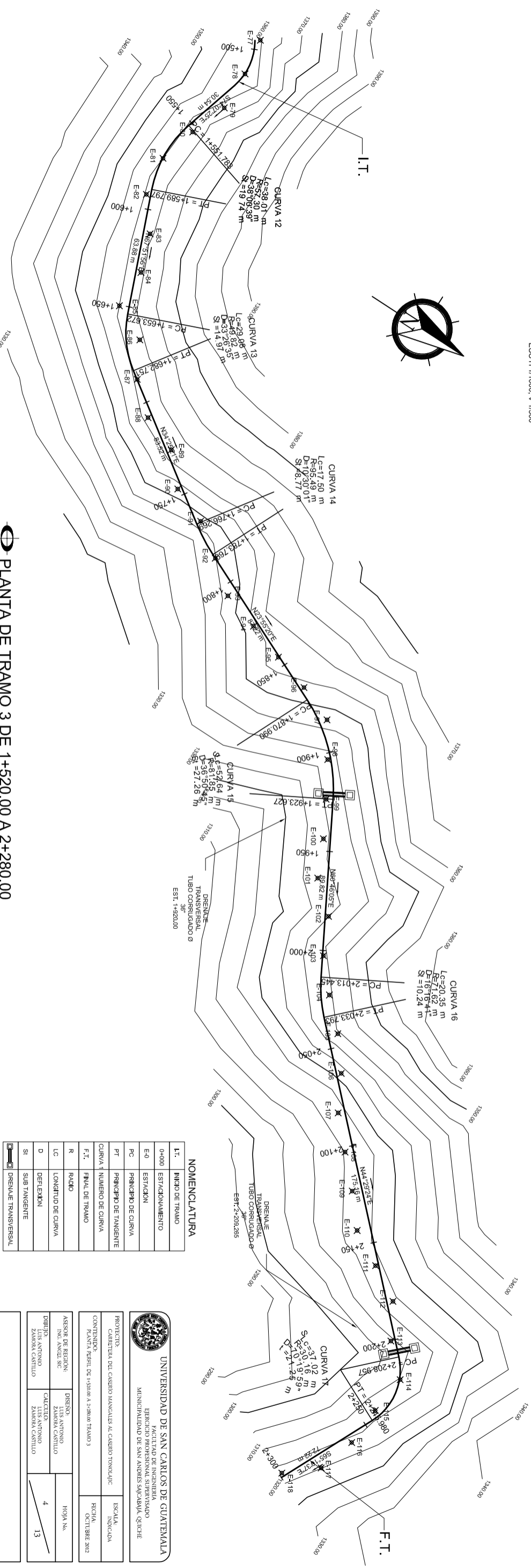
ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCIA  
 Vº. Sr. ALCALDE MUNICIPAL

**NOMENCLATURA**

PVI STA	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PVI ELEV	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
A.D.	DIFERENCIA ALGEBRAICA PENDIENTES
K	FACTOR DE CURVATURA
VC	COMBITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	INICIO DE CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT.
EVCS	FINAL DE CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT.



**PERFIL DE TRAMO 3 DE 1+520.00 A 2+280.00**  
 ESC H 1/1000, V 1/500



**PLANTA DE TRAMO 3 DE 1+520.00 A 2+280.00**  
 ESC 1/1500

**NOMENCLATURA**

I.T.	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E-0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
VC	COMBITUD DE CURVA
F.T.	FINAL DE TRAMO
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEXION
SI	SUB TANGENTE
	DRENIALE TRANSVERSAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SACACÁVA, QUICHE

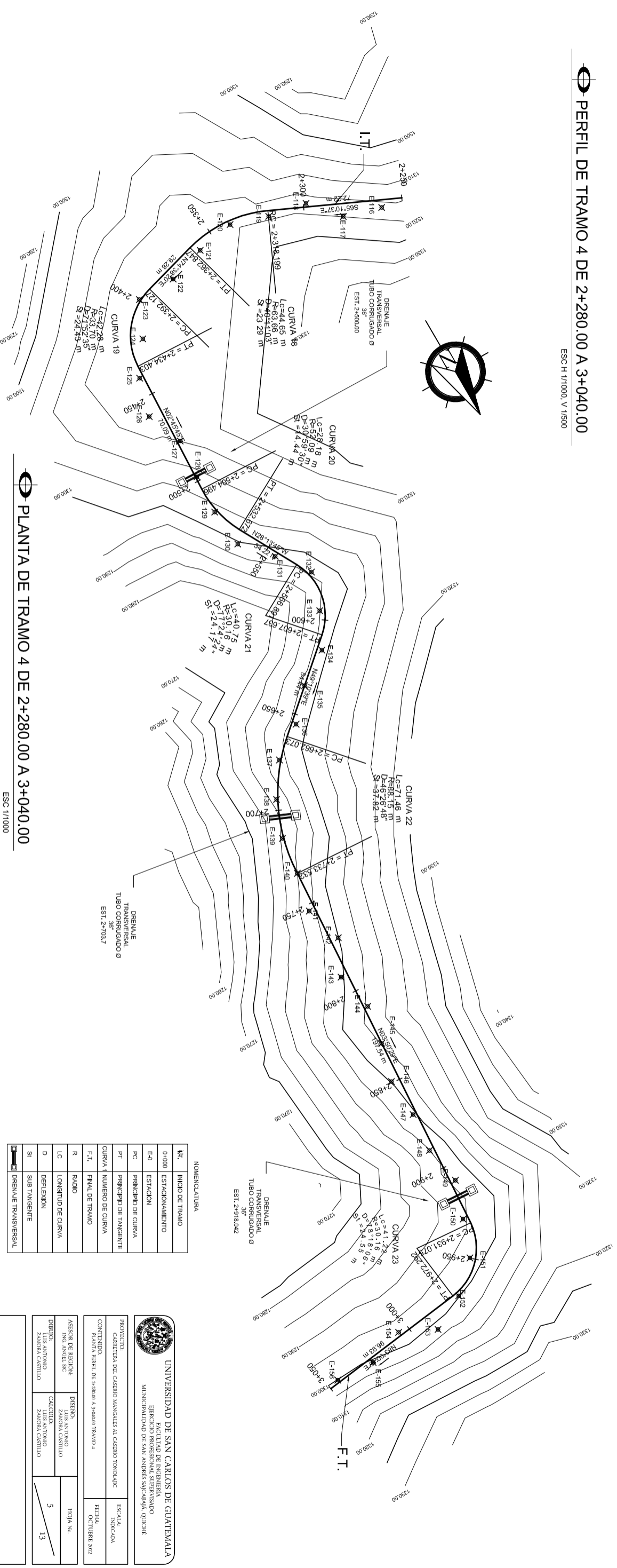
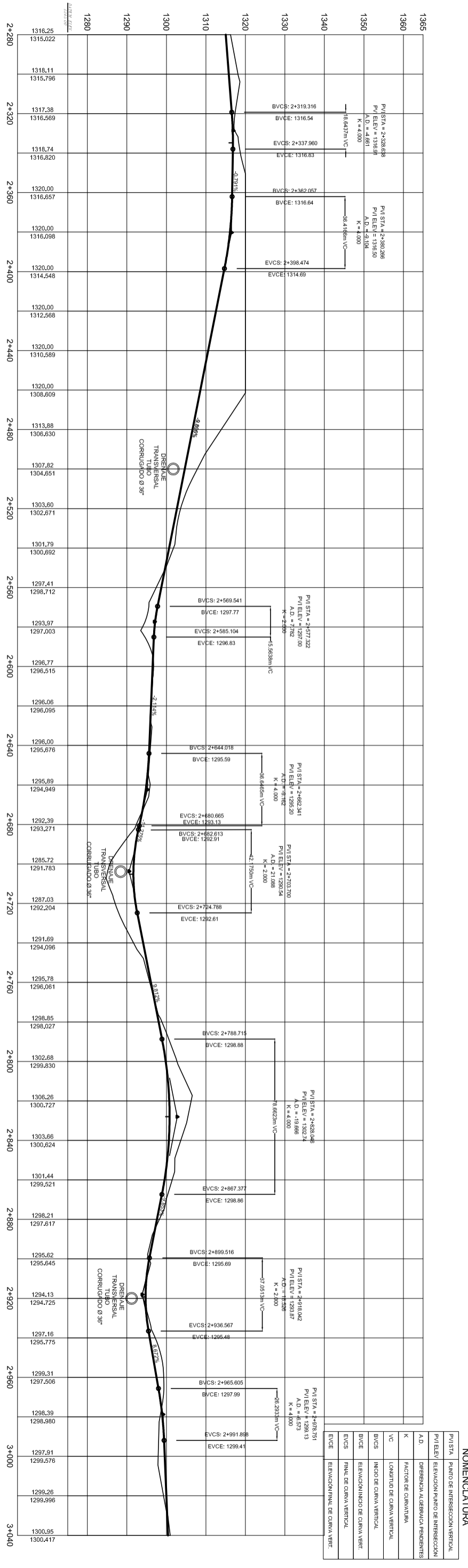
PROYECTO: CARRERA DEL CASERIO MANUALES AL CASERIO TONUJIC  
 PLANIA ABEL DE TRAMO A 1+800.00 TRAMO 3

CONTEUDO: DISEÑO: ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
 ING. ANGEL SIC  
 CALCULO: LIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

ASISOR DE REGION: LIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
 DIBUJO: LIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA  
 ANSOR E.N.S.  
 ESCALA: 1/5000  
 FECHA: OCTUBRE 2012  
 HOJA No. 4  
 TOTAL: 13

Va. Sr. ALCALDE MUNICIPAL



**NOMENCLATURA**

PIV STA	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PIV STA = 2+328.618	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
PIV STA = 2+362.057	DIFERENCIA ALZERRA/ABAJERRAS
PIV STA = 2+462.341	FACTOR DE CURVATURA
PIV STA = 2+703.100	CONSTANTE DE CURVA VERTICAL
PIV STA = 2+826.048	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV STA = 2+918.042	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT.
PIV STA = 2+978.751	FINAL DE CURVA VERTICAL
PIV STA = 2+978.751	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT.

**NOMENCLATURA**

VI	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
F.T.	FINAL DE TRAMO
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEXION
SI	SUB TANGENTE
DRENAL	DRENAL TRANSVERSAL

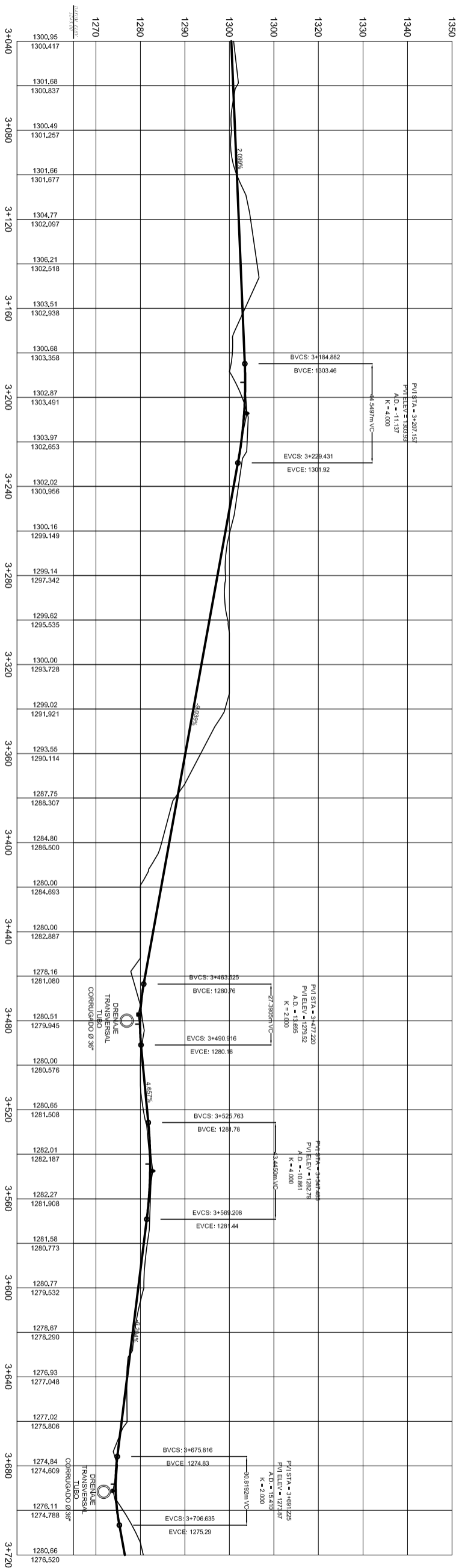
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SAUCABANA, QUICHE

PROYECTO: CARRETERA DEL CASERIO MANCAYES AL CASERIO TONGANCAR  
CONTENIDO: PLANTA TRAMO DE 2+280.00 A 3+040.00 TRAMO 4

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL S.C. ZAMORA CASTILLO	DISEÑO: ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	FECHA: OCTUBRE 2012
DIRECCION: ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	CALCULO: ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	HOJA No. 5
ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCIA		13

Via. Bn. ALCALDE MUNICIPAL

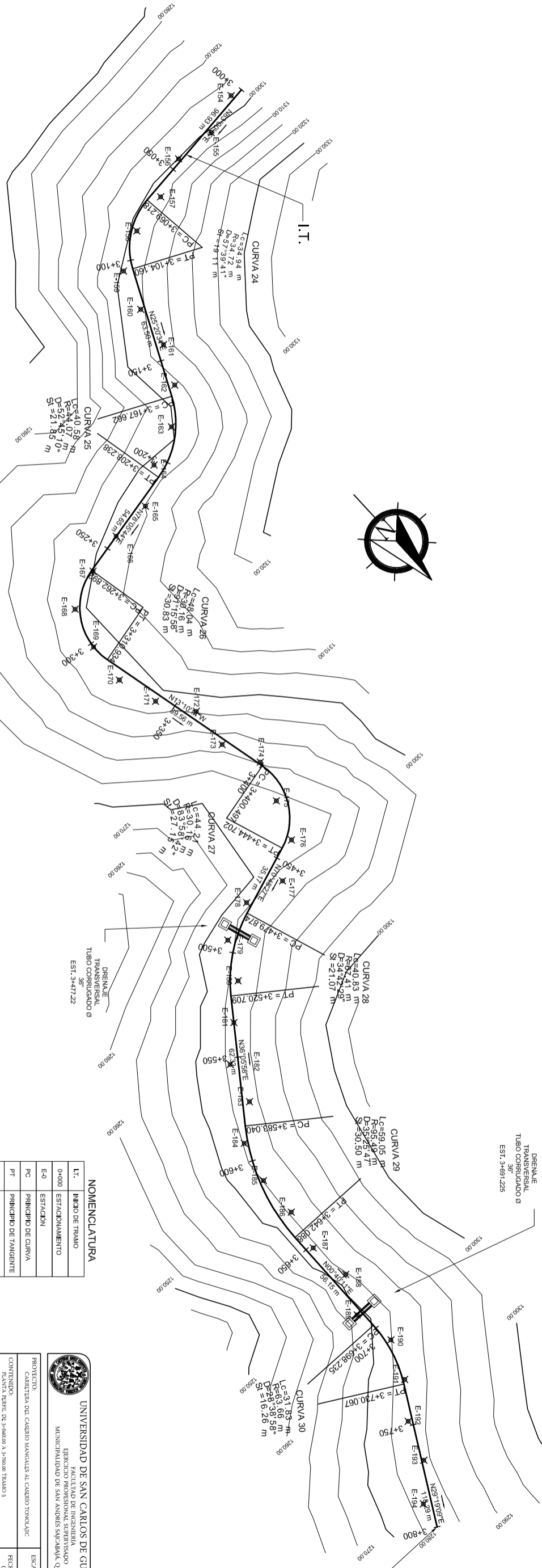




PERFIL DE TRAMO 5 DE 3+040.00 A 3+760.00

ESC:H 1/1000, V 1/500

PIV STA	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PVI ELEV	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
A.D.	DIFERENCIA ALGEBRAICA PENDIENTES
K	FACTOR DE CURVATURA
VC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	INICIO DE CURVA VERTICAL
EVCS	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT.
EVCE	FINAL DE CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT.



PLANTA DE TRAMO 5 DE 3+040.00 A 3+760.00

ESC: 1/1000

NOMENCLATURA	
I.T.	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E-0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PCURVA	NUMERO DE CURVA
F.T.	FINAL DE TRAMO
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEXION
ST	SUB TANGENTE
	DRENAJE TRANSVERSAL

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SAPOCATEMA, QUICHÉ

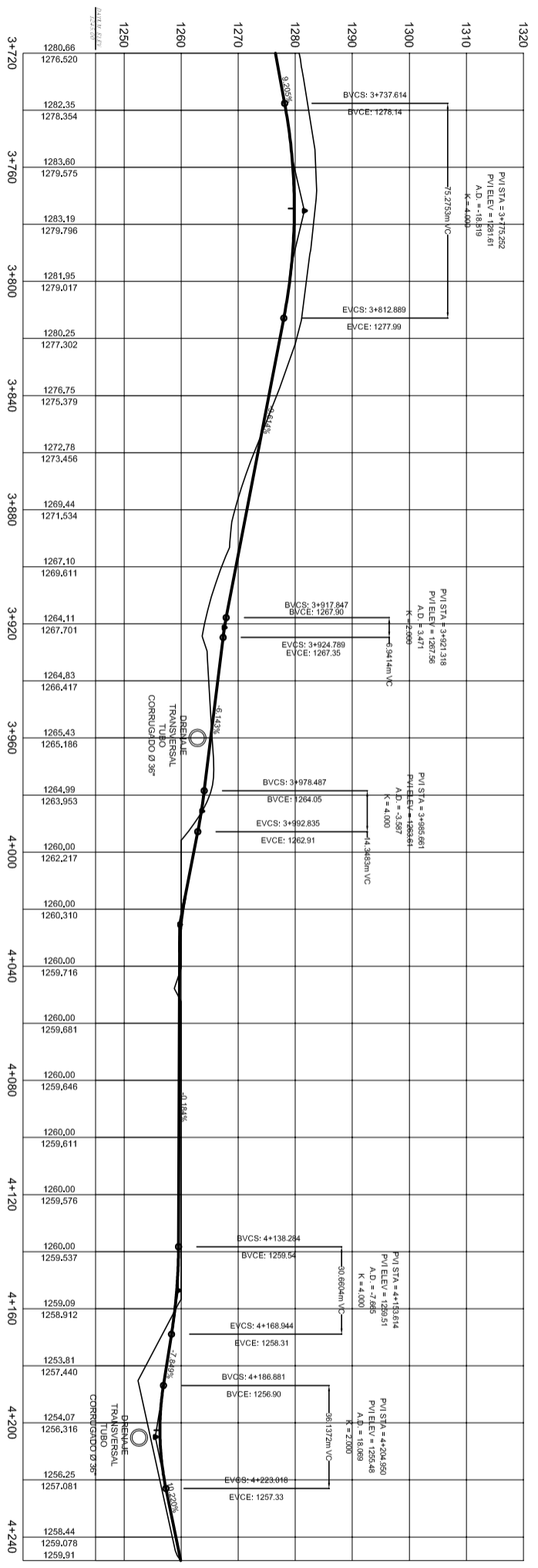
PROYECTO: CARRETERA DEL CASERIO MANAGUÉS AL CASERIO TONGUÁJC  
 CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE 3+040.00 A 3+760.00 TRAMO 5  
 ASesor DE REGION: ING. ANGELO ZAMORA CASTILLO  
 DISEÑO: LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO  
 DIBUJO: LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO

ING. ANGEL ROBERTO SUC GARCIA  
 ASISTENTE EN JEFE

VA. BA. ALCALDE MUNICIPAL

HOJA No. 6

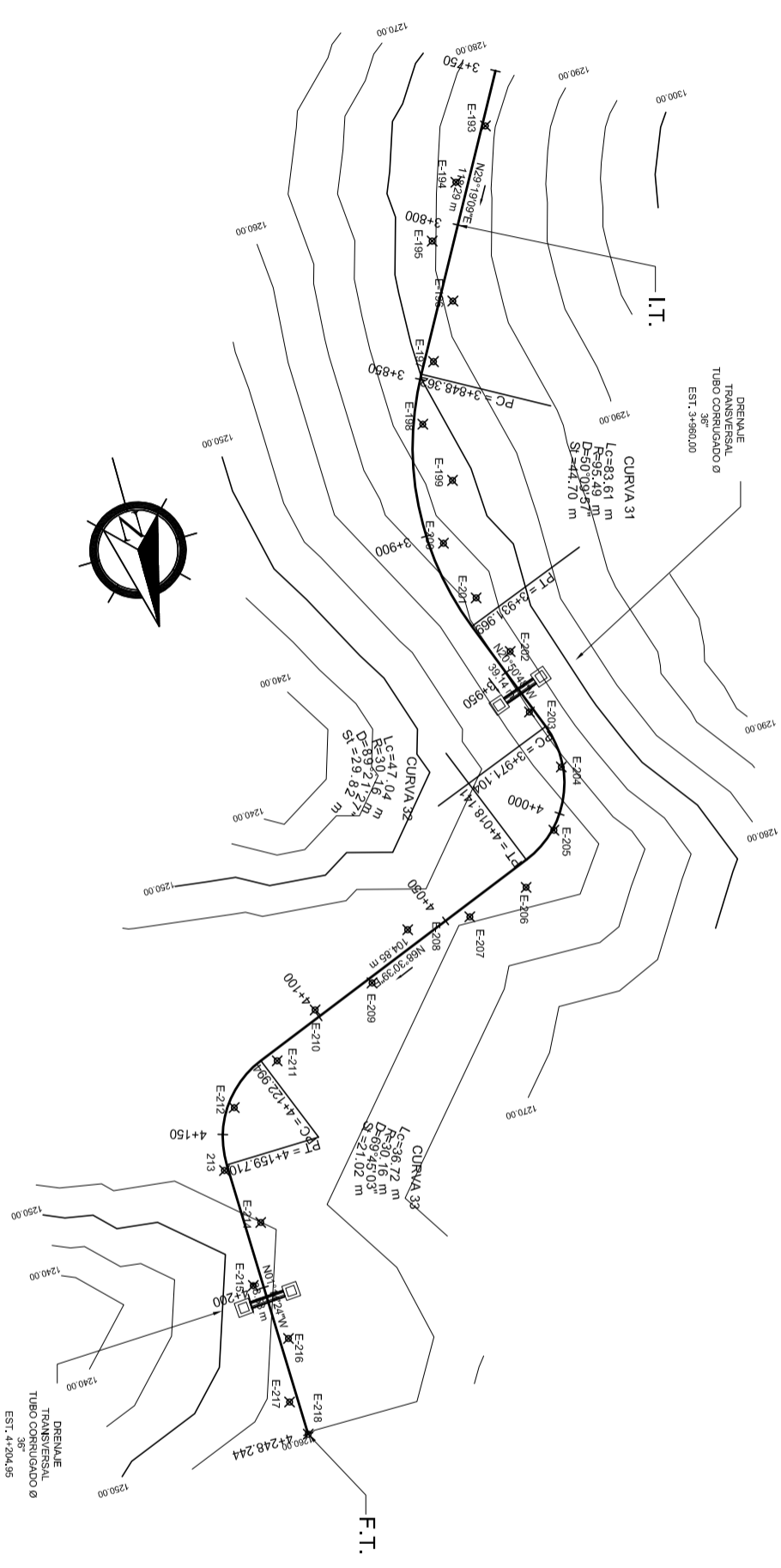
FECHA: OCTUBRE 2012



**NOMENCLATURA**

PIV STA	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PVI ELEV	ELEVACION PUNTO DE INTERSECCION
A.D.	DEFERENCIA AL GEBRICA PENDIENTES
K	FACTOR DE CURVATURA
VC	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
BVCS	INICIO DE CURVA VERTICAL
BVCE	ELEVACION INICIO DE CURVA VERT
EVCS	FINAL DE CURVA VERTICAL
EVCE	ELEVACION FINAL DE CURVA VERT

**PERFIL DE TRAMO 6 DE 3+720.00 A 4+248.244**  
 ESC H 1/1000, V 1/500



**NOMENCLATURA**

LT.	INICIO DE TRAMO
0+000	ESTACIONAMIENTO
E-0	ESTACION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
CURVA 1	NUMERO DE CURVA
F.T.	FINAL DE TRAMO
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
D	DEFLEKION
SI	SUB TANGENTE
	DRENAJE TRANSVERSAL

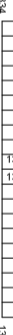
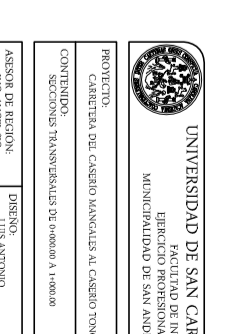
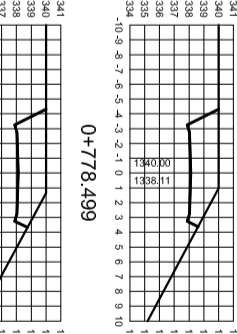
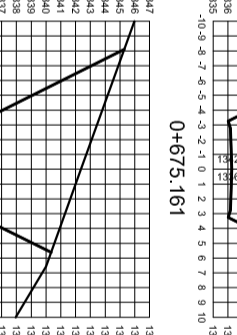
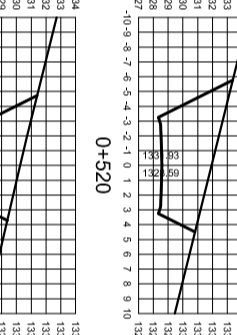
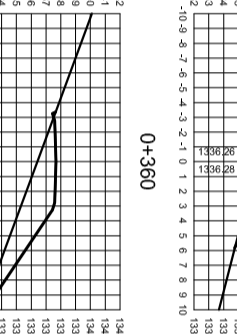
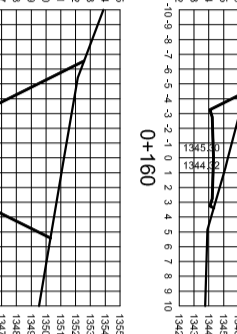
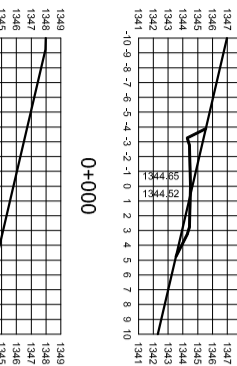
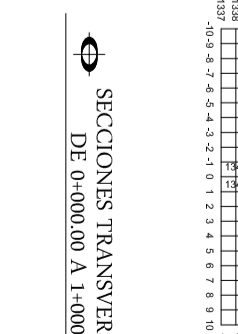
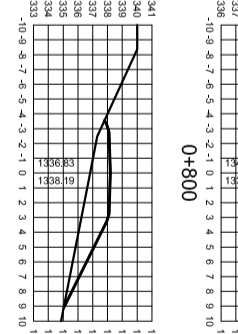
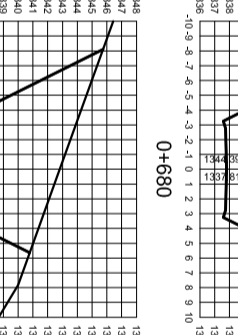
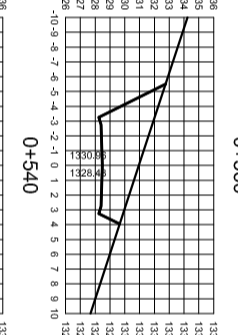
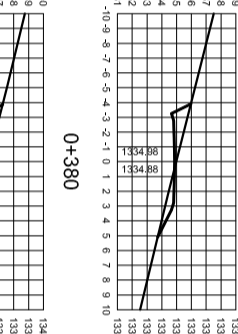
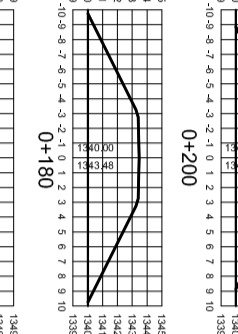
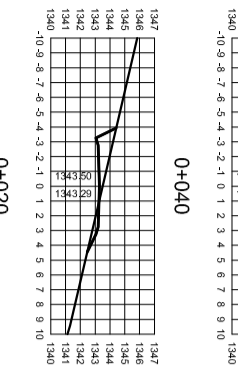
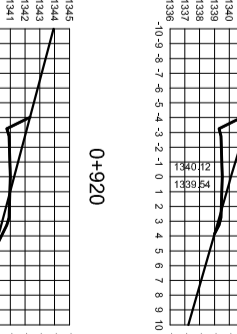
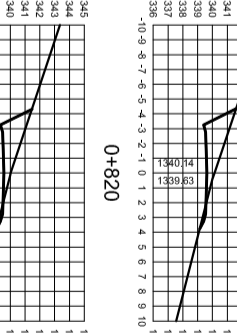
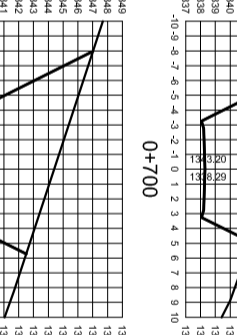
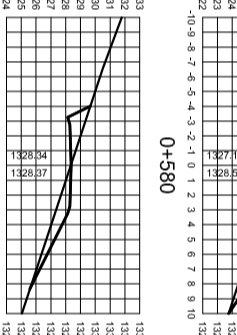
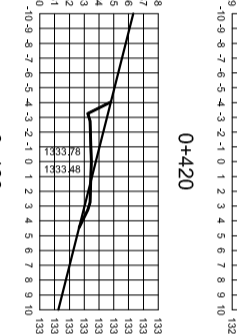
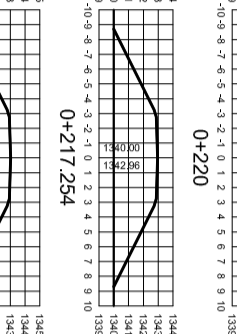
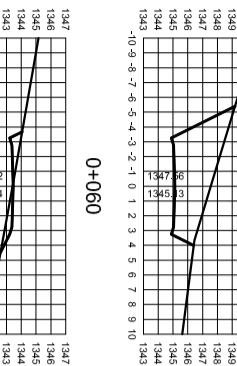
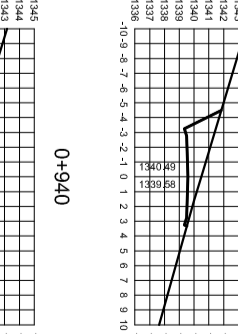
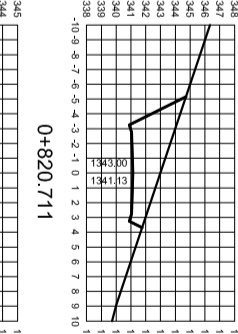
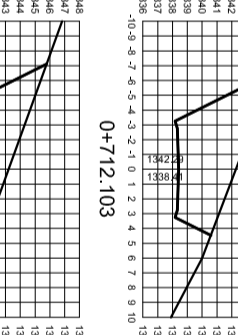
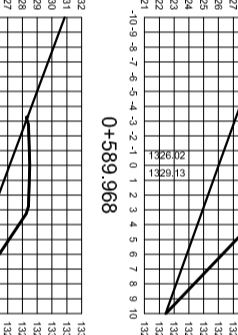
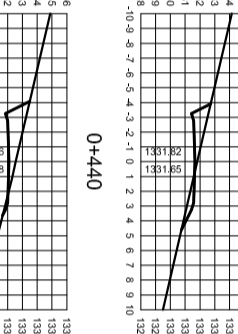
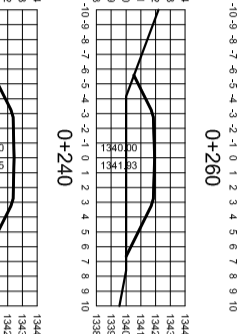
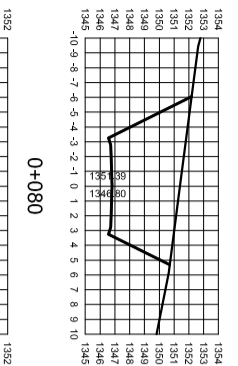
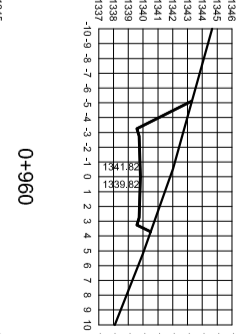
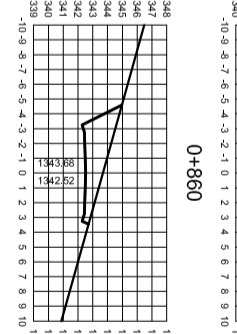
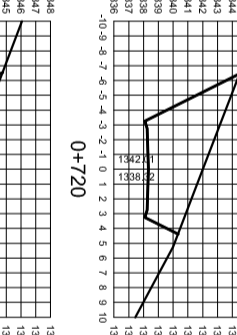
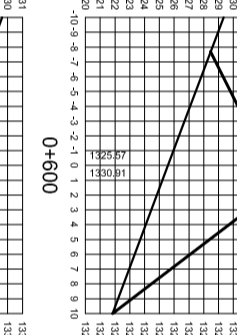
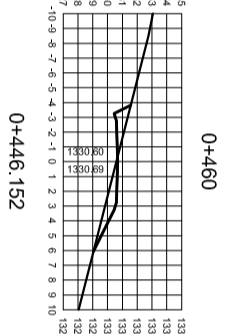
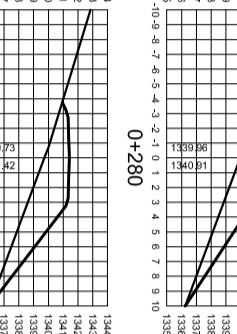
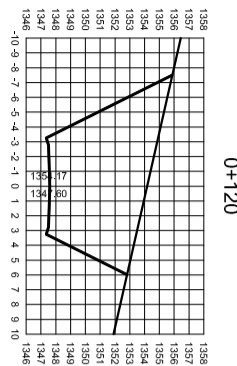
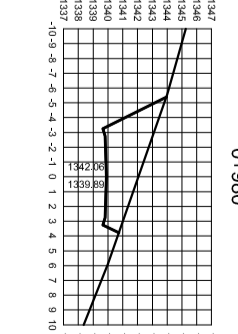
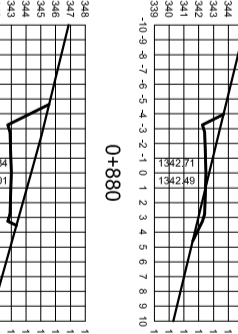
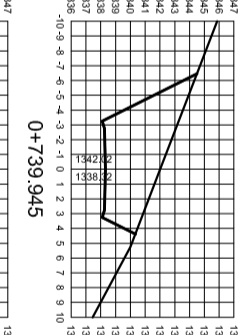
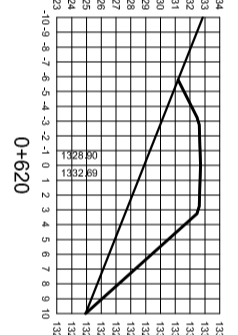
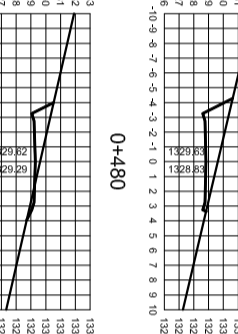
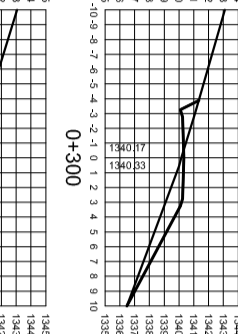
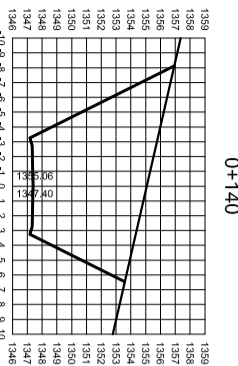
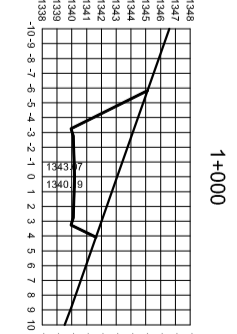
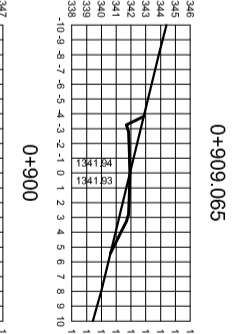
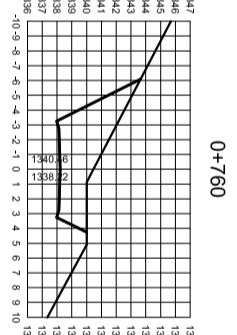
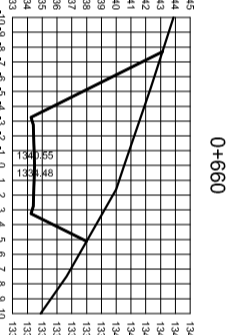
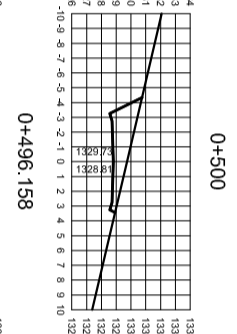
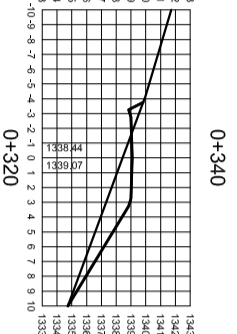
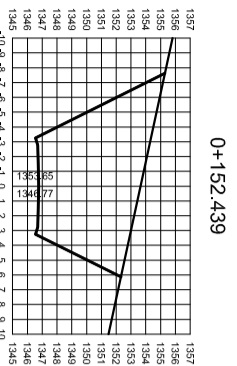
**PLANTA DE TRAMO 6 DE 3+720.00 A 4+248.244**  
 ESC 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SAPOCAYÁ, QUICHÉ

PROYECTO	ESCALA
CARRETERA DEL CASERIO MANAGUALS AL CASERIO TONGALCÁ	INDICADA
CONTENIDO	FECHA
PLANTA PERFIL DE 5º TRAMO A 4+248.244 TRAMO 6	OCTUBRE 2012
ASESOR DE REGION	HOJA No.
ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	7
DISEÑO	CALCULO
ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	ZAMORA CASTILLO
ING. ANGEL S.C.	ZAMORA CASTILLO
ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	ZAMORA CASTILLO

ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA Vc. Sr. ALCALDE MUNICIPAL  
 ANTONIO ELIAS



SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+000.00 A 1+000.00

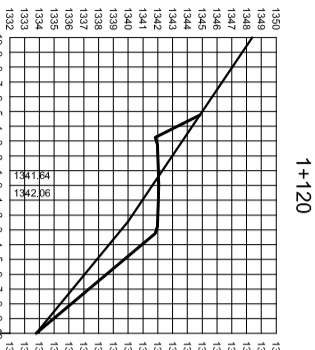
ESC: 1/250



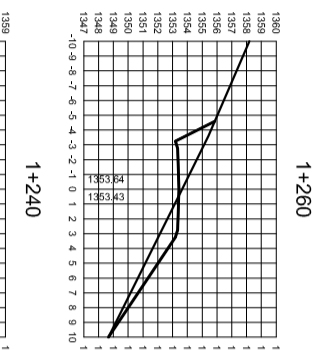
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SAVANÁ, QUICHÉ

PROYECTO:	CARRTERA DEL CASERIO MANAGALES AL CASERIO TONCACÁ	FECHA:	OCTUBRE 2012
CONTINUIDAD:	SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+000.00 A 1+000.00	HOJA N.º:	8
ANFOR DE REGION:	ING. ANGEL S.C.	CALCULO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO
DISEÑO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO	13	

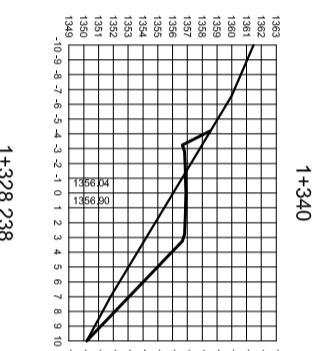
ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA  
 ANFOR EN CAR  
 Vc. Bc. ALCALDE MUNICIPAL



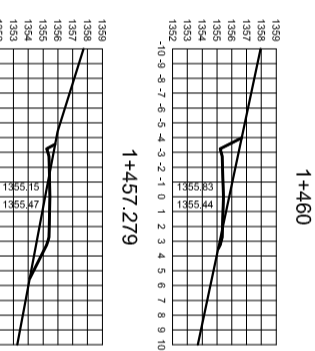
1+120



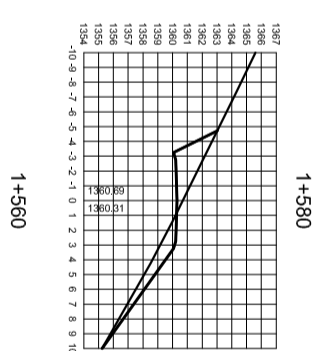
1+260



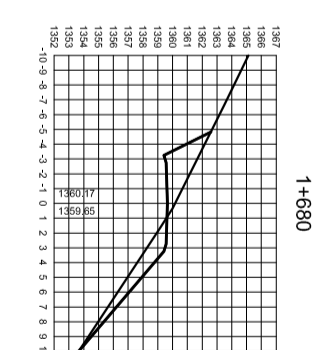
1+340



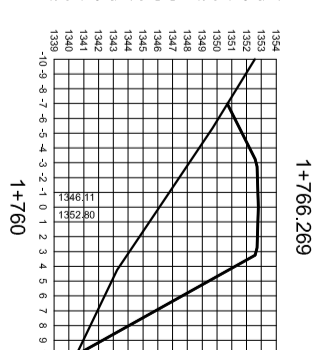
1+460



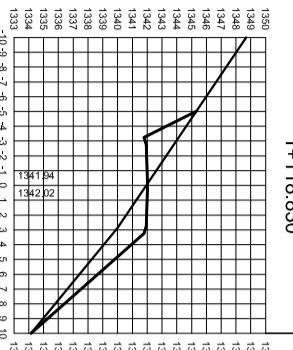
1+580



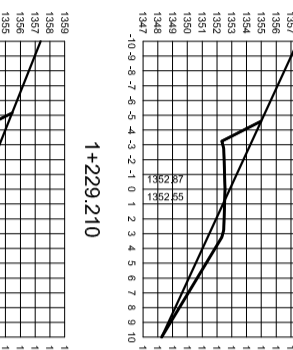
1+680



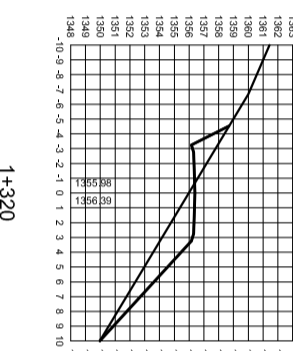
1+766.269



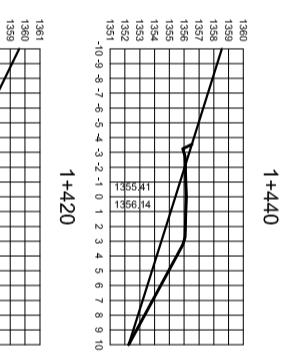
1+18.830



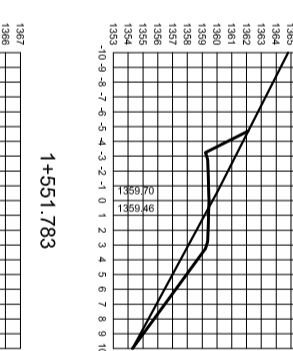
1+229.210



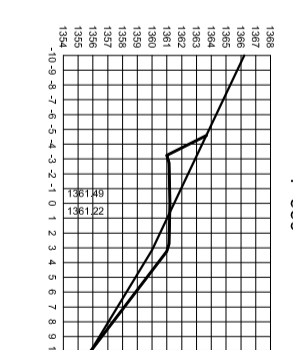
1+320



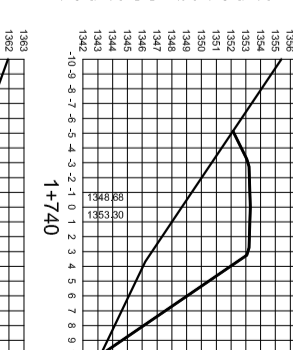
1+420



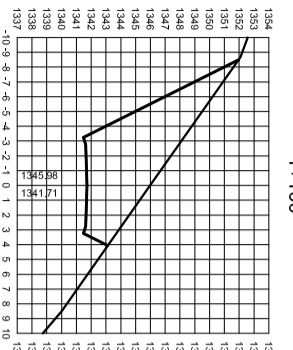
1+551.783



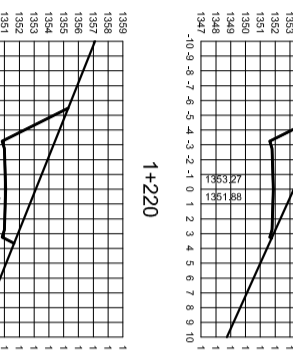
1+630



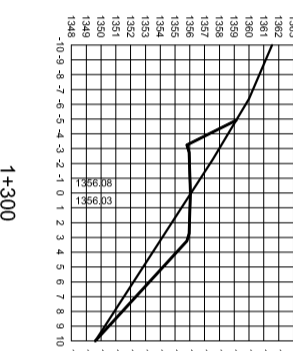
1+740



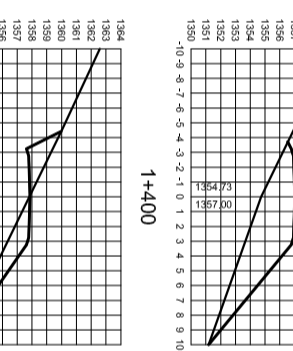
1+100



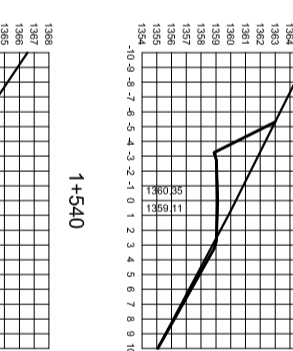
1+220



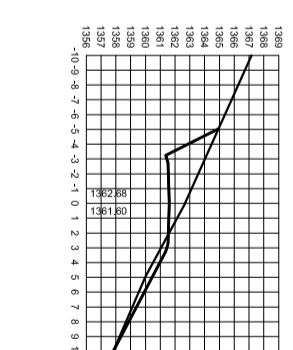
1+300



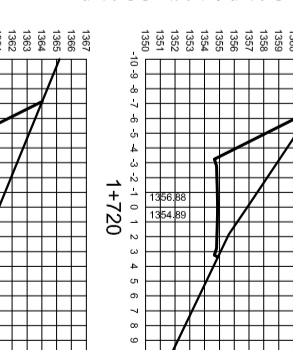
1+400



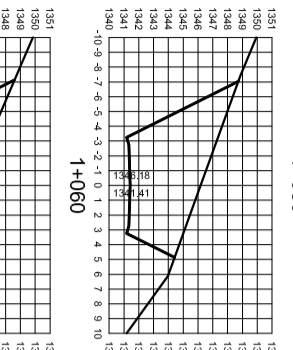
1+540



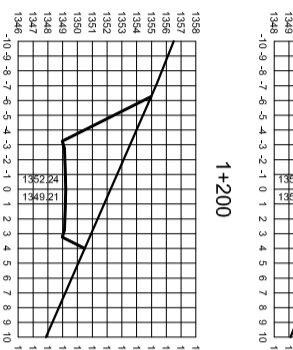
1+610



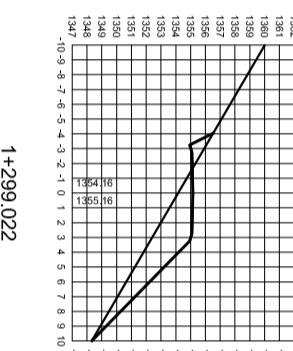
1+720



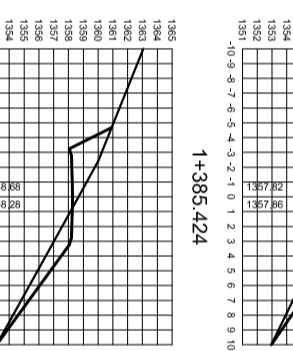
1+060



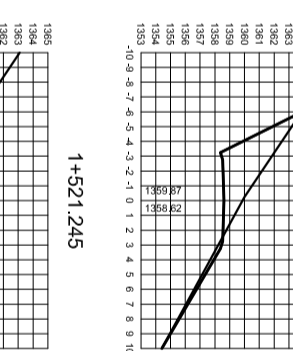
1+200



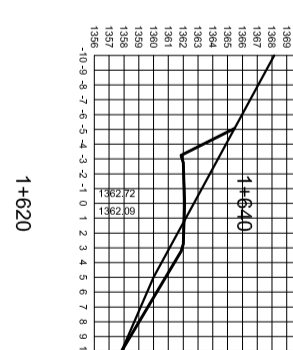
1+299.022



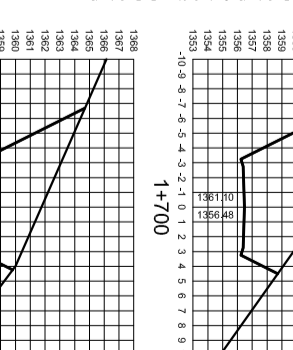
1+380



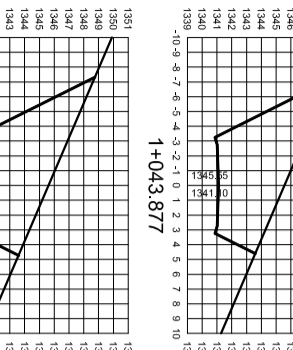
1+521.245



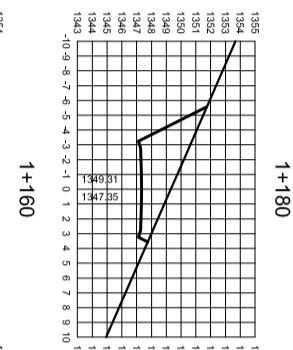
1+620



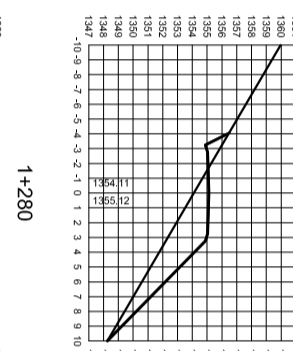
1+682.751



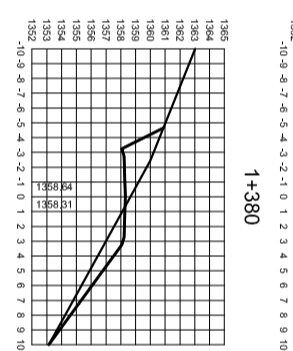
1+043.877



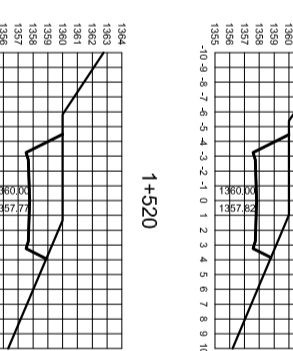
1+180



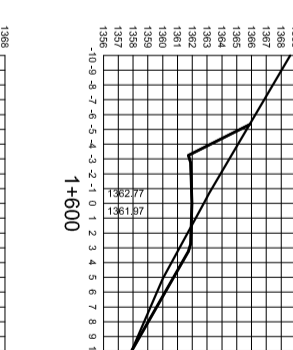
1+280



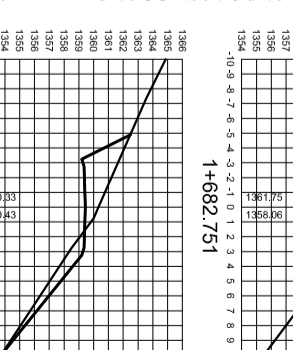
1+371.328



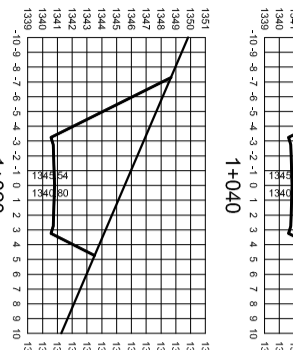
1+520



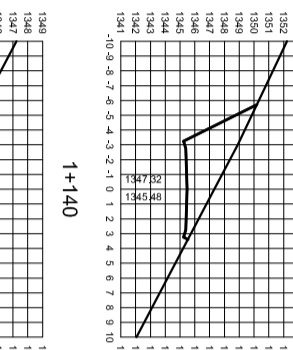
1+600



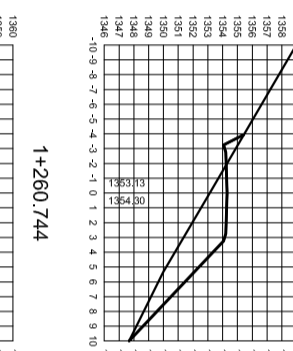
1+682.751



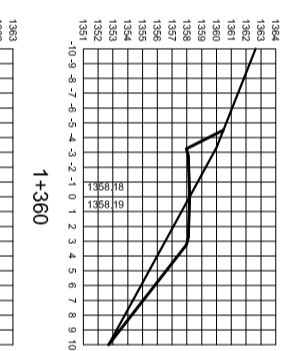
1+020



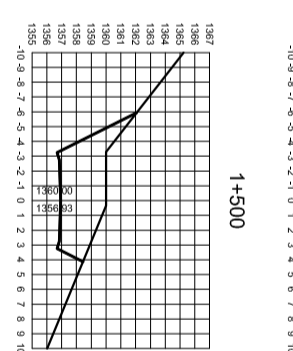
1+140



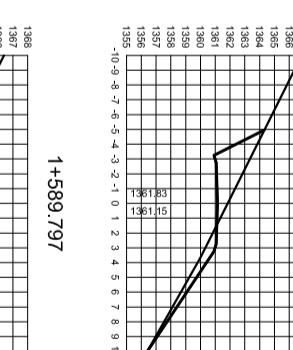
1+260.744



1+360



1+480



1+589.797

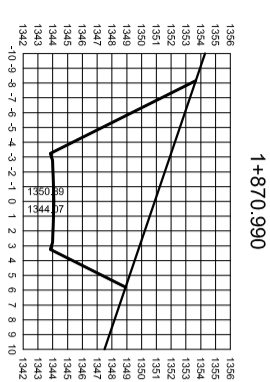
SECCIONES TRANSVERSALES  
DE 1+020.00 A 1+766.269



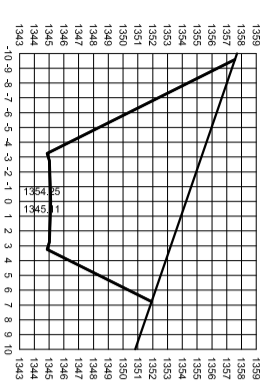
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRES SACUBÁ, QUICHÉ

PROYECTO:	CARRTERA DEL CASERIO MANAGUALES AL CASERIO TONCACÁ	ESCALA:	INDICADA
CONTINUIDAD:	SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+020.00 A 1+766.269	FECHA:	OCTUBRE 2012
ANFOR DE REGION:	ING. ANGEL S.C.	HOJA N.º:	9
DISEÑO:	ZAMORA CASTILLO	13	
DIRECCION:	ELIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO		

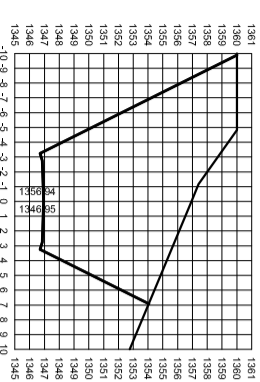
ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA  
V. B. ALCALDE MUNICIPAL



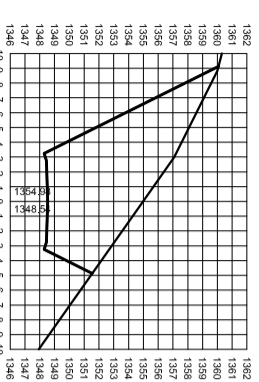
1+870.990



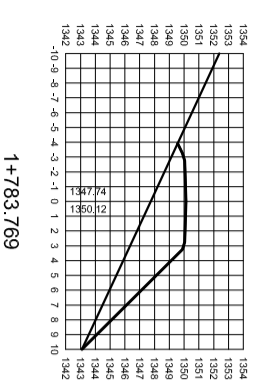
1+860



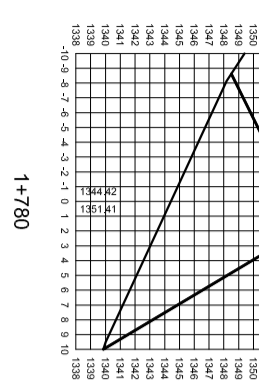
1+840



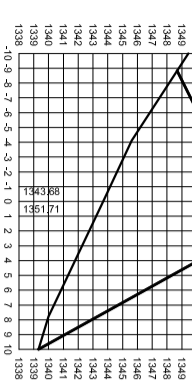
1+820



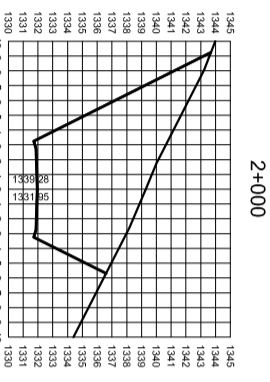
1+800



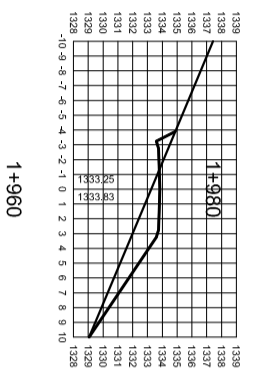
1+783.769



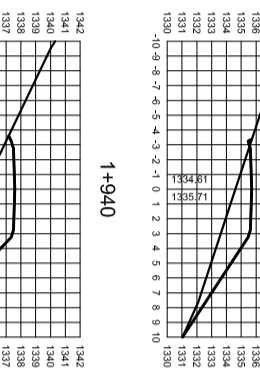
1+780



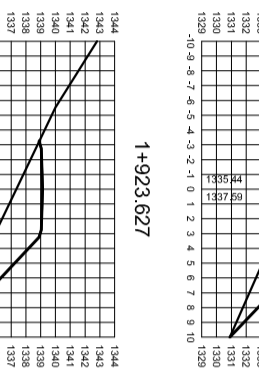
2+000



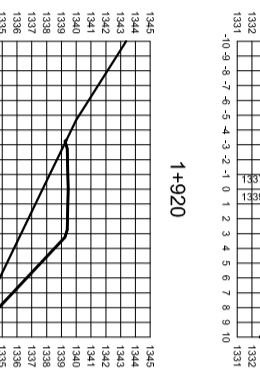
1+980



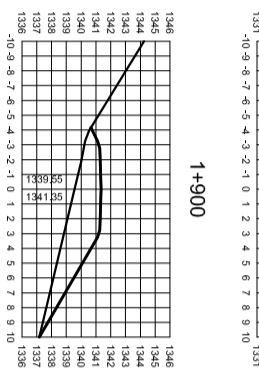
1+940



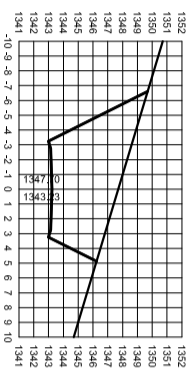
1+923.627



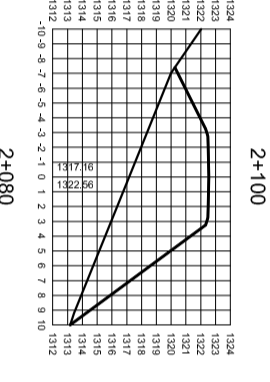
1+920



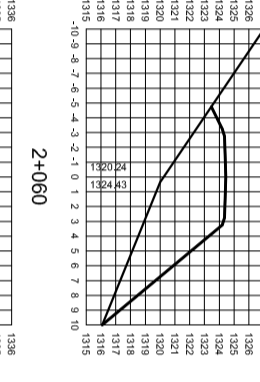
1+900



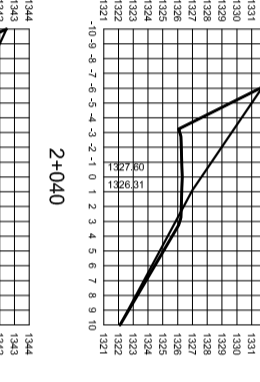
1+880



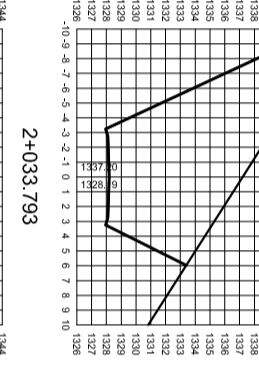
2+100



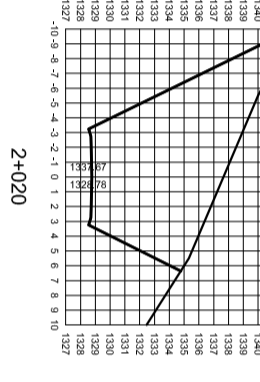
2+080



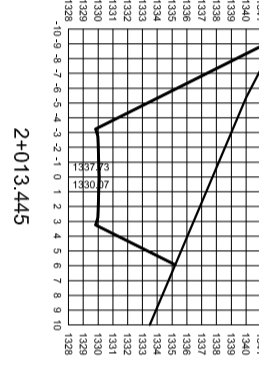
2+060



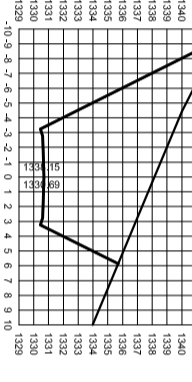
2+040



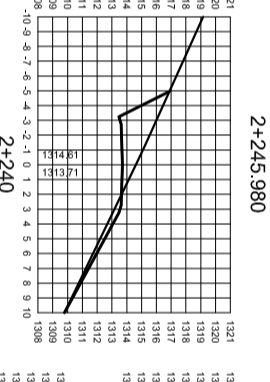
2+033.793



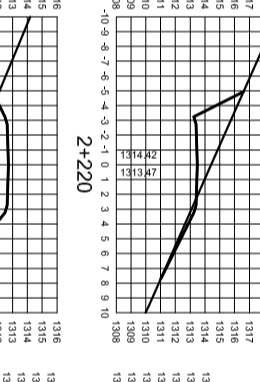
2+020



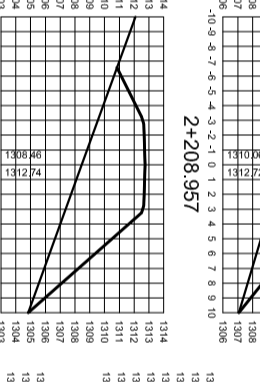
2+013.445



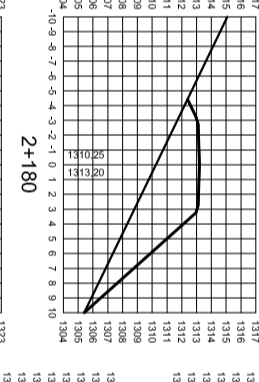
2+245.980



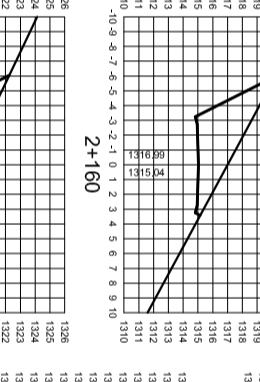
2+240



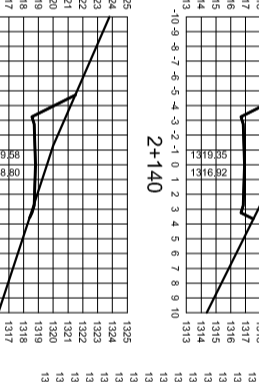
2+220



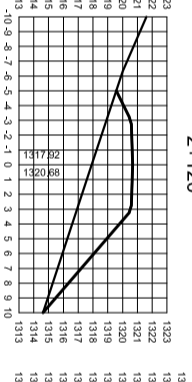
2+208.957



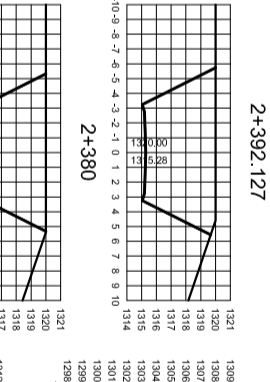
2+200



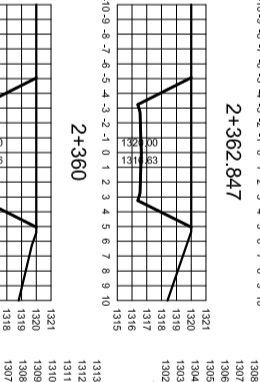
2+180



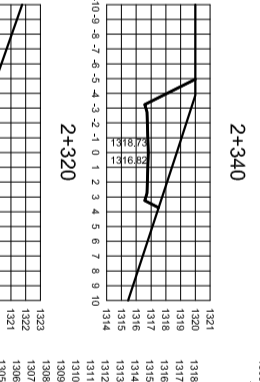
2+160



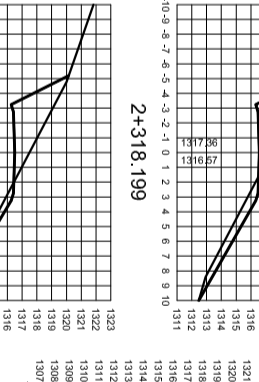
2+392.127



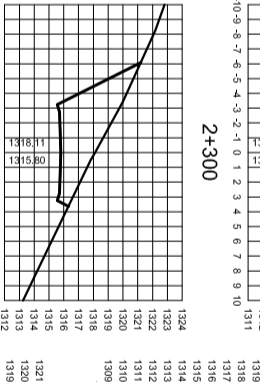
2+380



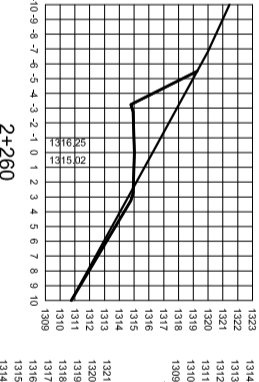
2+362.847



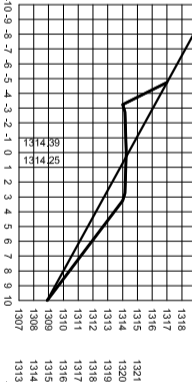
2+360



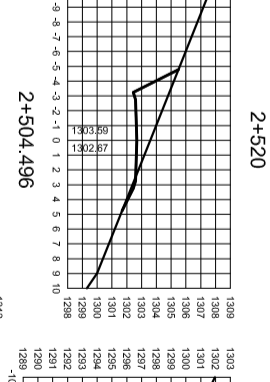
2+340



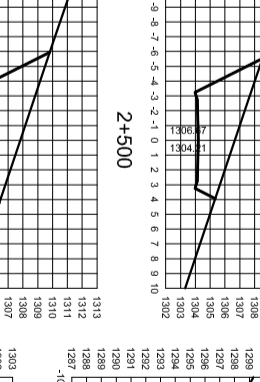
2+320



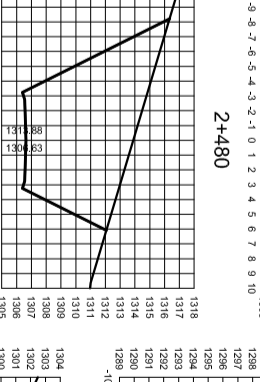
2+318.199



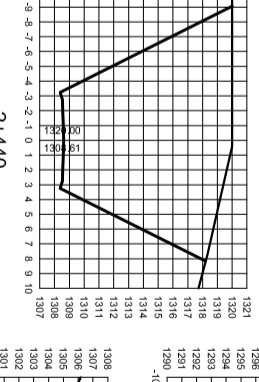
2+520



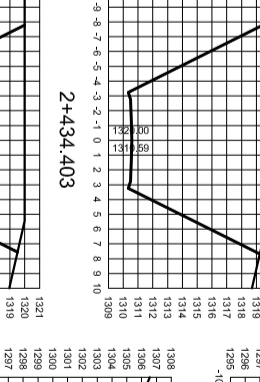
2+504.496



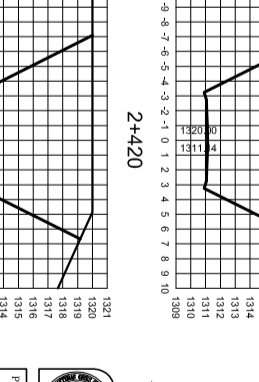
2+500



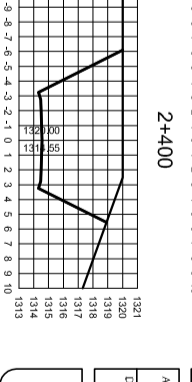
2+480



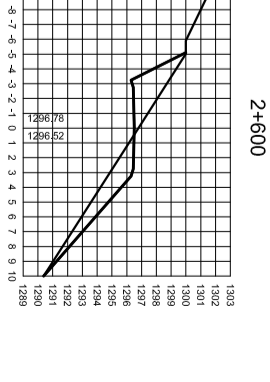
2+460



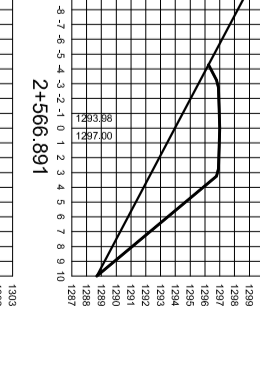
2+440



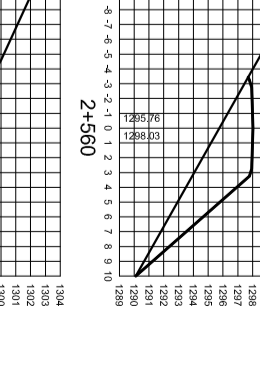
2+434.403



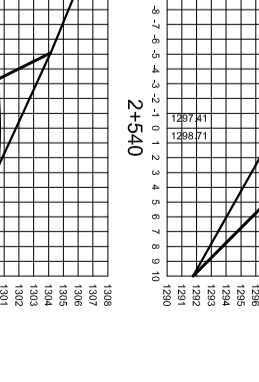
2+600



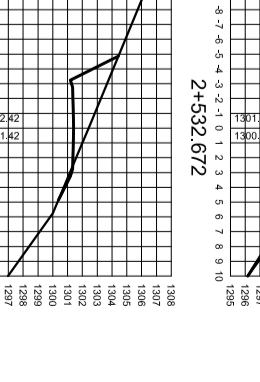
2+580



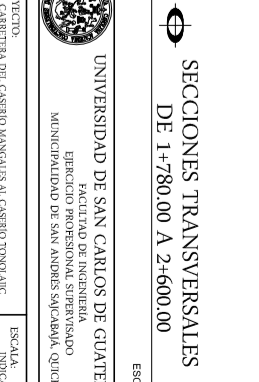
2+566.891



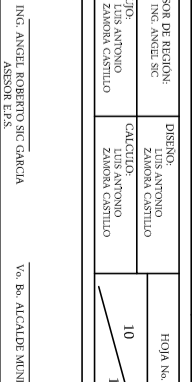
2+560



2+540



2+532.672



2+400



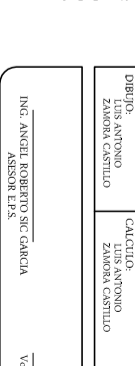
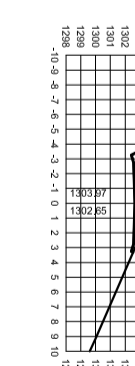
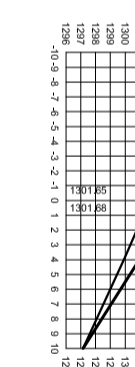
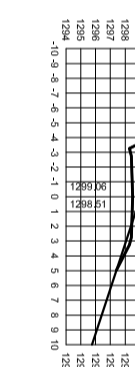
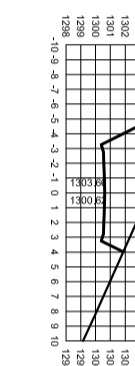
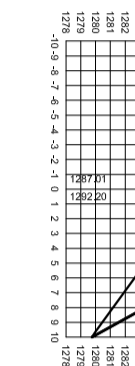
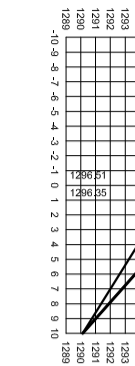
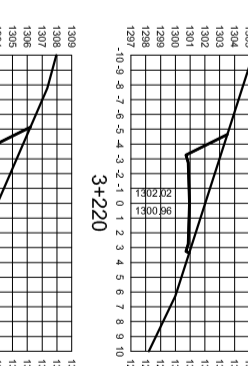
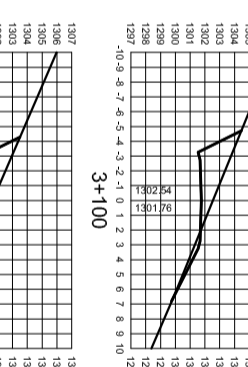
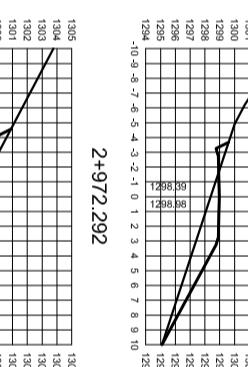
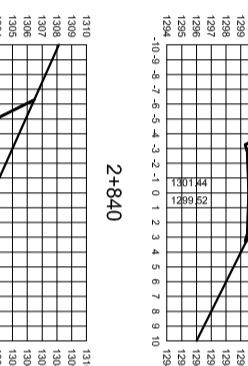
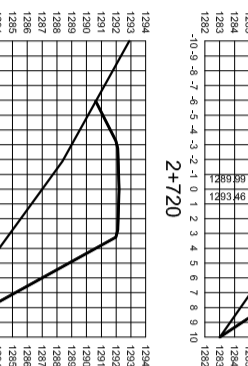
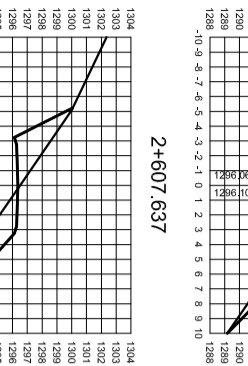
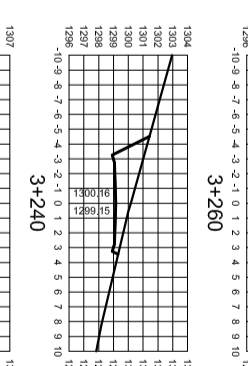
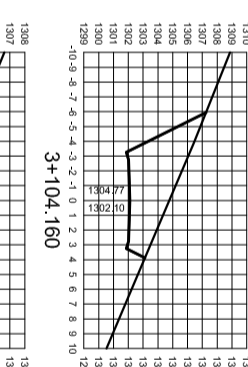
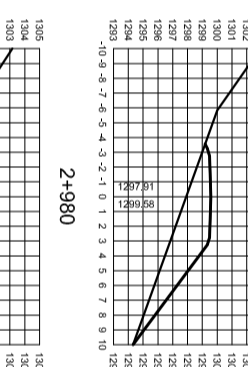
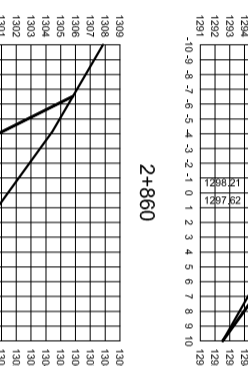
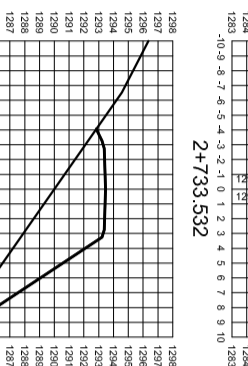
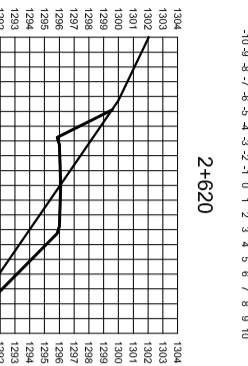
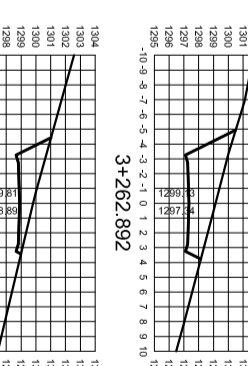
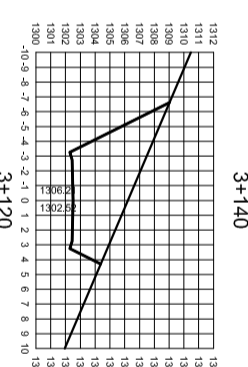
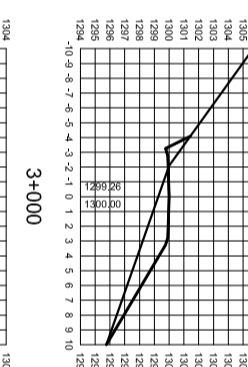
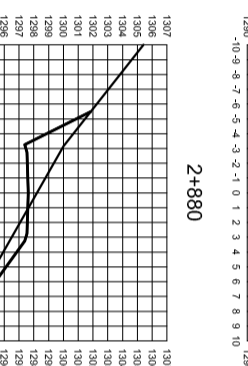
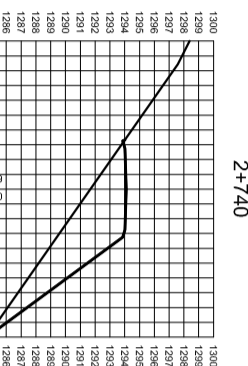
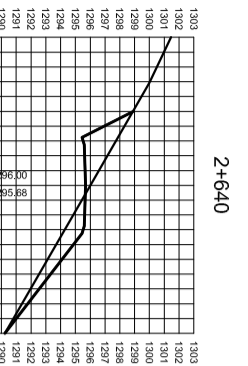
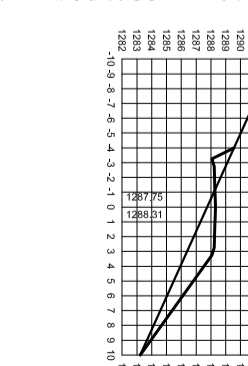
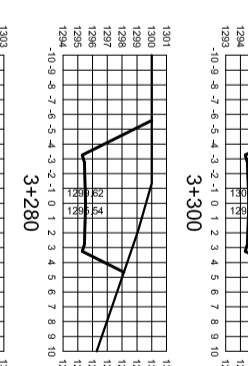
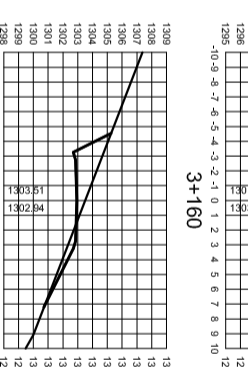
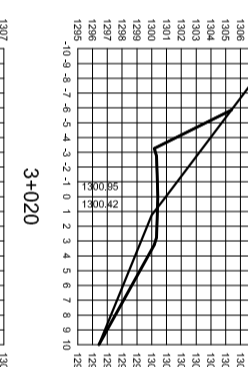
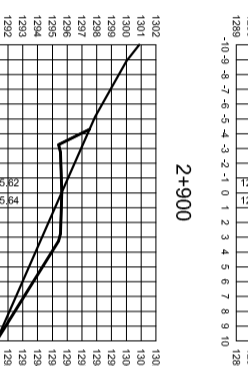
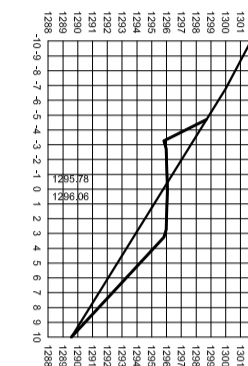
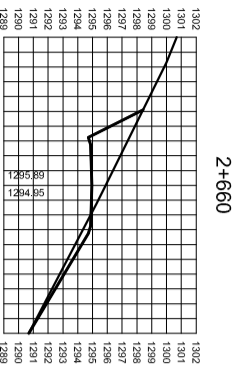
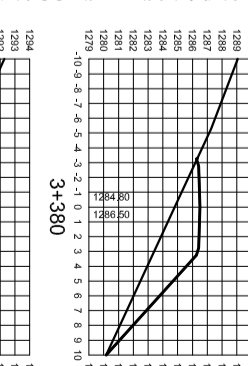
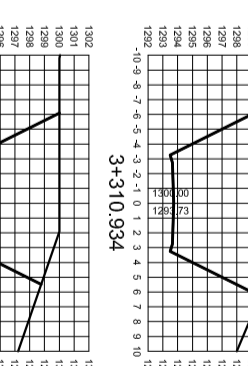
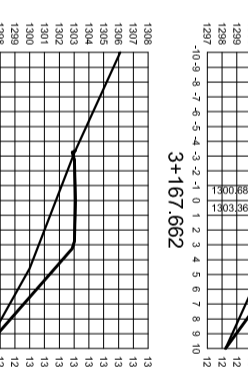
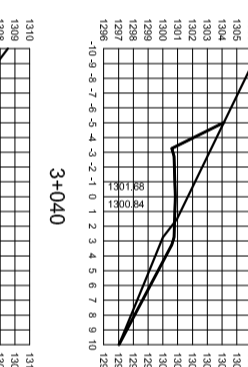
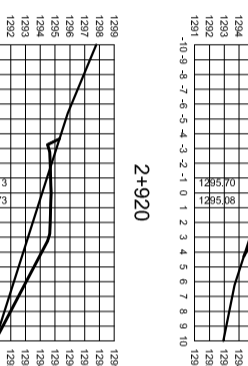
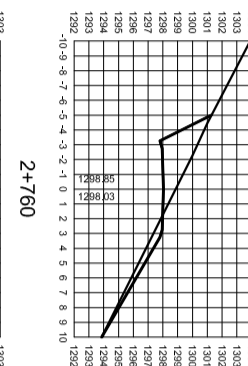
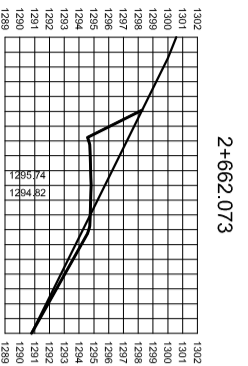
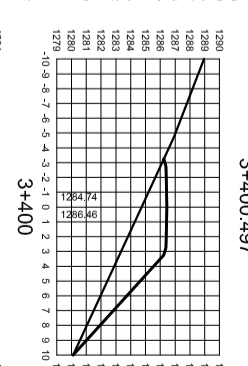
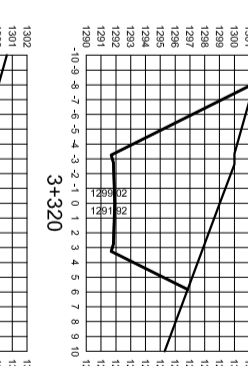
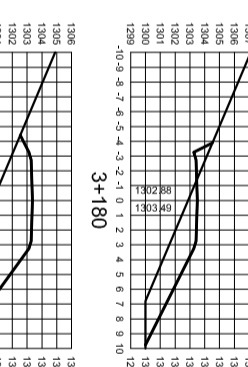
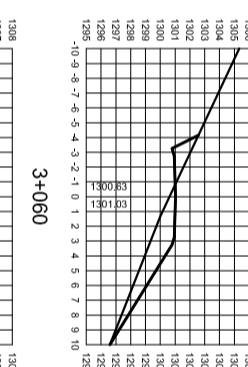
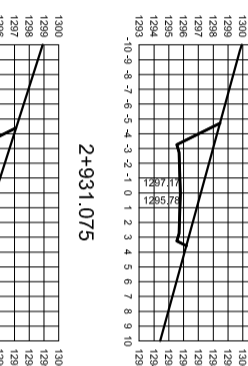
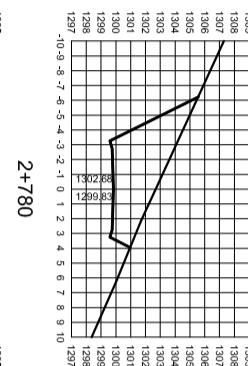
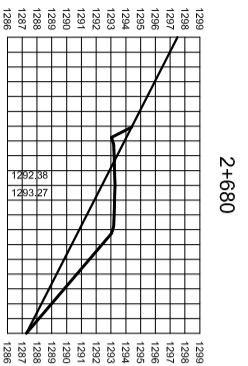
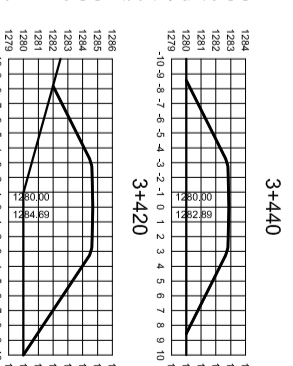
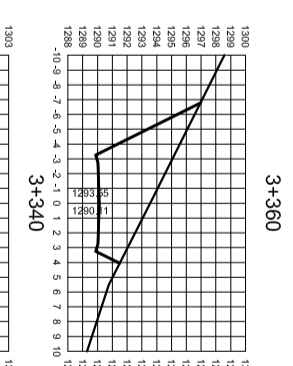
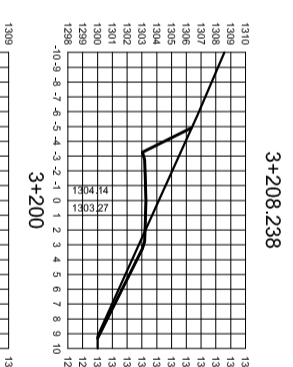
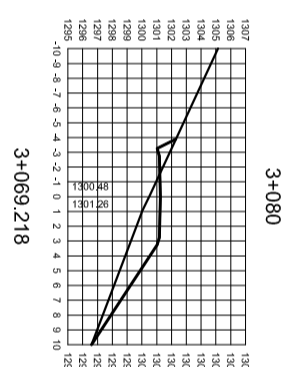
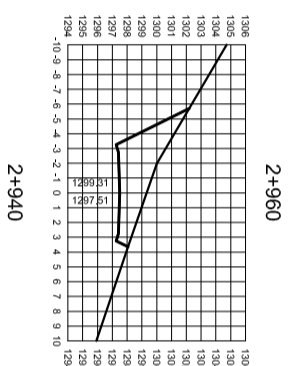
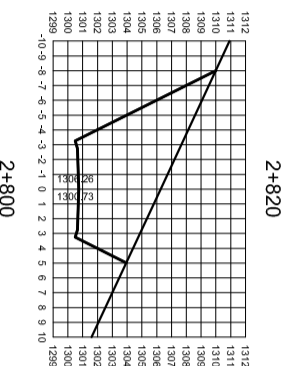
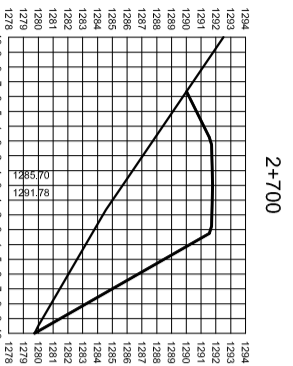
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SACACÁBÁ, QUICHÉ

SECCIONES TRANSVERSALES  
 DE 1+780.00 A 2+600.00


ESC. 1280

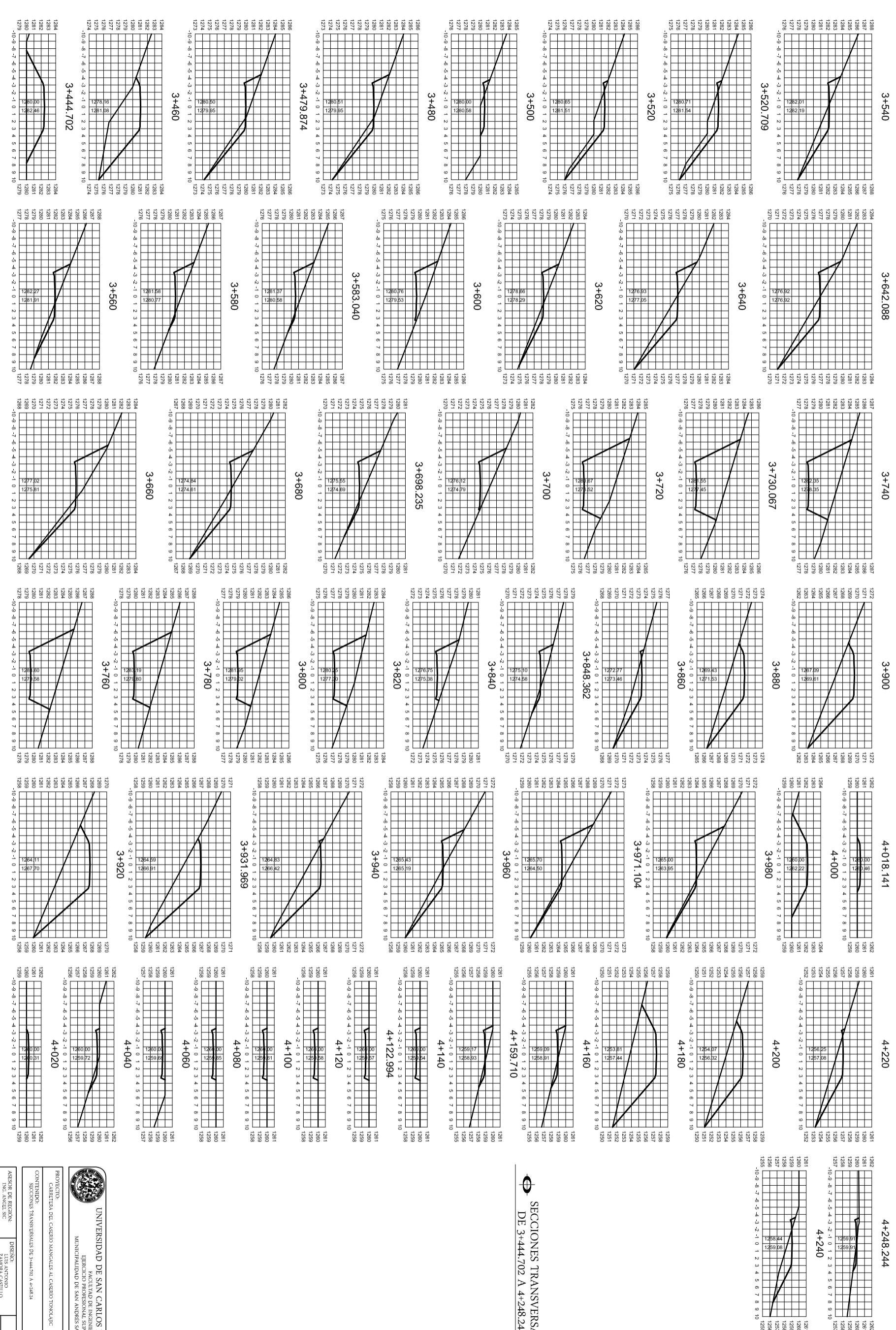
PROYECTO:	CARRTERA DEL CASERIO MANAGUALS AL CASERIO TONCACÁ	ESCALA:	INDICADA
CONTRATANTE:	SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+780.00 A 2+600.00	FECHA:	OCTUBRE 2012
ASISOR DE REGION:	ING. ANGELO S.C.	HOJA No.	10
DISEÑO:	ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO		
DIRECCION:	ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO		
VERIFICACION:	ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO		
INGENIERO EN JEFE:	ING. ANGELO S.C.		
ALCALDE MUNICIPAL:	ING. ANGELO S.C.		

ING. ANGELO ROBERTO SANCHEZ GARCIA  
 AL CALDE MUNICIPAL



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
DE 2+607.637 A 3+440.00  
ESC: 1:250

 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACACÁBÁ, QUiché	PROYECTO: CARRETERA DEL CASERIO MANAGÜALES AL CASERIO TONCACÁIC
CONTIENDE: SECCIONES TRANSVERSALES DE 2+607.637 A 3+440.00	FECHA: OCTUBRE 2012
ANSOR DE REGION: ING. ANGEL ESC.	HOJA N.º: 11
DISEÑO: ELS ANTONIO ZAMORA CASTILLO	13
DISEÑO: ELS ANTONIO ZAMORA CASTILLO	VA. Bn. ALCALDE MUNICIPAL
ING. ANGEL ROBERTO SUCUMARCA	VA. Bn. ALCALDE MUNICIPAL



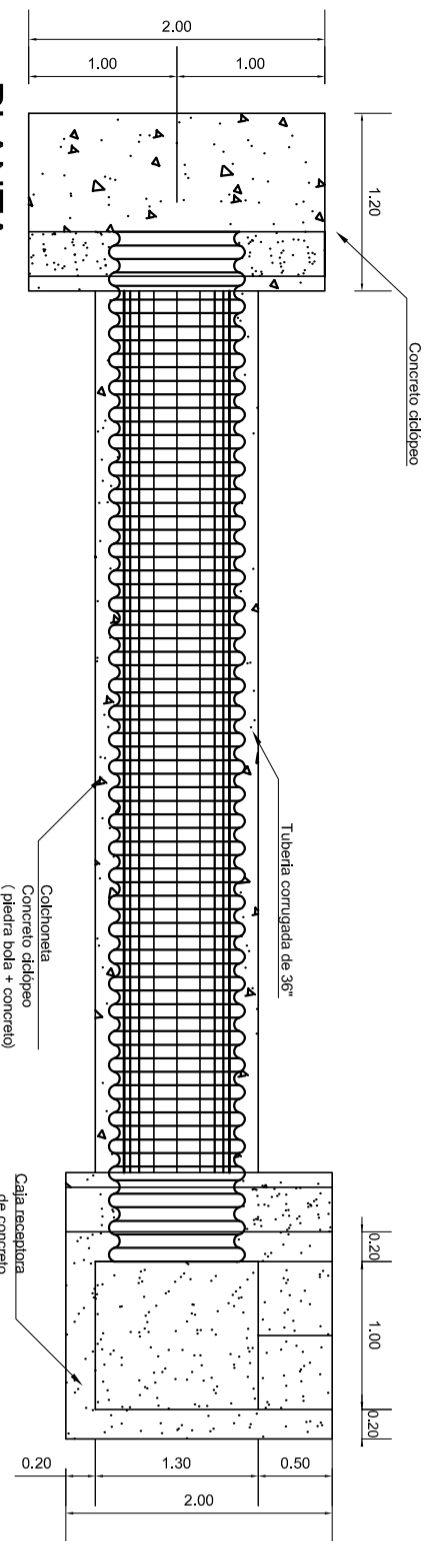
SECCIONES TRANSVERSALES  
DE 3+444.702 A 4+248.244.00

ESC 1/250

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACUBÁ, QUiché

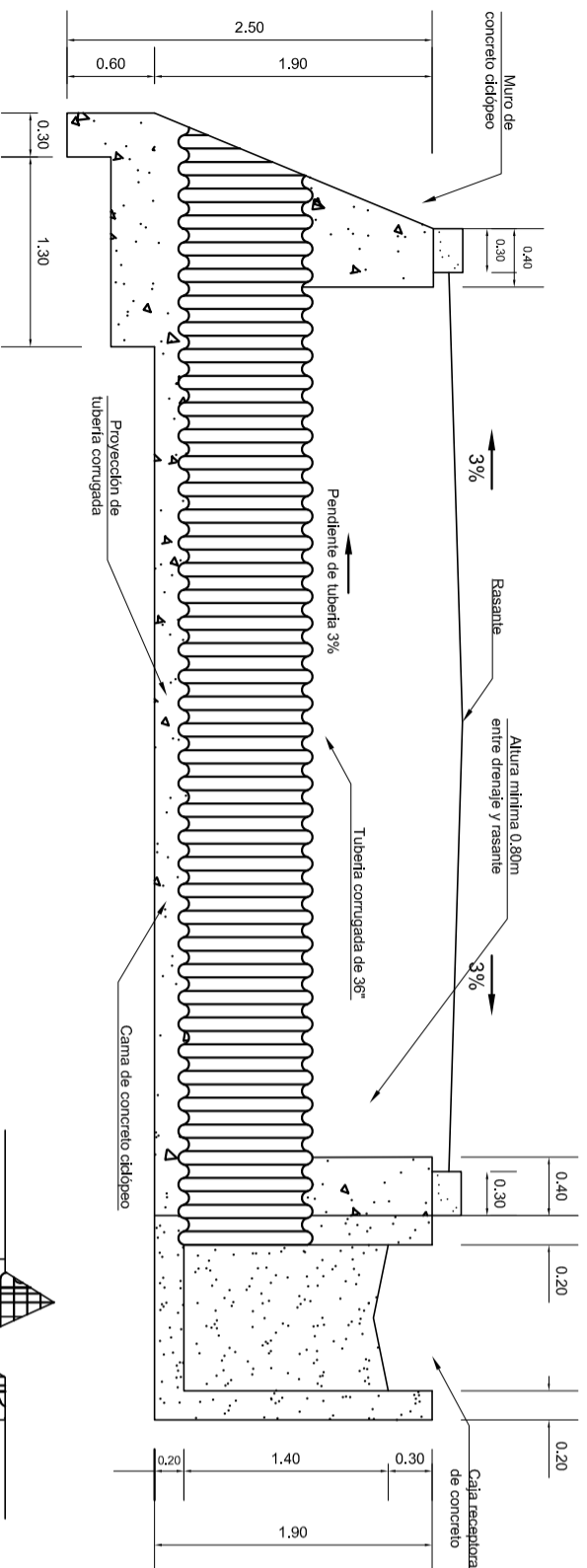
PROYECTO:	CARRETERA DEL CASERIO MANAGUALS AL CASERIO TONCACÁ	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	SECCIONES TRANSVERSALES DE 3+444.702 A 4+248.244	FECHA:	OCTUBRE 2012
ASESOR DE REGION:	ING. ANGEL S.C.	DISEÑO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO
DISEÑO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO	HOJA N.º:	12
DIRIGIDO:	LUIS ANTONIO ZAMORA CASTILLO		13

ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCA  
 ASISTENTE EN JEFE  
 VA. BA. ALCALDE MUNICIPAL



## PLANTA

Escala 1:25

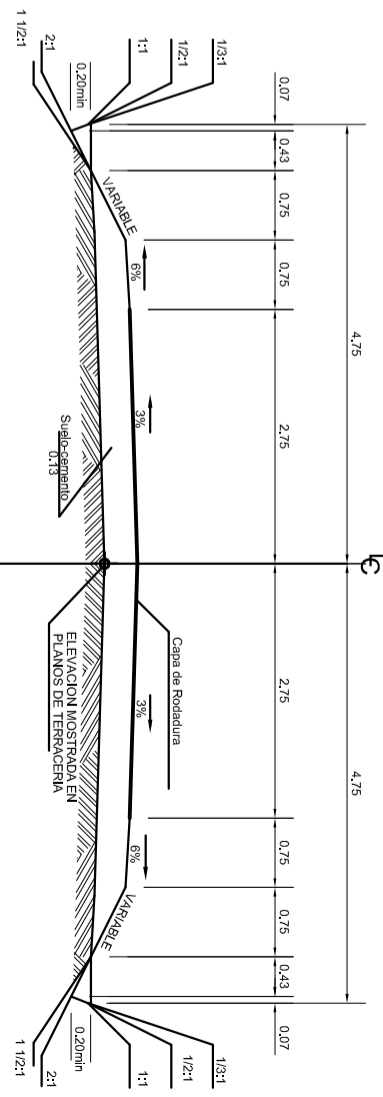


## SECCIÓN LONGITUDINAL

NOTA: El cabezal en relleno deberá usar aletones (ver detalle 1)

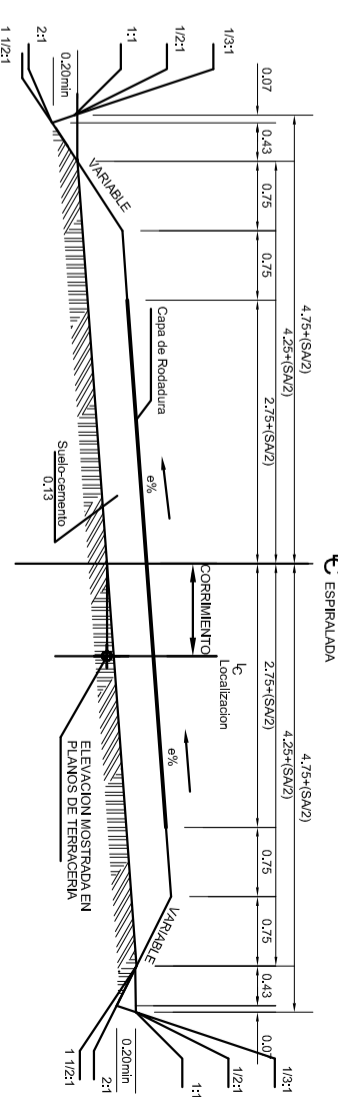
Escala 1:25

- ### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- Superficie de rodadura 5.50 m.
  - Bombeo 3%
  - Pendiente máxima de 10%
  - Radio mínimo de curvatura horizontal 30 m, en terreno montañoso.
  - Velocidad de diseño de 30 km/h.
  - Espesor de Suelo-cemento 0.13 m.



## ALINEACION RECTA

Escala 1:40

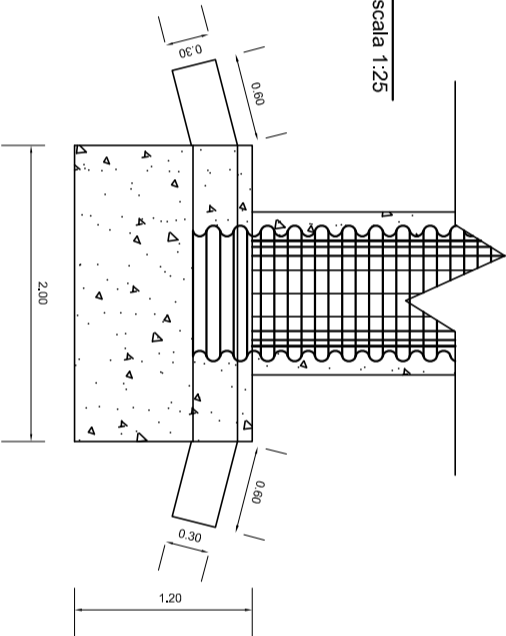


## ALINEACION CURVA

Escala 1:40

**TALUDES**  
 Corte: 1/3: 1 de 7 m, en adelante  
 1/2: 1 de 3 a 7 m,  
 1: 1 de 0 a 3 m.  
 Relleno: 2:1 de 0 a 3 m,  
 1 1/2: 1 de 3 m, en adelante

**SECCION TIPICA "E"**  
 ANCHO DE CALZADA 5.50m,  
 ANCHO DE TERRACERIA CORTE 9.50m,  
 ANCHO DE TERRACERIA RELLENO 8.50m,  
 ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00m.



## DETALLE 1 ALETONES

Escala 1:25

### INDICACIONES:

- Antes de colocar la tubería debe hacer una colchoneta de concreto ciclopeo para crear una base rígida.
- Entre la tubería y la rasante debe haber no menos de 0.80 m, para evitar que la tubería quede expuesta.
- La tubería debe tener una pendiente de 3% mínimo para poder drenar el agua.
- Según la dirección de la corriente de agua debe tener esvige para conciliar el agua.
- La proporción a utilizarse para el CONCRETO CICLOPEO es la siguiente:  
 1 m<sup>3</sup> = 33% de piedra bola  
 67% de concreto
- Cuando rellene la zona ya colocada la tubería corrugada debe ir compactado por capas de 0.15 m, c/u como mínimo.

**BALASTO.** Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg./metro<sup>3</sup> [90 lb./pie<sup>3</sup>] determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de 2.75 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser separado ya sea por tamizado en el banco de material u otro método

La porción del balasto retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), debe estar comprendida entre el 40% y el 40%, en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASHTO T 96. La porción que pase el tamiz 0.425 mm (Nº 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado por el método AASHTO T 90. La porción que pase el tamiz 0.075 mm (Nº 200), no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T 111.

**COLOCACION** Conforme se vaya terminando de construir la sub-rasante de acuerdo con lo indicado, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la sub-rasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros.

Cuando la capa de balasto se deba colocar sobre una sub-rasante existente, ésta debe ser previamente conformada, escarificada y compactada superficialmente, respetando los líneas, pendientes y sección típica establecidos en los planos y especificaciones. En los lugares donde se encuentre material inadecuado, según lo definido, éstos deben ser removidos hasta una profundidad de por lo menos 300 milímetros y reemplazados con material apropiado. Todos las tocas o piedras grandes que se encuentren en el lecho de la corriente, se deben excavar hasta los límites crecidos de la misma, mostrados en los planos y a una profundidad por lo menos de 300 milímetros debajo de la sub-rasante.

**COMPACTACION.** Los copos de balasto se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima determinado por el método proctor modificado, norma AASHTO T - 180

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR  
 MUNICIPALIDAD DE SAN ANDRÉS SACUBÁ, QUICHÉ

PROYECTO: CARRETERA DEL CASERIO MANAGUALS AL CASERIO TONCACÁ	ESCALA: INDICADA
CONTINUIDAD: DETALLE SECCION TIPICA Y DISEÑOS TRANSVERSALES	FECHA: OCTUBRE 2012

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL ISC.	DISEÑO: ZAMORA CASTILLO	HOJA N.º: 13
DISEÑO: ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	CALCULO: ING. ANTONIO ZAMORA CASTILLO	13

ING. ANSEL ROBERTO SUC GARCIA  
 Vº. Bº. ALCALDE MUNICIPAL