



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

**DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE  
HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE  
EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**

**Edgar David Maldonado Barrios**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, abril de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE  
HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE  
EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR DAVID MALDONADO BARRIOS**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2014

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 Donis Soto
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
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE  
HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE  
EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha julio de 2012.



**Edgar David Maldonado Barrios**



Guatemala, 10 de enero de 2014  
Ref.EPS.DOC.24.01.14

Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar David Maldonado Barrios** con carné No. **200512104**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA.**

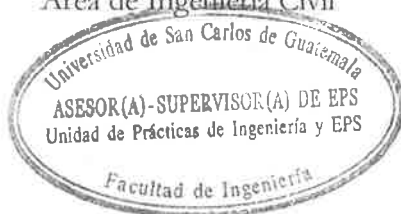
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 26 de Febrero de 2014

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 graduación “DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA” desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar David Maldonado Barrios con carné 2005-12104, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para las comunidades 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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
26 de marzo de 2014

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 graduación **DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CEBECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar David Maldonado Barrios, 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 INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 31 de marzo de 2014  
Ref.EPS.D.450.03.14

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 LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edgar David Maldonado Barrios**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Edgar David Maldonado Barrios, titulado **DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2014

/bbdeb.


Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES Y DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar David Maldonado Barrios**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 24 de abril de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mi padre celestial</b>	Por brindarme la vida y permitirme cumplir una meta más en mi vida.
<b>Mi hijo</b>	Edgar Fernando Maldonado Argueta.
<b>Mi esposa</b>	Ana Lucia Argueta Gutiérrez.
<b>Mis padres</b>	Edgar Daniel Maldonado Cifuentes y Soraida Ivet Barrios Juarez.
<b>Mi hermano</b>	Jesus Daniel Maldonado Barrios.
<b>Mi abuela</b>	Marta Cifuentes.
<b>Mi familia en general</b>	Por brindarme su total apoyo en la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Mi padre celestial** Por todo su amor y bendiciones, por guiarme en este camino de la vida, estar siempre a mi lado, y por permitirme alcanzar esta meta académica, gracias.
- Mi hijo** Por motivarme a concluir con esta meta y darme mucha felicidad.
- Mi esposa** Por motivarme y apoyarme incondicionalmente para poder alcanzar esta meta tan importante de mi vida.
- Mis padres** Por apoyarme en todo momento y enseñarme que las metas siempre se pueden alcanzar con esfuerzo y dedicación, por estar a mi lado en todo momento y por ser el mejor ejemplo a seguir, este logro es de ustedes.
- Mi hermano** Por darme el impulso que necesité para luchar por mis metas, gracias por su cariño y apoyo, por sobre todas las cosas.
- Mi abuela** Por alentarme y apoyarme en mi superación personal, por su cariño incondicional.

**Ingeniero Ángel  
Roberto Sic García**

Por asesorarme durante la revisión del presente trabajo y darme sus consejos durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por permitirme formar parte de tan importante casa de estudios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES .....	1
1.1. Aspectos históricos.....	1
1.2. Ubicación y localización geográfica.....	3
1.3. Vías de comunicación.....	4
1.4. Costumbres y tradiciones .....	5
1.5. Fiesta patronal.....	5
1.6. Producción.....	5
1.7. Centros turísticos y arqueológicos.....	5
1.8. Distribución actual .....	6
1.9. Clima .....	9
1.10. Orografía .....	9
1.11. Hidrografía.....	9
1.12. Suelo y topografía .....	9
1.13. Servicios básicos.....	10
1.13.1. Servicio de agua .....	10
1.13.2. Servicio sanitario .....	10
1.13.3. Servicio de alumbrado .....	12
1.13.4. Infraestructura .....	13

1.14.	Descripción de las necesidades .....	13
1.15.	Priorización de las necesidades .....	13
2.	DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES GUATEMALA.....	15
2.1.	Descripción del proyecto .....	15
2.2.	Estudios preliminares .....	15
2.2.1.	Levantamiento topográfico .....	15
2.2.1.1.	Planimetría .....	16
2.2.1.2.	Altimetría .....	16
2.2.1.3.	Secciones transversales .....	16
2.2.2.	Estudio hidrológico para la determinación del caudal de diseño .....	17
2.2.3.	Estudio de suelos .....	20
2.2.3.1.	Ensayos de laboratorio .....	20
2.2.3.2.	Análisis de resultados .....	22
2.3.	Trabajo de gabinete y dibujo de preliminar .....	23
2.3.1.	Planimétrico .....	23
2.3.2.	Altimétrico .....	23
2.3.3.	Curvas de nivel.....	23
2.4.	Diseño geométrico de la carretera .....	24
2.4.1.	Alineamiento horizontal .....	24
2.4.2.	Curvas horizontales.....	25
2.4.2.1.	Elementos de curvas horizontales ...	25
2.4.3.	Alineamiento vertical .....	34
2.4.4.	Curvas verticales.....	35
2.4.4.1.	Elementos de curvas verticales.....	36
2.5.	Movimiento de tierras .....	43

2.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	43
2.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras ..	45
2.6.	Diseño hidráulico .....	48
2.6.1.	Bombeo de superficie .....	48
2.6.2.	Diseño de cunetas .....	48
2.6.3.	Drenaje transversal.....	51
2.7.	Diseño de la estructura del pavimento .....	53
2.7.1.	Subrasante .....	54
2.7.2.	Diseño por el método simplificado PCA.....	55
2.8.	Diseño de mezcla de concreto .....	64
2.9.	Integración de costos unitarios .....	66
2.10.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	68
2.11.	Evaluación de Impacto Ambiental .....	69
2.11.1.	Principios de evaluación .....	70
2.11.2.	Impacto ambiental no significativo .....	70
2.11.3.	Impacto ambiental significativo .....	70
3.	DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA .....	73
3.1.	Descripción del proyecto .....	73
3.2.	Estudios preliminares .....	74
3.2.1.	Levantamiento topográfico .....	74
3.2.2.	Estudio del suelo .....	75
3.2.2.1.	Granulometría.....	75
3.2.2.2.	Límites de Atterberg .....	76
3.2.2.3.	Triaxial.....	77
3.2.3.	Cálculo de caudales máximos .....	78
3.3.	Diseño de losa.....	84
3.3.1.	Cálculo de peralte.....	84
3.3.2.	Cálculo de momentos .....	85



3.3.3.	Cálculo del refuerzo .....	87
3.4.	Diseño de losa en voladizo .....	90
3.5.	Diseño de vigas principales.....	94
3.5.1.	Cálculo de peralte .....	94
3.5.2.	Cálculo de cargas muertas.....	95
3.5.3.	Peso propio de viga.....	95
3.5.4.	Cálculo de sobre carga .....	95
3.5.5.	Cálculo de fuerzas por carga muerta .....	96
3.5.6.	Cálculo de fuerzas por carga viva por el método de tren de carga .....	98
3.5.7.	Cálculo de sobrecarga de impacto .....	101
3.5.8.	Cálculo de fuerzas últimas .....	101
3.5.9.	Cuantía de acero a flexión .....	102
3.5.10.	Cuantía de acero a corte .....	108
3.6.	Diseño de viga intermedia.....	113
3.6.1.	Calculo de las fuerzas ejercidas por carga muerta .....	113
3.6.2.	Cálculo de fuerzas últimas .....	113
3.6.3.	Cálculo de cuantía de acero a flexión para vigas.....	114
3.6.4.	Cálculo de cuantía de acero a corte para vigas ..	115
3.7.	Diseño del neopreno .....	116
3.7.1.	Cálculo del desplazamiento horizontal .....	117
3.8.	Diseño de diafragmas .....	120
3.8.1.	Dimensionamiento de diafragmas .....	120
3.8.2.	Cuantía de acero para diafragmas .....	120
3.8.3.	Diseño de diafragma interior .....	121
3.8.4.	Diseño de diafragma exterior .....	123
3.9.	Diseño de la subestructura.....	124

3.9.1.	Diseño de alerón .....	124
3.9.2.	Diseño de cortina.....	131
3.9.3.	Diseño de viga de apoyo .....	137
3.9.4.	Diseño de estribo de concreto armado .....	139
3.10.	Diseño de barandales.....	165
3.10.1.	Análisis de resistencia del tubo .....	166
3.10.2.	Análisis de resistencia del poste.....	167
3.10.3.	Diseño a flexión .....	168
3.10.4.	Diseño a flexo-compresión .....	169
3.10.5.	Diseño a corte .....	182
3.11.	Diseño de banqueta peatonal.....	184
3.11.1.	Integración de cargas .....	185
3.11.2.	Cálculo de momento último .....	187
3.11.3.	Cálculo de la cuantía de acero .....	187
3.12.	Integración de costos unitarios .....	190
3.13.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	192
3.14.	Evaluación de Impacto Ambiental .....	192
CONCLUSIONES .....		195
RECOMENDACIONES .....		197
BIBLIOGRAFÍA.....		199
APÉNDICE.....		201
ANEXOS .....		223



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Municipio de Fraijanes, Guatemala.....	4
2.	División político administrativo municipal Fraijanes, Guatemala....	6
3.	Distribución del municipio de Fraijanes.....	8
4.	Desechos sólidos Fraijanes, Guatemala .....	11
5.	Servicio de alumbrado Fraijanes, Guatemala.....	12
6.	Área crítica a drenar.....	19
7.	Elementos de curva horizontal.....	26
8.	Cálculo de la deflexión.....	27
9.	Corrimiento de la línea.....	34
10.	Curva vertical cóncava, convexa.....	37
11.	Curva vertical.....	40
12.	Cálculo de volumen de movimiento de tierras.....	46
13.	Distancia de paso.....	47
14.	Sección de cuneta a diseñar.....	49
15.	Cuneta.....	51
16.	Sección transversal de alcantarilla.....	53
17.	Planta de alcantarilla.....	53
18.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte.....	60
19.	Curva de granulometría.....	76
20.	Curva de compresión triaxial.....	77
21.	Modelo de crecida máxima en 3D generada en HEC-RAS.....	82
22.	Modelo de crecida máxima donde se ubicará el puente.....	82

23.	Resultados, caudal máximo y crecida máxima.....	83
24.	Dimensionamiento transversal de la superestructura.....	84
25.	Detalle final del armado transversal y longitudinal de la losa.....	90
26.	Sección transversal losa en voladizo.....	91
27.	Aplicación de fuerzas por el método de tren de carga.....	98
28.	Centro de gravedad del camión.....	99
29.	Determinación de la carga crítica de corte.....	100
30.	Diagrama de corte.....	109
31.	Detalle de armado de viga principal.....	111
32.	Detalle de refuerzo a corte de viga.....	112
33.	Detalle de armado de viga principal intermedia.....	115
34.	Detalle de colocación del neopreno.....	119
35.	Detalle de armado del diafragma interno.....	122
36.	Detalle de armado del diafragma exterior.....	124
37.	Detalle de dimensiones.....	125
38.	Cargas actuantes sobre alerones.....	126
39.	Detalle de armado de alerón.....	130
40.	Cargas actuantes sobre la cortina.....	134
41.	Detalle de cortina y viga de apoyo.....	138
42.	Determinación de cargas muertas actuantes por metro lineal.....	139
43.	Presiones actuantes sobre la base del estribo.....	151
44.	Determinación de las fuerzas actuantes sobre el muro de contención con respecto al punto B.....	157
45.	Fuerzas debidas a sismo sobre la pantalla del estribo en el punto C.....	161
46.	Aplicación de cargas.....	166
47.	El eje neutro de encuentra en el infinito.....	171
48.	El eje neutro coincide con el borde inferior de la sección transversal de la columna.....	173

49.	El eje neutro está a 3,75 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.....	175
50.	El eje neutro está 7,5 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.....	177
51.	El eje neutro está 11,13 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.....	179
52.	Curva de interacción.....	181
53.	Detalle del armado final del barandal.....	183
54.	Detalle en planta del armado final del barandal.....	184
55.	Esquema de cargas actuantes sobre la banquetta en voladizo.....	185
56.	Detalle del diseño final de la banquetta en voladizo.....	190

## TABLAS

I.	Cobertura de la infraestructura Fraijanes, Guatemala.....	13
II.	Planilla de curvas horizontales.....	30
III.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas.....	38
IV.	Criterios para diseño de curvas verticales.....	41
V.	Planilla de curvas verticales.....	42
VI.	Relación para corte y relleno.....	44
VII.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	45
VIII.	Categoría de carga por eje.....	58
IX.	Tipos de suelos según valores de K.....	61
X.	Valores k para diseño sobre bases granulares de PCA.....	62
XI.	Valores k para diseño sobre bases de suelo cemento de PCA.....	62
XII.	Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto.....	63
XIII.	Ejemplo de integración de costos unitarios.....	67

XIV.	Presupuesto para el proyecto.....	68
XV.	Cronograma de ejecución.....	69
XVI.	Ejemplo de Evaluación de Impacto Ambiental.....	71
XVII.	Análisis de suelo.....	75
XVIII.	Límites de Attreberg.....	77
XIX.	Parámetros de corte.....	78
XX.	Cargas muertas.....	95
XXI.	Confinamiento a corte.....	110
XXII.	Cargas muertas que actúan sobre el estribo .....	141
XXIII.	Cargas vivas que actúan sobre el estribo.....	142
XXIV.	Fuerzas de sismo actuantes sobre el estribo.....	143
XXV.	Empujes actuantes sobre el estribo.....	144
XXVI.	Fuerzas actuantes sobre el estribo debido a carga viva.....	145
XXVII.	Fuerzas debido a sismo sobre la pantalla del estribo.....	158
XXVIII.	Fuerzas debido a empuje sobre la pantalla del estribo a.....	158
XXIX.	Fuerzas debido a empuje sobre la pantalla del estribo b.....	159
XXX.	Fuerzas debido a sismo sobre la pantalla del estribo.....	162
XXXI.	Empuje provocado por la presión sobre la pantalla del estribo.....	162
XXXII.	Empuje ejercido por carga viva sobre la pantalla del estribo...	163
XXXIII.	Costo unitario de losa.....	191
XXXIV.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	192
XXXV.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	193

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Agr</b>	Agregados
<b>A.F.</b>	Agregados finos
<b>A.G.</b>	Agregados gruesos
<b>Ag</b>	Agua
<b>h</b>	Altura de la sección transversal
<b>Lu</b>	Altura del poste
<b>A</b>	Área
<b>As</b>	Área de acero requerido
<b>Av</b>	Área de la varilla de refuerzo a corte a utilizar
<b>A<sub>oh</sub></b>	Área encerrada por el eje del refuerzo transversal cerrado dispuesto para torsión
<b>A<sub>cp</sub></b>	Área encerrada por el perímetro exterior de la sección transversal de concreto
<b>SM</b>	Arena limosa
<b>B</b>	Base de la cimentación
<b>b</b>	Base de la sección transversal
<b>P<sub>n</sub></b>	Carga axial nominal
<b>P<sub>u</sub></b>	Carga axial ultima
<b>P<sub>c</sub></b>	Carga crítica al pandeo
<b>cm</b>	Carga muerta
<b>W</b>	Carga uniformemente distribuida
<b>cv</b>	Carga viva
<b>CA-1</b>	Carretera Interamericana



<b>Ce</b>	Cemento
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>cg</b>	Centro de gravedad
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía
<b>Cu</b>	Cohesión
<b>Con</b>	Concreto
<b>Y</b>	Corrección en cualquier punto de la curva
$\Delta$	Deflexión
$\epsilon_c$	Deformación en el concreto
$\Delta_{ecm}$	Deformación por carga muerta
$\Delta_c$	Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida
$\Delta_t$	Deformación por temperatura
$\Delta_{eT}$	Deformación total por esfuerzo
<b>de</b>	Diafragma exterior
<b>di</b>	Diafragma interior
$\Phi$	Diámetro
<b>A<sub>L</sub></b>	Diferencia algebraica de las pendientes
<b>Di</b>	Distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada
<b>d</b>	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción
<b>D</b>	Distancia entre estaciones
<b>Esb</b>	Esbeltez
$\sigma_a$	Esfuerzo a compresión del apoyo
$\sigma_f$	Esfuerzo admisible del acero
<b>fs</b>	Esfuerzo en el acero

$\sigma_r$	Esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo
<b>Esp</b>	Espaciamiento del refuerzo
<b>t</b>	Espesor del elemento
<b>T<sub>t</sub></b>	Espesor total del elastómero
<b>e</b>	Excentricidad
<b>E</b>	External
$\delta$	Factor de amplificación del momento
<b>K<sub>esb</sub></b>	Factor de esbeltez
$\emptyset$	Factor de reducción de resistencia
<b>F.S.</b>	Factor de seguridad
$\beta_1$	Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro
<b>Fd</b>	Fuerzas deslizantes
<b>Fe</b>	Fuerzas estabilizantes
<b>Fv</b>	Fuerzas verticales
<b>G</b>	Grado de curvatura
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
<b>hg</b>	Hierro galvanizado
<b>hr</b>	Hora
<b>I.P.</b>	Índice plástico
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>KIPS</b>	Kilo libra
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>km</b>	Kilometro
<b>Lb</b>	Libra
<b>psi</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>L.L.</b>	Limite líquido
<b>lt</b>	Litro

<b>Lc</b>	Longitud de curva
<b>L.C.V.</b>	Longitud de curva vertical
<b>L<sub>min</sub></b>	Longitud mínima de curva vertical
<b>L</b>	Luz libre
<b>S</b>	Luz libre entre vigas
<b>Max</b>	Máximo
<b>ΔL</b>	Máximo desplazamiento horizontal
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetros
<b>min</b>	Mínimo
<b>min.</b>	Minuto
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del refuerzo
<b>k</b>	Módulo de reacción
<b>MR</b>	Módulo de ruptura
<b>M</b>	Momento
<b>Mn</b>	Momento flector nominal
<b>Me</b>	Momento producido por las fuerzas estabilizantes
<b>Mv</b>	Momento producido por las fuerzas volteantes
<b>Mu</b>	Momento ultimo
<b>Om</b>	Ordenada media
<b>K</b>	Parámetro de la curva
<b>Pe</b>	Pendiente de entrada
<b>Ps</b>	Pendiente de salida
<b>P<sub>h</sub></b>	Perímetro del eje del refuerzo transversal cerrado dispuesto para torsión
<b>P<sub>cp</sub></b>	Perímetro exterior de la sección transversal de concreto
<b>P</b>	Peso del eje más pesado del camión
<b>%</b>	Porcentaje

<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>Pc</b>	Principio de curva
<b>Pt</b>	Principio de tangente
<b>plg</b>	Pulgada
<b>Pi</b>	Punto de intersección
<b>R</b>	Radio
<b>RA</b>	Reacción en el punto A
<b>RB</b>	Reacción en el punto B
<b>r</b>	Recubrimiento
<b><math>\beta</math>d</b>	Relación utilizada para calcular los momentos magnificados en columnas debido a cargas permanentes
<b>fy</b>	Resistencia a la fluencia del refuerzo
<b>fyt</b>	Resistencia a la fluencia del refuerzo transversal
<b>V</b>	Resistencia al corte
<b>Vc</b>	Resistencia al corte del concreto
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>Vu</b>	Resistencia última al corte
<b>EI</b>	Rigidez a la flexión de un elemento en compresión
<b>sec</b>	Secante
<b>seg</b>	Segundo
<b>SC</b>	Sobrecarga
<b>Im</b>	Sobrecarga debido al impacto
<b>St</b>	Subtangente
$\Sigma$	Sumatoria
<b>Tg</b>	Tangente
<b>T</b>	Tonelada
<b>Tu</b>	Torsión crítica

**qud**

Valor soporte admisible del suelo

**qu**

Valor soporte del suelo

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>ACI</b>	American Concrete Institute
<b>Balasto</b>	Material selecto que se coloca sobre la subrasante de una carretera.
<b>Carga</b>	Esfuerzo aplicado a un elemento, por un cuerpo.
<b>Carga última</b>	En el reglamento ACI 318-02 la carga última se define como 1,4 veces la suma total de carga muerta más 1,7 veces la suma total de carga viva. ( $1,4 \cdot C.M. + 1,7 \cdot C.V.$ )
<b>Cargas muertas</b>	Estas incluyen el peso de todos los elementos estructurales basados en las dimensiones de diseño (peso propio) y el peso permanente de materiales o artículos, tales como: paredes y muros, cielos rasos, pisos, cubiertas, escaleras, equipos fijos y todas las cargas que no son causadas por la ocupación del edificio. Son cargas que tendrán invariablemente el mismo peso y localización durante el tiempo de vida útil de la estructura.

<b>Cargas vivas</b>	Son cargas no permanentes producidas por materiales o artículo, e inclusive gente en permanente movimiento. Cabinas, particiones y personas que entran y salen de una edificación pueden ser consideradas como carga vivas, son cargas uniformes aplicadas sobre el área de la edificación.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que corre en un tiempo determinado.
<b>CBR</b>	Californian Bearing Ratio
<b>Cota del terreno</b>	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
<b>Nivelación</b>	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.
<b>PCA</b>	Portland Cement Association
<b>P.R.A.</b>	Public Road Administration
<b>S.C.U.</b>	Sistema de clasificación unificado
<b>Subestructura</b>	Parte de la estructura de un puente, constituida por los estribos, siendo éstos los apoyos extremos de la superestructura.

<b>Superestructura</b>	Parte de la estructura de un puente, la cual permite el tránsito de vehículos, transmitiendo las cargas a la subestructura.
<b>TPD</b>	Tráfico promedio diario
<b>TPDC</b>	Tráfico promedio diario de camiones





## RESUMEN

El objetivo general de este proyecto es generar un proceso de participación y autogestión en las comunidades, a fin de promover o fortalecer la organización como instrumento para el impulso del desarrollo social permanente y sostenible, a través de proyectos de infraestructura.

En el caserío El Chocolate se tiene el problema de que no cuentan con una carretera adecuada para el transporte de las unidades productoras y pobladores de la región y ya que es de suma importancia, para el desarrollo de la comunidad y para la calidad de vida de los pobladores, que exista una adecuada vía de transporte, la solución a dicho problema es diseñar una carretera pavimentada hacia el caserío El Chocolate que cumpla con el radio mínimo y velocidad de diseño.

Otro problema que se tiene en la aldea El Cerrito es que carecen de un paso vehicular que permita transitar fácilmente sobre el río El Sauce por lo que es necesario mejorar el paso sobre el río para beneficiar a la economía de la región ya que por la falta del puente se ven afectados los comerciantes y por consiguiente se ve afectada la economía de los pobladores debido a que se requiere de mayor tiempo al tomar otra ruta más larga y la solución es diseñar un puente vehicular sobre el río.

Las normas que se aplicaron en estos proyectos son las AASHTO, estas se refieren a las especificaciones de los materiales, métodos de comprobación, y especificaciones para la prueba de equipos; las cuales son flexibles, de

acuerdo con las necesidades y características de los materiales locales, mas no así para los materiales fabricados, tales como cemento, acero, asfaltos, etc.

La metodología a trabajar fue la siguiente según cada fase siendo: fase de investigación: recopilación de datos significativos, análisis de datos rurales y análisis bibliográfico de los temas; fase de servicio técnico profesional: realizar actividades de campo, reconocer y priorizar el proyecto, recolectar datos de la comunidad, levantamiento topográfico (planimetría y altimetría), diseño del eje de la carretera, diseño del pavimento, diseño del puente, dibujo de planos, cuantificación de materiales, realizar presupuesto por renglones, realizar cronogramas de ejecución; fase de docencia: desarrollar una presentación para transmitir los diferentes criterios de mantenimiento y operación de carreteras y puentes, realización de prácticas en el campo, apoyar a la municipalidad con manuales que contengan los criterios para mantenimiento y operación de carreteras y puentes.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes y el puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala.

### **Específicos**

1. Obtener la monografía y el diagnóstico de las principales necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura de las comunidades del municipio de Fraijanes, Guatemala.
2. Diseño de la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Guatemala.
3. Diseño del puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tiene como finalidad ayudar al desarrollo de las comunidades, realizando un estudio de la región, por lo que se priorizaron los proyectos de infraestructura: diseño de la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes y del puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala.

El primer proyecto que se priorizó es el diseño de la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes. Este camino es de tierra y el problema que tiene, es que es intransitable en época de lluvia. Además tiene algunas curvas con radio menor al mínimo y resultan muy peligrosas, por estas razones se hace necesaria la realización de este proyecto.

La otra prioridad es el diseño del puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala, porque debido a la falta de un puente los transportistas deben movilizarse sobre el río o transitar por rutas más extensas ya que no existe otra forma de cruzar dicho río. Por lo que se diseñará un puente vehicular de concreto.

Tomando en cuenta los aspectos económicos y sociales del municipio y con base en las necesidades expuestas anteriormente, se diseñó la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes y el puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea el cerrito, Fraijanes, Guatemala.



# **1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES**

## **1.1. Aspectos históricos**

A este municipio le fue puesto el nombre de Fraijanes debido a que en 1770, cuando un grupo de frailes Juanes, llegaron al pueblo con la tarea de velar por el bien espiritual de la población, se ganaron el respeto y aprecio de cada uno de sus vecinos. Los frailes se perdieron en la historia más el nombre inicial para el municipio Fray Juanes en honor a ellos por la labor caritativa permaneció por mucho tiempo, luego conforme el tiempo, el nombre sufrió una variación utilizándose hoy Fraijanes.

Fraijanes, antigua aldea del municipio de San Miguel Petapa (hoy Petapa), por Acuerdo Gubernativo del 2 de junio de 1912 se adscribió al entonces municipio de Pueblo Viejo (en la actualidad Villa Canales). Se erigió el municipio según Acuerdo Gubernativo de fecha 12 de junio de 1924 del entonces presidente José María Orellana, perteneciendo al departamento de Amatitlán, del que fue separado un año después, agregándose al departamento de Guatemala de acuerdo al Acuerdo Gubernativo del 23 de abril de 1925. Por acuerdo Gubernativo del Presidente José María Orellana, el 15 de julio de 1925 se establecieron los linderos entre Fraijanes y Santa Catarina Pinula.

En el principio, Fraijanes, conocido en ese entonces de la serranía "de canales" fue posesión de la Tercera Orden Franciscana, durante el siglo XVII y mediado del XVIII, siendo expropiadas estas tierras por el gobierno de Rafael Carrera, posteriormente, siendo presidente el general Justo Rufino Barrios fue



nuevamente expropiado a la orden religiosa de los Jesuitas, pasando a ser una finca nacional repartida posteriormente a los integrantes del batallón canales.

Los herederos de don Antonio de Lara y hermana doña Trinidad reclamaron en 1834 la hacienda, correspondiente al primero El Cerrito y La Montaña, y a la segunda Los Gunjes y Rabanales, de acuerdo entre las dos partes y divididos por el río Aguacapa, de acuerdo con un documento de tierras del año 1837. Ya con el nombre de Fraijanes doña Trinidad de Lara vendió lo que le correspondía al señor Buenaventura Sambus, con una extensión de 42 caballerías y 135 cuerdas. El mapa del terreno, levantado en 1841, representa a la propiedad como Fraijanes o Los Gunjes.

En pago de una deuda, el 15 de diciembre de 1882 fueron vendidos los terrenos en pública subasta, habiéndolos adquirido doña Dolores y don Julio Tinoco, quienes vendieron la propiedad al Gobierno por la cantidad de veintidós mil pesos, mediante contrato aprobado por Acuerdo Gubernamental del 27 de enero 1886. El acuerdo del 6 de agosto de 1886 dispuso distribuir la hacienda entre los milicianos del batallón Canales, lo que se llevó a cabo conforme a el acta levantada en la aldea Fraijanes el 10 de noviembre de ese mismo año, reservándose varios lotes para oficinas públicas, iglesia, escuela y cementerio, así como para terrenos comunales.

La cabecera cuenta con una iglesia erigida en 1902 y puesta bajo la advocación del patrono del pueblo, el Sagrado Corazón de Jesús. Tiene un dispensario de Sanidad Pública y en la casa que fuera el antiguo casco de la hacienda está instalada tanto la Municipalidad como las demás dependencias públicas. Existe una escuela mixta tipo Centroamérica, de seis aulas, inaugurada el 6 de abril de 1961 y que al año apenas tenía una asistencia de 56

alumnos. La cabecera se divide en dos barrios: Arribeños, o sea la parte norte y Abajeños, la parte hacia el sur de la Municipalidad.

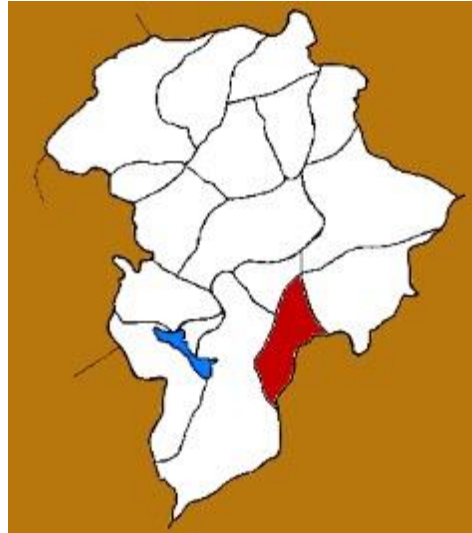
Por Acuerdo Gubernamental del 3 de agosto de 1949 se suministraron fondos al entonces Departamento de Aguas y Cloacas de la Dirección General de Obras Públicas, para los trabajos de introducción del agua potable a la cabecera.

El Acuerdo Gubernamental del 6 de agosto de 1886 mandó a distribuir los terrenos de la hacienda Fraijanes entre los vecinos de Villa Canales. El reglamento para dar en arrendamiento los terrenos municipales fue aprobado por el Acuerdo Gubernamental del 2 de octubre de 1916.

## **1.2. Ubicación y localización geográfica**

El municipio de Fraijanes, se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala como lo muestra la figura 1, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud  $14^{\circ} 27' 45''$  y en la longitud  $90^{\circ} 26' 25''$ . Cuenta con una extensión territorial de 95,48 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 630 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 28 km. de la cabecera departamental de Guatemala. Limita al norte con el municipio de Santa Catarina Pinula (Guatemala); al sur con los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y Villa Canales (Guatemala); al este con los municipios de Barberena, Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y San José Pinula (Guatemala); y al oeste con los municipios de Villa Canales y Santa Catarina Pinula (Guatemala). La municipalidad es de tercera categoría.

Figura 1. **Municipio de Fraijanes, Guatemala**



Fuente: [http://culturapeteneraymas.blogspot.com/2010/11/mapas-del-departamento-de-guatemala\\_11.html](http://culturapeteneraymas.blogspot.com/2010/11/mapas-del-departamento-de-guatemala_11.html). Consulta: febrero de 2012.

### **1.3. Vías de comunicación**

Como parte de la infraestructura vial del municipio se estableció que la principal vía de acceso la constituye la carretera CA-1, proveniente de la capital y que conduce al departamento de Santa Rosa y Frontera con El Salvador, de donde entronca la ruta 2, que está asfaltada y comunica con la cabecera municipal, prolongándose hasta Barberena.

Existen otras carreteras alternas no pavimentadas que por el uso se tienen como principales, siendo estas la ruta 13 que comunica Santa Rosa de Lima al entronque de la CA-1 y la ruta 18 de San José Pinula que entronca con la ruta 13. Dentro de las vías internas se mencionan las que comunican las comunidades de El Chocolate y El Retiro con la cabecera municipal.

#### **1.4. Costumbres y tradiciones**

Dentro de las principales costumbres y tradiciones del municipio se pueden mencionar, la instalación de palenques donde se realizan peleas de gallos, desfile de equinos, así como carreras de caballos.

La fabricación de candelas y teja de barro, constituye parte importante de la cultura del municipio, ya que el resto de los habitantes se dedica a la agricultura y el comercio.

#### **1.5. Fiesta patronal**

Fraijanes celebra la fiesta titular del 1 al 4 de febrero, en agradecimiento por la cosecha de café. Por otra parte la iglesia conmemora la festividad del Sacratísimo Corazón de Jesús en junio, siendo esta una fiesta movable.

#### **1.6. Producción**

Su economía se basa en la producción agrícola de: maíz, frijol y café en gran escala; la producción pecuaria se basa en la crianza de cerdos y a la avicultura; y la única artesanía que se le conoce es la elaboración de candelas y tejas de barro.

#### **1.7. Centros turísticos y arqueológicos**

- Cuenta con los centros turísticos
- Graciela
- Río Santa Isabel

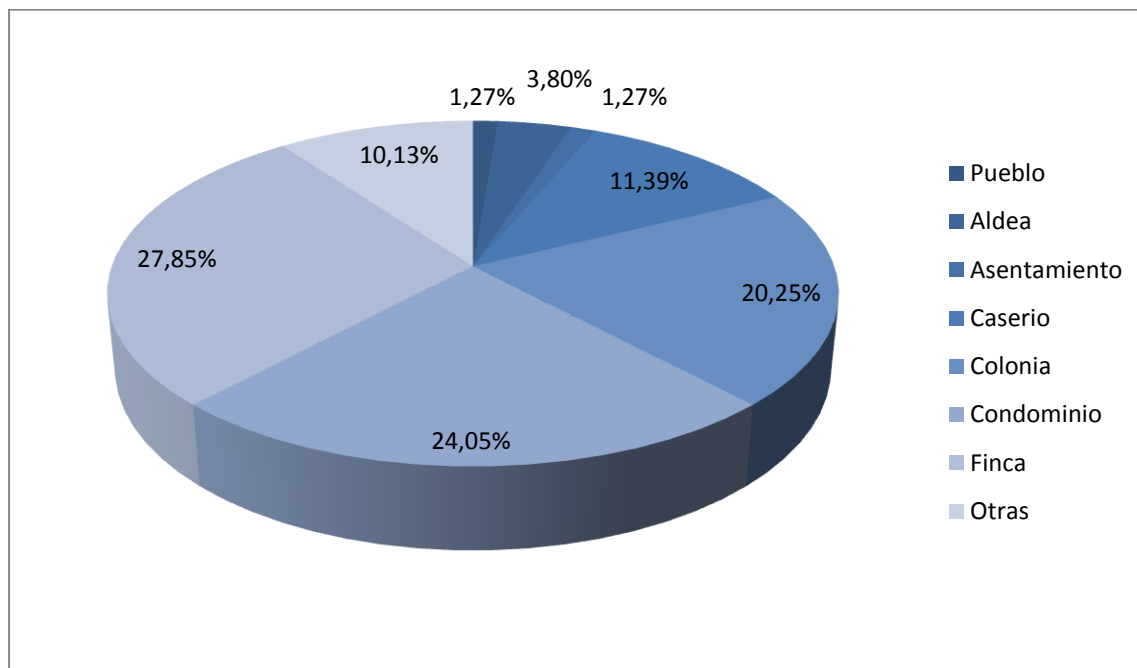
- Cataratas Puerta del Señor
- Cueva del negro

Este último centro para excursiones se encuentra al suroeste de la cabecera y dentro de la finca Rabanales, en las márgenes del río Aguacapa. La Cueva del Negro es una ruina que data del período hispánico,

### 1.8. Distribución actual

En el municipio se reconocen oficialmente un total de 79 lugares poblados, en la figura 2 se visualiza la distribución:

Figura 2. **División político administrativo municipal Fraijanes, Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

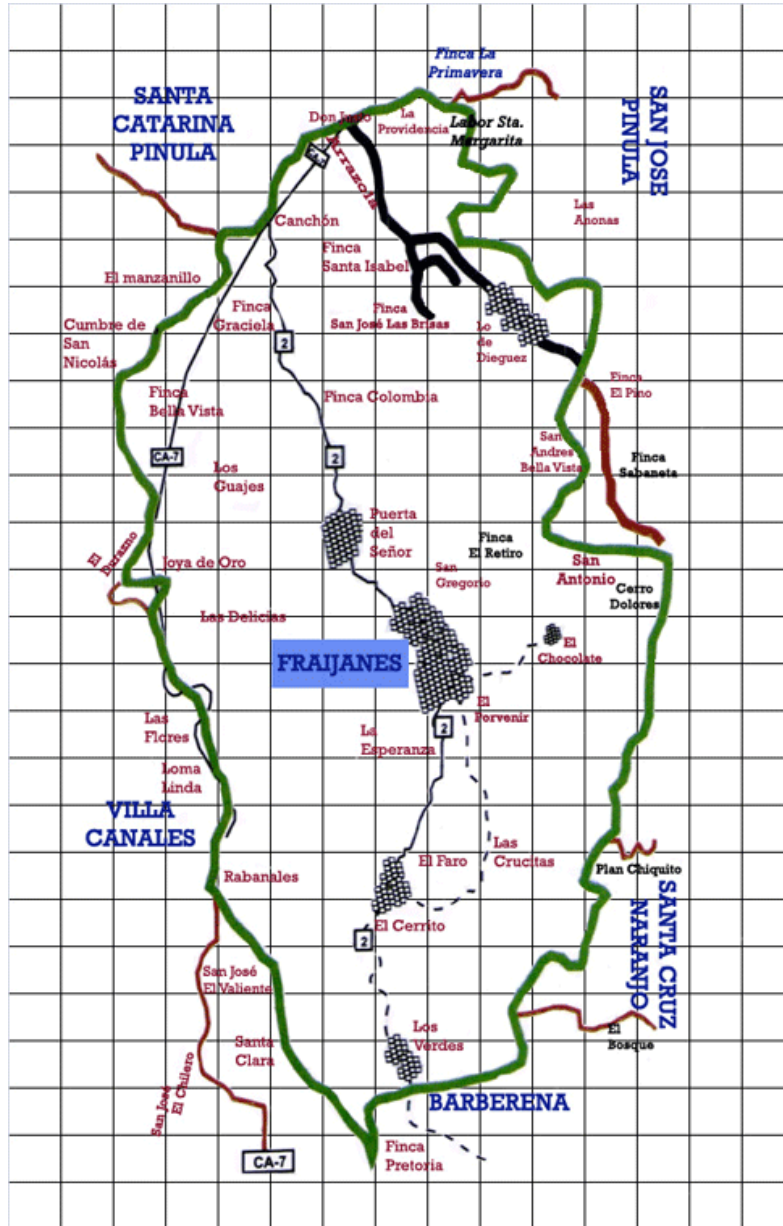
Las aldeas ubicadas en Fraijanes de acuerdo con la figura 3 son:

- Puerta del Señor
- El Cerrito
- Los Verdes
- Rabanales
- Lo de Diéguez

Los caseríos situados en Fraijanes son:

- Don Justo
- El Chocolate
- Canchón
- Pavón
- San Andrés Buena Vista
- El Retiro
- Joya Verde
- Las Crucitas
- Montebello
- Los Cipreces
- Pueblo Viejo

Figura 3. **Distribución del municipio de Fraijanes**



Fuente: <http://munifraijanes.com/mapa.php>. Consulta: febrero de 2012.

## **1.9. Clima**

El clima es templado, con altitudes que varían entre 1 200 a 1 800 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura entre el rango de 14 °C a 22 °C, precipitación media anual de 1 200 mm.

## **1.10. Orografía**

Cuenta las montañas Canchón y El Cerrito y los cerros de: El Cubilete, El Chocolate, Dolores y Los Guajes.

## **1.11. Hidrografía**

Fraijanes está bañado por los ríos: Aguacapa, Aguacapilla, El Chocolate, El Retiro, El Sauce, Fraijanes, Las Cañas, Lo de Dieguez, Los Encuentros, Los Verdes, Rustrián y Santa Isabel; los riachuelos: El Maguey y Del Cerrito; y las quebradas: El Ariete, El Botadero, El Cangrejal, El Chichicaste, El Faro, el Naranja, Honda, La Cuchilla, La Oscurana, La Perla y Las Lajas.

## **1.12. Suelo y topografía**

La comunidad se encuentra sobre planicies, con algunas hondonadas al alrededor con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados, las corrientes de agua viajan en dirección sur.

De acuerdo al mapa geológico de Guatemala, edición de noviembre de 1980 del Instituto Geográfico Nacional, el substrato del municipio de Fraijanes corresponde a rocas de origen volcánico, específicamente pómez y aluvión. Los suelos que se han conformado sobre este tipo de substrato corresponden a la serie de suelos Morán.



Simmons en el libro Clasificación de Suelos de la República de Guatemala describe como sigue: “Los suelos Morán son bien profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo – seco”.

El suelo superficial a una profundidad de 20 o 30 centímetros es de color marrón muy oscuro y el contenido de materia orgánica es de 4 %.

El subsuelo a una profundidad de 100 centímetros, es arcilla marrón rojiza y su estructura es de fuertemente cúbica a prismática.

A una profundidad de 150 centímetros o más se extiende una capa color marrón amarillenta de ceniza volcánica pomácea que contiene muchos fragmentos de pómez. Su reacción es ligeramente ácida, su pH varía de 6,0 a 6,5. Con estas características se considera que el suelo de Fraijanes es muy permeable a partir de 1,8 metros de profundidad.

### **1.13. Servicios básicos**

Es necesario conocer los servicios básicos que posee el municipio de Fraijanes para poder determinar las necesidades de dicho municipio.

#### **1.13.1. Servicio de agua**

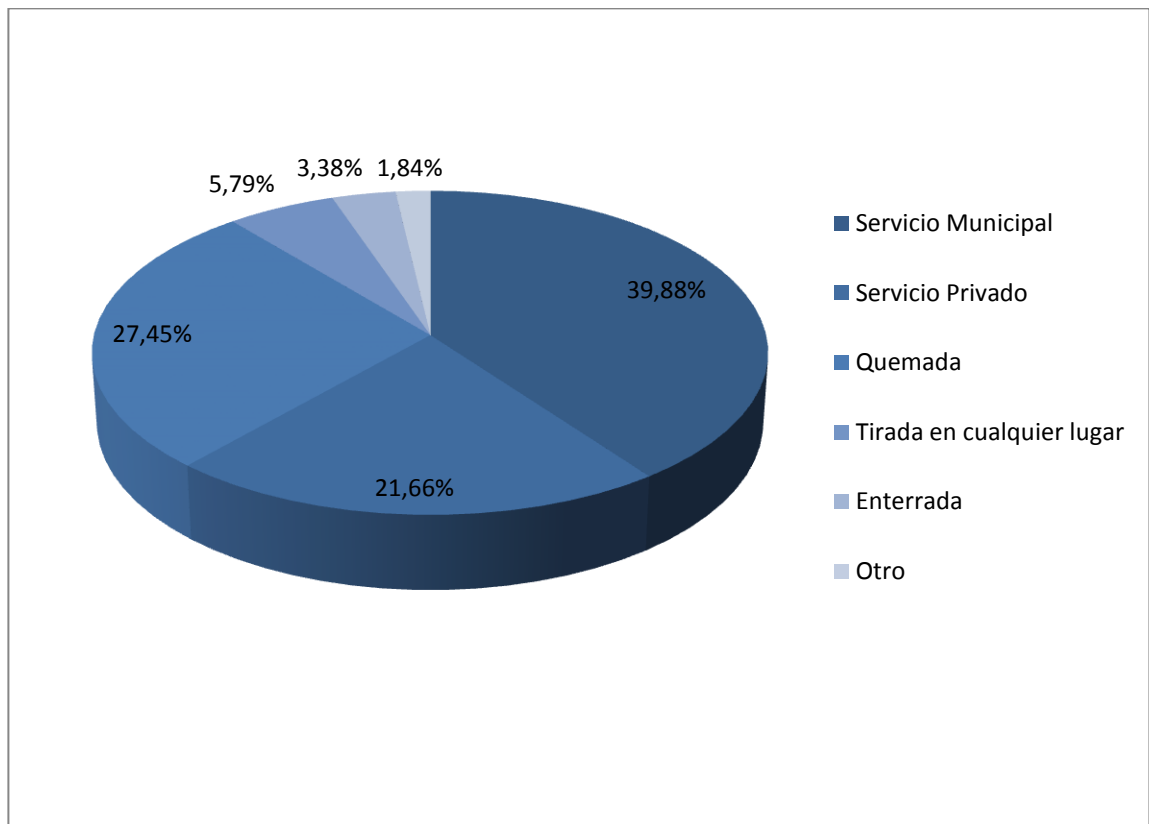
El abastecimiento de agua se distribuye así, del total de viviendas formales, 82,9 %, tienen el servicio y 17,1 % no lo tienen.

#### **1.13.2. Servicio sanitario**

En lo referente al sistema de disposición de excretas y aguas servidas, se puede indicar, que del total de viviendas, 5 986 poseen servicio sanitario y el

resto carece de él, lo que equivale en porcentaje a 96,7 % y 3,3 % respectivamente.

Figura 4. **Desechos sólidos Fraijanes, Guatemala**



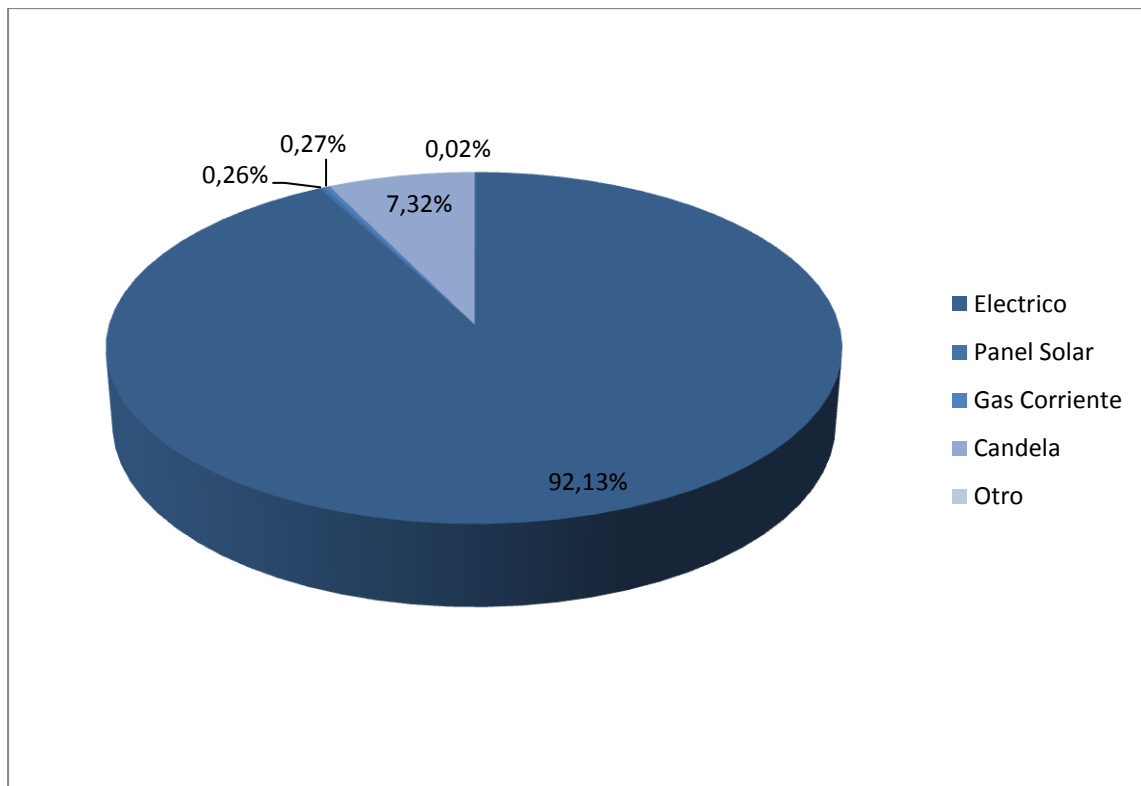
Fuente: elaboración propia.

De la figura no. 4 se deduce que el mayor porcentaje es de 39,88 % el cual pertenece a 2 467 viviendas que eliminan la basura por medio del servicio municipal, el porcentaje restante corresponde a 1 340 que utilizan el servicio privado, 1 698 la queman, 358 la tiran en cualquier lugar, 209 la entierran y 114 de otra forma.

### 1.13.3. Servicio de alumbrado

De la figura 5 se deduce que el mayor porcentaje es de 92,13 % el cual pertenece a 5 699 viviendas con servicio de alumbrado eléctrico, el porcentaje restante corresponde a 16 con panel solar, 17 con gas corriente, 453 con candela, 1 de otro tipo.

Figura 5. Servicio de alumbrado Fraijanes, Guatemala



Fuente: elaboración propia.

#### **1.13.4. Infraestructura**

La infraestructura está comprendida por el 18,13 % del área total del municipio distribuida como se muestra en la tabla I.

Tabla I. **Cobertura de la infraestructura Fraijanes, Guatemala**

	<b>Área (%)</b>
<b>1. Construcciones</b>	
<b>1.1. Centros Poblados</b>	<b>16,46</b>
<b>2. Comercios y servicios</b>	
<b>2.1. Instituciones</b>	
<b>2.1.1. Prisión</b>	<b>1,35</b>
<b>3. Industria</b>	
<b>3.1. Complejo Industrial</b>	<b>0,32</b>

Fuente: MAGA. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra. Guatemala, enero 2006.

#### **1.14. Descripción de las necesidades**

Una de las necesidades es el diseño de la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Guatemala, y la otra necesidad es el diseño del puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala.

#### **1.15. Priorización de las necesidades**

Primero se priorizo el diseño de la pavimentación de la carretera del caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes ya que es de suma importancia, para el desarrollo de la comunidad y para la calidad de vida

de los pobladores, que exista una adecuada vía de transporte. Al contar con dicha vía se previene la acumulación de tierra en el aire que respiran los habitantes de la región, así mismo se verán beneficiadas las unidades productoras y distribuidoras de mercadería, ya que en épocas de lluvia, el camino, queda casi intransitable, además se contribuirá a disminuir el tiempo de transporte.

También se priorizo el diseño del puente vehicular sobre el río El Sauce de la aldea El Cerrito por la necesidad de mejorar el paso sobre el río para beneficiar a la economía de la región ya que por la falta del puente se ven afectados los comerciantes de la región y por consiguiente se ve afectada la economía de los pobladores debido a que se requiere de mayor tiempo al tomar otra ruta más larga. Por lo tanto este proyecto ayudará al desarrollo de la aldea. También mejorará la productividad y la calidad de vida de los habitantes.

## **2. DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DEL CASERÍO EL CHOCOLATE HACIA LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES GUATEMALA**

### **2.1. Descripción del proyecto**

Se diseñará la carretera que empieza desde la latitud  $14^{\circ} 28' 26,17''$  N y la longitud  $90^{\circ} 24' 07,50''$  O hasta la latitud  $14^{\circ} 27' 44,32''$  N y la longitud de  $90^{\circ} 25' 44,77''$  O. Este proyecto beneficiará principalmente a las comunidades de: El Chocolate, la cabecera municipal de Fraijanes y Lo De Diéguez y consta de visitas de campo al lugar, levantamiento topográfico, estudio hidrológico, análisis del suelo, diseño geométrico de la carretera, diseño del pavimento, planos de la carretera, presupuesto y cronograma de ejecución. El pavimento será de concreto con dos carriles, de sección típica tipo F con ancho de calzada igual a 5,50 metros y velocidad de diseño de 20 kilómetros por hora.

### **2.2. Estudios preliminares**

Previo a cualquier diseño de pavimentación es necesario realizar una serie de estudios que dan como resultado los parámetros de diseño a utilizar.

#### **2.2.1. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico lo constituye la altimetría y la planimetría, las que son fundamentales para el diseño de cualquier proyecto, la aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen la

conformación real del lugar de ejecución de un proyecto. Para este proyecto se realizó un levantamiento topográfico de primer orden con estación total.

#### **2.2.1.1. Planimetría**

Este trabajo se realizó para obtener la representación gráfica en planta del terreno. Así, de esta forma localizar la línea central, secciones transversales y la ubicación de los servicios existentes en la vía principal del municipio.

#### **2.2.1.2. Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representar dicha superficie gráficamente, para que conjuntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones.

El trabajo de nivelación consiste en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocan estaciones, las que se recomienda sean a cada 20 metros. También se deben fijar bancos de marca cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto. Como cota de salida se fija una arbitraria entera, la cual se recomienda sea un valor que no permita obtener cotas negativas.

#### **2.2.1.3. Secciones transversales**

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la línea central del terreno, que se recomienda sea como mínimo de 40 metros, es decir, 20 metros a cada lado a partir de la línea central definida en el levantamiento planimétrico. Estas deberán ser

medidas en forma perpendicular al eje, midiendo la distancia horizontal a que se está nivelando cada punto.

### **2.2.2. Estudio hidrológico para la determinación del caudal de diseño**

El estudio hidrológico sirve para determinar el tipo de estructura necesaria, para drenar el agua en puntos determinados de la carretera. Por medio del estudio hidrológico se determinan, las obras de arte de una carretera como: alcantarillas, bóvedas, cunetas, contra cunetas, etc.

El método utilizado fue el Racional, el cual asume que el caudal máximo, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con la escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$Q = \frac{CIA}{3,6}$$

Donde:

Q = caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

A = área drenada de la cuenca en kilómetros cuadrados

I = intensidad de lluvia [mm/hora]

C = coeficiente de escorrentía

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio.



La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

$$I = \frac{A}{(t+B)^n}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia [mm/Hora]

t = tiempo de concentración [minutos]

A, B y n = varían en cada región, datos proporcionados por INSIVUMEH

$$I = \left( \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}} \right)$$

Donde:

t = tiempo de concentración [minutos]

L = longitud del cauce principal [metros]

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal [metros].

Ejemplo de determinación de caudal:

A = área a drenar 0,05 km<sup>2</sup>

L = longitud del cauce de 1 600,00 m

H = diferencia de elevaciones de 162,00 m

C = coeficiente de escorrentía de 0,4

Figura 6. Área crítica a drenar



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tiempo de concentración en minutos (t).

$$t = \frac{3 * 1600^{1,15}}{154 * 162^{0,38}} = 13,64 \text{ min.}$$

Los valores de A, B y n los proporcionó el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), para un período de retorno de 20 años, para cálculo de intensidad de lluvia en mm / hora.

$$I = \frac{720}{(13,64 + 2)^{0,637}} = 124,92 \text{ mm/hr}$$

Se calcula el caudal.

$$Q = \frac{0,40 * 124,92 * 0,05}{3,6} = 0,69 \text{ m}^3/\text{seg}$$

### **2.2.3. Estudio de suelos**

En todo trabajo de pavimentación es necesario conocer las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio, que se realizan a las muestras del suelo, las cuales se extraen del lugar donde se construirá el pavimento.

#### **2.2.3.1. Ensayos de laboratorio**

- Análisis granulométrico

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños representándolos luego en forma gráfica. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho según lo descrito en AASHTO T 27.

- Límites de consistencia

Sirve para determinar las propiedades plásticas de los suelos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por el contenido de humedad, y se conocen como:

- Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. El límite líquido fija la división entre el estado líquido y el estado plástico. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento

analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASHTO T 89.

- Límite plástico

Es el estado límite de suelo ya endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar el comportamiento al dar un fluido viscoso. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la Norma AASHTO T 90.

- Índice plástico

El índice plástico es el más importante y el más usado, y es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

- Densidad máxima y humedad óptima (ensayo de proctor).

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T 180, éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará la máxima compactación.

- Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

Este ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR, por las siglas en inglés), es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga, requerida, para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada. El procedimiento analítico se rige por la Norma AASHTO T 193.

#### **2.2.3.2. Análisis de resultados**

De los ensayos realizados se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Descripción del suelo: arena limosa, color café.

Clasificación:

S.C.U.: SM.

P.R.A.: A-5.

Límite líquido: 43,10 %.

Índice plástico: 2,70 %.

Densidad máxima: 75,4 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima: 42,8 %.

CBR al 95 % de compactación es de 6,3 %.

Como puede apreciarse, este material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su clasificación (SM) lo define como un suelo de grano grueso, su límite líquido no es mayor del 50 %, el 95 % de compactación se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de proctor modificado y el CBR es mayor que el 5 %.

### **2.3. Trabajo de gabinete y dibujo de preliminar**

Es el trabajo que se realiza en la computadora luego de tener la medición de puntos o levantamiento topográfico. Los puntos replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

#### **2.3.1. Planimétrico**

El cálculo topográfico se efectúa en gabinete y consiste en conocer las coordenadas parciales y totales de cada vértice que compone la poligonal abierta, con la finalidad de contar con información suficiente para efectuar con facilidad la localización de ruta, los corrimientos de línea y otros factores.

#### **2.3.2. Altimétrico**

Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos señalados por el levantamiento planimétrico, al fijar bancos de marca cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto, en los cuales se debe anotar la estación, la elevación y las distancias acumuladas, como cota de salida se fijará una arbitraria entera, la cual se recomienda sea un valor que al hacer el cálculo no permita obtener cotas negativas.

#### **2.3.3. Curvas de nivel**

Es la representación gráfica de los niveles de la carretera, que pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias obtenidas en el levantamiento planimétrico y los niveles del levantamiento altimétrico y

secciones transversales. Por medio de las curvas a nivel del levantamiento se determinaron las pendientes del terreno.

## **2.4. Diseño geométrico de la carretera**

Es el trazo de lo que será la carretera. El trazado en planta y en perfil de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular, curva parabólica y curva de transición.

### **2.4.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno, teniéndose entonces diferencias de velocidades en tramos contiguos, se admite una diferencia máxima de 20 Km/h entre las velocidades de tramos contiguos. En caso de superar esa diferencia debería intercalarse entre ambos, uno o varios tramos que cumplan esa limitación, y proporcionen un adecuado escalonamiento de velocidades.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, a la vez, controla la distancia de visibilidad.

## 2.4.2. Curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.

### 2.4.2.1. Elementos de curvas horizontales

Una vez escogida la curva, se calculan los elementos, entre los que se encuentran la subtangente (St), el longitud de curva (Lc), el radio (R), el principio de curva (Pc), principio de tangente (Pt), la deflexión ( $\Delta$ ), la cuerda máxima (Cm) , la ordenada media (Om), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (Pi), como se muestra en la figura 7:

Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT)

$$\text{sen } \frac{\Delta}{2} = \frac{Cm/2}{R} \rightarrow \frac{Cm}{2} = R * \text{sen } \frac{\Delta}{2} \rightarrow Cm = 2 * R * \text{sen } \frac{\Delta}{2}$$

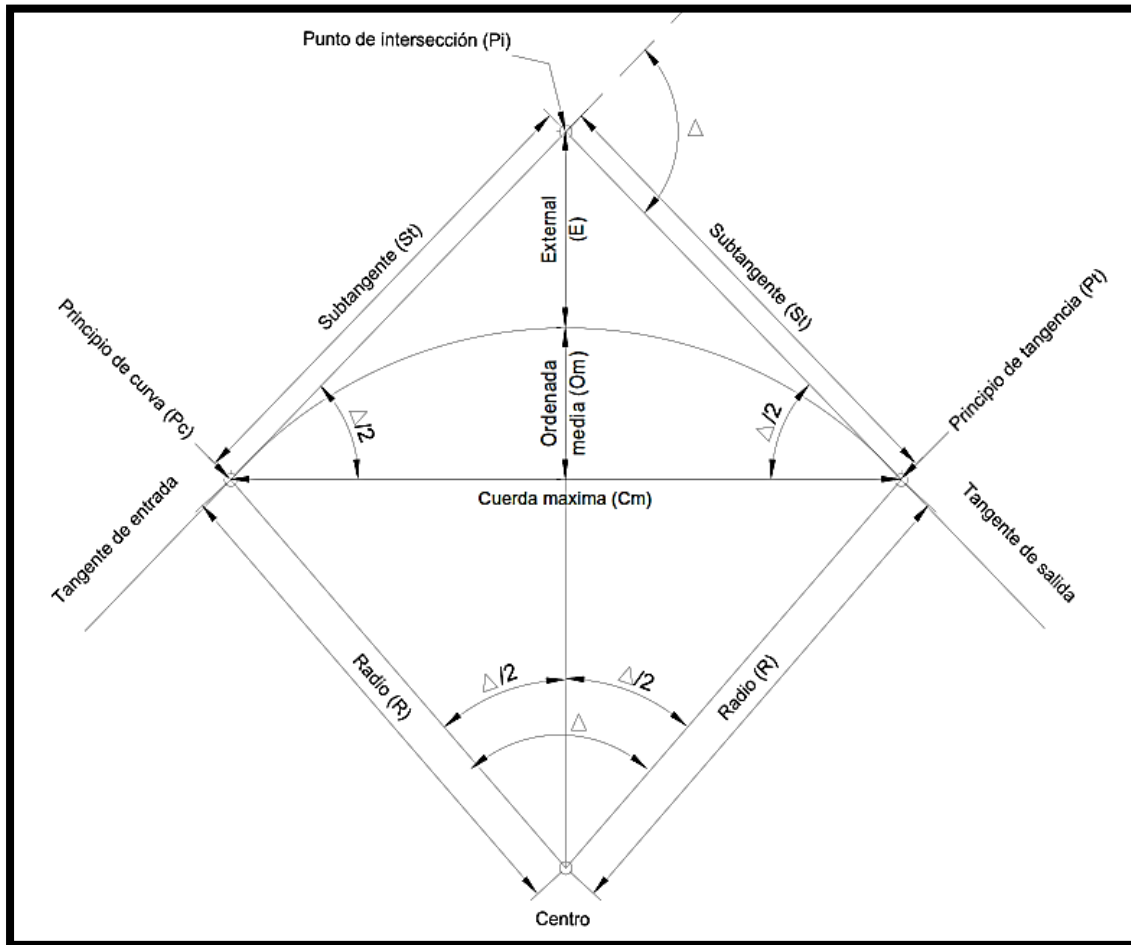
Longitud de curva (Lc)

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT).

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



Figura 7. Elementos de curva horizontal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### Tangentes (Tg)

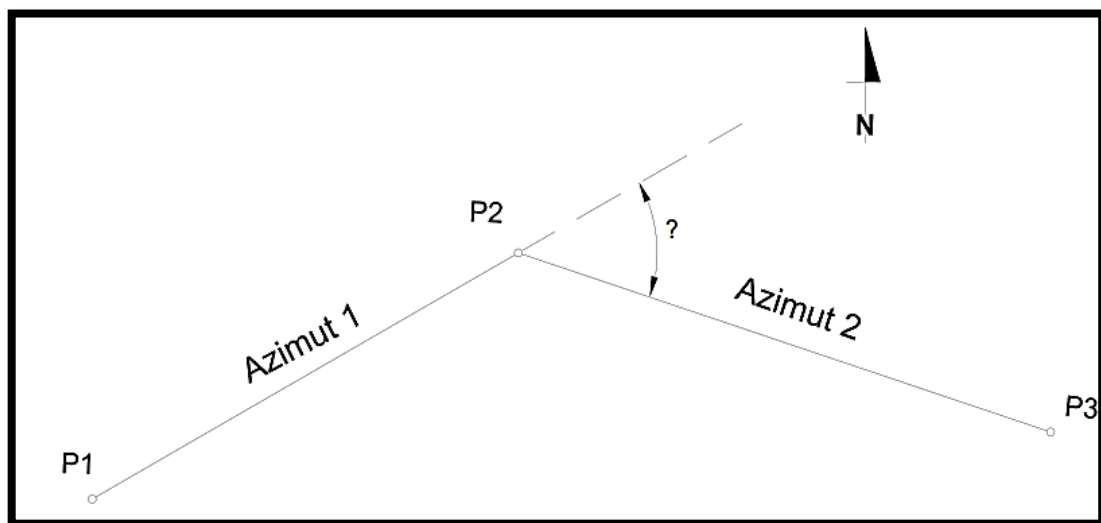
Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el rumbo.

La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en zonas muy llanas; sin embargo, en estas regiones se limita a 15 kilómetros por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

#### Cálculo de la deflexión ( $\Delta$ )

Entre dos azimuts existe una diferencia angular, la forma de calcularla es restando el azimut 2 del azimut 1. Ella sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará, mientras más grande es ella, se utiliza un grado de curvatura mayor.

Figura 8. **Calculo de la deflexión**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

External (E)

Es la distancia desde el Pi al punto medio de la curva

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

Ordenada media (Om)

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

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

Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (Pc) y el punto de intersección (Pi), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (Pi) y el principio de tangencia (Pt) es igual.

$$St = R * \operatorname{Tg} \frac{\Delta}{2}$$

Ejemplo:

Datos:

Curva = No. 2

PC = 0+093,907

PT = 0+125,695

$\Delta = 38^{\circ}08'46''$ .

R = 47,746 m.

G =  $24^{\circ}$ .

$$Cm = 2 * 47,746 * \operatorname{sen} \frac{38^{\circ}08'46''}{2} = 31,204 \text{ m}$$

$$LC = \frac{20 * 38^{\circ}08'46''}{24^{\circ}} = 31,788 \text{ m}$$

$$E = 47,746 \left( \operatorname{sec} \frac{38^{\circ}08'46''}{2} - 1 \right) = 2,773 \text{ m}$$

$$Om = 47,746 \left( 1 - \cos \frac{38^{\circ}08'46''}{2} \right) = 2,621 \text{ m}$$

$$St = 47,746 * \operatorname{Tg} \frac{38^{\circ}08'46''}{2} = 16,508$$

Tabla II. Planilla de curvas horizontales

No. de curva	PC	PT	$\Delta$	Radio (m)	Cm (m)	LC (m)	E (m)
1	0+040,309	0+068,783	04°16'16"	381,972	28,468	28,475	0,265
2	0+093,907	0+125,695	38°08'46"	47,746	31,204	31,788	2,773
3	0+193,758	0+230,900	18°34'16"	114,592	36,980	37,143	1,522
4	0+240,729	0+286,190	143°12'06"	18,189	34,518	45,460	39,438
5	0+313,786	0+350,646	27°38'42"	76,394	36,503	36,860	2,278
6	0+658,250	0+696,358	45°43'50"	47,746	37,105	38,108	4,072
7	0+763,556	0+801,640	20°56'47"	104,174	37,872	38,084	1,765
8	0+895,092	0+934,113	29°15'58"	76,394	38,598	39,021	2,561
9	0+959,067	0+985,602	10°36'50"	143,239	26,497	26,535	0,617
10	1+034,788	1+046,523	08°48'06"	76,394	11,724	11,736	0,226
11	1+117,559	1+181,486	25°34'14"	143,239	63,397	63,927	3,642
12	1+181,805	1+255,389	150°50'46"	27,949	54,099	73,583	83,101
13	1+302,925	1+342,838	103°46'16"	22,037	34,677	39,912	13,666
14	1+372,749	1+423,152	42°50'34"	67,407	49,237	50,404	5,002
15	1+476,444	1+507,879	04°42'55"	381,972	31,426	31,435	0,324
16	1+546,680	1+615,385	41°13'24"	95,493	67,233	68,705	6,531
17	1+668,552	1+691,805	03°29'16"	381,972	23,249	23,253	0,177
18	1+704,895	1+738,013	18°12'53"	104,174	32,978	33,118	1,330
19	1+773,184	1+818,106	31°26'52"	81,851	44,364	44,925	3,182
20	1+874,739	1+969,460	99°27'25"	54,567	83,268	94,720	29,848
21	2+044,142	2+078,608	05°10'12"	381,972	34,454	34,466	0,389
22	2+098,982	2+119,544	39°04'03"	30,156	20,166	20,562	1,842
23	2+136,255	2+162,863	79°49'17"	19,099	24,508	26,608	5,800
24	2+198,613	2+240,031	99°24'12"	23,873	36,415	41,418	13,038
25	2+267,502	2+307,011	94°49'19"	23,873	35,152	39,509	11,404
26	2+374,637	2+419,723	142°01'12"	18,189	34,398	45,085	37,708
27	2+437,405	2+496,913	130°54'53"	26,044	47,382	59,508	36,657
28	2+533,325	2+572,182	85°29'04"	26,044	35,352	38,857	9,418
29	2+644,284	2+668,534	19°23'58"	71,620	24,134	24,249	1,039
30	2+676,301	2+715,554	54°57'12"	40,926	37,766	39,253	5,203
31	2+803,880	2+843,604	07°56'41"	286,479	39,692	39,724	0,690

Continuación de la tabla II.

No. de curva	Om (m)	St (m)	G (°)	e%	Ls (m)	Sobre ancho (m)
1	0,265	14,244	3	0,6	11	0,60
2	2,621	16,508	24	4,2	11	1,70
3	1,502	18,736	10	1,9	11	1,00
4	12,448	54,681	63	8,6	20	3,00
5	2,212	18,796	15	2,7	11	1,20
6	3,752	20,135	24	4,2	11	1,70
7	1,736	19,257	11	2,1	11	1,00
8	2,478	19,946	15	2,7	11	1,20
9	0,614	13,305	8	1,5	11	0,90
10	0,225	5,879	15	2,7	11	1,20
11	3,551	32,505	8	1,5	11	0,90
12	20,915	107,475	41	6,5	15	2,50
13	8,435	28,090	52	7,6	18	3,00
14	4,657	26,446	17	3,1	11	1,30
15	0,323	15,726	3	0,6	11	0,60
16	6,113	35,916	12	2,2	11	1,10
17	0,177	11,630	3	0,6	11	0,60
18	1,313	16,700	11	2,1	11	1,00
19	3,063	23,044	14	2,6	11	1,20
20	19,294	64,408	21	3,7	11	1,50
21	0,389	17,245	3	0,6	11	0,60
22	1,736	10,699	38	6,1	15	2,40
23	4,449	15,975	60	8,4	20	3,00
24	8,433	28,152	48	7,2	17	2,90
25	7,717	25,972	48	7,2	17	2,90
26	12,270	52,855	63	8,6	20	3,00
27	15,226	57,036	44	6,8	16	2,70
28	6,917	24,068	44	6,8	16	2,70
29	1,024	12,242	16	2,9	11	1,30
30	4,617	21,284	28	4,8	11	1,90
31	0,688	19,894	4	0,8	11	0,60

Continuación de la tabla II.

No. de curva	PC	PT	$\Delta$	Radio (m)	Cm (m)	LC (m)	E (m)
32	2+870,673	2+917,433	30°23'38"	88,147	46,213	46,760	3,194
33	2+954,974	2+984,274	10°15'18"	163,702	29,261	29,300	0,658
34	3+040,749	3+064,952	19°21'42"	71,620	24,087	24,202	1,035
35	3+096,324	3+142,423	16°08'05"	163,702	45,947	46,099	1,636
36	3+162,786	3+183,762	12°35'09"	95,493	20,934	20,976	0,579
37	3+190,933	3+224,351	63°29'37"	30,156	31,734	33,418	5,306
38	3+257,157	3+286,037	04°19'55"	381,972	28,873	28,880	0,273
39	3+322,263	3+363,827	06°14'05"	381,972	41,544	41,564	0,566
40	3+389,448	3+431,197	39°39'42"	60,311	40,920	41,749	3,802
41	3+460,839	3+493,816	93°59'06"	20,104	29,403	32,978	9,370
42	3+500,470	3+530,198	59°27'23"	28,648	28,412	29,728	4,342
43	3+569,257	3+607,971	29°02'08"	76,394	38,301	38,714	2,520
44	3+725,240	3+749,255	75°38'47"	18,189	22,308	24,015	4,838
45	3+751,261	3+795,424	139°06'47"	18,189	34,087	44,163	33,886
46	3+856,181	3+904,015	76°32'04"	35,810	44,356	47,834	9,800
47	3+979,246	4+004,823	48°35'44"	30,156	24,817	25,577	2,931
48	4+027,298	4+060,498	24°54'01"	76,394	32,940	33,200	1,840
49	4+107,696	4+145,398	28°16'37"	76,394	37,321	37,702	2,386
50	4+152,498	4+185,920	31°45'03"	60,311	32,996	33,422	2,392
51	4+207,210	4+256,756	69°21'53"	40,926	46,576	49,547	8,843
52	4+281,613	4+306,153	06°08'06"	229,183	24,529	24,540	0,329
No. de curva	Om (m)	St (m)	G (°)	e%	Ls (m)	Sobre ancho (m)	
32	3,082	23,944	13	2,4	11	1,10	
33	0,655	14,689	7	1,3	11	0,80	
34	1,020	12,218	16	2,9	11	1,30	
35	1,620	23,203	7	1,3	11	0,80	
36	0,575	10,530	12	2,2	11	1,10	
37	4,512	18,659	38	6,1	15	2,40	
38	0,273	14,447	3	0,6	11	0,60	
39	0,565	20,803	3	0,6	11	0,60	
40	3,577	21,750	19	3,4	11	1,40	
41	6,391	21,553	57	8,1	19	3,30	

Continuación de la tabla II.

No. de curva	Om (m)	St (m)	G (°)	e%	Ls (m)	Sobre ancho (m)
42	3,770	16,359	40	6,4	15	2,50
43	2,439	19,782	15	2,7	11	1,20
44	3,821	14,121	63	8,6	20	3,00
45	11,836	48,796	63	8,6	20	3,00
46	7,694	28,248	32	5,3	13	2,10
47	2,671	13,615	38	6,1	15	2,40
48	1,796	16,866	15	2,7	11	1,20
49	2,314	19,243	15	2,7	11	1,20
50	2,300	17,152	19	3,4	11	1,40
51	7,272	28,320	28	4,8	11	1,90
52	0,328	12,282	5	1,0	11	0,70

Fuente: elaboración propia.

Los valores de peralte (e%), curva de transición (Ls) y sobre ancho se determinan por medio de las tablas del anexo 1.

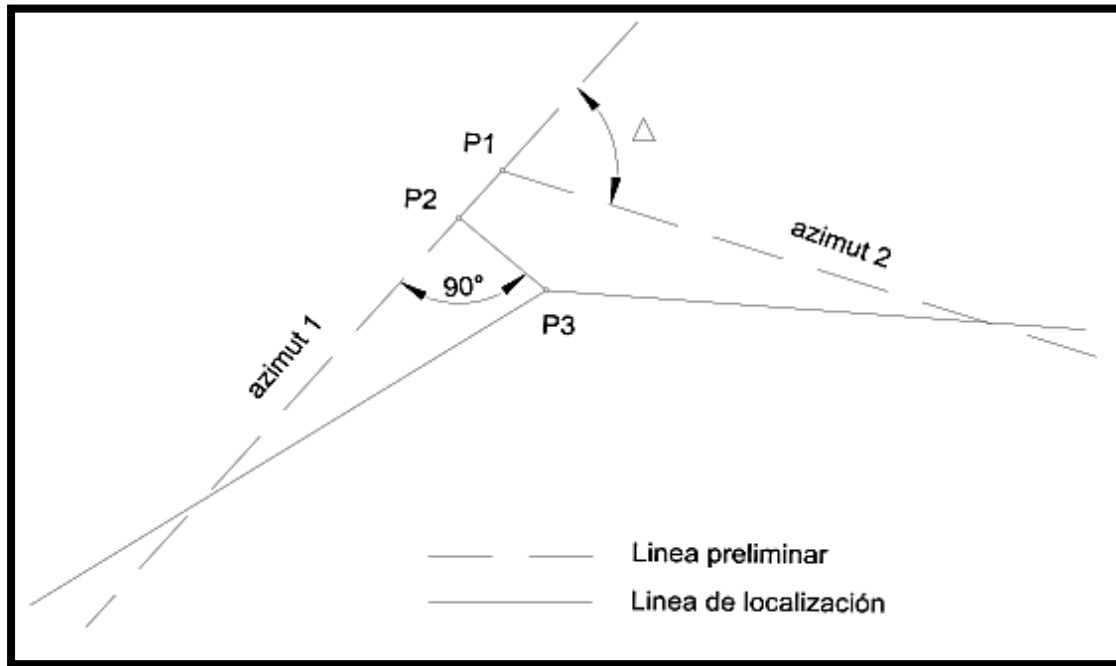
#### Corrimiento de la línea

La línea de localización se diseña de acuerdo a la topografía del terreno, en la cual se ubican puntos fijos como puentes, casas, poblaciones, ríos, rellenos, roca, etc.

Cuando el levantamiento se hace para rehabilitar una carretera, la línea de localización coincide con la línea preliminar, en algunos tramos, en tanto que en donde se hacen modificaciones no coinciden, ésta permite establecer puntos de control entre la línea preliminar y de localización como se muestra en la figura siguiente:



Figura 9. **Corrimiento de la línea**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.4.3. **Alineamiento vertical**

En perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende, principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que deben considerarse también:

La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje. En terrenos en lomerío se adaptan subrasantes onduladas, las cuales convienen, tanto en razón de operación de los vehículos como por la economía del costo de las carreteras. En terrenos

montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.

Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a ésta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son: la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que éstos se aplican y adaptan al terreno para formar una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del producto terminado.

Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.

Dos curvas verticales sucesivas y en las mismas direcciones separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable. Este efecto es muy notable en caminos divididos con aberturas espaciadas en la faja separadora central.

#### **2.4.4. Curvas verticales**

La finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en nuestro país, por la Dirección General de Caminos, es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones de terreno.

#### **2.4.4.1. Elementos de curvas verticales**

Pendiente positiva y negativa: se entiende por pendiente positiva aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, se incrementa la altura respecto del punto anterior, es decir se va hacia arriba en determinado tramo. Se entiende por pendiente negativa aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, decrece la altura respecto del punto anterior, es decir se va hacia abajo en determinado tramo.

Pendiente máxima: es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica.

Pendiente mínima: se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula (0 %), debido a que en ese caso actúa el drenaje transversal; en los cortes se recomienda el 0,5 % mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.

Longitudes de curvas verticales: en el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

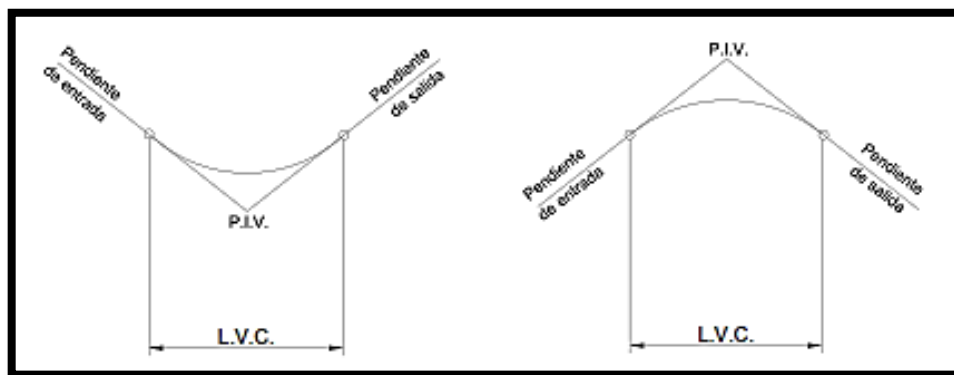
En diseños de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

Curva cóncava: existen curvas en descenso con entrada de pendiente negativa y salidas positivas denominadas cóncavas, también conocidas como curvas en columpio.

Curva convexa: también existen curvas en ascenso con entrada con pendiente positiva y salida con pendiente negativa denominadas convexas, conocidas como curvas en cresta.

Figura 10. **Curva vertical cóncava, convexa**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Valores K para visibilidad de parada: la longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

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

Donde:

$L_{\min}$  = longitud mínima de la curva vertical [m]

$A_L$  = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales [%]

K = parámetro de la curva

Se han tabulado valores constantes K para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa.

Tabla III. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño en (km/hr)	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: elaboración propia.

Cálculo de subrasante: las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, según su forma; la corrección máxima en la curva vertical es la ordenada media y puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$Om = \frac{Ps - Pe}{800} * L. C. V$$

Donde:

Om=ordenada media

Pe= pendiente de entrada

Ps= pendiente de salida

L.C.V= longitud de curva vertical

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la fórmula siguiente:

$$Y = \frac{Om}{\left[\frac{L. C. V}{2}\right]^2} * Di^2$$

$$Y = K * Di^2$$

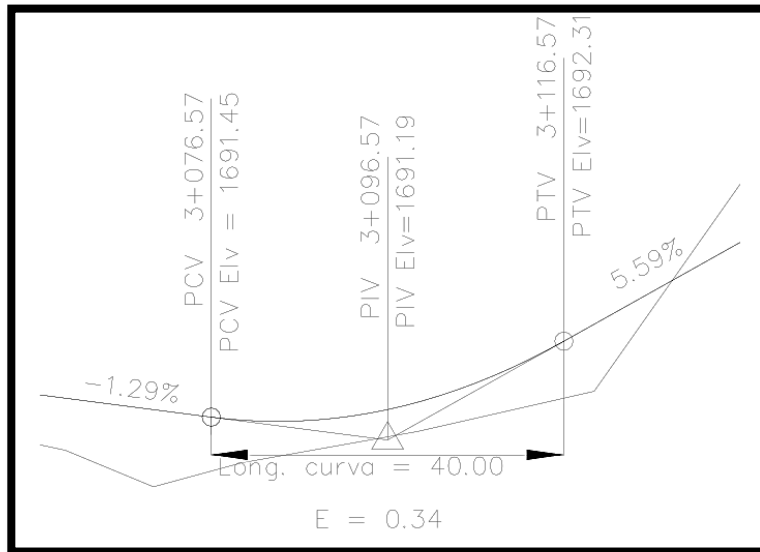
$$K = \frac{Om}{\left[\frac{L. C. V}{2}\right]^2}$$

Donde:

Y= corrección en cualquier punto de la curva

Di= distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada

Figura 11. Curva vertical



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Ejemplo:

$$L_{min} = 9(1,29 - 5,59) = 38,7 \rightarrow 40 \text{ m}$$

$$O_m = \frac{5,59 - (-1,29)}{800} * 40 = 0,344 \text{ m}$$

Tabla IV. Criterios para diseño de curvas verticales

CRITERIOS DE DISEÑO							
No. de curva	k	k*AL	Seguridad $k*AL < LCV$	Apariencia $K \geq 30$	$(Vel.D.)^2/395$	Comodidad $K \geq (Vel.D.)^2/395$	Chequeo por drenaje $K \leq 43$
1	1	8,894	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
2	2	20,840	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
3	2	12,056	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
4	1	5,247	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
5	2	18,194	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
6	1	10,768	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
7	2	18,858	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
8	1	9,365	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
9	2	14,988	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
10	1	10,992	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
11	1	8,867	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
12	2	44,274	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
13	2	12,672	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
14	1	14,349	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
15	2	14,962	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
16	1	9,631	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
17	1	3,065	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
18	2	13,322	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
19	1	20,254	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
20	2	19,094	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
21	1	7,266	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
22	1	6,093	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
23	2	20,444	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
24	1	6,815	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
25	2	27,234	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
26	2	8,178	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
27	1	9,265	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple
28	2	12,016	cumple	no cumple	1,01	cumple	cumple

Fuente: elaboración propia.



Tabla V. **Planilla de curvas verticales**

No. de curva	PCV	PTV	LCV (m)	K	AL (%)	Om (m)
1	0+034,889	0+059,889	25	2,811	-8,894	0,278
2	0+067,500	0+092,500	25	2,399	10,420	0,326
3	0+235,356	0+275,356	40	6,636	6,028	0,301
4	0+839,744	0+869,744	30	5,717	-5,247	0,197
5	0+882,606	0+912,606	30	3,298	9,097	0,341
6	0+984,366	1+034,366	50	4,644	-10,768	0,673
7	1+135,941	1+185,941	50	5,303	9,429	0,589
8	1+378,418	1+428,418	50	5,399	-9,365	0,585
9	1+467,797	1+517,797	50	6,672	7,494	0,468
10	1+589,485	1+639,485	50	4,549	-10,992	0,687
11	1+692,671	1+742,671	50	5,639	-8,867	0,554
12	1+916,779	1+966,779	50	2,259	22,137	1,384
13	2+308,482	2+358,482	50	7,892	6,336	0,396
14	2+637,725	2+677,725	40	2,788	-14,349	0,717
15	2+728,972	2+768,972	40	5,347	7,481	0,374
16	2+875,831	2+925,831	50	5,192	-9,631	0,602
17	3+049,826	3+099,826	50	16,314	-3,065	0,192
18	3+193,878	3+243,878	50	7,507	6,661	0,416
19	3+349,700	3+399,700	50	2,469	-20,254	1,266
20	3+449,204	3+499,204	50	5,237	9,547	0,597
21	3+519,180	3+569,180	50	6,882	-7,266	0,454
22	3+639,643	3+689,643	50	8,206	-6,093	0,381
23	3+826,953	3+866,953	40	3,913	10,222	0,511
24	3+952,003	3+992,003	40	5,870	-6,815	0,341
25	4+012,094	4+052,094	40	2,938	13,617	0,681
26	4+112,741	4+152,741	40	9,782	4,089	0,204
27	4+167,777	4+207,777	40	4,317	-9,265	0,463
28	4+252,190	4+292,190	40	6,658	6,008	0,300

Fuente: elaboración propia.

## **2.5. Movimiento de tierras**

Consiste en el cálculo de la cantidad de terreno que se debe cortar y de la cantidad de material que se requiere para relleno a fin formar lo que será el trazo de la carretera.

### **2.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales**

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera, determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto carretero.

Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural; sobre este se marca el área de relleno y debajo el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimará el ancho de rodadura, con la pendiente de bombeo de 2 % o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con la pendiente, taludes de corte y relleno, según se presente el caso, determinando la pendiente en razón con el tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando sea necesario, se marcará un espacio de remoción de capa vegetal en que se cortará, en una profundidad aproximada de 30 cm. Este se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

El perfil exacto de la cuneta, por lo general, se calcula aparte para considerarlo como excavación de canales, se mide o calcula el área enmarcada

entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación:

Tabla VI. **Relación para corte y relleno**

<b>Corte</b>		<b>Relleno</b>	
<b>Altura</b>	<b>H:V</b>	<b>Altura</b>	<b>H:V</b>
0 - 3	2:1	0 - 3	2:1
3 - 7	1:2	>3	3:2
>7	1:3		

Fuente: elaboración propia.

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar un planímetro polar, si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de determinantes para encontrar el área.

$$A = \left| \sum \left[ \frac{\sum(X_t * Y_{t+1}) - \sum(Y_t * X_{t+1})}{2} \right] \right|$$

Tabla VII. **Cálculo de áreas de secciones transversales**

<b>X</b>	<b>Y</b>
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$a = \sum (X_t * Y_{t+1})$$

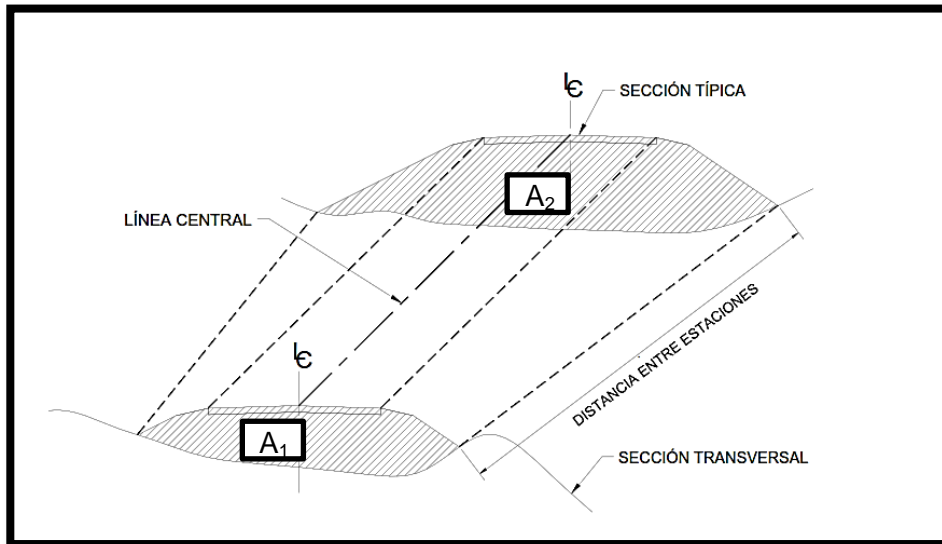
$$b = \sum (Y_t * X_{t+1})$$

$$A = \left| \frac{(a - b)}{2} \right|$$

### 2.5.2. **Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**

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

Figura 12. Cálculo de volumen de movimiento de tierras



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\text{Vol} = \left[ \frac{(A_1 + A_2) * D}{2} \right]$$

Donde:

Vol = volumen

A<sub>1</sub> = área 1

A<sub>2</sub> = área 2

D = distancia entre estaciones

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y de relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$D_1 = \frac{R \cdot D}{C + R}$$

Donde:

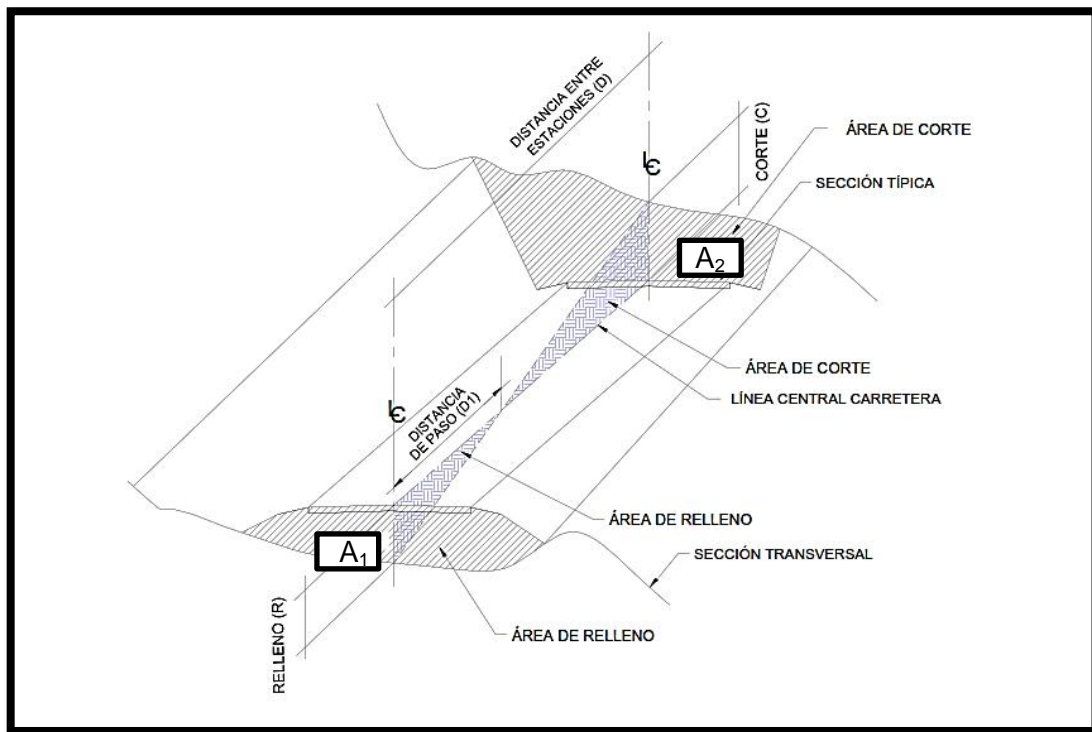
$D_1$  = distancia de paso

R = relleno

C = corte

D = distancia entre estaciones

Figura 13. Distancia de paso



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## **2.6. Diseño hidráulico**

Consiste en el diseño de obras de arte que sirven para aliviar el agua proveniente de la lluvia o incluso de algún río con el fin de que no interfieran con la carretera y lleguen a ser un impedimento para transportarse.

### **2.6.1. Bombeo de superficie**

Se le llama bombeo o pendiente transversal a la forma que se le da a la sección del camino para evitar que el agua de lluvia se estanque y, por lo tanto, ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terrecerías que provocan saturaciones en las mismas, reblandecimientos del terreno y, finalmente, destrucción. Sirve también para evitar que el agua fluya longitudinalmente sobre la superficie y la erosione. El bombeo depende no solamente de la precipitación pluvial sino de la clase de superficie de la carretera, ya que una superficie dura requiere menos pendiente que una superficie rugosa. Al proyectar el bombeo de una carretera debe tomarse en cuenta también la comodidad para los usuarios de la carretera, puesto que una carretera con bombeo exagerado provoca que los conductores de vehículos prefieran el centro.

Para el diseño del proyecto realizado el bombeo es de 2 % que este es el recomendado para caminos vecinales.

### **2.6.2. Diseño de cunetas**

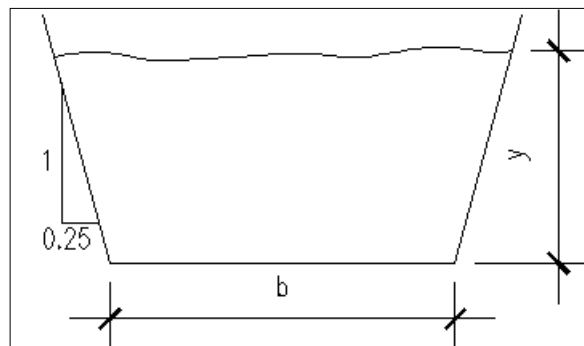
Son canales abiertos que se calculan por la fórmula de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se

deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

De acuerdo a la topografía se diseñaran los aliviaderos de las cunetas, ya que según la forma del terreno, se colocarán tuberías transversales, aliviaderos con disipadores de energía, fosas de laminación etc.

Las cunetas pueden tener diferentes formas y dimensiones, a continuación se presenta un ejemplo de diseño de cuneta:

Figura 14. **Sección de cuneta a diseñar**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\frac{b}{y} = 2 \left( \sqrt{1 + Z^2} - Z \right) = 2 \left( \sqrt{1 + 0,25^2} - 0,25 \right) = 1,56$$

$$\frac{b}{y} = 1,56 \rightarrow b = 1,56y$$



Cálculo por la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S_o^{\frac{1}{2}}$$

Del estudio hidrológico se tiene que

$$Q = 0,69 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Entonces

$$0,69 = \frac{1}{0,014} * ((b + 0,25y) * y) * \left( \frac{(b + Zy) * y}{b + 2y * \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,13)^{\frac{1}{2}}$$

$$0,69 = 25,75(by + 0,25y^2) * \left( \frac{by + 0,25y^2}{b + 2,06y} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Sustituyendo  $b=1,56y$

$$0,69 = 25,75(1,56y^2 + 0,25y^2) * \left( \frac{1,56y^2 + 0,25y^2}{1,56y + 2,06y} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0,69 = 25,75(1,81y^2) * \left( \frac{1,81y^2}{3,62y} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0,69 = 46,61y^2 * (0,5y)^{\frac{2}{3}}$$

$$0,69 = 46,61y^2 * 0,63y^{\frac{2}{3}}$$

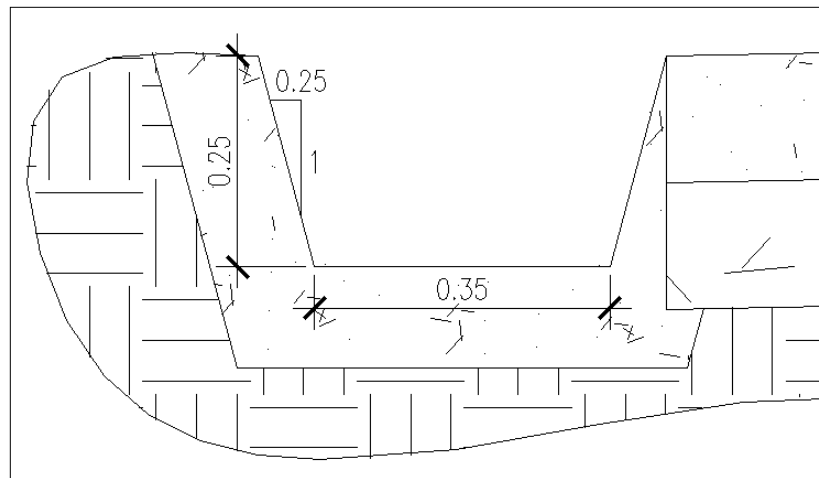
$$0,69 = 29,36y^{\frac{8}{3}}$$

$$\sqrt[3]{0,02} = y$$

$$y = 0,23 \text{ m} = 23 \text{ cm}$$

$$b = 1,56 * 0,23 = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$$

Figura 15. **Cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.6.3. **Drenaje transversal**

Son las tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene en las cunetas o de arroyos que se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias pues en un tramo en corte, sirven para conducir el agua al otro lado de la carretera. La dimensión de la tubería a colocar se hace por el método de

Manning. El drenaje transversal tiene las siguientes partes: caja recolectora de caudal, 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, adicional a estas partes, si la pendiente del terreno en corte, es muy fuerte se colocan disipadores de energía al final de la tubería, servirán para que el agua que desfoga, no erosione el suelo y provoque hundimientos.

A continuación se presenta un ejemplo de diseño para la tubería transversal, esta sección típica se coloca a lo largo de la carretera.

Del estudio hidrológico se tiene que

$$Q = 0,69 \approx 0,70 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo por la fórmula de Manning

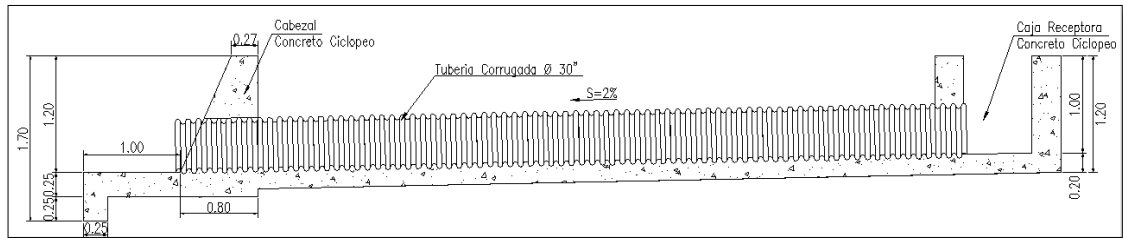
$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S_o^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} * \left( \pi * \frac{D^2}{4} \right) * \frac{D^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{4^{\frac{2}{3}}}} * S_o^{\frac{1}{2}}$$

$$0,70 = \frac{1}{0,013} * \frac{\pi D^2}{4} * \frac{D^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{4^{\frac{2}{3}}}} * 0,02^{\frac{1}{2}}$$

$$\sqrt{\frac{0,70 * 0,013 * 4^{\frac{2}{3}} * 4}{\pi * 0,02^{\frac{1}{2}}}} = D = 0,55 \text{ m} = 21,65''$$

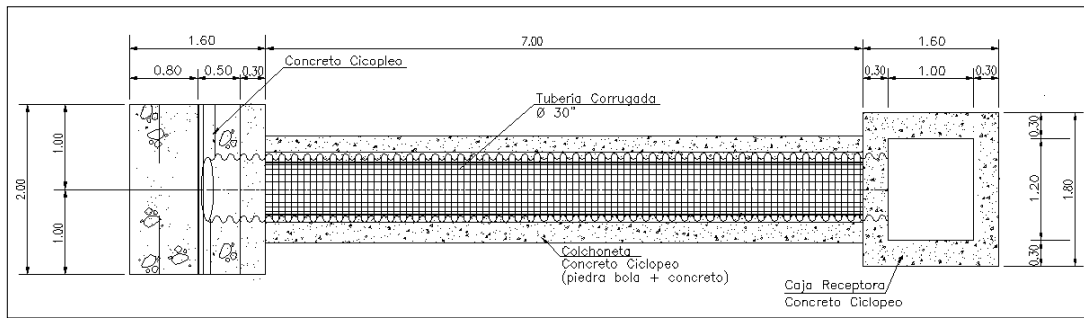
Se recomienda usar como mínimo  $D = 30''$ .

Figura 16. Sección transversal de alcantarilla



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 17. Planta de alcantarilla



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## 2.7. Diseño de la estructura del pavimento

Para este proyecto se diseñara un pavimento rígido y la estructura consta de: subrasante, base, carpeta de rodada y rasante.

### **2.7.1. Subrasante**

Según el sentido del caminamiento, las pendientes ascendentes son positivas y las descendentes negativas.

La subrasante que se proyecte debe compensar cortes y rellenos, pero no siempre es posible, pues algunas veces, existen puntos obligados. Para el diseño de la subrasante del camino se consideraron los siguientes elementos: pendientes máximas, que están en función del tipo de carretera y de terreno, y las pendientes mínimas, que se usan para establecer el drenaje en las carreteras. Otro elemento importante por considerar es el movimiento de tierras, tratando de compensar los cortes con los rellenos.

Para realizar los trabajos de reacondicionamiento de la subrasante, se deben atender a las siguientes operaciones:

- Limpiar toda la vegetación existente sobre toda la superficie a reacondicionar.
- Delimitar los tramos indicando claramente la estación inicial y final del tramo.
- Reemplazar el material inapropiado, y proceder a señalar las áreas, excavar y reemplazarlo con material apropiado de préstamo o de subbase, que llene las especificaciones técnicas para cada uno, y luego compactarlo.
- Escarificar el área hasta una profundidad de 20 centímetros, eliminando las rocas mayores de 10 centímetros, y acondicionándolas fuera del

camino; después ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 centímetros de espesor. El suelo a reacondicionar, previo a compactarse, se debe humedecer adecuadamente, chequeando la humedad óptima del material y secar el material.

- Al presentarse casos donde es necesario realizar cortes mayores de 20 centímetros, para poder dejar los niveles de acuerdo con lo indicado en los planos, se aceptan los cortes o deben completarse rellenos con material de préstamo apropiado; dichos excedentes se trabajarán como trabajos suplementarios. Es aceptable una superficie reacondicionada de 3 centímetros en más o menos, respecto del nivel de conformación de superficie indicada en los planos.
- Debe compactarse hasta lograr el 95 % (de compactación) respecto a su densidad máxima, según el método AASHTO T 180.
- La compactación en campo se debe comprobar de preferencia, según AASHTO T 191, con la aprobación del supervisor residente. Se puede aceptar una tolerancia en menos del 2 %, respecto al porcentaje de compactación del 95 % especificado. Los ensayos se deben efectuar como mínimo, a cada 400 metros cuadrados de subrasante reacondicionada.

### **2.7.2. Diseño por el método simplificado PCA**

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga – eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas

para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1,2,3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Etapas o pasos del método simplificado:

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
  - Seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente.
  - Buscar el módulo de reacción  $k$  según CBR del laboratorio.
  - Calcular el módulo de ruptura que es el 15 % del  $f'c$ .
  - Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada.
- 
- Transito

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Si el período de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDC por un factor adecuado.

El TPDC solo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, *pick – ups*, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

- Cálculo de espesor del pavimento

Para el cálculo del espesor del pavimento primero se determinó el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD).

$$\text{TPD} = 6 \text{ vehículos}$$

Este dato se estableció realizando un conteo del tráfico durante un periodo de 12 horas, como resultado se obtuvo un total de 13 vehículos diarios para un diseño a 20 años.

$$\text{TPD}_{20\text{años}} = 6 * (1 + 0,04)^{20} \approx 13 \text{ vehículos}$$



Tabla VIII. **Categoría de carga por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje. (KIPS)	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5 000	5 a 18	De 40 a 1 000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3 000 a 12 000 dos carriles, 3 000 a 50 000 Cuatro carriles o más	8 a 30	De 500 a 5 000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) Interestatales urbanas y rurales (medio alto).	3 000 a 20 000 dos carriles. 3 000 a 15 000 cuatro carriles	8 a 30	De 1 500 a 8 000	34	60

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Ya que el resultado es una cantidad baja de vehículos la carretera clasificó en la categoría número 1 de la tabla VIII, la que nos indica que el TPDC debe de ser desde  $200 \cdot 0,01 = 2$  hasta  $800 \cdot 0,03 = 24$ . Según el dato obtenida de  $TPD_{20años} = 13$  el TPDC queda:

$$TPDC = 13 \cdot 0,01 = 0,13 \text{ vehículos}$$

$$TPDC = 13 \cdot 0,03 = 0,39 \text{ vehículos}$$

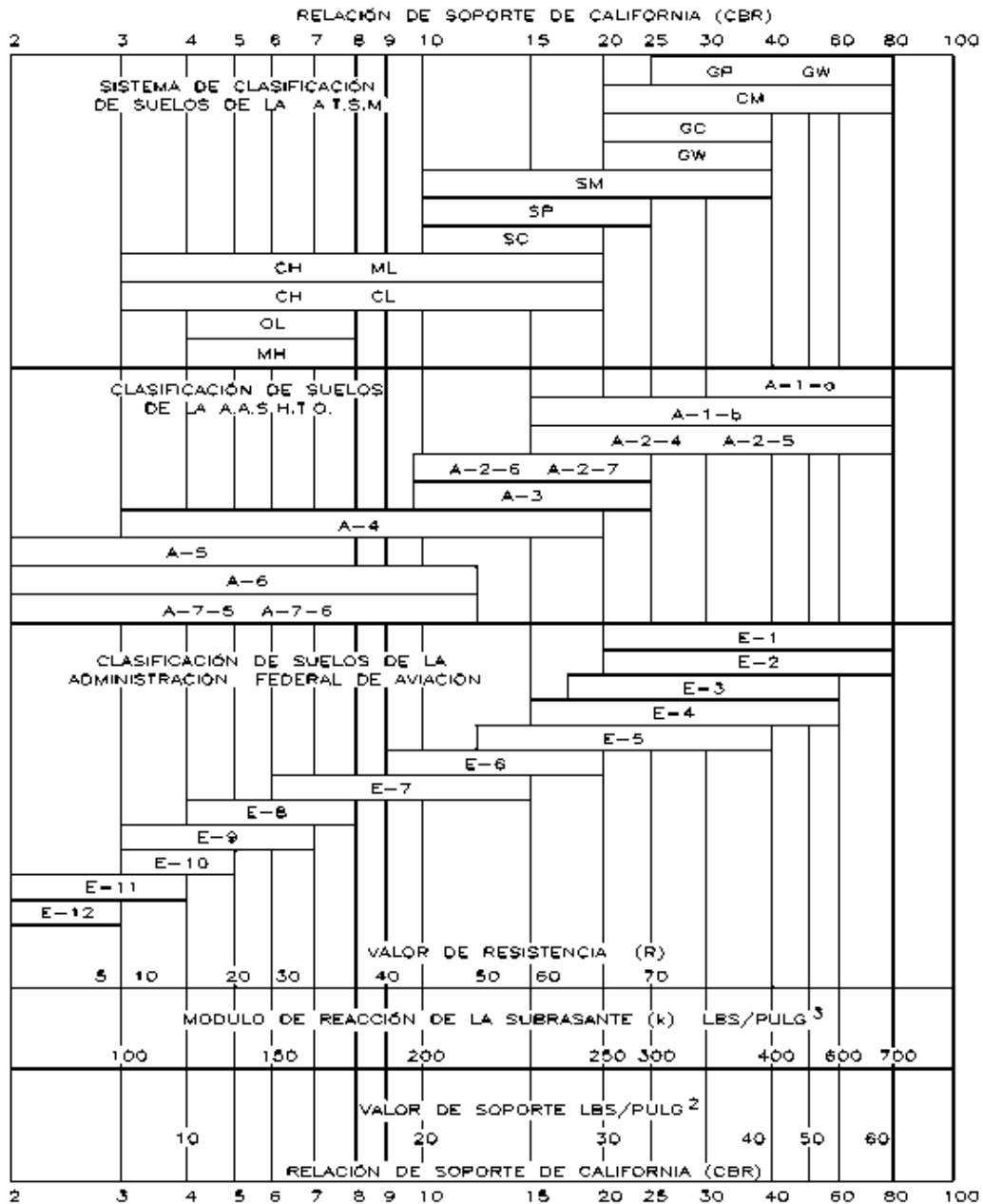
Entonces TPDC será igual a 2.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece la carretera se encuentra el módulo de reacción k, cuando se usan bases granulares y bases de suelo – cemento.

Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio al 95 % de compactación que es de 6,3 % según estudio de suelos.

Según la siguiente figura y el valor del CBR, el módulo de reacción k es de 155 lbs/pulg<sup>3</sup>.

Figura 18. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte



Fuente: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. p. 70.

Identificando el módulo de reacción k, se clasifica la subrasante según la siguiente tabla:

Tabla IX. **Tipos de suelos según valores de K**

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE k (PCA)
Suelos de grano fino en los cuales el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 149

Como el suelo de sub-rasante tiene un soporte medio de 155 lbs/pulg<sup>3</sup> y se utilizará una base granular, según la tabla siguiente se utilizará un espesor de base de 15 cm (6"), lo que aumenta el valor k de 155 lbs/pulg<sup>3</sup> a 185 lbs/plg<sup>3</sup> por lo que pasa a considerarse un soporte alto según la tabla anterior.

Tabla X. **Valores k para diseño sobre bases granulares de PCA**

Valor de k de la subrasante lb/plg.	Valores de k sobre la base lb/plg <sup>3</sup>			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Valores k para diseño sobre bases de suelo cemento de PCA**

Valor de k de la subrasante lb/plg.	Valores de k sobre la base lb/plg <sup>3</sup>			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Fuente: elaboración propia.

Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15 %  $f'c$ ; el  $f'c$  tiene un valor de 4 000 psi y el módulo de ruptura es de 600 psi.

Tabla XII. **Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto**

Concreto sin hombro o bordillo					Concreto con hombros o bordillo				
Espesor de losa Plg.	Soporte				Espesor de losa Plg.	Soporte			
	Sub-rasante- sub-base					Sub-rasante- sub-base			
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
<b>MR= 650 PSI</b>					<b>5</b>		3	9	42
	<b>5.5</b>			5	<b>5.5</b>	9	42	120	450
	<b>6</b>		4	12	<b>6</b>	96	380	970	3 400
	<b>6.5</b>	9	43	120	<b>6.5</b>	650	1 000	1 400	2 100
	<b>7.5</b>	80	320	840	<b>7</b>	1 100	1 900		
	<b>8</b>	490	1 200	1 500					
<b>MR= 600 PSI</b>	<b>6</b>			11	<b>5</b>			1	8
	<b>6.5</b>		8	24	<b>5.5</b>	1	8	23	98
	<b>7</b>	15	70	190	<b>6</b>	19	84	220	810
	<b>7.5</b>	110	440	1 100	<b>6.5</b>	160	620	1 500	2 100
	<b>8</b>	590	1 900		<b>7</b>	1 000	1 900		
	<b>8.5</b>	1 900							
<b>MR= 550 PSI</b>	<b>6.5</b>		4	19	<b>5.5</b>			3	17
	<b>7</b>		11	34	<b>6</b>	3	14	41	160
	<b>7.5</b>	19	84	230	<b>6.5</b>	29	120	320	1 100
	<b>8</b>	120	470	1 200	<b>7</b>	210	770	1 900	
	<b>8.5</b>	560	2 200		<b>7.5</b>	1 100			
	<b>9</b>	240							

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 150

La carretera se construirá con hombros, entonces para determinar el espesor de losa para el pavimento se busca en la segunda columna de la tabla anterior con el nombre de concreto con hombros o bordillo, teniendo que el módulo de ruptura es igual a 600 psi y el soporte es alto solo faltaría ubicar el valor del TPDC en la columna correspondiente, dicho valor se calculó dando como resultado 2 debiendo de estar entre 2 y 24 según categoría 1. Entonces, se tomara el valor de 23 ubicado en la columna de soporte alto lo que nos indica que la losa debe tener un espesor de 5.5". La medida comercial de costaneras para la construcción es de 6" por lo que se construirá un pavimento con espesor de losa de 6".

Las juntas transversales serán construidas a cada 3,00 metros y la junta longitudinal a cada 2,75 metros, la pendiente de bombeo será de 2 %, así como se indica en los planos.

## **2.8. Diseño de mezcla de concreto**

Para este pavimento se utilizara un concreto con  $f'c = 4\ 000$  psi ( $281\text{ kg/cm}^2$ ) a los 28 días de curado. Para pavimento se recomienda 8 cm de asentamiento. Se utilizara un tamaño máximo del agregado grueso de  $\frac{3}{4}$  ".

Según la resistencia requerida y el tamaño del agregado, la tabla del anexo 1 indica que se debe utilizar una relación agua cemento de 0,49. Conociendo el asentamiento máximo de la mezcla, se obtiene la cantidad de agua por  $\text{m}^3$  de concreto. Para este caso es de  $182\text{ lt/m}^3$ .

$$C_e = \frac{A_g}{0,49} = \frac{182}{0,49} = 371,43\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Con} = \text{Ce} + \text{Agr} + \text{Ag}$$

$$2\,400 \text{ kg/m}^3 = 371,43 \text{ kg/m}^3 + \text{Agr} + 182 \text{ lt/m}^3$$

Como un litro es igual a 1kg de peso

Entonces

$$\text{Agr} = 2\,400 - 371,43 - 182 = 1\,846,57 \text{ kg/m}^3$$

De la tabla del anexo 1 al conocer el tamaño del agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ " y la resistencia requerida de 4 000 psi, se obtiene el porcentaje de arena sobre el agregado total que para este caso es de 42 %.

$$\text{A.F.} = 42 \% \quad \text{A.G.} = 58 \%$$

$$\text{A.F.} = 1\,846,57 * 0,42 = 775,56 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.G.} = 1\,846,57 * 0,58 = 1\,071,01 \text{ kg/m}^3$$

Proporción en peso:

$$\frac{\text{Ce}}{\text{Ce}} = \frac{\text{A.F.}}{\text{Ce}} = \frac{\text{A.G.}}{\text{Ce}} = \frac{\text{Ag}}{\text{Ce}}$$

$$\frac{371,43}{371,43} = \frac{775,56}{371,43} = \frac{1\,071,01}{371,43} = \frac{182}{371,43}$$

$$1 : 2,09 : 2,88 : 0,49$$



Proporción en volumen:

$$\frac{371,43}{42,5} = 8,74 \text{ sacos de cemento} = 0,25 \text{ m}^3$$

$$\frac{775,56}{1\ 400} = 0,53 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

$$\frac{1\ 071,01}{1\ 600} = 0,69 \text{ m}^3 \text{ de piedrin de } \frac{3''}{4}$$

$$\frac{182}{3,785} = 48,08 \text{ Galones de agua} = 0,182 \text{ m}^3$$

$$\frac{0,25}{0,25} = \frac{0,53}{0,25} = \frac{0,69}{0,25} = \frac{0,182}{0,25}$$

$$1 : 2,12 : 2,76 : 0,73$$

## 2.9. Integración de costos unitarios

Esta es la fase en la que se establece las cantidades de materiales y costos unitarios de cada uno de los renglones de trabajo y sirve para detectar actividades indirectas del proceso constructivo no incluidas en los planos. Por ejemplo, actividades preliminares como bodegas, oficina y letrinas y actividades finales como limpieza, mantenimiento y desmontaje. La cuantificación es uno de los pilares fundamentales para la elaboración de un presupuesto acertado.

Tabla XIII. Ejemplo de integración de costos unitarios

OFERENTE:		PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Pavimentación de carretera</b>	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	<b>Caserío el chocolate, Fraijanes</b>	FECHA OFERTA:	<b>Febrero 2014</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m <sup>3</sup>	5 755,85	Q 25,26	<b>Q 145 392,77</b>

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Total de Equipo y maquinaria con IVA					<b>Q 14,14</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					<b>Q 12,63</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,14
operador de camión	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,71
2 peones	hrs	0,06	Q 10,00	Q 0,60
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 2,46</b>
PRESTACIONES			%	Q 1,62
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 4,08</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 16,71
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 5,85
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		<b>Q 22,55</b>
IVA	12%	Q 2,71
<b>TOTAL</b>		<b>Q 25,26</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Presupuesto para el proyecto**

No.	RENLÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO RENLÓN
152,02	Replanteo de la línea central	km	4,33	Q 1 814,40	Q 7 856,35
152,03	Levantamiento topográfico para construcción	km	4,33	Q 3 780,00	Q 16 367,40
203,03 (a)	Excavación no clasificada	m <sup>3</sup>	8 203,03	Q 50,87	Q 417 288,14
203,03 (b)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m <sup>3</sup>	5 755,85	Q 25,26	Q 145 392,77
205,06	Excavación estructural para alcantarillas	m <sup>3</sup>	422,12	Q 25,26	Q 10 662,75
206,04 (c)	Relleno para alcantarillas	m <sup>3</sup>	150,59	Q 50,87	Q 7 660,36
304,01	Base granular	m <sup>3</sup>	4 548,29	Q 142,63	Q 648 722,60
501,01	Pavimento de concreto	m <sup>2</sup>	30 321,90	Q 328,28	Q 9 954 073,33
604,01	Alcantarillas de tubería corrugada	m.l.	194,40	Q 2 598,37	Q 505 123,13
607,01	Cajas y cabezales para alcantarillas	m <sup>3</sup>	149,88	Q 1 066,40	Q 159 832,03
608,01	Cunetas revestidas de concreto	m <sup>2</sup>	7 580,48	Q 305,40	Q 2 315 078,59
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 14 188 057,45</b>

Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Cronograma de ejecución física y financiera

Con los renglones de trabajo y costos establecidos, se procede a realizar un cronograma que muestra el tiempo planificado para la ejecución de cada uno de los renglones de trabajo.

Tabla XV. Cronograma de ejecución

**PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DEL CASERIO EL CHOCOLATE**

**CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA Y FINANCIERA**

ACTIVIDAD		MESES						
		1	2	3	4	5	6	7
COMPRA DE MATERIALES	COSTO							
Replanteo de la línea central	Q 7 856,35							
Levantamiento topográfico para construcción	Q 16 367,40							
Excavación no clasificada	Q 417 288,14							
Excavación no clasificada de material de desperdicio	Q 145 392,77							
Excavación estructural para alcantarillas	Q 10 662,75							
Relleno para alcantarillas	Q 7 660,36							
Base granular	Q 648 722,60							
Pavimento de concreto	Q 9 954 073,33							
Alcantarillas de tubería corrugada	Q 505 123,13							
Cajas y cabezales para alcantarillas	Q 159 832,03							
Cunetas revestidas de concreto	Q 2 315 078,59							
<b>Total</b>	<b>Q 14 188 057,45</b>							

Fuente: elaboración propia.

**2.11. Evaluación de Impacto Ambiental**

La construcción de carreteras, al igual que cualquier actividad realizada por el hombre en la naturaleza, provoca un impacto en las características ambientales ya sean físicos, biológicos o de carácter social, lo que hace necesario realizar un Estudio o Evaluación de Impacto Ambiental según lo requiera el caso.

### **2.11.1. Principios de evaluación**

Actualmente, de acuerdo con las leyes es posible realizar dos tipos de estudios de impacto ambiental los cuales pueden ser: impacto ambiental no significativo o evaluación rápida e impacto ambiental significativo o evaluación general.

### **2.11.2. Impacto ambiental no significativo**

Este se realizará por medio de una visita de observación al sitio propuesto, por parte de técnicos en la materia aprobados por el Ministerio de Ambiente. El criterio debe basarse en proyectos similares según su tamaño, localización e indicadores que se crean correctos.

### **2.11.3. Impacto ambiental significativo**

Estas evaluaciones pueden realizarse en dos fases:

La fase preliminar o de factibilidad: la cual debe contar con los datos generales del proyecto así como los principales impactos y medidas de mitigación, los sistemas de disposición de desechos, plan de contingencia, y otros datos que se consideren pertinentes.

Fase completa: la cual generalmente se aplica a proyectos con grandes impactos y debe ser un estudio, lo más completo posible el cual además de lo establecido con anterioridad deberá responder a interrogantes como: ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?, ¿Cuál es el alcance de los cambios que sucedan? Y otras interrogantes acerca del proyecto.

Tabla XVI. **Ejemplo de Evaluación de Impacto Ambiental**

**Información del proyecto**

**Nombre de la comunidad:** Caserío El Chocolate  
**Municipio:** Fraijanes  
**Departamento:** Guatemala

**Tipo de proyecto:** Pavimentación de carretera  
**Consideraciones especiales:** Solamente las tomadas en campo y en escritorio para el diseño del proyecto

**Consideraciones de áreas protegidas:**  
 ¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida? NO  
 Nombre del área protegida: NO aplica  
 Categoría de manejo del área protegida: NO aplica  
 Base legal de la declaratoria del área protegida NO aplica  
 Ente administrador del área protegida NO aplica  
 Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida No se encuentra dentro de zonas protegidas  
 Por la ubicación del proyecto dentro de áreas protegidas del SIGAP: Este proyecto no requiere de un estudio de impacto ambiental

**Consideraciones sobre ecosistemas naturales**  
 ¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural? NO  
 ¿Estado actual del ecosistema? NO aplica

**Otras Consideraciones**  
 Zona de alto valor escénico NO  
 área turística NO  
 Sitio ceremonial NO  
 Sitio arqueológico NO  
 Área de protección agrícola NO  
 Área de asentamiento humano NO  
 Área de producción forestal NO  
 Área de producción pecuaria NO

Fuente: elaboración propia.



### **3. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA**

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

El proyecto consiste en el diseño para la construcción de un puente vehicular de concreto armado de dos vías con una luz de 18 metros.

La carga de diseño seleccionada para puentes depende primordialmente de la importancia y de la proyección económica y social que tendrá la carretera, así como el tipo de transporte que circulara por el puente. Este puente se diseñará para soportar una carga viva AASHTO HS 15-44.

El diseño del puente vehicular de concreto armado estará distribuido en dos partes:

- Diseño de la superestructura
- Diseño de la subestructura



## **3.2. Estudios preliminares**

Previo a diseñar un puente es necesario realizar una serie de estudios para obtener los parámetros que ayudaran a ubicar el puente y diseñar cada uno de los elementos del mismo.

### **3.2.1. Levantamiento topográfico**

Un estudio topográfico aplicado de forma apropiada sobre la zona permitirá realizar satisfactoriamente, la ubicación de un puente para salvaguardar cualquier accidente geográfico del lugar.

También será de gran utilidad para definir los aspectos de funcionamiento hidráulico de la quebrada cuando se presentan las crecientes así como la exposición y factores de erosión sobre el terreno.

Para realizar el levantamiento topográfico es necesario trazar una poligonal cerrada pasando por ambos lados de la quebrada, dicho trazo será utilizado para dibujar las curvas de nivel del terreno y para trazar las secciones transversales.

La sección transversal se deberá dibujar perfectamente a la misma escala horizontal y vertical. El eje definitivo se debe señalar con marcas de concreto como se indica en el alineamiento horizontal y vertical detallado en las especificaciones para el diseño del puente.

En este proyecto se realizó un levantamiento topográfico de primer orden con estación total del cual se obtuvieron las bases para la ubicación, curvas de

nivel y perfil de localización del puente los cuales se detallan en los planos de construcción de este proyecto.

### 3.2.2. Estudio del suelo

La selección de tipo de cimentación o subestructura del puente que se diseñara para el proyecto dependerá en buena medida, de los resultados obtenidos del estudio de suelos. Usualmente se replantea el eje del puente para realizar las exploraciones correspondientes para determinar las características de los estratos inferiores, los cuales proporcionarán el apoyo de la cimentación.

Para realizar el estudio de suelos, la muestra se obtuvo de pozos a cielo abierto.

#### 3.2.2.1. Granulometría

Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños representándolos luego en forma gráfica.

Tabla XVII. Análisis de suelo

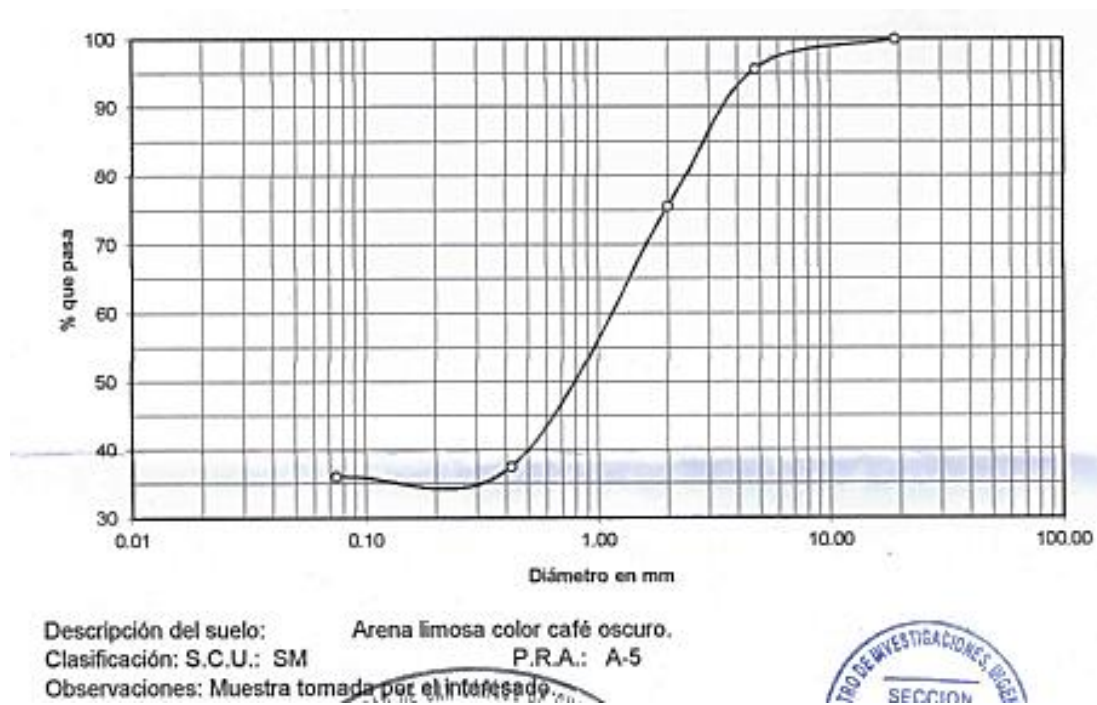
Fecha: 15 de Octubre de 2012

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	95.65
10	2.00	75.64
40	0.42	37.44
200	0.074	36.02

% de Grava: 4.35  
 % de Arena: 59.63  
 % de Finos: 36.02

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Curva de granulometría



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2.2. Límites de Atterberg

Sirve para determinar, las propiedades plásticas de los suelos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por el contenido de humedad.

Tabla XVIII. Límites de Atterberg

RESULTADOS:

MUESTRA	LL (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	45.50	3.60	ML	Arena limosa color café oscuro.

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

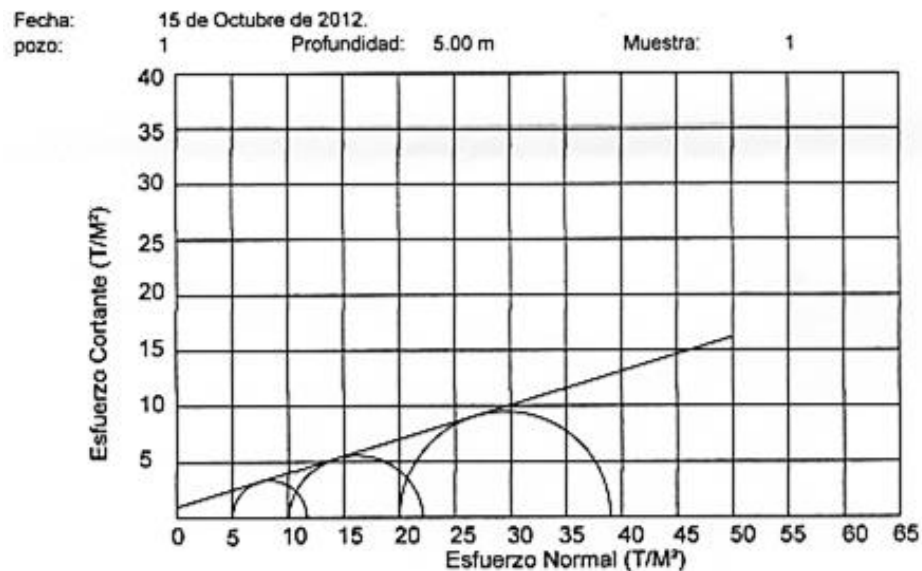
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2.3. Triaxial

Este ensayo proporciona el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo en estudio, y se utiliza para determinar el valor soporte del suelo.

Figura 20. Curva de compresión triaxial



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Parámetros de corte**

**PARAMETROS DE CORTE:**

<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : <math>\phi = 16.69^\circ</math></b>	<b>COHESIÓN: <math>C_u = 0.95 \text{ T/m}^2</math></b>
---	--

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa color café oscuro.

DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q_i$ (T/m <sup>2</sup> )	6.66	12.16	18.98
PRESIÓN INTERSTICIAL $u_i$ (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA $E_r$ (%)	2.0	4.0	5.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	0.79	0.79	0.79
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.23	1.23	1.23
HUMEDAD (%H)	55.3	55.3	55.3

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3. Cálculo de caudales máximos

En proyectos sobre puentes, el dato más útil y necesario en el perfil transversal del cauce es el que corresponde al tirante normal, tirante de creciente máxima y tirante de creciente máxima extraordinaria, los cuales son de gran importancia ya que determinan la luz y la altura del puente.

El tirante normal es aquel que lleva el río cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de un cierto rango durante la época de estiaje. La creciente máxima es la que se produce con más frecuencia en las épocas lluviosas y además determina vestigios o señales que deja, o por la información proporcionada por personas del lugar; las cuales ocurren cada año. La creciente máxima extraordinaria ocurre solamente en épocas de tormentas u otros fenómenos meteorológicos que se distancias con muchos años de diferencia y cuyas huellas desaparecen con el tiempo, por lo cual es necesario realizar estudios para determinar este tipo de crecidas.

Se considera como avenida al estado que tiene una corriente de agua en el momento en que el caudal, el cual ha aumentado, pasa a ser mayor que cierto valor habitual o específico. Este valor específico es establecido por una autoridad en la materia siendo por lo general algunos de estos:

- Caudal medio anual
- Un múltiplo del caudal medio anual
- Un caudal de poca probabilidad de ocurrencia

Criterios básicos para el análisis:

Del análisis de predeterminación de avenidas por cualquier método establecido se obtiene un dato aproximado del caudal máximo que tiene una probabilidad determinada de ocurrir en cierto número de años.

Se deberá tener sumo cuidado al seleccionar un período término medio el cual ofrezca el máximo de seguridad posible al costo mínimo posible, ya que mientras más grande sea este período, la probabilidad de ocurrencia será menor y los caudales obtenidos serán mayores y por ende las obras a construirse serán más seguras y por lo tanto más costosas.

Existe un criterio generalizado, excepto en contados casos en los que los puentes no deben proyectarse para áreas de crecidas extraordinarias, como las que se producen en períodos de 30 años o más, ya que cuando ocurren este tipo de crecidas las aguas inundan grandes zonas de terreno por lo cual el desbordamiento impide el tránsito, y por ende qué sentido tiene un puente si no se puede transitar por los caminos y calles. Por lo tanto es recomendable que se realice un diseño con un nivel de crecidas con poca probabilidad.

En base a los criterios anteriormente establecidos para este proyecto se tomará un período de diseño de 50 años para una crecida como la ocurrida durante la época de la tormenta tropical Mitch del año 1998. Para lo cual el tirante propuesto fue tomado por rastros dejados por las crecidas anteriores y la información de las personas del lugar.

#### Uso de HEC-RAS:

Para este proyecto se utilizó el programa HEC-RAS para realizar el estudio hidrológico.

¿Qué es HEC-RAS?, Se estudia un tramo determinado de un río y se quiere saber hasta dónde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor. ¿Será suficiente el cauce principal? ¿Hasta qué altura? ¿O serán inundadas las áreas próximas, y en qué extensión?

La respuesta, para un caudal determinado, dependerá de la forma del cauce, de la pendiente y de su naturaleza (tipo de materiales y presencia de vegetación). El problema se complica si existen puentes u otro tipo de obras, o si deseamos saber qué sucedería si se construyera un puente, una canalización, etc.

El problema consta de dos partes bien diferenciadas:

- Evaluación del caudal

Normalmente queremos evaluar el efecto producido por un caudal máximo, por ejemplo, con un periodo de retorno de 50 años. Ese dato de caudal

puede obtenerse mediante el método racional y los datos necesarios proporcionados por el INSIVUMEH.

- Evaluación del área inundable

Como hemos indicado, la sección que ocupará un caudal determinado y las áreas del valle que serán inundadas dependen de la geometría del cauce, de la pendiente y de otros factores. La sección correspondiente a un cierto caudal se puede evaluar mediante la fórmula de Manning o similar, a partir de la sección evaluar la altura del agua y a partir de ésta hacer una estimación de las áreas que serán inundadas.

Pero el método idóneo para abordar esta parte del trabajo es mediante el programa HEC-RAS.

Este programa se utilizó en sustitución al método de sección-pendientes utilizado tradicionalmente.

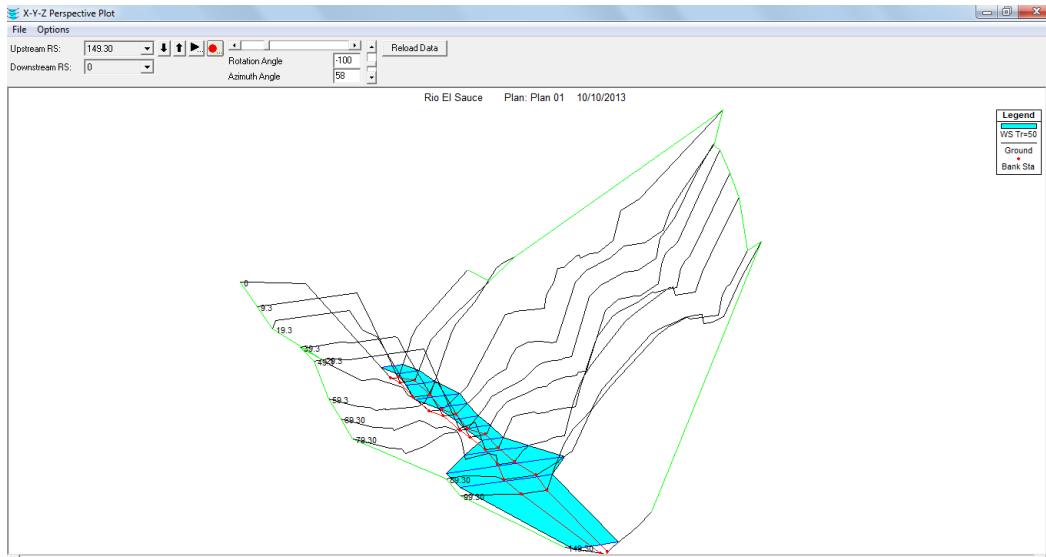
Los pasos para realizar el estudio por medio de HEC-RAS son:

- Introducir las secciones transversales obtenidas del estudio topográfico
- Introducir el periodo de retorno y la pendiente del terreno
- Solicitar al programa realizar la evaluación
- Analizar los resultados de crecida máxima



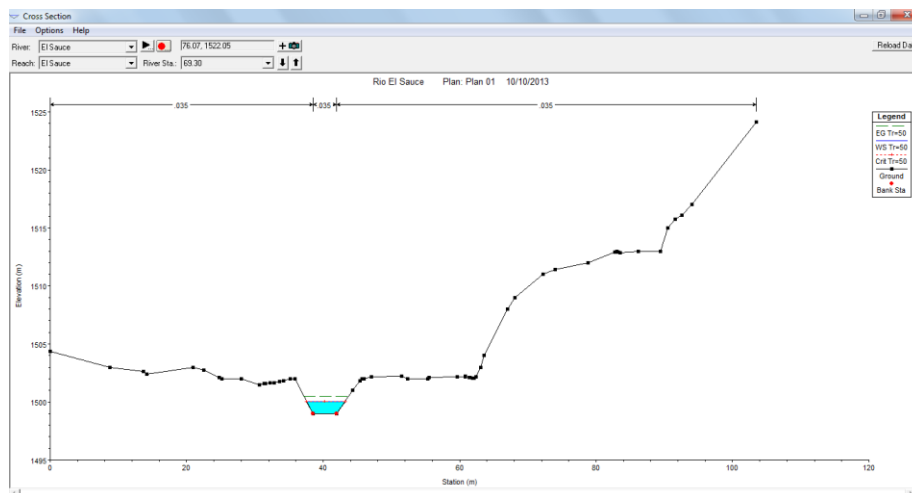
Resultados obtenidos por HEC-RAS:

Figura 21. **Modelo de crecida máxima en 3D generada en HEC-RAS**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

Figura 22. **Modelo de crecida máxima donde se ubicará el puente**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

Figura 23. Resultados, caudal máximo y crecida máxima

Plan: Plan 01 El Sauce El Sauce RS: 69.30 Profile: Tr=50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1500.50	Wt. n-Val.	0.035	0.035	0.035
Vel Head (m)	0.45	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
W.S. Elev (m)	1500.05	Flow Area (m2)	0.49	3.67	0.65
Crit W.S. (m)	1500.05	Area (m2)	0.49	3.67	0.65
E.G. Slope (m/m)	0.011162	Flow (m3/s)	0.73	11.46	1.06
Q Total (m3/s)	13.26	Top Width (m)	0.93	3.49	1.23
Top Width (m)	5.65	Avg. Vel. (m/s)	1.50	3.12	1.64
Vel Total (m/s)	2.76	Hydr. Depth (m)	0.53	1.05	0.53
Max Chl Dpth (m)	1.05	Conv. (m3/s)	7.0	108.5	10.0
Conv. Total (m3/s)	125.5	Wetted Per. (m)	1.41	3.49	1.62
Length Wtd. (m)	10.00	Shear (N/m2)	38.20	115.16	43.77
Min Ch El (m)	1499.00	Stream Power (N/m s)	4954.40	0.00	0.00
Alpha	1.15	Cum Volume (1000 m3)	0.07	0.28	0.09
Frctn Loss (m)	0.12	Cum SA (1000 m2)	0.12	0.24	0.15
C & E Loss (m)	0.01				

Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

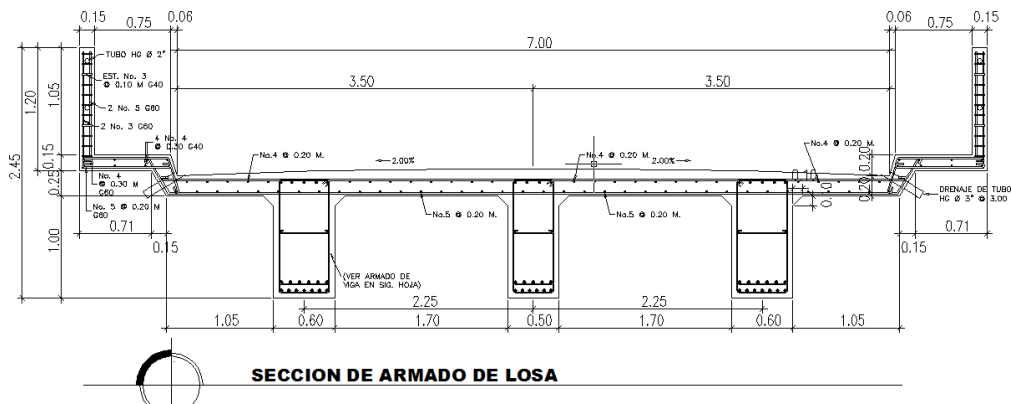
#### Análisis de resultados:

Con un caudal máximo de 13,26 m<sup>3</sup>/seg la elevación del cauce aumenta de 1 499,00 m a 1 500,05 m, haciendo una diferencia de elevación de 1,05 m, por lo que la superestructura del puente debe de estar a una elevación mínima de 1 502,05 m, dejando así una distancia de 2,00 m entre la crecida máxima y la superestructura del puente.

### 3.3. Diseño de losa

Para este diseño se debe considerar el peso transmitido por los postes y la banqueta hacia la losa, también se deben de tomar en cuenta las cargas vivas producidas por los camiones que transitarán sobre el puente.

Figura 24. Dimensionamiento transversal de la superestructura



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

#### 3.3.1. Cálculo de peralte

Según las normas AASHTO 8.9.2 la luz de diseño para la losa es igual a la luz libre; de acuerdo con la geometría adoptada para el diseño del puente es de 1,75m. Para lo cual utilizaremos la ecuación

$$t = \frac{1,20(s + 3,05)}{30}$$

$$t = \frac{1,20(1,75 + 3,05)}{30} = 0,19 = 0,20 \text{ m}$$

### 3.3.2. Cálculo de momentos

- Momento debido a carga muerta, según ACI 8.3.3

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

Donde:

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

$W_{cm}$  = carga muerta [kg /m]

$W_{cm} = 2\ 400 * 0,2 * 1 = 480$  kg/m

$$M_{cm} = \frac{480 * 1,75^2}{10} = 147 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento debido a carga viva, según AASHTO 3.24.3. caso A

$$M_{cv} = 0,80 * \left( \frac{S + 2}{30} \right) * P$$

Donde:

S = luz libre entre vigas [ft]=5,74

P = peso del eje más pesado del camión [lb] =15 000 lb

$$M_{cv} = 0,80 * \left( \frac{5,74 + 2}{30} \right) * 15\ 000 = 3\ 096 \text{ lb} - \text{pie} = 429,05 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento debido al impacto, según AASHTO 3.6.2.1.

$$I_m = \frac{50}{L + 125} \leq 0,30$$

Donde:

$I_m$  = sobrecarga debido al impacto

$L$  = luz libre de vigas [m]

$$I_m = \frac{50}{5,74 + 125} = 0,38$$

Se tomará una sobre carga de impacto de 0.30.

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

$$M_u = 1,3 \left[ 147 + \frac{5}{3} (429,05 + 429,05 * 0,30) \right]$$

$$M_u = 1\,399,59 \text{ kg} - \text{m}$$

$$d = t - \left( \frac{\phi}{2} \right) - r$$

Se usará varilla No.10 G60,  $\phi=3,18\text{cm}$ .

El recubrimiento mínimo debe ser de 5 cm.

### 3.3.3. Cálculo del refuerzo

- Cuantía de acero transversal para la cama interior

$$d = 20 - \left(\frac{1,59}{2}\right) - 2,5 = 16,71 \text{ cm}$$

Datos:

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 16,71 \text{ cm}$$

$$Mu = 1\,399,59 \text{ kg-m}$$

$$As = \left(0,85 * \frac{210}{2\,810}\right) \left[ (100 * 16,71) - \sqrt{(100 * 16,71)^2 - \frac{1\,399,59 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 3,36 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{F_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 16,71 = 8,38 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = \rho_{\max} * b * d$$

$$\rho_{\text{bal}} = \emptyset * B_1 * Es * \frac{0,003 * f'_c}{f_y(0,003 * Es + f_y)}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,9 * 0,85 * 2,10 * 10^6 * \frac{0,003 * 210}{2\,810(0,003 * 2,10 * 10^6 + 2\,810)}$$

$$\rho_{bal} = 0,0395$$

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{bal} = 0,5 * 0,0311 = 1,975 * 10^{-2}$$

$$As_{max} = 1,975 * 10^{-2} * 100 * 16,71 = 33 \text{ cm}^2$$

La Norma ACI 10.5 indica lo siguiente:  $As_{min} \leq As \leq As_{max}$ . Como no cumple, se usará el valor del acero mínimo ya que el área mínima es mayor que el área calculada.

Distribución de varillas

$$Esp = 1,98 * \frac{100}{8,38} = 23,63 \text{ cm}$$

Armado

Hierro No.5 @ 0,20 m.

- Cuantía de acero transversal para cama superior

Se calcula refuerzo por temperatura.

$$As = 0,002 * b * t$$

$$As = 0,002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No. 4 grado 40, el armado quedará distribuido de la siguiente forma:

$$\text{Esp} = 1,27 * \frac{100}{4} = 31,75 \text{ cm}$$

Armado

Hierro No.4 @ 0,30 m.

- Cuantía de acero longitudinal para cama superior e inferior

La AASHTO 3.24.10.2 recomienda que el refuerzo longitudinal deba ser el 67 % como máximo del refuerzo transversal.

$$\text{As} = 0,67 * 8,38 = 5,61 \text{ cm}$$

Distribución:

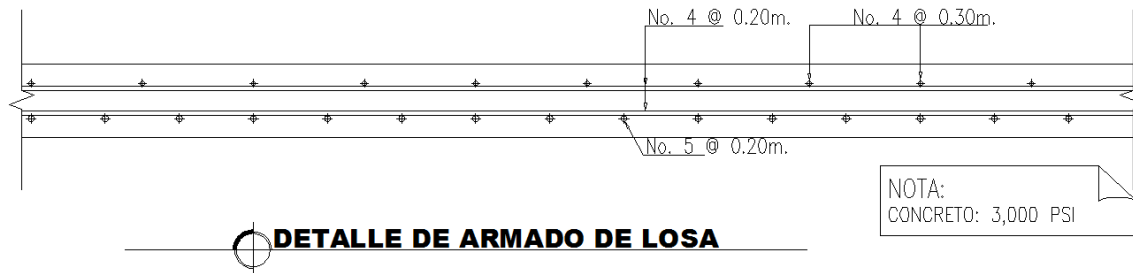
$$\text{Esp} = 1,27 * \frac{100}{5,61} = 22,64 \text{ cm}$$

Armado

Hierro No.4 @ 0,20 m.



Figura 25. **Detalle final del armado transversal y longitudinal de la losa**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Momento que soporta la losa con  $A_s=8.38\text{cm}^2$

$$8,38 = \left(0,85 * \frac{210}{2810}\right) \left[ (100 * 16,71) - \sqrt{(100 * 16,71)^2 - \frac{M_u * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

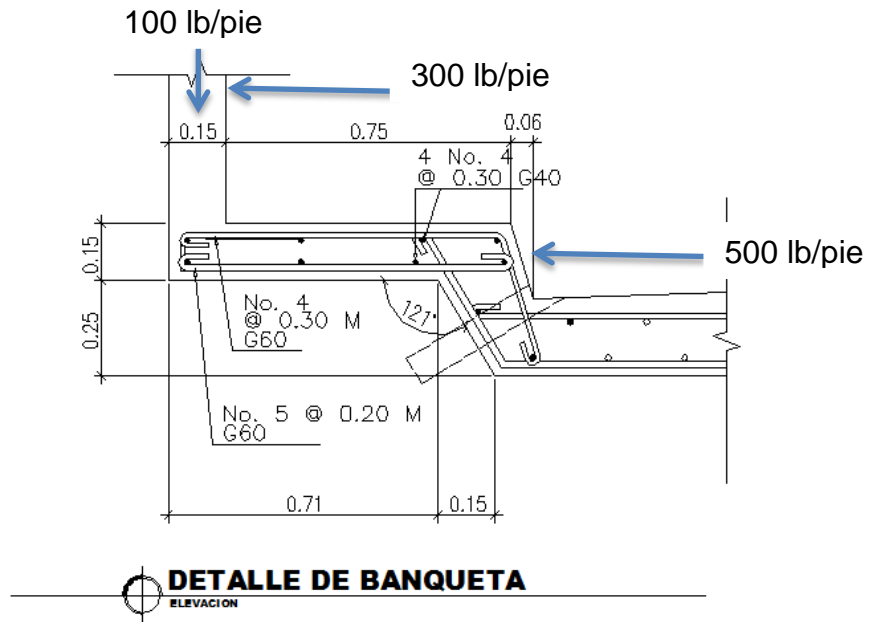
$$M_u = 3\,401,56 \text{ kg} - \text{m}$$

### 3.4. Diseño de losa en voladizo

Según especificaciones de la AASHTO 13.8.2 se recomienda que los pasamanos sean diseñados con las cargas que se indican a continuación:

- El mordiente actúa bajo una carga horizontal de 500 lb/pie
- El barandal actúa bajo dos cargas: una horizontal de 300 lb/pie y otra vertical de 100 lb/pie.

Figura 26. **Sección transversal losa en voladizo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Cálculo de cargas muertas

P1= Barandales:

$$W_{hg} \varnothing 2'' = 3,65 * 2 = 7,3 * 3,28 / 2,2 = 10,88 \text{ kg/m}$$

P2= postes:

$$W = 2\,400 * 0,15 * 0,15 * 1,05 = 56,7 \text{ kg} * 10 = 31,5 \text{ kg/m}$$

P3=Banqueta:

$$W = 2\,400 * 0,15 * 0,15 * 0,90 = 324 \text{ kg/m}$$

P4= mordiente:

$$W = 2\,400 * 0,30 * 0,20 = 144 \text{ kg/m}$$

P5= losa

$$W = 2\,400 * 0,20 * 1,25 = 600 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de centroides

Estos son:

- X1=2,14 m
- X2=2,14 m
- X3=1,76 m
- X4=1,38 m
- X5=0,63 m

- Cálculo de momentos por carga muerta:

$$M_{cm} = P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3 + P_4X_4 + P_5X_5$$

$$M_{cm} = 10,88 * 2,14 + 31,5 * 2,14 + 324 * 1,76 + 144 * 1,38 + 600 * 0,63$$

$$M_{cm} = 1\,237,65 \text{ kg} - \text{m}$$

- Calculo de momentos por carga viva:

$$M_{cv} = P_6X_6 + P_7X_7 + P_8X_8$$

$$M_{cv} = 100 * 6,20 + 300 * 4,76 + 500 * 1,31 = 2\,703 \text{ lb} - \text{pie}$$

$$M_{cv} = 374,58 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento producido por la rueda del camión AASHTO 3.24.5.1.1 Caso A

$$M = \frac{P * X}{E}$$

Donde:

$$P=15\,000 \text{ lb}$$

$$E=0,8*x + 3,75$$

X= distribución de ruedas empotramiento

$$E=0,8*0,49 + 3,75 = 4,13$$

$$M = \frac{15\,000 * 0,49}{4,13} = 1\,779,66 \text{ lb} - \text{pie} = 246,63 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento por impacto

Carga de la viga + impacto =

$$246,63 * 1,30 = 320,62 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento último

$$M_u = 1,30 \left[ 1\,237,65 + \frac{5}{3} * (374,58 + 320,62) \right] = 3\,115,21 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de refuerzo

Como el refuerzo utilizado en el interior de la losa resiste un momento de 3 401,56 kg-m y el momento es de 3 115,21 kg-m, se utiliza el mismo refuerzo para la losa en voladizo.

### **3.5. Diseño de vigas principales**

Estos son los elementos de la superestructura encargados de transmitir las cargas hacia la subestructura.

#### **3.5.1. Cálculo de peralte**

Para el diseño de las vigas, las normas AASHTO 8.9.2 dice que el peralte se considere de  $0,070 L$ .

$$t = 0,070 * L = 0,070 * 18 = 1,26 \text{ m}$$

Se asigna como altura de la viga 1,20 metros.

$$b = \frac{1,20}{2} = 0,60 \text{ m}$$

$$b = \frac{1,20}{3} = 0,40 \text{ m}$$

Se asigna como ancho de la viga 0,50 metros.

### 3.5.2. Cálculo de cargas muertas

Se tomarán en cuenta las cargas provocadas por cada uno de los elementos que conforman la superestructura.

Tabla XX. Cargas muertas

	Carga (Kg/m)
Barandales	10,88
Poste	31,5
Banqueta	324
Mordiente	144
Losa	$2\,400 * 0,20 * 2,38 = 1\,142$ kg/m
Total	1 652,78

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3. Peso propio de viga

El cálculo del peso propio de la viga se realizó de la siguiente manera:

$$W = 2\,400 * 1,20 * 0,50 = 1\,440 \text{ Kg/m} = 965,85 \text{ Lb/Pie}$$

### 3.5.4. Cálculo de sobre carga

Basado en las especificaciones de la AASHTO 3.23.1, se da el criterio siguiente para determinar el factor de sobrecarga (factor de rueda) siempre y cuando la separación a ejes de las vigas corresponda.

La fracción de la carga que absorbe cada viga de concreto reforzado en vigas T es:

$$\text{Puente 1 via} = \frac{S}{6,5} \text{ sí } S < 6 \text{ pies}$$

$$\text{Puente 2 via} = \frac{S}{6} \text{ sí } S < 10 \text{ pies}$$

Donde:

S = espaciamiento entre vigas en pies a ejes

$$S = 2,25\text{m} * \frac{3,28 \text{ pies}}{1 \text{ m}} = 7,38' < 10'$$

Como resultado se tiene que el factor de sobre carga es:

$$SC = \frac{7,38}{6} = 1,23$$

### **3.5.5. Cálculo de fuerzas por carga muerta**

- Predimensionamiento de diafragmas

Los diafragmas externos transmiten el propio peso directamente a los apoyos y los interiores transmiten su carga proporcionalmente a las vigas como cargas puntuales.

Por lo tanto para los diafragmas internos tenemos:

$$h = \left(\frac{3}{4}\right) * 1,20 = 0,90 \text{ m} = 2,95 \text{ pies}$$

En los diafragmas externos tenemos:

$$h = \left(\frac{1}{2}\right) * 1,20 = 0,60 \text{ m} = 1,97 \text{ pies}$$

El ancho será de 30,00 cm o 0,98 pies, pues se considera que dicho ancho es el mínimo recomendable, por la facilidad de construcción.

Cuando la luz de la superestructura es mayor que 40 pies, es necesario colocar diafragmas en el punto medio y en los tercios de la luz.

$$P_{di} = (2,95 - 0,66) * 0,98 * 5,74 * 150 = 1\ 932,26 \text{ lb}$$

$$P_{de} = (1,97 - 0,66) * 0,98 * 5,74 * 150 = 1\ 105,35 \text{ lb}$$

Momento máximo en el centro de la viga por carga muerta:

$$M_{\max} = \frac{(1\ 108,57 + 965,85) * 59,04^2}{8} + 1\ 932,26 * \frac{59,04}{3} + 1\ 932,26 * \frac{59,04}{2}$$

$$M_{\max} = 998\ 923,52 \text{ lb - pie}$$

$$V_{\max} = \frac{W L}{2} + 2P_{di} + P_{de}$$

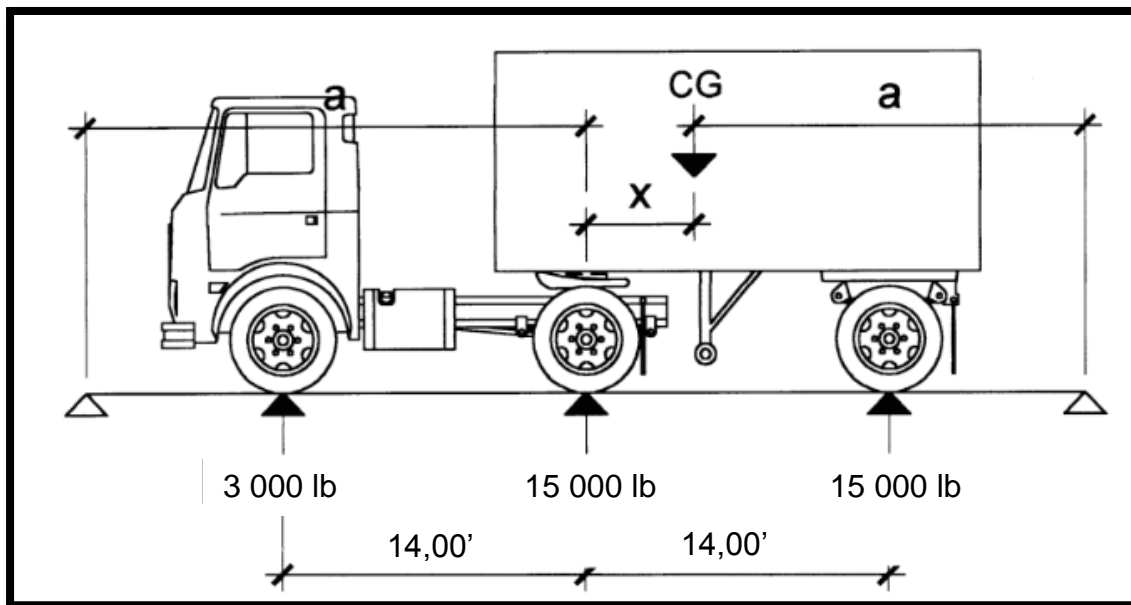


$$V_{\max} = \frac{(1\,108,57 + 965,85) * (59,04)}{2} + 2(1\,932,26) + (1\,105,35) = 66\,206,75 \text{ lb}$$

### 3.5.6. Cálculo de fuerzas por carga viva por el método de tren de carga

Este método se utiliza con el fin de calcular el momento máximo producido por cargas vivas.

Figura 27. Aplicación de fuerzas por el método de tren de carga



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\sum M_{cg} = 0$$

$$3\,000(14 + x) + 15\,000x = 15\,000(14 - x)$$

$$3\,000x + 15\,000x + 15\,000x = 210\,000 - 42\,000$$

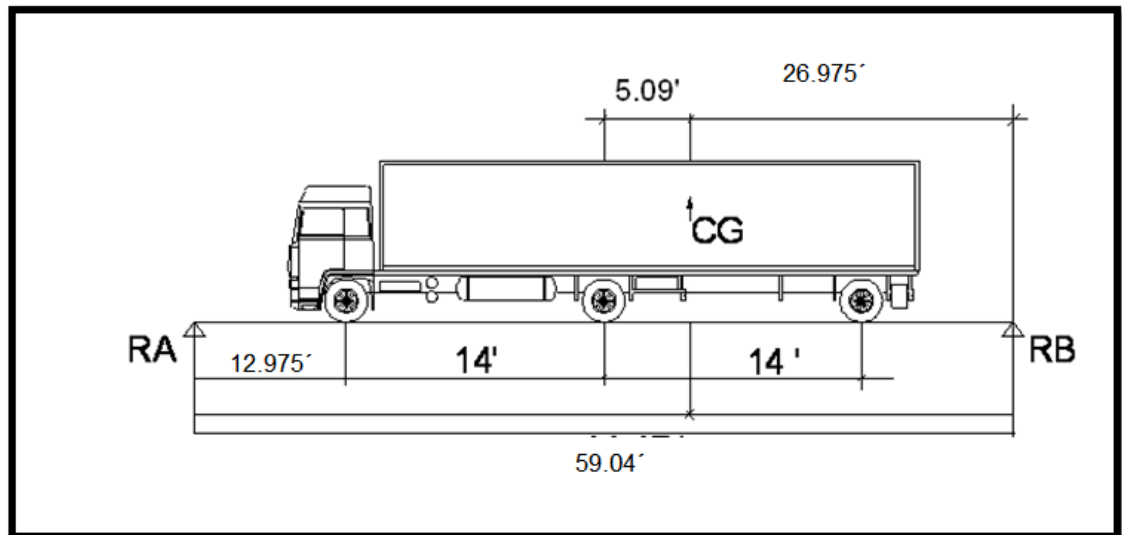
$$x = \frac{168\,000}{33\,000} = 5,09 \text{ pies}$$

$$2a + 5,09 = 59,04$$

$$a = 26,975 \text{ pies}$$

- Cálculo de momento

Figura 28. Centro de gravedad del camión



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\sum M_A = 0$$

$$59,04' \text{ RB} = 3\,000 * 12,975 + 15\,000 * 26,975 + 15\,000 * 40,975$$

$$RB = 17\,923.02$$

$$\sum F_v = 0$$

$$RA = 33\,000 - 17\,923.02 = 15\,076.98 \text{ lb}$$

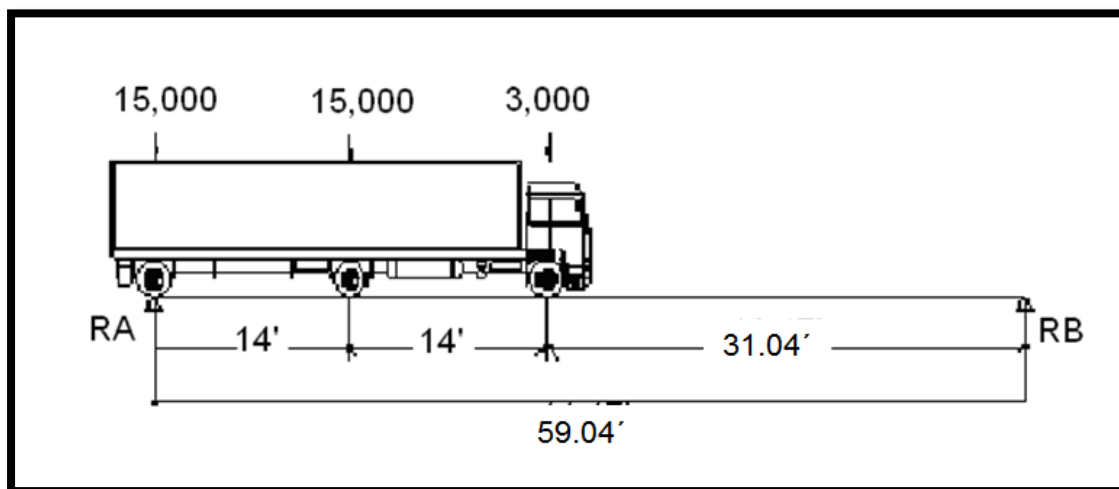
Se hace un corte en la sección donde se aplica la carga mayor y se procede a hacer el análisis del momento.

$$M_{\max} = (15\,076.98 * (5.09 + 26.975)) - (3\,000 * 19.09) - (15\,000 * 5.09)$$

$$M_{\max} = 364\,701.54 \text{ lb} - \text{pie}$$

- Cálculo del corte

Figura 29. **Determinación de la carga crítica de corte**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\sum M_B = 0$$

$$59,04 RA = 59,04 * 15\ 000 + 45,04 * 15\ 000 + 31,04 * 3\ 000$$

$$RA = 28\ 020,32\ \text{lb}$$

$$V_{\max} = 28\ 020,32\ \text{lb}$$

### 3.5.7. Cálculo de sobrecarga de impacto

$$I_m = \frac{15}{L + 38} \leq 0,30$$

Donde:

$I_m$  = sobrecarga debido a impacto

$L$  = luz libre de vigas [m]

$$I_m = \frac{15}{18 + 38} = 0,27$$

Se tomará una sobre carga de impacto de 0,27.

### 3.5.8. Cálculo de fuerzas últimas

La Norma AASHTO indica que debe tomarse como criterio la siguiente fórmula para el incremento de las cargas:

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

$$M_u = 1,3 \left[ 998\,923,52 + \frac{5}{3} (364\,701,54 + 364\,701,54 * 0,23 + 364\,701,54 * 0,27) \right]$$

$$M_u = 2\,483\,880,58 \text{ lb} - \text{pie} = 344\,218,48 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$V_u = 1,3 \left[ 66\,206,75 + \frac{5}{3} (28\,020,32 + 28\,020,32 * 0,23 + 28\,020,32 * 0,27) \right]$$

$$V_u = 2177\,134,82 \text{ lb} = 80\,515,83 \text{ kg}$$

### 3.5.9. Cuantía de acero a flexión

$$d = t - \left( \frac{\phi}{2} \right) - r$$

Se usará varilla No.10 G 60,  $\phi=3,18$  cm.

El recubrimiento mínimo debe ser de 5 cm.

$$d = 120 - \left( \frac{3,18}{2} \right) - 5 = 113,41 \text{ cm}$$

Datos:

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

$$f'_c = 285 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$d = 113,41 \text{ cm}$$

$$Mu = 344\,218,48 \text{ kg-m}$$

$$As = \left(0,85 * \frac{285}{4\,200}\right) \left[ (50 * 113,41) - \sqrt{(50 * 113,41)^2 - \frac{344\,218,48 * 50}{0,003825 * 285}} \right]$$

$$As = 93,72 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{F_y} * b * d = \frac{14,1}{4\,200} * 50 * 113,41 = 19,04$$

$$As_{\max} = \rho_{\max} * b * d$$

$$\rho_{\text{bal}} = \phi * B_1 * Es * \frac{0,003 * f'_c}{F_y(0,003 * Es + F_y)}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,9 * 0,85 * 2,10 * 10^6 * \frac{0,003 * 285}{4\,200(0,003 * 2,10 * 10^6 + 4\,200)}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,0311$$

$$\rho_{\max} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} = 0,5 * 0,0311 = 1,55 * 10^{-2}$$

$$A_{s_{\max}} = 1,55 * 10^{-2} * 50 * 113,41 = 88,18 \text{ cm}^2$$

Puesto que  $A_s$  es mayor que  $A_{s_{\max}}$ , se cambiara la sección.

$$t = 1,20 \text{ m}$$

$$b = 0,60 \text{ m}$$

- Peso propio de la viga

$$W = 2400 * 1,20 * 0,60 = 1728 \text{ kg/m} = 1159,02 \text{ lb/pie}$$

- Cálculo de las fuerzas ejercidas por carga muerta

$$M_{\max} = \frac{(1108,57 + 1159,02) * 59,04^2}{8} + 1932,26 * \frac{59,04}{3} + 1932,26 * \frac{59,04}{2}$$

$$M_{\max} = 1083090,62$$

$$V_{\max} = \frac{(1108,57 + 1159,02) * (59,04)}{2} + 2(1932,26) + (1105,35)$$

$$V_{\max} = 71909,13$$

- Cálculo de fuerzas últimas

$$M_u = 1,3 \left[ 1083090,6 + \frac{5}{3} (364701,54 + 364701,54 * 0,23 + 364701,54 * 0,27) \right]$$

$$M_u = 2\,593\,297,81 \text{ lb} - \text{pie} = 359\,381,62 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_u = 1,3 \left[ 71\,909,13 + \frac{5}{3} (28\,020,32 + 28\,020,32 * 0,23 + 28\,020,32 * 0,27) \right]$$

$$V_u = 184\,547,91 \text{ lb} = 83\,885,41 \text{ kg}$$

- Revisión por torsión

Torsión crítica para elementos no preesforzados según ACI 11.6.1 (a)

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right)$$

Datos:

$$f'_c = 285 \text{ kg/cm} = 27,95 \text{ MPa}$$

$$A_{cp} = 720\,000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 3\,600 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75 \text{ según ACI 9.3.2.3}$$

$$T_u = \frac{0,75 \sqrt{27,95}}{12} \left( \frac{720\,000^2}{3\,600} \right) = 47\,580\,983,60 \text{ N} - \text{mm}$$

Resistencia al momento torsional para elemento no preesforzados según ACI 11.6.3.1 (a)

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot Ph}{1,7 A^2_{oh}} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{bd} + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \right)$$



Datos:

$$V_u = 83\,885,41 \text{ kg} = 822\,634,86 \text{ N}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$d = 1\,145,20 \text{ mm}$$

$$T_u = 47\,580\,983,60 \text{ N-mm}$$

$$P_h = 3\,400 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 632\,500 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 52\,257,64 \text{ kg} = 512\,472,39 \text{ N}$$

$$f'_c = 285 \text{ kg/cm} = 27,95 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{822\,634,86}{600 * 1\,145,20}\right)^2 + \left(\frac{47\,580\,983,60 * 3\,400}{1,7 * 632\,500^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{512\,472,39}{600 * 1\,145,20} + \frac{2}{3} \sqrt{27,95}\right)$$

$$1,22 < 3,20 \quad \text{Cumple}$$

- Cálculo de cuantía de acero a flexión para vigas

Datos:

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

$$f'_c = 285 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d = 113,41 \text{ cm}$$

$$M_u = 359\,381,62 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left(0,85 * \frac{285}{4\,200}\right) \left[ (60 * 113,41) - \sqrt{(60 * 113,41)^2 - \frac{359\,381,62 * 60}{0,003825 * 285}} \right]$$

$$A_s = 95,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} * 60 * 113,41 = 22,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 1,55 * 10^{-2} * 60 * 113,41 = 105,81 \text{ cm}^2$$

Se obtiene:

$$A_{s_{\min}} = 22,84 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 95,44 \text{ cm}^2 \quad \text{Cumple}$$

$$A_{s_{\max}} = 105,81 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No.10, se utilizarán un total de 13 varillas en la cama inferior, las cuales dan un total de  $103,22 \text{ cm}^2$ . En la cama superior se reforzará con  $A_{s_{\min}}$ , se colocarán 5 varillas de No. 8, las cuales dan un total de  $25,35 \text{ cm}^2$ .

También deberá tomarse en cuenta que por la esbeltez de la viga se reforzará a temperatura su alma con cierta cuantía de acero por pie de altura:  
 $1' = 0,305 \text{ m}$

$$A_s = 0,002 * 60 * 30,5 = 3,66 \text{ cm}^2$$

Se reforzará con 2 varillas No. 5, las cuales dan un total de  $3,96 \text{ cm}^2$ . Las varillas irán colocadas una a cada lado de la viga a  $0,64 \text{ m}$  de altura.

### 3.5.10. Cuantía de acero a corte

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.3 G40,  $\phi=0,95$  cm

El recubrimiento mínimo debe ser de 5cm

$$d = 120 - \left(\frac{0,95}{2}\right) - 5 = 114,52 \text{ cm}$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{285} * 60 * 114,52 = 52 257,64 \text{ Kg}$$

$$V_u = 83 885,41 \text{ kg}$$

Ya que  $V_u > V_c$ , requiere refuerzo por cortante

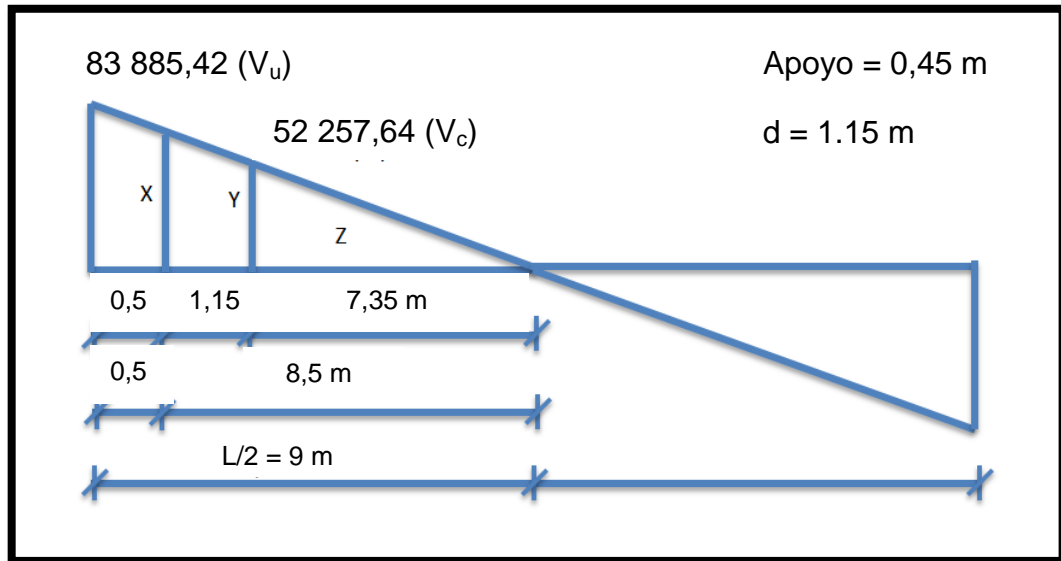
$$S = \frac{\phi * 2 * A_v * d * f_{yt}}{V_u - V_c}$$

$$S = \frac{0,85 * 2 * 0,71 * 114,52 * 2 810}{83 885,41 - 52 257,67} = 12,28 \approx 12 \text{ cm}$$

Se usara S igual a 12 cm.

La cara del apoyo está a 0,45 m entonces:

Figura 30. Diagrama de corte



Fuente: elaboración propia.

$$\frac{83\,885,41}{9} = \frac{X}{8,5}$$

$$X = 79\,225,11 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,85 * 2 * 0,71 * 114,52 * 2\,810}{79\,225,11 - 52\,257,64} = 14,40 \approx 14 \text{ cm}$$

$$\frac{83\,885,41}{9} = \frac{Y}{7,35}$$

$$Y = 68\,506,42 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,85 * 2 * 0,71 * 114,52 * 2 810}{68 506,42 - 52 257,64} = 23,9 \approx 23 \text{ cm}$$

Distancia en la cual no se necesita confinamiento:

$$\frac{83 885,41}{9} = \frac{52 257,64}{Z}$$

$$Z = 5,60 \text{ m}$$

$$9 - 0,5 - 1,15 - 5,60 = 1,75 \text{ m}$$

- Confinamiento a corte

Se obtiene

Tabla XXI. **Confinamiento a corte**

<b>Distancia (M)</b>	<b>Espaciamiento (M)</b>
0,6	0,12
1,12	0,14
1,84	0,23

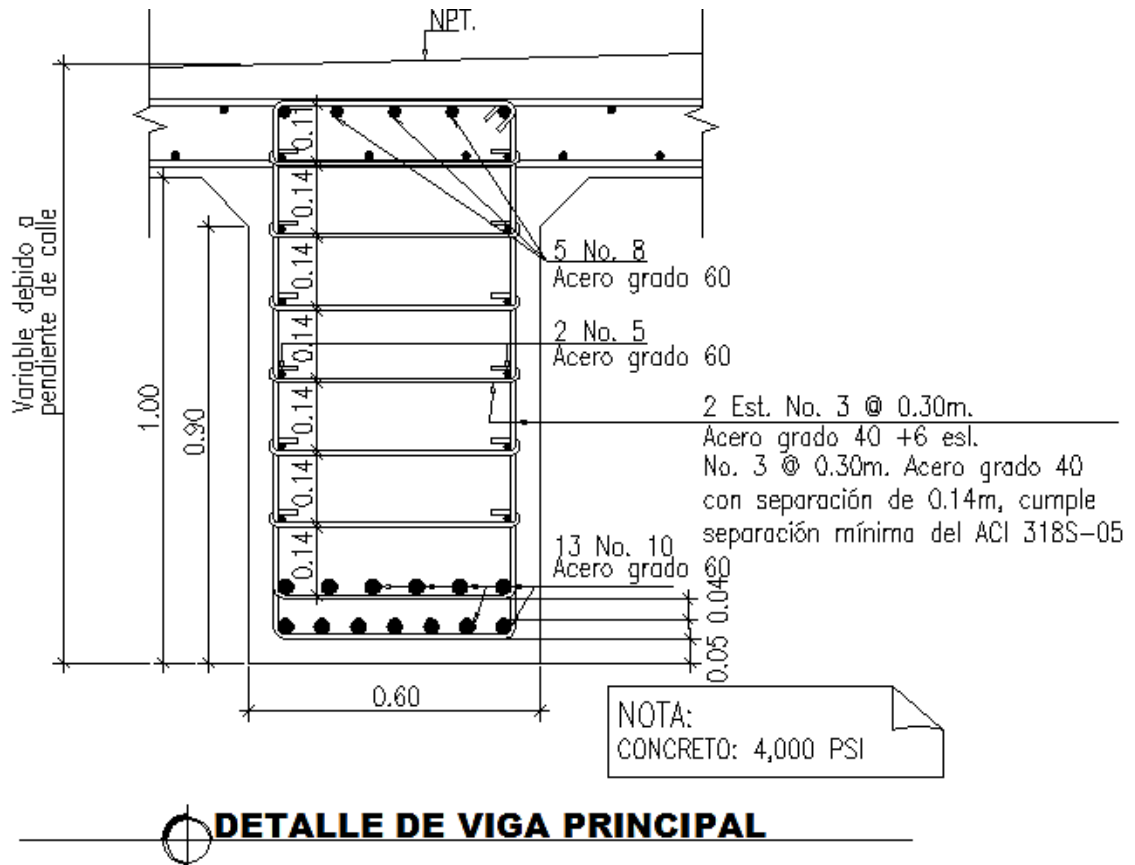
Fuente: elaboración propia.

- Espaciamiento en el resto de la viga:

$$\text{Esp.} = \frac{d}{2} = \frac{114,52}{2} = 57,26 \approx 50 \text{ cm}$$

- Detalle de armado de viga

Figura 31. **Detalle de armado de viga principal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.



### 3.6. Diseño de viga intermedia

Se procede a diseñar la viga intermedia del mismo modo en que se diseñaron las vigas principales.

#### 3.6.1. Cálculo de las fuerzas ejercidas por carga muerta

Losa:

$$2\,400 * 0,20 * 2,20 = 1\,056 \text{ kg/m} = 708,29 \text{ lb/pie}$$

Viga:

$$2\,400 * 1,20 * 0,50 = 1\,440 \text{ kg/m} = 965,85 \text{ lb/pie}$$

$$P_{di} = (2,95 - 0,66) * 0,98 * 5,58 * 150 = 1\,878,40 \text{ lb}$$

$$P_{de} = (1,97 - 0,66) * 0,98 * 5,58 * 150 = 1\,074,54 \text{ lb}$$

$$M_{\max} = \frac{(708,29 + 965,85) * 59,04^2}{8} + 1\,878,40 * \frac{59,04}{3} + 1\,878,40 * \frac{59,04}{2}$$

$$M_{\max} = 821\,865,52 \text{ lb} - \text{pie}$$

$$V_{\max} = \frac{(708,29 + 965,85) * (59,04)}{2} + 2(1\,878,40) + (1\,074,54) = 54\,251,95 \text{ lb}$$

#### 3.6.2. Cálculo de fuerzas últimas

$$M_u = 1,3 \left[ 821\,865,52 + \frac{5}{3} (364\,701,54 + 364\,701,54 * 0,23 + 364\,701,54 * 0,27) \right]$$



$$M_u = 2\,553\,705,18 \text{ lb} - \text{pie} = 312\,320,56 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_u = 1,3 \left[ 54\,251,95 + \frac{5}{3} (28\,020,32 + 28\,020,32 * 0,23 + 28\,020,32 * 0,27) \right]$$

$$V_u = 161\,593,58 \text{ lb} = 73\,451,62 \text{ kg}$$

### 3.6.3. Cálculo de cuantía de acero a flexión para vigas

$$A_s = \left( 0,85 * \frac{285}{4\,200} \right) \left[ (50 * 113,41) - \sqrt{(50 * 113,41)^2 - \frac{312\,320,56 * 50}{0,003825 * 285}} \right]$$

$$A_s = 83,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 19,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 88,18 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No.10, se utilizaron un total de 11 varillas en la cama interior, las cuales dan un total de 87,34cm<sup>2</sup>. En la cama superior se reforzará con A<sub>s<sub>min</sub></sub>, se colocarán 4 varillas No.8, las cuales dan un total de 20,28 cm<sup>2</sup>.

También deberá tomarse en cuenta que por la esbeltez de la viga se reforzará a temperatura su alma con cierta cuantía de acero por pie de altura: 1´=0,305m.

$$A_{s_{\text{tem}}} = 0,002 * 50 * 30,5 = 3,05 \text{ cm}^2$$

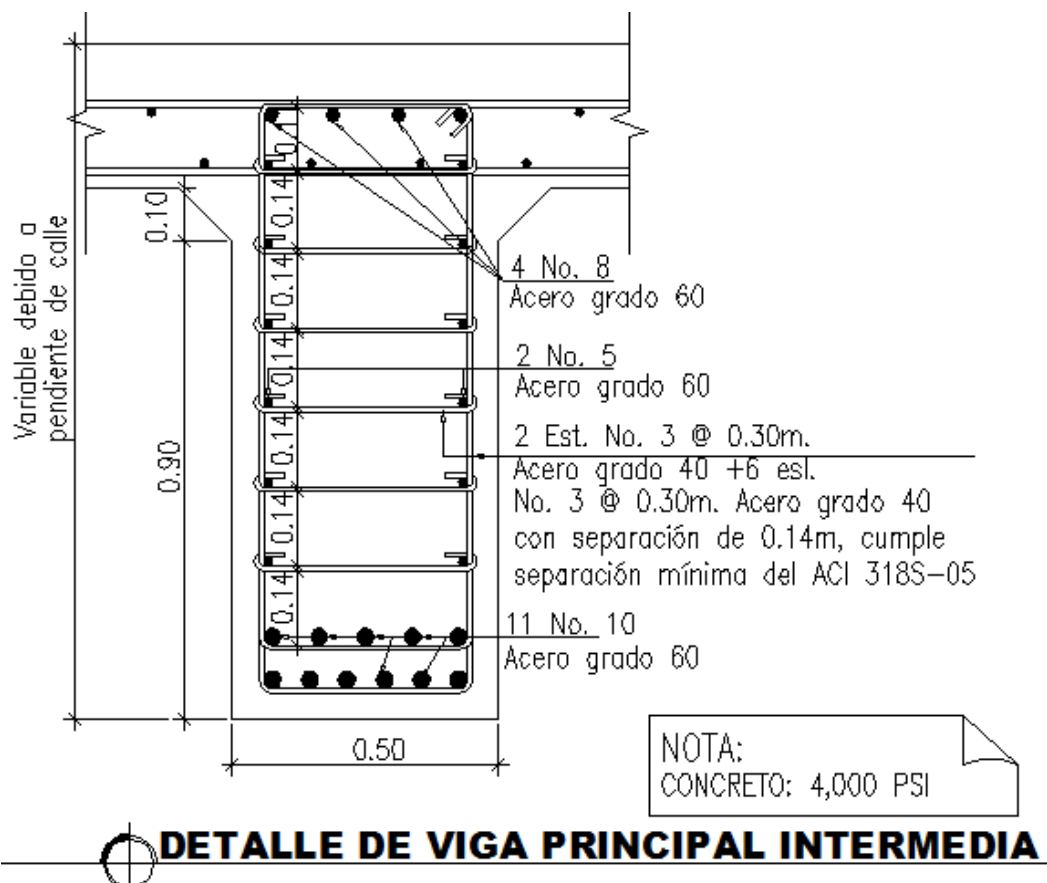
Se reforzará con 2 varillas No. 5, las cuales dan un total de  $3,96 \text{ cm}^2$ . Las varillas irán colocadas una a cada lado de la viga a  $0,64 \text{ m}$  de altura.

### 3.6.4. Cálculo de cuantía de acero a corte para vigas

Se usará el mismo refuerzo a corte de las vigas exteriores.

- Detalle de armado de viga principal intermedia

Figura 33. Detalle de armado de viga principal intermedia



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.7. Diseño del neopreno

Los apoyos que se utilizarán en la base de las vigas del puente serán de neopreno de dureza Shore A de 60, reforzados con placas metálicas. El esfuerzo máximo permisible por compresión se obtiene mediante la fórmula:

$$\sigma_r = \frac{8 * a * b}{t * (a + b)}; \text{ para apoyos fijos y moviles}$$

$$\frac{\Delta L}{T_t} \leq 0,5; \text{ apoyos moviles o libremente apoyados}$$

Donde:

$\Delta L$  = máximo desplazamiento horizontal

a, b = dimensiones del apoyo

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

$\sigma_r$  = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

$\sigma_a$  = esfuerzo a compresión del apoyo

t = espesor de una lámina (1,3 cm)

$T_t$  = espesor total del elastómero

Datos:

L = 18 m

a = 50 cm

b = 30 cm

R = 74,31 ton. (por viga)

$M_{CM}$  = 138,43 T-m

$M_{CV+I}$  = 64,19 T-m

- Esfuerzo por compresión

$$\sigma_r = \frac{8 * 50 * 30}{1,3 * (50 + 30)} = 115,38 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{74\ 310}{50 * 30} = 49,54 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo no sobrepasa el máximo recomendable de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

$$\sigma_r < \sigma_a; \text{ OK}$$

Para apoyo simple o apoyo móvil se debe cumplir que  $\Delta L/T_t \leq 0,5$

### 3.7.1. Cálculo del desplazamiento horizontal

Para L igual a 18,00 m la deformación total por esfuerzo, se utiliza la ley de Hooke  $\sigma_f = 1\ 700 \text{ kg/cm}^2$ .

$$\Delta_{eT} = \frac{\sigma_f}{E} * L = \frac{1\ 700}{2,1 * 10^6} * 1\ 800 = 1,46 \text{ cm}$$

Deformación por carga muerta:

$$\Delta_{eCM} = \frac{\Delta_{eT} * M_{Cv}}{M_{Cv} + M_{Cv+I}} = \frac{1,46 * 138,43}{138,43 + 64,19} = 1$$

Deformación por temperatura:

$$\Delta_t = 0,0000011 * D^o * L = 0,000011 * 10 * 1\ 800 = 0,20 \text{ cm}$$

Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida:

$$\Delta_c = 0,000165 * L = 0,000165 * 1\ 800 = 0,30\text{ cm}$$

- Deformaciones máximas

Contracción:

$$\Delta_{eCM} - (\Delta_c - \Delta_t) = 1 - (0,30 + 0,20) = 0,50\text{ cm}$$

Dilatación:

$$(\Delta_{eT} + \Delta_t) - \Delta_c = (1,46 + 0,20) - 0,30 = 1,36\text{ cm}$$

Máximo desplazamiento horizontal del apoyo:

$$\Delta L = 1,36\text{ cm}$$

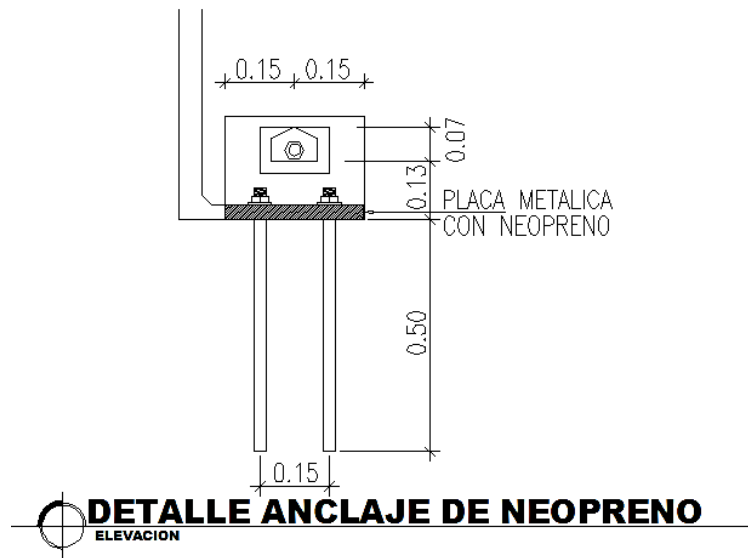
- Espesor de apoyos

Se usan 2 placas de elastómero de 13 mm más dos placas de acero de 2mm más una placa de acero de 3 mm igual a 33 mm o 3,3 cm.

$$\frac{\Delta L}{T_t} = \frac{1,36}{3,3} = 0,41 < 0,50; \text{ OK}$$

- Detalle de colocación del neopreno

Figura 34. **Detalle de colocación del neopreno**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

La unión entre las planchas de neopreno y las placas metálicas deberá hacerse con un pegamento que evite su separación.

Los apoyos del 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 3,3 cm

### **3.8. Diseño de diafragmas**

Estos elementos no se diseñan para soportar cargas provenientes de la losa sino se diseñan para darle rigidez a la superestructura con el fin de evitar el alabeo.

#### **3.8.1. Dimensionamiento de diafragmas**

Diafragma interior:

$$h = \left(\frac{3}{4}\right) * 1,20 \text{ m} = 0,90 \text{ m} = 2,95'$$

Diafragma exterior:

$$h = \left(\frac{1}{2}\right) * 1,20 \text{ m} = 0,60 \text{ m} = 1,97'$$

#### **3.8.2. Cuantía de acero para diafragmas**

Debido a que estos no están diseñados para soportar cargas provenientes de la losa, los diafragmas se refuerzan con el acero mínimo. También se debe colocar  $0,25 \text{ plg}^2$  de acero por pie de alto de la viga diafragma. Los diafragmas externos transmiten su propio peso directamente a los apoyos; los interiores transmiten su carga proporcionalmente a las vigas como cargas puntuales.

Recubrimiento mínimo de 5 cm.

### 3.8.3. Diseño de diafragma interior

$$A_{S_{\min}} = \left( \frac{14,1}{F_y} \right) * b * d$$

$$d = t - \left( \frac{\phi}{2} \right) - r$$

Se usará varilla No.8 G40,  $\phi=2,54$  cm.

$$d = 90 - \left( \frac{2,54}{2} \right) - 5 = 83,73 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = \left( \frac{14,1}{2810} \right) * 30 * 83,73 = 12,60 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán un total de 3 varillas No.8 G40 tanto en la cama interior como en la superior.

$$3 \text{ No. 8} = 15,21 \text{ cm}^2$$

Refuerzo transversal:

$$S_{\max} = \left( \frac{1}{2} \right) * 83,73 = 42 \text{ cm}$$

Colocar estribos y eslabones de varilla No.3 G40 @ 0,40 m.



Refuerzo adicional:

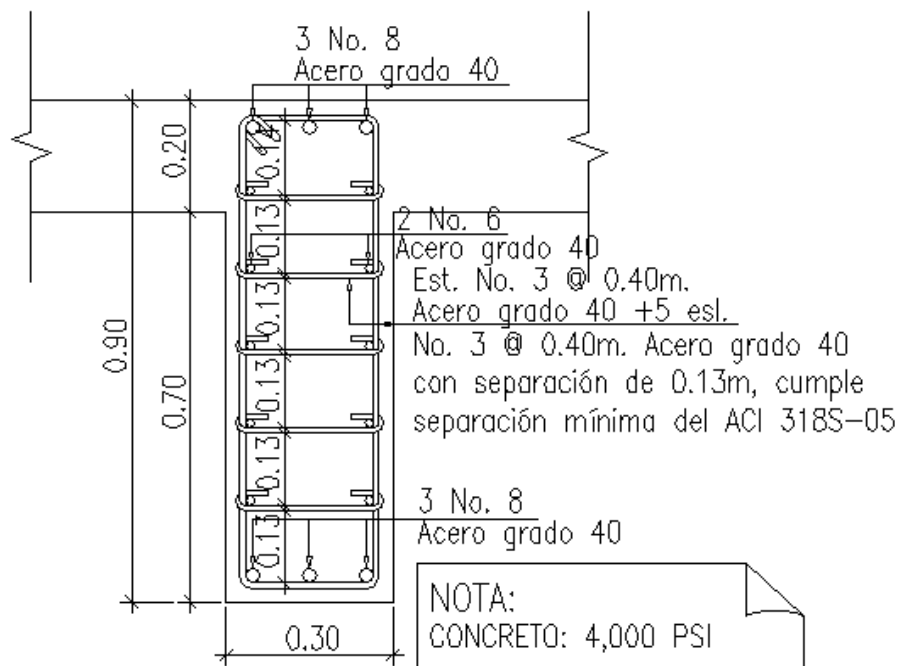
Se colocara un refuerzo adicional de  $0,25 \text{ plg}^2$  por cada pie de alto ( $5,29 \text{ cm}^2$  por metro de alto).

$$\text{Rad} = 0,90 * 5,29 = 4,76 \text{ cm}^2$$

Utilizando 2 varillas No.6  $A_s = 5,66 \text{ cm}^2$ .

- Detalle de armado del diafragma interior

Figura 35. **Detalle de armado del diafragma interno**



## **DETALLE DE DIAFRAGMA INTERIOR**

Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.8.4. Diseño de diafragma exterior

$$d = 60 - \left(\frac{2,54}{2}\right) - 5 = 53,73 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \left(\frac{14,1}{2810}\right) * 30 * 53,73 = 8,09 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán un total de 2 varillas No.8 G40 tanto en la cama interior como en la superior.

$$2 \text{ No. 8} = 10,14 \text{ cm}^2$$

Refuerzo transversal:

$$S_{\max} = \left(\frac{1}{2}\right) * 53,73 = 26,86 \text{ cm}$$

Colocar estribos y eslabones de varilla No.3 G40 @ 0,25 m.

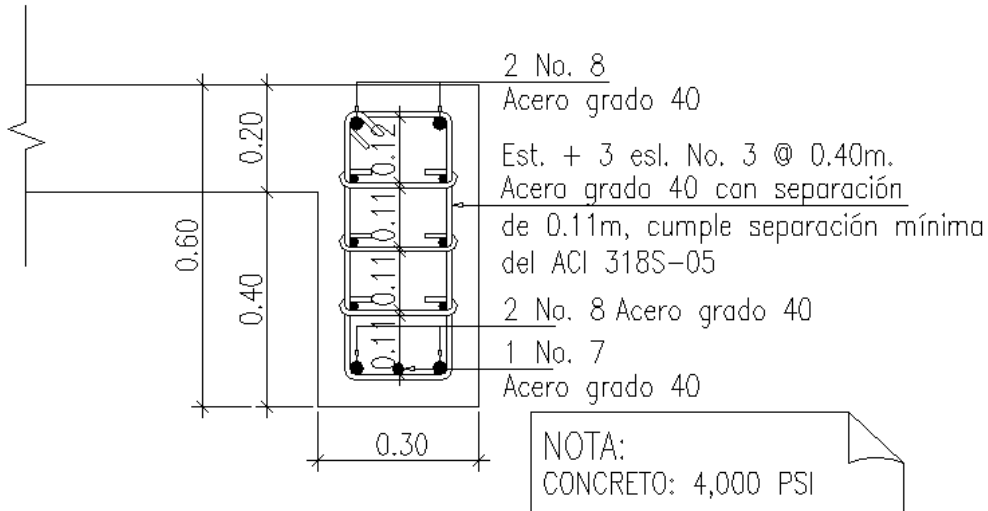
Refuerzo adicional:

$$R_{ad} = 0,60 * 5,29 = 3,17 \text{ cm}^2$$

Utilizando 1 varillas No.7  $A_s = 3,88 \text{ cm}^2$ .

- Detalle de armado del diafragma exterior

Figura 36. **Detalle de armado del diafragma exterior**



## **DETALLE DE DIAFRAGMA EXTERIOR**

Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

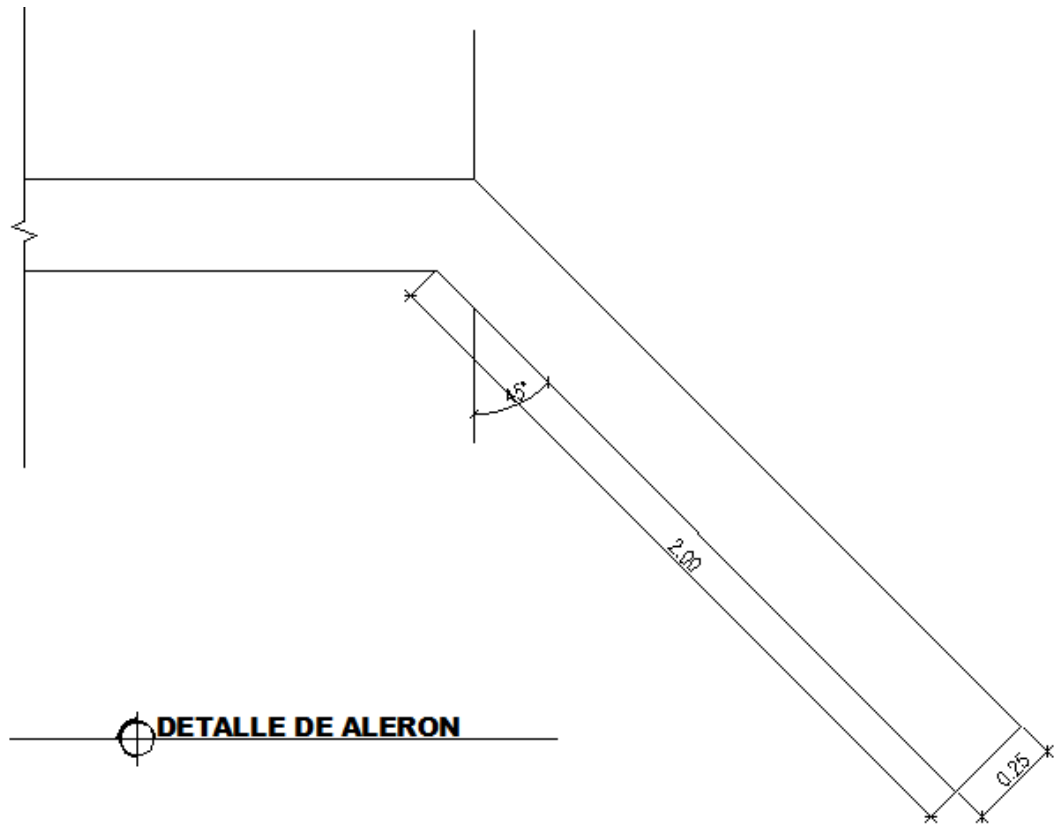
### **3.9. Diseño de la subestructura**

Para el diseño de la subestructura se utilizarán muros en voladizo de concreto armado para los estribos de entrada y salida.

#### **3.9.1. Diseño de alerón**

Los alerones tendrán 0,25 m de ancho, 2,0 m de largo y 3,0 m de altura para dar un buen soporte al relleno de la entrada y salida del puente.

Figura 37. **Detalle de dimensiones**

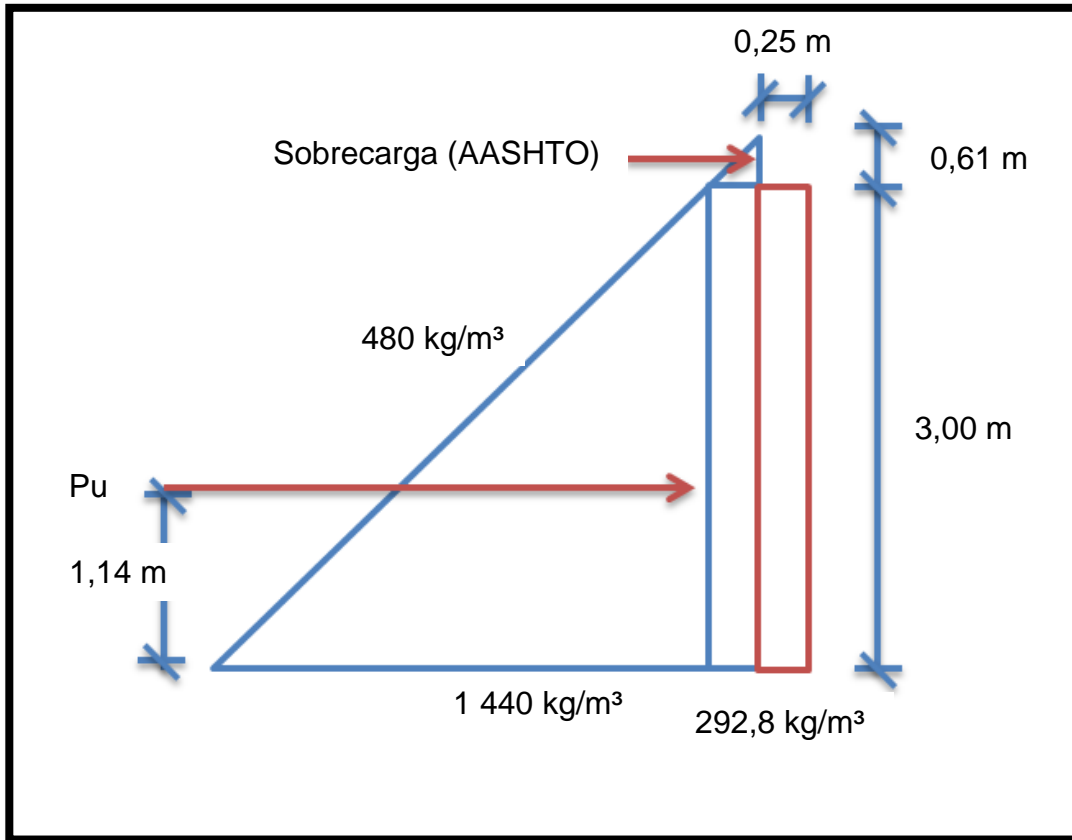


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### Cargas que actúan sobre los alerones

Según AASHTO 3.20, deberá considerarse una sobrecarga del suelo con un equivalente líquido de 2 pies de alto o 0,61 m, con una presión de 480 kg/m<sup>2</sup>.

Figura 38. Cargas actuantes sobre alerones



Fuente: elaboración propia.

$$480 * 0,61 \text{ m} = 292,8 \text{ kg/m}$$

$$480 * 3,00 \text{ m} = 1 440 \text{ kg/m}$$

Peso propio de los alerones por metro lineal:

$$W_m = 0,25 * 3,00 * 2 400 = 1 800 \text{ kg/m}$$

Según AASHTO 3.21 para 1 m de ancho, el valor de sismo es 10%.

Momento en la base por carga muerta:

$$M_m = \frac{W * L^2}{2} = \frac{1\,800 * (2)^2}{2} = 3\,600 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento ocasionado por sismo:

$$M_{EQ} = 0,10 * 3\,600 = 360 \text{ kg} - \text{m}$$

Presión de tierra resistida:

$$P_u = (292,8 * 3) + [(1\,440 * 3)/2] = 3\,038,40 \text{ kg}$$

$$P_u = 3\,038,40 * \text{sen } 45 = 2\,145,47 \text{ kg}$$

Punto de aplicación de la presión de tierra de abajo hacia arriba:

$$P_u \hat{y} = P_{\text{sobrecarga}} * y_{\text{sobrecarga}} + P_{\text{empuje}} * y_{\text{empuje}}$$

$$\hat{y} = \frac{(292,8 * 3) * (3 * 1/2) + (1/2 * 1\,440 * 3) * (3 * 1/3)}{3\,038,40} = 1,14 \text{ m}$$

Momento producido por el empuje de tierra:

$$M = 3\,038,40 * 1,14 = 3\,463,78 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento por franja lineal:

$$M = \frac{3\,463,78}{3} = 1\,154,59 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento total resistido por el alerón:

Grupo II:

$$M_u = 1,3(360 + 1\,154,59) = 1\,968,97 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_u = 1,3(0,3 * 360 + 1\,154,59) = 1\,641,37 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\text{Momento crítico} = 1\,968,97 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de la cuantía de acero

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.5,  $\phi=1.59$  cm

$$d = 25 - \left(\frac{1,59}{2}\right) - 7,5 = 16,70 \text{ cm}$$

Datos:

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 16.70 \text{ cm}$$

$$Mu = 1\,628.24 \text{ kg-m}$$

$$As = \left(0,85 * \frac{210}{2\,810}\right) \left[ (100 * 16,7) - \sqrt{(100 * 16,7)^2 - \frac{1\,968,97 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 4,77 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 16,7 = 8,38 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,01975 * 100 * 16,7 = 32,98 \text{ cm}^2$$

Como  $As_{\min} > As$ , se diseñará con  $As_{\min}$ . Utilizando varilla No.5 @ 0,20 se tiene  $9,90 \text{ cm}^2$  de acero.

El resto del refuerzo se tomará por temperatura:

$$As_{\text{temp}} = 0,002 * 100 * 25 = 5 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.4 @ 0,25 m se tienen  $5,08 \text{ cm}^2$  de acero.

- Cálculo del corte

$$V_a = 0,5 * (292,8 + (1\,440 + 292,8)) + 0,1 * 2\,148,47$$

$$V_a = 1\,227,65 \text{ kg}$$

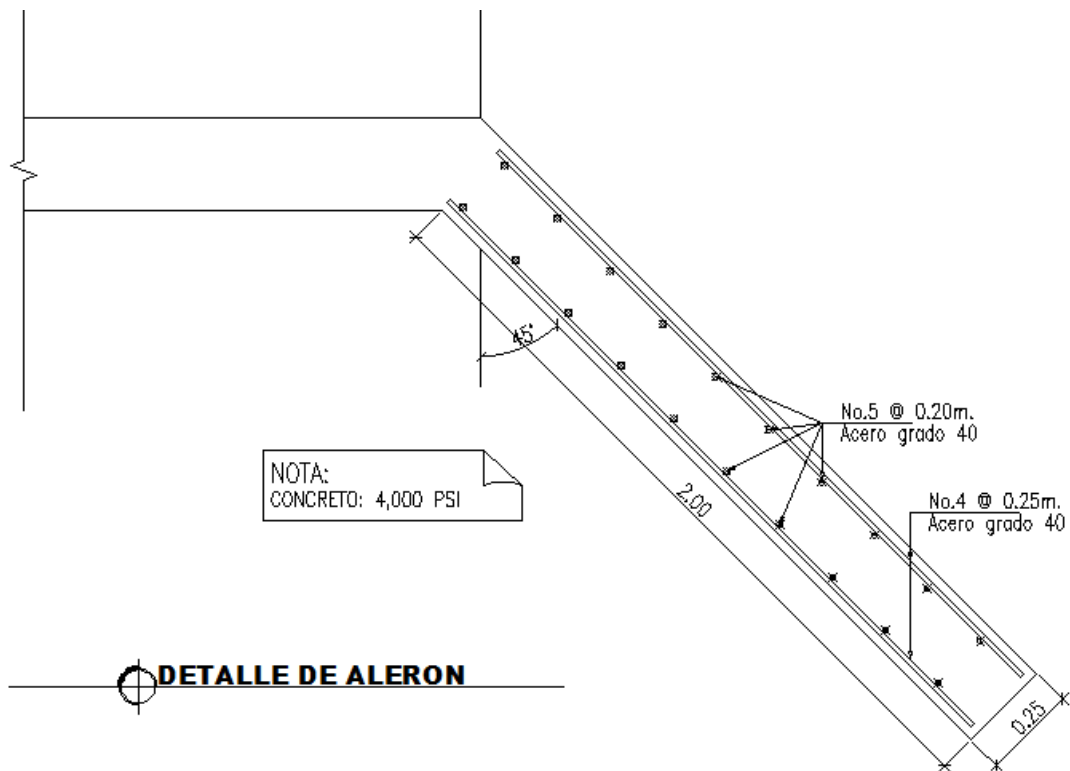


$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 16,7 = 10\ 902,37\text{ kg}$$

$$V_C > V_a; \text{ OK}$$

- Detalle de armado de alerón

Figura 39. **Detalle de armado de alerón**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.9.2. Diseño de cortina

Resultantes verticales que actúan en cada viga:

$$P_u = 1,3 * \left[ P_{cm} + \frac{5}{3} (P_{cv} + SC + I) \right]$$

$$P_u = 1,3 * \left[ 71\,909,13 + \frac{5}{3} (28\,020,32 + 28\,020,32 * 0,23 + 28\,020,32 * 0,27) \right]$$

$$P_u = 184\,547,91 \text{ lb}$$

$$P_u = 1,3 * \left[ 32\,685,97 + \frac{5}{3} (12\,736,51 + 12\,736,51 * 0,23 + 12\,736,51 * 0,27) \right]$$

$$P_u = 83\,885,41 \text{ kg}$$

Nota:

Los estribos tendrán un ancho total de 9,50 metros para darle comodidad a la superestructura.

Carga muerta que soporta cada estribo:

$$C_m = \frac{71\,909,13 * 2 + 54\,251,95}{31,16} = 6\,356,55 \text{ lb/pie}$$

$$C_m = \frac{32\,685,97 * 2 + 24\,659,98}{9,50} = 9\,477,04 \text{ kg/m}$$

$$P_m = \frac{71\,909,13 * 2 + 54\,251,95}{2} = 99\,035,10 \text{ lb} = 45\,015,95 \text{ kg}$$

$$C_m = \frac{45\,015,95}{9,50} = 4\,738,52 \text{ kg/m}$$

- Carga viva en la losa:

No se tomará como diseño la resultante vertical de carga viva por viga sino se analizara el camión completo, el cual es más crítico

Se tiene una carga móvil HS-15, el cual lo constituye un camión tipo tractor de 30 000 lbs y un remolque de 24 000 lbs. En tal caso la carga para cada estribo será:

Ya que es de dos vías

$$C_v = \frac{(30\,000 + 24\,000)}{2.2} * 2 = \frac{49\,090,91}{2} = 24\,545,45 \text{ kg}$$

La carga viva por metro de ancho es:

$$C_v = \frac{(24\,545,45)}{9,5} = 2\,583,73 \text{ kg/m}$$

Fuerza de frenado ocasionada por la carga viva.

$$P_f = 2\,583,73 * 0,10 = 258,37 \text{ kg/m}$$

El brazo de la fuerza de frenado que ocasiona momento se toma según AASHTO a 6' (1,83 m) sobre la cota restante:

$$M_f = (1,20 + 1,83) * 258,37 = 782,86 \text{ kg} - \text{m}$$

Peso propio de la cortina del estribo:

$$W_m = 0,25 * 9,50 * 2\ 400 = 5\ 700 \text{ kg/m}$$

Momento por carga muerta:

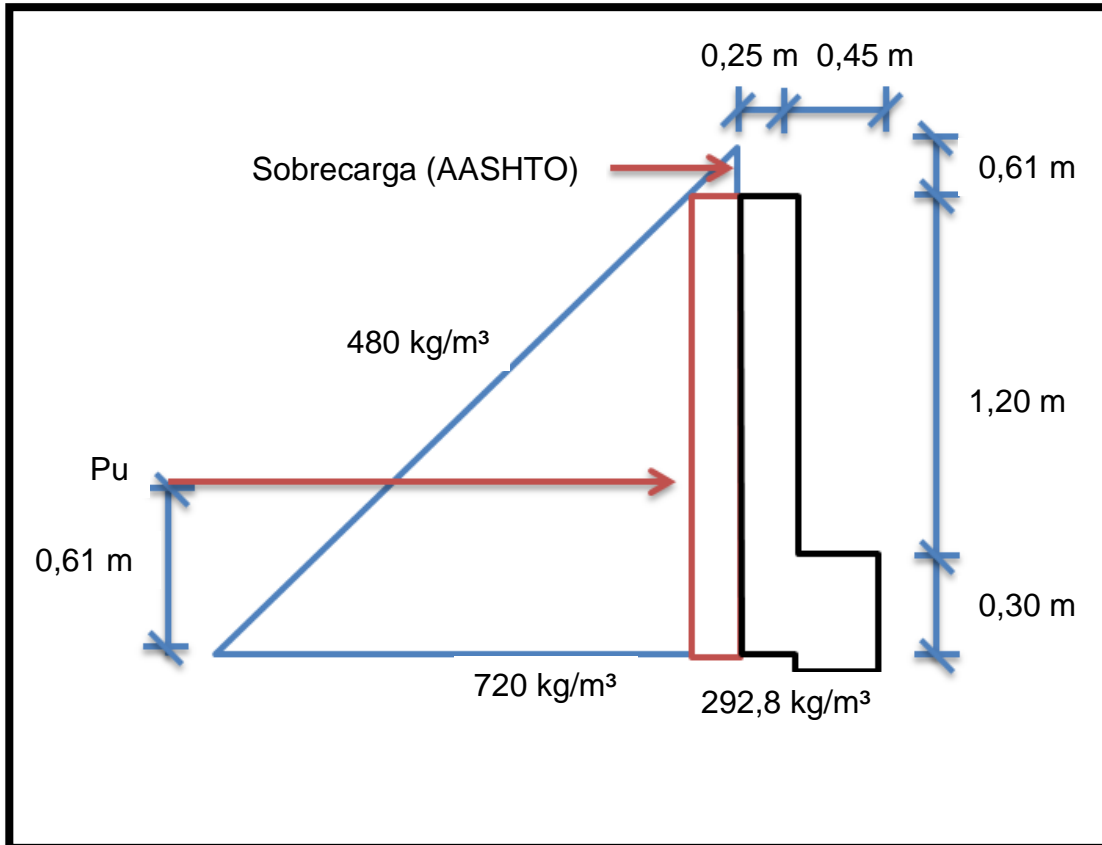
$$M_m = \frac{5\ 700 * (1,20)^2}{2} = 4\ 104 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento ocasionado por sismo:

$$M_{EQ} = 0,10 * 4\ 104 = 410,40 \text{ kg} - \text{m}$$

Fuerza dada por el empuje de la tierra sobre la cortina del estribo:

Figura 40. **Cargas actuantes sobre la cortina**



Fuente: elaboración propia.

$$480 * 0,61 = 292,8 \text{ kg/m}$$

$$480 * 1,50 = 720 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 292,8 * 1,50 + 0,5(720 * 1,50) = 979,2 \text{ kg}$$

Punto de aplicación de la fuerza ejercida por la tierra sobre la cortina:

$$\hat{y} = \frac{(292,8 * 1,50)(1,50 * 0,5) + (0,5 * 720 * 1,50) \left(1,50 * \frac{1}{3}\right)}{979,2} = 0,61 \text{ m}$$

Momento producido por el empuje de tierra:

$$M_t = 0,61 * 979,2 = 597,31 \text{ kg} - \text{m}$$

- Integrando grupo de cargas:

Grupo II:

$$M_u = 1,3(597,31 + 410,40) = 1\ 310,02 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_u = 1,3(0,3 * 410,40 + 597,31 + 782,86) = 1\ 954,28 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\text{Momento crítico} = 1\ 954,28 \text{ kg} - \text{m}$$

- Determinando el área de acero a utilizar:

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.5,  $\phi=1,59 \text{ cm}$ .

$$d = 25 - \left(\frac{1,59}{2}\right) - 7,5 = 16,70 \text{ cm}$$

Datos:

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

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 16,70 \text{ cm}$$

$$Mu = 1\,954,28 \text{ kg-m}$$

$$As = \left(0,85 * \frac{210}{4\,200}\right) \left[ (100 * 16,7) - \sqrt{(100 * 16,7)^2 - \frac{1\,954,28 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 3,17 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{4\,200} * 100 * 16,7 = 5,61 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,0115 * 100 * 167 = 19,21 \text{ cm}^2$$

Como  $As_{\min} > As$ , se diseñará con  $As_{\min}$ . Utilizando varilla No.5 @ 0,30 se tiene  $6,60 \text{ cm}^2$  de acero.

El resto del refuerzo se tomará por temperatura:

$$As_{\text{temp}} = 0,002 * 100 * 25 = 5 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.4 @ 0,25 m se tienen  $5,08 \text{ cm}^2$  de acero.

- Cálculo del corte

$$V_a = 0,5 * (292,8 + (720 + 292,8)) + 0,1 * 979,2$$

$$V_a = 750,72 \text{ kg}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 16,7 = 10\,902,37 \text{ kg}$$

$$V_c > V_a; \quad \text{OK}$$

### 3.9.3. Diseño de viga de apoyo

La viga de apoyo será la encargada de distribuir las cargas provenientes de la superestructura hacia el cuerpo del estribo. La viga no estará trabajando a esfuerzos excesivos, ya que sólo transmitirá cargas, por lo tanto se diseñará con acero mínimo en el sentido longitudinal de la estructura y a temperatura en el sentido transversal.

Determinación de acero longitudinal:

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.5,  $\phi=1,59$  cm.

$$d = 30 - \left(\frac{1,59}{2}\right) - 5 = 24,20 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\,810} * 70 * 24,20 = 8,50 \text{ cm}^2$$



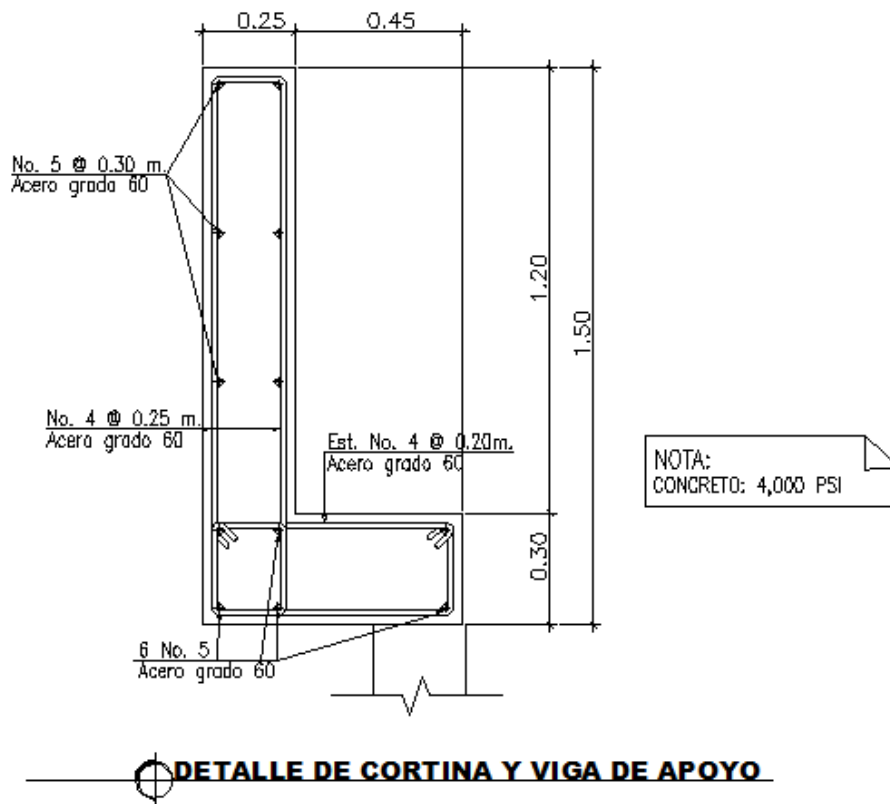
Utilizando varillas No. 5 en ambos sentidos se tiene, que el armado resulta adecuado utilizando 6 No. 5 que equivale a  $11,88 \text{ cm}^2$ .

Determinación de acero transversal:

$$A_{S_{temp}} = 0,002 * 100 * 30 = 6 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.4 el espaciamiento es  $24,20/2 = 12,1$  aproximadamente 10 cm, usar estribos No.4 @ 0.10 m.

Figura 41. **Detalle de cortina y viga de apoyo**

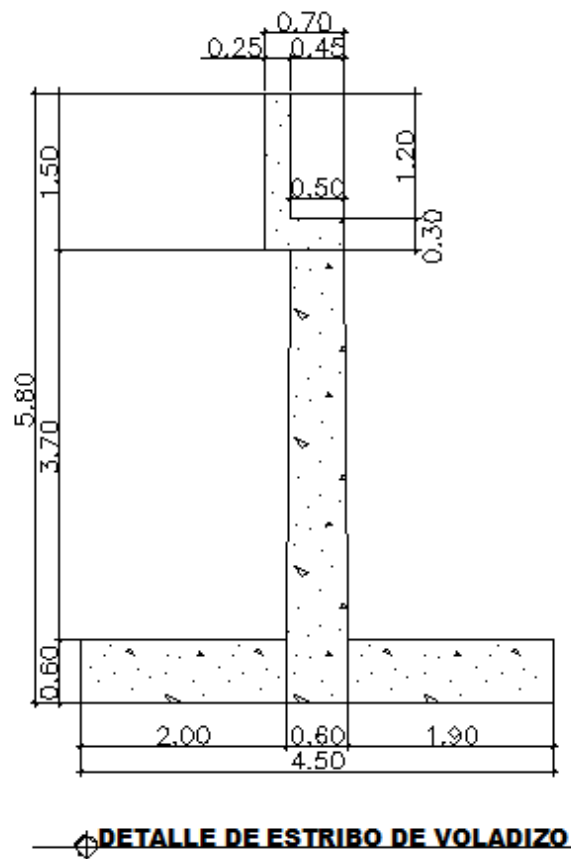


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.9.4. Diseño de estribo de concreto armado

Los estribos son los componentes del puente, que soportan la superestructura en los extremos y transmiten la carga al terreno de cimentación. El tipo de estribo a diseñar corresponde al de un muro en voladizo hecho de concreto armado, se asume una sección del muro y se verifica la estabilidad al volteo y al deslizamiento.

Figura 42. **Determinación de cargas muertas actuantes por metro lineal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Cortina:

$$W_1 = 0,25 * 1,50 * 2\ 400 = 900\text{ kg}$$

Pantalla del muro:

$$W_2 = 0,55 * 4 * 2\ 400 = 5\ 280\text{ kg}$$

Base:

$$W_3 = 0,60 * 4,5 * 2\ 400 = 6\ 480\text{ kg}$$

Alerones:

$$W_a = \frac{2 * (0,25 * 2 * 3 * 2\ 400)}{9,50} = 757,89\text{ kg}$$

Relleno ubicado debajo de la cortina:

$$W_4 = 0,25 * 3,70 * 1\ 600 = 1\ 480\text{ kg}$$

Relleno sobre el tacón:

$$W_5 = 5,20 * 1,75 * 1\ 600 = 14\ 560,00\text{ kg}$$

Relleno sobre el pie:

$$W_6 = 2,00 * 3,50 * 1\ 600 = 11\ 200,00\text{ kg}$$

Superestructura:

$$P_{Cm} = 4\,738,52 \text{ kg}$$

Tabla XXII. **Cargas muertas que actúan sobre el estribo**

<b>Cargas muertas</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
W <sub>1</sub>	900,00	2,62	2 358,00
W <sub>2</sub>	5 280,00	2,25	11 880,00
W <sub>3</sub>	6 480,00	2,25	14 580,00
W <sub>a</sub>	757,89	3,21	2 432,83
W <sub>4</sub>	1 480,00	2,62	3 877,60
W <sub>5</sub>	14 560,00	3,62	52 707,20
W <sub>6</sub>	11 200,00	0,99	11 088,00
P <sub>cm</sub>	4 738,52	2,25	10 661,67
	<b>45 396,41</b>		<b>199 585,30</b>

Fuente: elaboración propia.

Determinación de cargas viva lineal actuante:

$$P_{cv} = 2\,583,73 \text{ kg}$$

Tabla XXIII. **Cargas vivas que actúan sobre el estribo**

<b>Cargas muertas</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
P <sub>cv</sub>	2 583,73	2,25	5 813,39

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de las fuerzas horizontales actuantes provocadas por el impacto sísmico por metro lineal.

Cortina:

$$EQ_1 = 0,10 * 900 = 90 \text{ kg}$$

Pantalla del muro:

$$EQ_2 = 0,10 * 5 280 = 528 \text{ kg}$$

Base:

$$EQ_3 = 0,10 * 6 480 = 648 \text{ kg}$$

Aleros:

$$EQ_a = 0,10 * 757,89 = 75,79 \text{ kg}$$

Superestructura:

$$EQ_{cm} = 0,10 * 4\,738,52 = 473,85 \text{ kg}$$

Tabla XXIV. **Fuerzas de sismo actuantes sobre el estribo**

<b>Fuerzas provocadas por sismo</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
EQ <sub>1</sub>	90,00	5,05	454,50
EQ <sub>2</sub>	528,00	2,60	1 372,80
EQ <sub>3</sub>	648,00	0,30	194,40
EQ <sub>a</sub>	75,79	4,30	325,89
EQ <sub>cm</sub>	473,85	4,60	2 179,71
	<b>1 815,64</b>		<b>4 527,30</b>

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de empuje ejercido por la presión de tierra por lineal

Aleros:

$$E_a = \frac{2\,148,47 * 2}{9,50} = 452,31 \text{ kg}$$

Sobrecarga AASHTO:

$$E_{a7} = 292,8 * 5,80 = 1\,698,24 \text{ kg}$$

Equivalente líquido:

$$E_a = 0,5 * (480 * 5,8) = 1\,392,00 \text{ kg}$$

Tabla XXV. **Empujes actuantes sobre el estribo**

<b>Fuerzas provocadas por sismo</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
EQ <sub>a</sub>	452,31	4,30	1 944,93
EQ <sub>7</sub>	1 698,24	2,90	4 924,89
EQ <sub>8</sub>	1 392,00	1,93	2 686,56
	<b>3 542,55</b>		<b>9 556,38</b>

Fuente: elaboración propia.

Determinación del empuje ejercido horizontalmente por la carga viva por metro lineal:

Fuerza de frenado:

$$P_{fr} = 0,10 * 2\,583,73 = 258,37 \text{ kg}$$

Fuerza por cambio de temperatura y frenado:

$$T_{cv} = 0,25 * 2\,583,73 = 645,93 \text{ kg}$$

Tabla XXVI. **Fuerzas actuantes sobre el estribo debido a carga viva**

<b>Empuje producido por carga viva</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
P <sub>fr</sub>	258,37	5,80	1 498,55
T <sub>cv</sub>	645,93	4,60	2 971,28
	<b>904,30</b>		<b>4 469,83</b>

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo de la resistencia de la base a esfuerzos cortantes horizontales

Fuerzas que actúen horizontalmente contra la base del muro:

Grupo II:

$$V_a = 1,3(1\ 815,64 + 3\ 542,55) = 6\ 965,65\ \text{kg}$$

Grupo III:

$$V_c = 1,3(0,3 * 1\ 815,64 + 3\ 542,55 + 904,30) = 6\ 489,00\ \text{kg}$$

Corte que resiste la base por el concreto:

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 50 = 32\ 641,83\ \text{kg}$$

$$V_C > V_a; \quad \text{OK}$$



- Cálculo de la estabilidad del estribo

Factor de seguridad al volteo:

El momento producido por las fuerzas estabilizantes con respecto al punto A es:

Grupo II:

$$M_e = 1,3(109\,585,30) = 142\,460,89 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_e = 1,3(109\,585,30 + 5\,813,39 * 1,30) = 152\,285,52 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento producido por las fuerzas volteantes con respecto al punto A es:

Grupo II:

$$M_v = 1,3(4\,527,30 + 9\,556,38) = 18\,308,78 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_v = 1,3(0,30 * 4\,527,30 + 9\,556,38 + 4\,469,83 * 1,30) = 21\,742,95 \text{ kg} - \text{m}$$

Factor de seguridad al volteo ( $M_e/M_v$ ):

Grupo II:

$$F.S. = \frac{142\,460,89}{18\,308,78} = 7,78 > 2,0; \text{ cumple}$$

Grupo III:

$$F.S. = \frac{152\,285,52}{21\,742,95} = 7,00 > 2,0; \text{ cumple}$$

Factor de seguridad al deslizamiento

Fuerzas estabilizantes

Grupo II:

$$F_e = 1,3(45\,396,41) = 59\,015,33 \text{ kg}$$

Grupo III:

$$F_e = 1,3(45\,396,41 + 2\,583,73 * 1,30) = 63\,381,84 \text{ kg}$$

Fuerzas deslizantes

Grupo II:

$$F_d = 1,3(1\,815,64 + 3\,542,55) = 6\,965,65 \text{ kg}$$

Grupo III:

$$F_d = 1,3(0,30 * 1\ 815,64 + 3\ 542,55 + 904,3 * 1,30) = 6\ 841,68\ \text{kg}$$

Factor de seguridad al deslizamiento ( $0,60 * (F_e/F_d)$ ):

Grupo II:

$$F.S. = 0,60 \left( \frac{59\ 015,33}{6\ 965,65} \right) = 5,08 > 1,5$$

Grupo III:

$$F.S. = 0,60 \left( \frac{63\ 381,84}{6\ 841,68} \right) = 5,56 > 1,5$$

Revisión de las presiones en el terreno.

El esfuerzo o capacidad de carga admisible para el suelo de la cimentación se calculó de la siguiente manera:

Resultados de laboratorio:  $c = 0,95\ \text{T/m}^2$ ,  $\phi = 16,69^\circ$  y  $\gamma = 1,23\ \text{T/m}^3$

Datos: base = 4,50 m,  $D_f = 5,80\ \text{m}$  y  $F.S. = 3$ .

Según  $\phi = 16,69^\circ \rightarrow N_c = 14,31$ ,  $N_q = 5,29$  y  $N_\gamma = 2,07$

Factores de profundidad

$$F_{cd} = 1 + 0,4 * \tan^{-1} \left( \frac{5,80}{4,50} \right) = 1,36$$

$$F_{qd} = 1 + 2 * \tan 16,69 * (1 - \sin 16,69)^2 * \tan^{-1} \left( \frac{5,80}{4,50} \right) = 1,28$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Utilizando la fórmula de TERZAGHI obtenemos que el valor soporte del suelo es:

$$q_u = 0,95 * 14,31 * 1,36 + 5,80 * 1,23 * 5,29 * 1,28 + \left( \frac{1}{2} \right) * 4,50 * 1,23 * 2,07$$

$$q_u = 72,52 \text{ T/m}^2$$

$$q_{ud} = \frac{q_u}{FS} = \frac{72,52}{3} = 24,17 \text{ T/m}^2$$

Este dato servirá para la comparación de presiones en el suelo.

Determinación del centroide de aplicación de cargas ((Me-Mv)/Fe):

Grupo II:

$$\hat{y} = \left( \frac{142\ 460,89 - 18\ 308,78}{59\ 015,33} \right) = 2,10 \text{ m}$$

Grupo III:

$$\hat{y} = \left( \frac{152\ 285,52 - 21\ 742,95}{63\ 381,84} \right) = 2,06 \text{ m}$$

Determinación de la excentricidad actuante  $\left(\left|y - \frac{B}{2}\right| < \frac{B}{6}\right)$ , conociendo que la longitud de la base mide 4.5 metros se tiene:

Grupo II:

$$e = \left(\left|2,10 - \frac{4,5}{2}\right| < \frac{4,5}{6}\right) \rightarrow 0,15 \text{ m} < 0,75 \text{ m}$$

Grupo III:

$$e = \left(\left|2,06 - \frac{4,5}{2}\right| < \frac{4,5}{6}\right) \rightarrow 0,19 \text{ m} < 0,75 \text{ m}$$

Determinación de la presión producida sobre el subsuelo:

$$q_{\min y \max} = \left[\frac{Fe}{B} \left(1 \pm 6 * \frac{e}{B}\right)\right]$$

Grupo II:

$$q_{\min} = \left[\frac{59\ 015,33}{4,5} \left(1 - 6 * \frac{0,15}{4,5}\right)\right] = 10\ 491,61 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\min} = \left[\frac{59\ 015,33}{4,5} \left(1 + 6 * \frac{0,15}{4,5}\right)\right] = 15\ 737,42 \text{ kg/m}^2$$

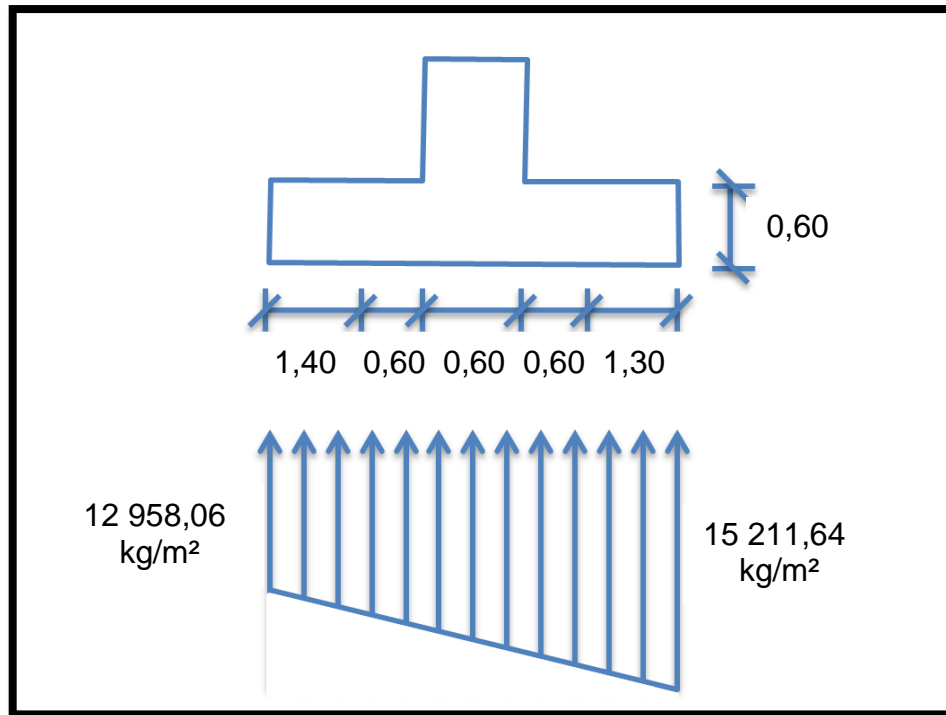
Grupo III:

$$q_{\max} = \left[ \frac{63\,381,84}{4,5} \left( 1 - 6 * \frac{0,19}{4,5} \right) \right] = 12\,958,06 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\max} = \left[ \frac{63\,381,84}{4,5} \left( 1 + 6 * \frac{0,19}{4,5} \right) \right] = 15\,211,64 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\max} = 15\,211,64 \text{ kg/m}^2 < 24\,170,00 \text{ kg/m}^2$$

Figura 43. **Presiones actuantes sobre la base del estribo**



Fuente: elaboración propia.

Cargas y fuerzas actuantes sobre el pie de la base

$$15\,211,64 - 12\,958,06 = 2\,253,58 \text{ kg/m}^2$$

$$\frac{2\,253,58}{4,50} = \frac{y}{2,60} \rightarrow y = 1\,302,07 \text{ kg/m}^2$$

$$1\,302,07 + 12\,958,06 = 14\,260,13 \text{ kg/m}^2$$

$$\frac{2\,253,58}{4,50} = \frac{y}{3,20} \rightarrow y = 1\,602,54 \text{ kg/m}^2$$

$$1\,602,54 + 12\,958,06 = 14\,560,60 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 0,50 * (15\,211,64 + 14\,260,13) = 14\,735,88 \text{ kg/m}^2$$

$$M = \frac{14\,735,88 * 1,90^2}{2} = 26\,598,26 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de la cuantía de acero a emplear

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.8,  $\phi=2,54$  cm

$$d = 60 - \left(\frac{2,54}{2}\right) - 7,5 = 51,23 \text{ cm}$$

Datos:

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 51,23 \text{ cm}$$

$$Mu = 26\,598,26 \text{ kg-m}$$

$$As = (0,85 * 2\,810) \left[ (100 * 51,23) - \sqrt{(100 * 51,23)^2 - \frac{26\,598,26 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 21,22 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{F_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 51,23 = 25,70 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,01975 * 100 * 51,23 = 101,18 \text{ cm}^2$$

Puesto que  $As_{\min}$  es mayor que  $As$ , se diseñara con  $As_{\min}$ .

Utilizando varillas No.8 el armado queda:

$$\text{Esp} = 5,07 * \frac{100}{25,70} = 19,73 \text{ cm}$$

No. 8 @ 0,20 m.



El resto del refuerzo se diseñará por temperatura:

$$A_{\text{temp}} = 0,002 * 100 * 60 = 12 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas No.6 el armado queda:

$$\text{Esp} = 2,85 * \frac{100}{12} = 23,75 \text{ cm}$$

No. 6 @ 0,20 m.

- Chequeo de esfuerzos cortantes sobre el pie de la base

Fuerzas que actúen horizontalmente contra la base del muro:

$$W = 0,5 * (15\ 211,64 + 14\ 560,60) = 14\ 886,12 \text{ kg/m}$$

$$V_a = 14\ 886,12 * 1,30 = 19\ 351,96 \text{ kg}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 51,23 = 33\ 444,82 \text{ kg}$$

$$V_c > V_a; \quad \text{OK}$$

- Cargas y fuerzas que actúan sobre el talón de la base

$$W = [(5,20 * 1,75) + (3,70 + 0,25)] * 1\ 600 = 16\ 040,00 \text{ kg/m}$$

$$M = \frac{16\ 040,00 * 2,00^2}{2} = 32\ 080,00 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de la cuantía de acero a emplear

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.8,  $\phi=2,54$  cm.

$$d = 60 - \left(\frac{2,54}{2}\right) - 7,5 = 51,23 \text{ cm}$$

Datos:

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 51,23 \text{ cm}$$

$$Mu = 32\,080,00 \text{ kg-m}$$

$$As = (0,85 * 210 / 2\,810) \left[ (100 * 51,23) - \sqrt{(100 * 51,23)^2 - \frac{32\,080,00 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 25,78 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{F_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 51,23 = 25,70 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,01975 * 100 * 51,23 = 101,18 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas No.8 el armado queda:

$$\text{Esp} = 5,07 * \frac{100}{25,78} = 19,67\text{cm}$$

No. 8 @ 0,20 m.

El resto del refuerzo se tomará por temperatura:

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0,002 * 100 * 60 = 12 \text{ cm}$$

No. 6 @ 0,20 m.

- Chequeo de esfuerzos cortantes sobre el talón de la base:

$$W = 5,20 * 1,40 * 1\ 600 = 11\ 648,00 \text{ kg/m}$$

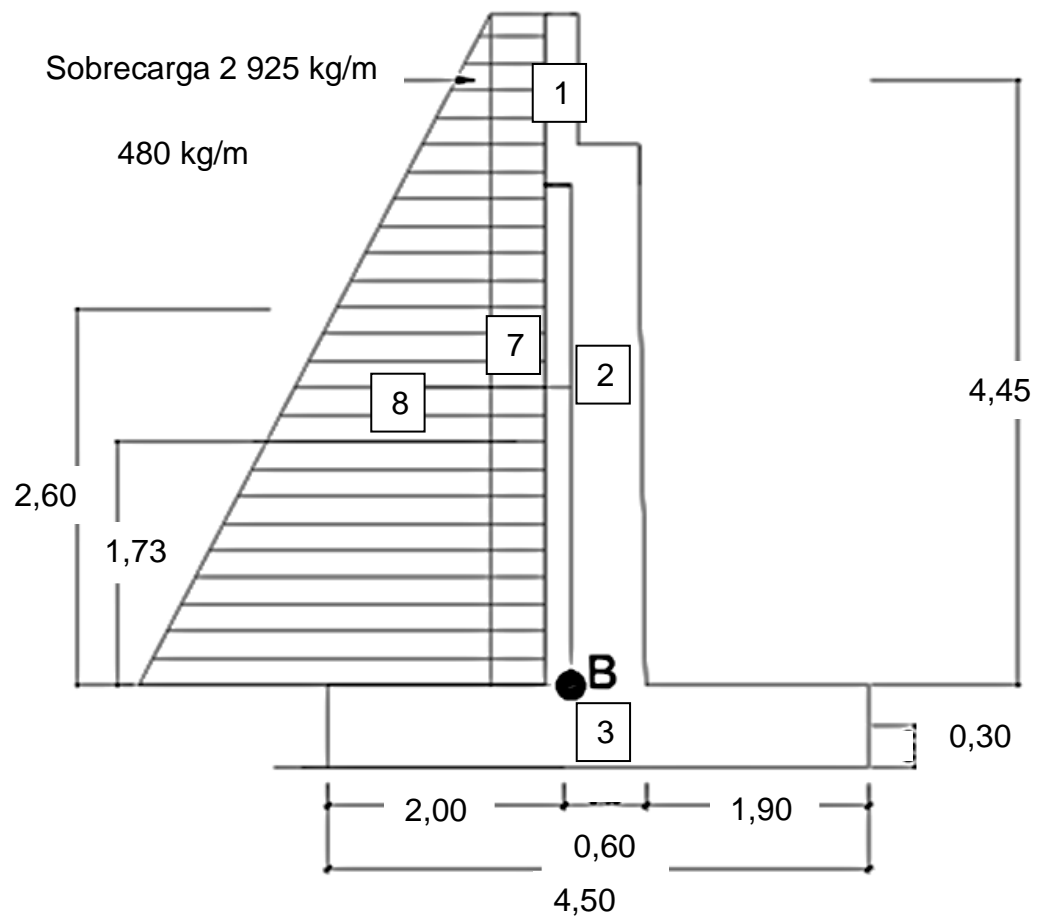
$$V_a = 11\ 648,00 * 1,40 = 16\ 307,20 \text{ kg}$$

$$V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 51,23 = 33\ 444,82 \text{ kg}$$

$$V_C > V_a; \quad \text{OK}$$

Diseño del refuerzo de acero para el cuerpo del estribo

Figura 44. **Determinación de las fuerzas actuantes sobre el muro de contención con respecto al punto B**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tabla XXVII. **Fuerzas debido a sismo sobre la pantalla del estribo**

<b>Fuerzas debido a sismo</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
EQ <sub>1</sub>	90,00	4,45	400,50
EQ <sub>2</sub>	528,00	2,00	1 056,00
EQ <sub>3</sub>	648,00	0,00	0,00
EQ <sub>a</sub>	75,79	3,70	280,42
EQ <sub>cm</sub>	473,85	4,00	1 895,40
			<b>3 632,32</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Fuerzas debido a empuje sobre la pantalla del estribo a**

<b>Empuje ejercido por la presión de tierra</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
E <sub>a</sub>	452,31	3,70	1 673,55
E <sub>7</sub>	1 698,24	2,60	4 415,42
E <sub>8</sub>	1 392,00	1,73	2 408,16
			<b>8 497,13</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Fuerzas debido a empuje sobre la pantalla del estribo b**

<b>Empuje ejercido por la presión de tierra</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
P <sub>fr</sub>	258,37	5,20	1 343,52
T <sub>cv</sub>	645,93	4,00	2 583,72
			<b>3 927,24</b>

Fuente: elaboración propia.

Realizando una integración de los grupos de cargas se tiene:

Grupo II:

$$M_u = 1,3(3\ 632,32 + 8\ 497,13) = 15\ 768,28 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_u = 1,3(0,3 * 3\ 632,32 + 8\ 497,13 + 3\ 927,24) = 19\ 099,92 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de la cuantía de acero a emplear

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.8,  $\phi=2,54$  cm.

$$d = 60 - \left(\frac{2,54}{2}\right) - 7,5 = 51,23 \text{ cm}$$

Datos:

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

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 51,23 \text{ cm}$$

$$Mu = 19\,099,92 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left(0,85 * \frac{210}{2810}\right) \left[ (100 * 51,23) - \sqrt{(100 * 51,23)^2 - \frac{19\,099,92 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 15,09 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 51,23 = 25,70 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,01975 * 100 * 51,23 = 101,18 \text{ cm}^2$$

Como  $A_{s_{\min}} > A_s$ , se diseñará con  $A_{s_{\min}}$ . Utilizando varilla No.8 el armado queda:

$$\text{Esp.} = 5,07 * \frac{100}{25,70} = 19,73 \text{ cm}$$

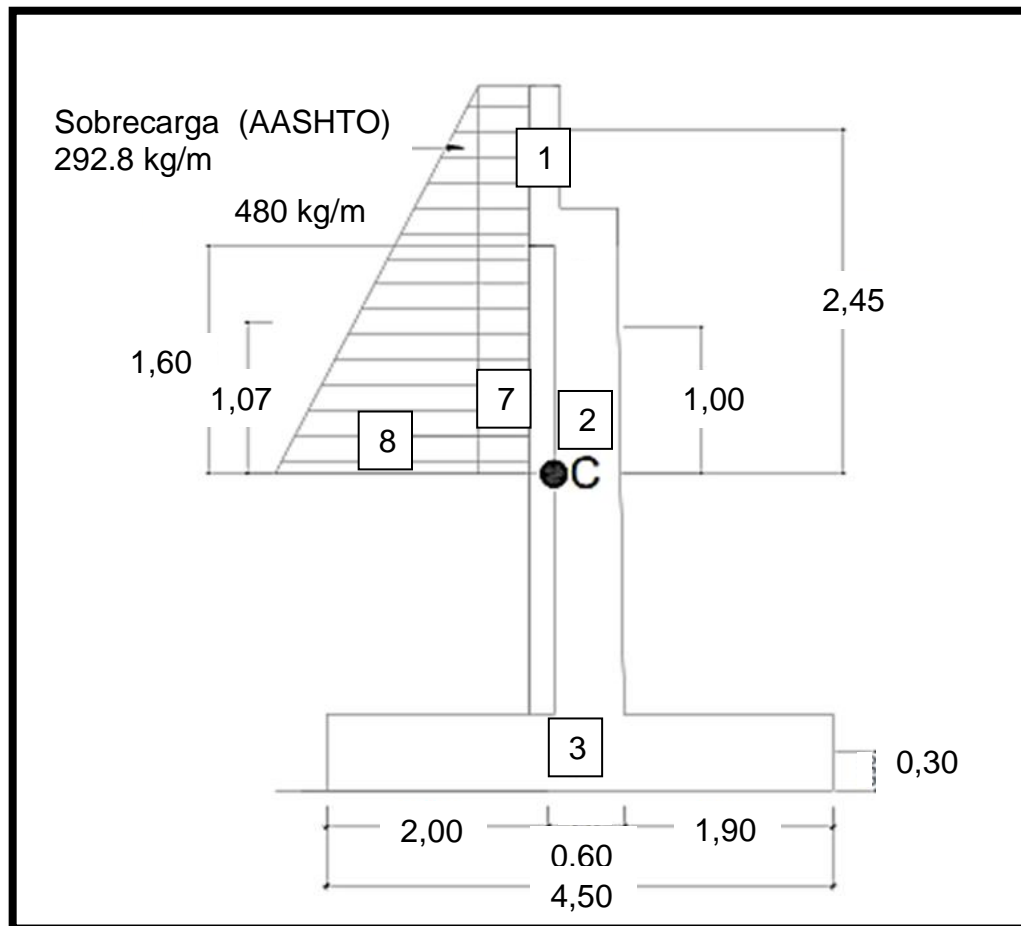
No.8 @0.20 m.

El resto del refuerzo se tomará por temperatura:

$$A_{\text{temp}} = 0,002 * 100 * 60 = 12 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.6 @ 0,20 m.

Figura 45. **Fuerzas debidas a sismo sobre la pantalla del estribo en el punto C**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.



Tabla XXX. **Fuerzas debido a sismo sobre la pantalla del estribo**

<b>Fuerzas provocadas por sismo</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
EQ <sub>1</sub>	90,00	2,45	220,50
EQ <sub>2</sub>	528,00	2,00	528,00
EQ <sub>3</sub>	648,00	0,00	0,00
EQ <sub>a</sub>	75,79	1,70	128,84
EQ <sub>cm</sub>	473,85	2,00	947,70
			<b>1 825,04</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Empuje provocado por la presión sobre la pantalla del estribo**

<b>Empuje ejercido por la presión de tierra</b>			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
E <sub>a</sub>	452,31	1,70	768,93
E <sub>7</sub>	1 698,24	1,60	2 717,18
E <sub>8</sub>	1 392,00	1,07	1 489,44
			<b>4 975,55</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Empuje ejercido por carga viva sobre la pantalla del estribo**

Empuje ejercido por la carga viva			
	<b>W<sub>o</sub> (kg)</b>	<b>Brazo (m)</b>	<b>M<sub>o</sub> (kg-m)</b>
P <sub>fr</sub>	258,37	3,20	826,78
T <sub>cv</sub>	645,93	2,00	1 291,86
			<b>2 148,64</b>

Fuente: elaboración propia.

Integrando los grupos de cargas se tiene:

Grupo II:

$$M_u = 1,3(1\ 825,04 + 4\ 975,55) = 8\ 840,77\ \text{kg} - \text{m}$$

Grupo III:

$$M_u = 1,3(0,3 * 1\ 825,04 + 4\ 975,55 + 2\ 148,64 * 1,30) = 10\ 809,49\ \text{kg} - \text{m}$$

- Cálculo de la cuantía de acero a emplear

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.8,  $\phi=2,54$  cm.

$$d = 53 - \left(\frac{2,54}{2}\right) - 7,5 = 44,23\ \text{cm}$$

Datos:

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 44,23 \text{ cm}$$

$$Mu = 10\,809,49 \text{ kg-m}$$

$$As = \left(0,85 * \frac{210}{2\,810}\right) \left[ (100 * 44,23) - \sqrt{(100 * 44,23)^2 - \frac{10\,809,49 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$As = 9,84 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 44,23 = 22,19 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,01975 * 100 * 44,23 = 87,35 \text{ cm}^2$$

Como  $As_{\min} > As$ , se diseñará con  $As_{\min}$ . Utilizando varilla No.8 el armado queda:

$$\text{Esp.} = 5,07 * \frac{100}{22,19} = 22,85 \text{ cm}$$

No.8 @ 0,20 m.

El resto del refuerzo se tomará por temperatura:

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 100 * 53 = 10,60 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.6 @ 0,20 m.

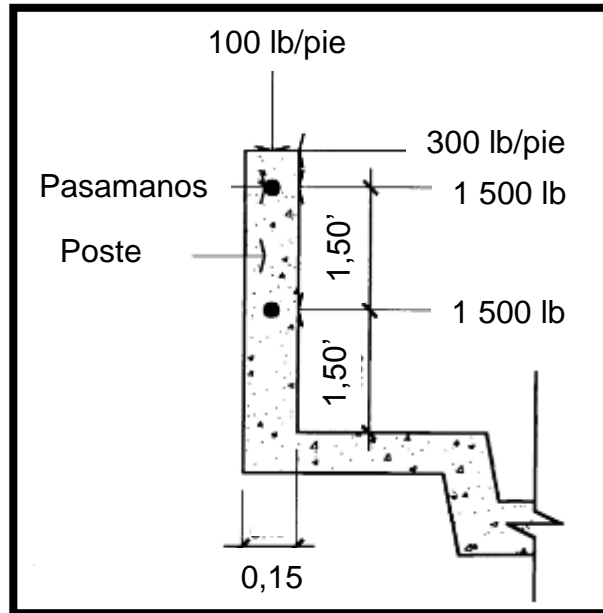
$$\text{Esp.} = 2,85 * \frac{100}{10,60} = 26,89 \text{ cm}$$

No.6 @ 0,25 m.

### **3.10. Diseño de barandales**

La altura promedio que deben poseer los postes de los pasamanos es de 42 pulgadas (1,05 m) según AASHTO 2.7. Además de la carga del camión estandarizado, la AASHTO 2.7 recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie y una carga horizontal de 300 lb/pie, las cuales son producto de los peatones que circulan por la acera.

Figura 46. **Aplicación de cargas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.10.1. **Análisis de resistencia del tubo**

Estos miembros longitudinales (por esfuerzos de trabajo), se diseñan como vigas continuas para facilitar el diseño de los mismos.

$P_{\text{diseño}} = 150 \text{ lb/pie}$  por cada pasamanos

$L_{\text{entre postes}} = 1,90 \text{ m} = 6,23 \text{ pie}$

Utilizando tubos estándar diámetro 2 plg.

Datos:

$$f = 20\,000 \text{ PSI}$$

$$W_{hg\emptyset 2} = 3,65 \text{ lb/pie}$$

$$\emptyset_{\text{exterior}} = 2,375 \text{ plg}$$

$$\emptyset_{\text{interior}} = 2,067 \text{ plg}$$

$$I = 0,665 \text{ plg}^4$$

$$C = \emptyset_{\text{exterior}}/2 = 1,1875 \text{ plg}$$

$$\left(\frac{I}{C}\right) * f \geq \frac{WL^2}{10}$$

Se obtiene

$$\left(\frac{0,666}{1,1875}\right) * \frac{20\,000}{12} \geq \frac{(150 + 3,65) * (6,23)^2}{10}$$

$$934,74 \text{ lb} - \text{pie} \geq 596,36 \text{ lb} - \text{pie}; \text{ cumple}$$

Se dejaran juntas de dilatación en los barandales cada 4 metros para evitar daño en la estructura de los postes debido a los cambios de temperatura.

### 3.10.2. Análisis de resistencia del poste

Estos miembros verticales serán de sección 0,15 \* 0,15 m, se diseñarán a flexo compresión y a flexión según las normas del ACI-318.

$$W_{\text{cm}} = 1,3 * 2\,400 * 0,15 * 0,15 * 1 = 70,2 \text{ kg} = 154,44 \text{ lb}$$

$$W_{\text{tubos}} = 1,3 * 3,65 * 6,23 * 2 = 59,12 \text{ lb} = 26,87 \text{ kg}$$

$$W_{\text{cv } 100 \text{ lb/pie}} = 100 * 0,492 = 49,2 \text{ lb} = 22,36 \text{ kg}$$

$$W_{cv} = 300 \text{ lb/pie} = 300 * 3 = 900 \text{ lb} = 409,09 \text{ kg}$$

$$P_t = 154,44 + 59,12 + 49,2 = 262,76 \text{ lb} = 119,44 \text{ kg}$$

$$M_{t1} = 900 * 1,5 + 1500 * 1,5 + 1500 * 3 + 262,76 * 0,246$$

$$M_{t1} = 8164,64 \text{ lb-pie} = 1131,46 \text{ kg-m}$$

$$M_{t2} = 900 * 1,5 + 1500 * 1,5 + 1500 * 3 = 8100 \text{ lb-pie}$$

$$M_{t2} = 1122,50 \text{ kg-m}$$

### 3.10.3. Diseño a flexión

$$d = t - \left(\frac{\phi}{2}\right) - r$$

Se usará varilla No.5,  $\phi = 1,59 \text{ cm}$ .

$$d = 15 - \left(\frac{1,59}{2}\right) - 2,5 = 11,70 \text{ cm}$$

$$A_s = \left(0,85 * \frac{210}{4200}\right) \left[ (15 * 11,70) - \sqrt{(15 * 11,70)^2 - \frac{1131,46 * 15}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 3,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{4200} * 15 * 11,70 = 0,59 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,023 * 15 * 11,70 = 4,03 \text{ cm}^2$$

El armado quedara distribuido de la siguiente forma:

2 No.5 como refuerzo a flexión y 2 No.3 como refuerzo a compresión ( $A_{s_{\min}}$ ).

#### 3.10.4. Diseño a flexo-compresión

Para este diseño es necesario hacer una revisión previa de la esbeltez del poste.

$$\text{Esb.} = K * \frac{L_U}{r} < 22$$

Donde:

$K_{\text{esb.}}=2$  (condición de apoyo libre en un extremo)

$L_U=3$  pie=0,915

$r=0,30*h=0,30*0,492=0,15$

$$\text{Esb.} = 2 * \frac{3}{0,15} = 40 > 22$$

Debido a que  $\text{Esb.} > 22$ , se deberá de encontrar un magnificador:

$$\beta_d = \frac{1,3 * CM}{1,3(CM + 1,3 * CV)}$$

$$\beta_d = \frac{1,3 * (70,20 + 26,87)}{1,3(97,07 + 1,3 * 22,36)} = 0,77$$



$$EI = \frac{15\,100 * \sqrt{f'_c} * \left(\frac{1}{12} * b * h^3\right)}{2,5} * \left(\frac{1}{1 + \beta_d}\right)$$

$$EI = \frac{15\,100 * \sqrt{210} * \left(\frac{1}{12} * 15 * 15^3\right)}{2,5} * \left(\frac{1}{1 + 0,77}\right) = 2,09 * 10^8 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$P_c = \frac{\pi^2 * EI}{(K + L_u)} = \frac{\pi^2 * 2,09 * 10^8}{(2 + 91,5)} = 61\,594,77 \text{ kg}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\Phi P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{119,44}{0,75 * 61\,594,77}} = 1,003$$

Se tomará un magnificador mínimo recomendado por el ACI, el cual no debe ser menor al 5 %, entonces  $\delta = 1,05$ .

$$M_u = 1,05 * 1\,122,50 \text{ kg} - \text{m} = 1\,178,62 \text{ kg} - \text{m}$$

Datos:

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

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

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$d = 11,70 \text{ cm}$$

$$M_u = 1\,178,62 \text{ kg-m}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$d' = 3,30 \text{ cm}$$

$$P_u = 119,44 \text{ kg}$$

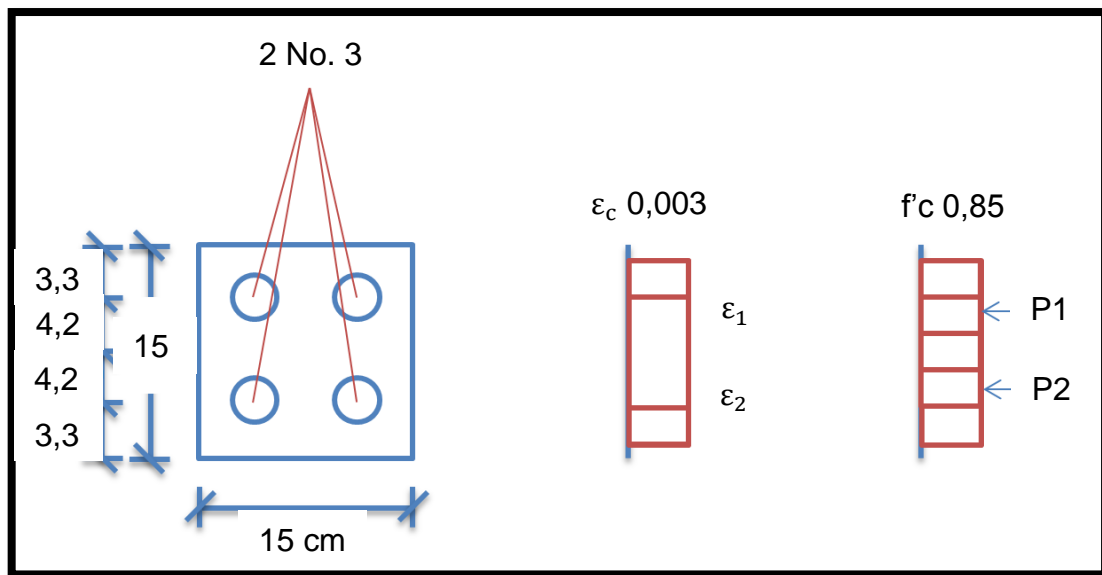
$$A_s \text{ tension} = 3,96 \text{ cm}^2 = 2 \text{ No.5}$$

$$A_s \text{ compresión} = 1,42 \text{ cm}^2 = 2 \text{ No.5}$$

## Diagrama de interacción

Se supone que todas las fibras tienen una deformación permitida en el concreto  $\varepsilon_c=0,003$ , lo que es equivalente a que el eje neutro se encuentre en el infinito.

Figura 47. **El eje neutro se encuentra en el infinito**



Fuente: elaboración propia.

$$\varepsilon_y = \frac{F_y}{E} = \frac{4\,200}{2,10 * 10^6} = 0,002$$

$$As_1 = 0,71 + 1,98 = 2,69 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de deformaciones unitarias

$$\varepsilon_1 = 0,003 > 0,002$$

$$\varepsilon_2 = 0,003 > 0,002$$

$$\text{si } \varepsilon_c < \varepsilon_y \text{ entonces } f_s = \varepsilon_c * E$$

$$\text{si } \varepsilon_c > \varepsilon_y \text{ entonces } f_s = f_y$$

Cálculo de esfuerzos en el acero:

$$f_{s1} = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 = f_{s2}$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el concreto:

$$C_c = 0,85 * f'_c * b * d$$

$$C_c = 0,85 * 210 * 15 * 15 = 40\,162,50 \text{ kg}$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P1 = A_{S1} * f_{s1} = 2,69 * 4\,200 = 11\,298 \text{ kg} = P2$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = C_c + P1 + P2$$

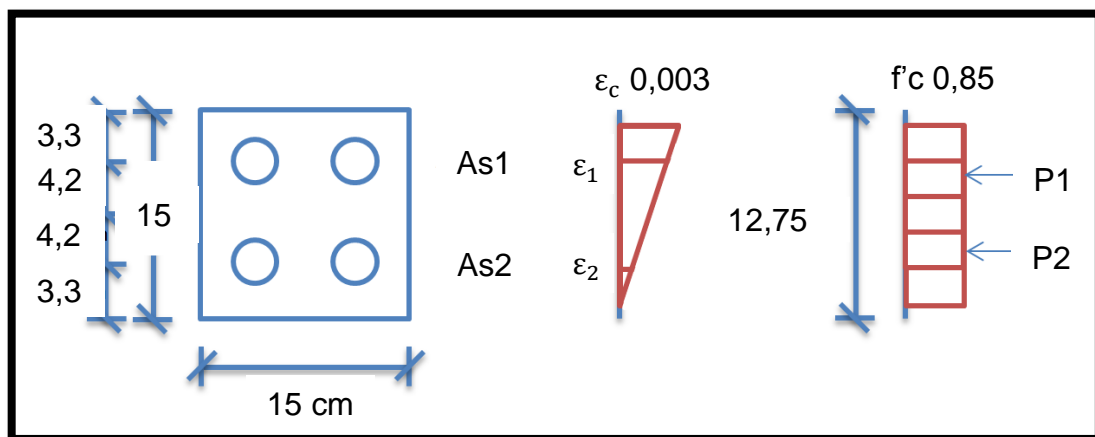
$$P_n = C_c + P1 + P2 = 40\,162,50 + 11\,298 + 11\,298 = 62\,758,50 \text{ kg}$$

Cálculo del momento flector nominal con respecto al eje centroidal x:

$$M_n = 40\,162,50 * 0 + 11\,298 * 4,2 - 11\,298 * 4,2 = 0$$

- El eje neutro es paralelo al eje x, y coincide con el borde inferior de la sección transversal de la columna.

Figura 48. **El eje neutro coincide con el borde inferior de la sección transversal de la columna**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de deformaciones unitarias

$$\epsilon_1 = 0,003 * \frac{11,70}{15} = 0,0023 > 0,002$$

$$\epsilon_2 = 0,003 * \frac{3,3}{15} = 0,00066 < 0,002$$

Cálculo de esfuerzos en el acero:

$$f_{s_1} = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s_1} = 0,00066 * 2,1 * 10^6 = 1\,386 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el concreto:

$$C_c = 0,85 * f'_c * b * d = 0,85 * 210 * 15 * 12,75 = 34\,138,12 \text{ kg}$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P_1 = 2,69 * 4\,200 = 11\,298 \text{ kg}$$

$$P_2 = 2,69 * 1\,386 = 3\,728,34 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = 34\,138,12 + 11\,298 + 3\,728,34 = 49\,164,46 \text{ kg}$$

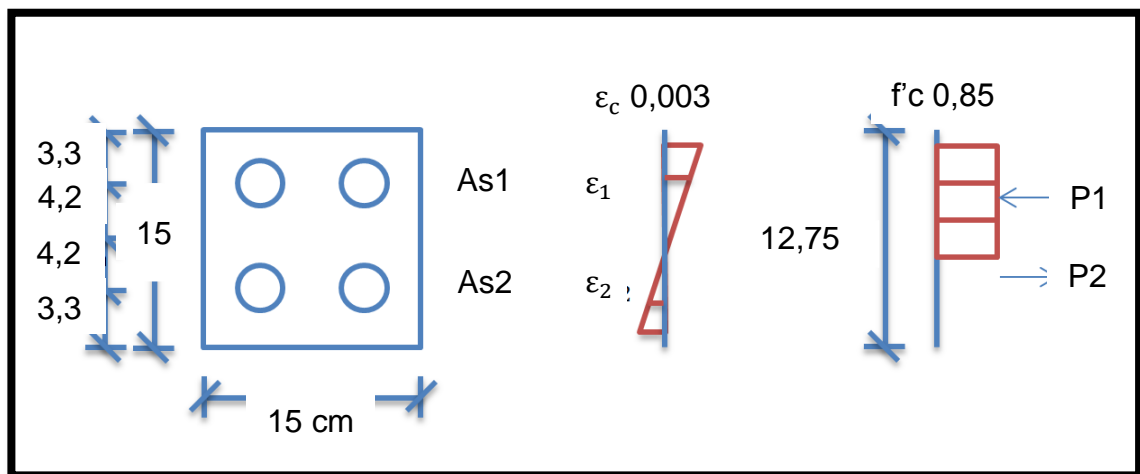
Cálculo del momento flector nominal con respecto al eje centroidal x:

$$M_n = 34\,138,12 * \left(7,5 - \frac{12,75}{2}\right) + 11\,298 * 4,2 - 3\,728,34 * 4,2$$

$$M_n = 70\,197,96 \text{ kg} - \text{cm} = 701,98 \text{ kg} - \text{m}$$

- El eje neutro es paralelo al eje x, y está a 3,75 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.

Figura 49. **El eje neutro está a 3,75 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de deformaciones unitarias

$$\epsilon_1 = 0,003 * \frac{7,95}{11,25} = 0,0021 > 0,002$$

$$\epsilon_2 = 0,003 * \frac{0,45}{11,25} = 0,00012 < 0,002$$

Cálculo de esfuerzos en el acero:

$$f_{s_1} = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s_1} = 0,00012 * 2,1 * 10^6 = 252 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el concreto:

$$C_c = 0,85 * f'_c * b * d$$

$$C_c = 0,85 * 210 * 15 * 9,56 = 25\,596,90 \text{ kg}$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P_1 = 2,69 * 4\,200 = 11\,298 \text{ kg}$$

$$P_2 = 2,69 * 252 = 677,88 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = 25\,596,90 + 11\,298 + 677,88 = 36\,217,02 \text{ kg}$$

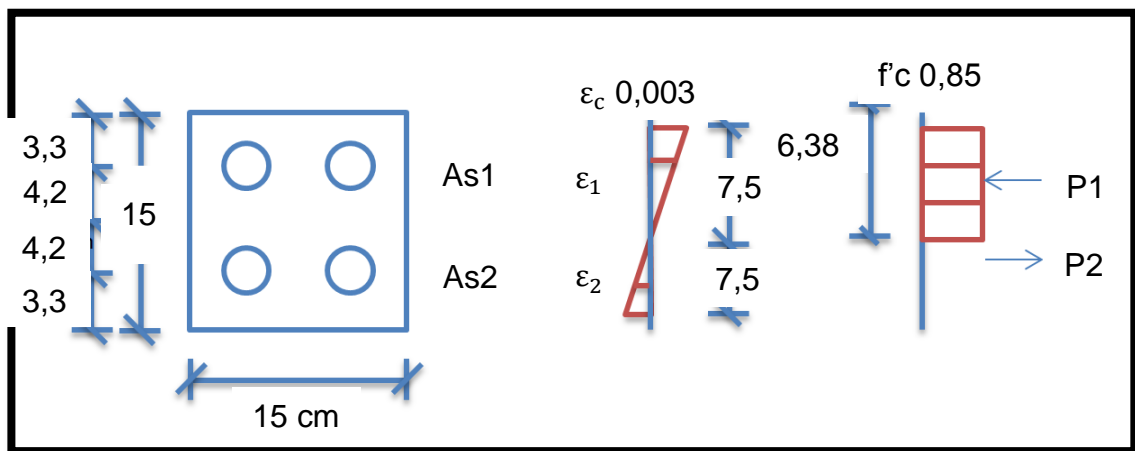
Cálculo del momento flector nominal con respecto al eje centroidal x:

$$M_n = 25\,596,90 * \left(7,5 - \frac{9,56}{2}\right) + 11\,298 * 4,2 - 677,88 * 4,2$$

$$M_n = 119\,922,26 \text{ kg} - \text{cm} = 1\,199,22 \text{ kg} - \text{m}$$

- El eje neutro es paralelo al eje x, y está 7,5 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.

Figura 50. **El eje neutro está 7,5 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de deformaciones unitarias

$$\varepsilon_1 = 0,003 * \frac{4,2}{7,5} = 0,0017 < 0,002$$

$$\varepsilon_2 = 0,003 * \frac{4,2}{7,5} = 0,0017 < 0,002$$

Cálculo de esfuerzos en el acero:

$$f_{s1} = 0,0017 * 2,1 * 10^6 = f_{s2} = 3570 \text{ kg/cm}^2$$



Cálculo de la fuerza de compresión en el concreto

$$C_c = 0,85 * 210 * 15 * 6,38 = 17\ 082,45 \text{ kg}$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P_1 = 2,69 * 3\ 570 = P_2 = 9\ 603,30 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = 17\ 082,45 + 9\ 603,30 - 9\ 603,30 = 17\ 082,45 \text{ kg}$$

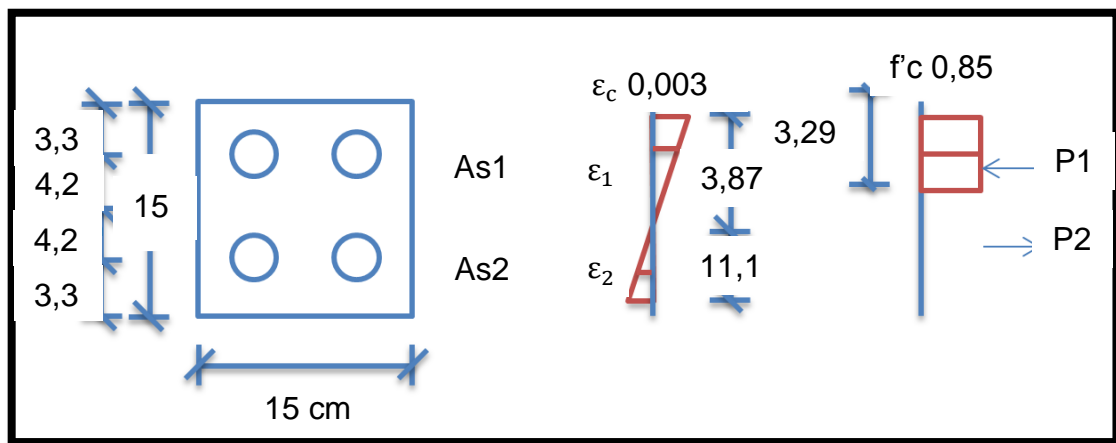
Cálculo del momento flector nominal con respecto al eje centroidal x:

$$M_n = 17\ 082,45 * \left(7,5 - \frac{6,38}{2}\right) + 9\ 603,30 * 4,2 + 9\ 603,30 * 4,2$$

$$M_n = 154\ 293,08 \text{ kg} - \text{cm} = 1\ 542,93 \text{ kg} - \text{m}$$

- El eje neutro es paralelo al eje x, y está 11,13 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna.

Figura 51. **El eje neutro está 11,13 cm por encima del borde inferior de la sección transversal de la columna**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de deformaciones unitarias

$$\varepsilon_1 = 0,003 * \frac{0,57}{3,87} = 0,0044 < 0,002$$

$$\varepsilon_2 = 0,003 * \frac{7,88}{3,87} = 0,006 > 0,002$$

Cálculo de esfuerzos en el acero:

$$f_{s2} = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s1} = 0,00044 * 2,1 * 10^6 = 924 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el concreto:

$$C_c = 0,85 * 210 * 15 * 3,29 = 8\ 808,98 \text{ kg}$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P1 = 2,69 * 924 = 2\ 485,56 \text{ kg}$$

$$P2 = 2,69 * 4\ 200 = 11\ 298 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = 8\ 808,98 + 2\ 485,56 + 11\ 298 = -3,46 \text{ kg}$$

Cálculo del momento flector nominal con respecto al eje centroidal x:

$$M_n = 8\ 808,98 * \left(7,5 - \frac{3,29}{2}\right) + 2\ 485,56 * 4,2 - 11\ 298 * 4,2$$

$$M_n = 109\ 467,53 \text{ kg} - \text{cm} = 1\ 094,68 \text{ kg} - \text{m}$$

La carga axial que define una variación es:

$$0,10 * f'_c * A_g = 0,10 * 210 * (15 * 15) = 4\ 725 \text{ kg}$$

El recorte horizontal de la curva de interacción debe producirse a nivel de la carga axial última máxima.

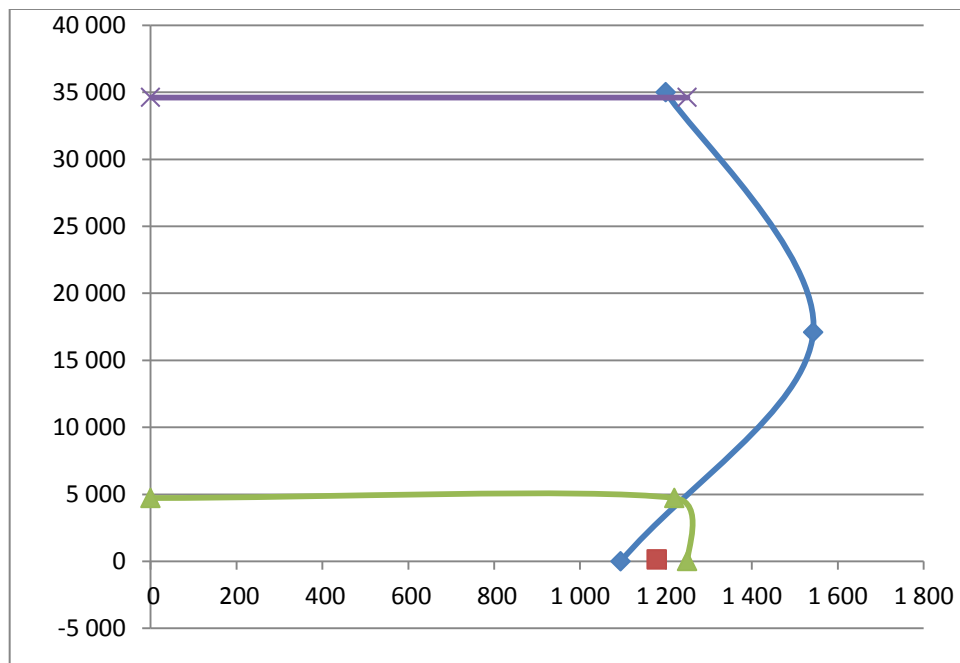
$$P_{u, \max} = 0,80 * f * (0,85 * f'_c * A_c + A_s * F_y)$$

$$P_{u, \max} = 0,80 * 0,70 * (0,85 * 210 * 219,26 + 5,38 * 4\ 200)$$

$$P_{u, \max} = 34\ 606,98 \text{ kg}$$

La combinación de carga axial y de momento flector define un punto dentro de la curva de interacción, lo que indica que la sección es capaz de resistir las solicitaciones.

Figura 52. **Curva de interacción**



Fuente: elaboración propia.

### 3.10.5. Diseño a corte

$$V_u = 3\,000 + 900 = 3\,900\text{lb} = 1\,772,73\text{ kg}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 15 * 11,70 = 1\,145,73\text{ kg}$$

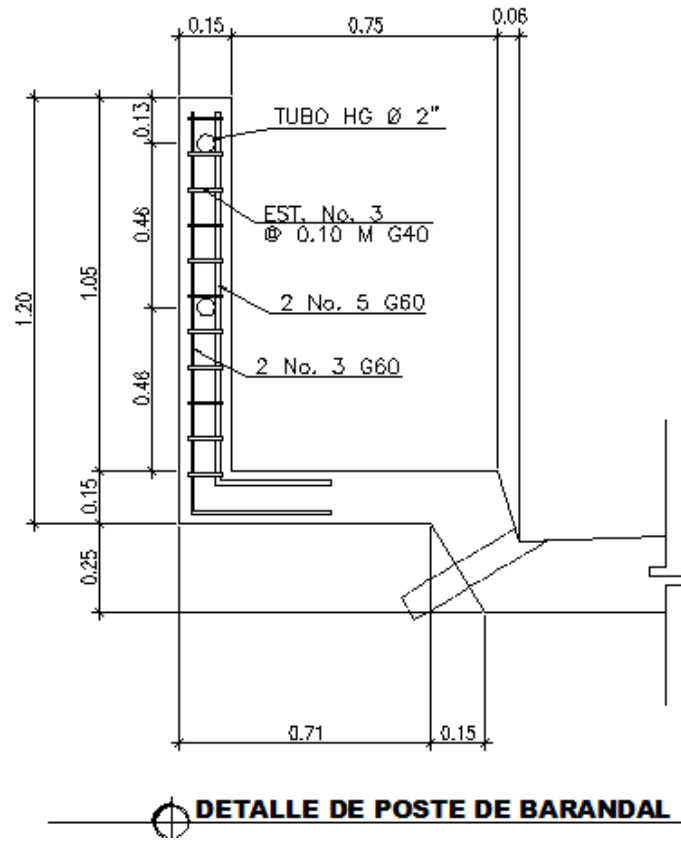
Ya que  $V_u > V_c$ , requiere refuerzo por corte.

Se obtiene:

$$S = \frac{0,85 * 2 * 11,70 * 2\,810}{1\,772,73 - 1\,145,73} = 63,28\text{ cm}$$

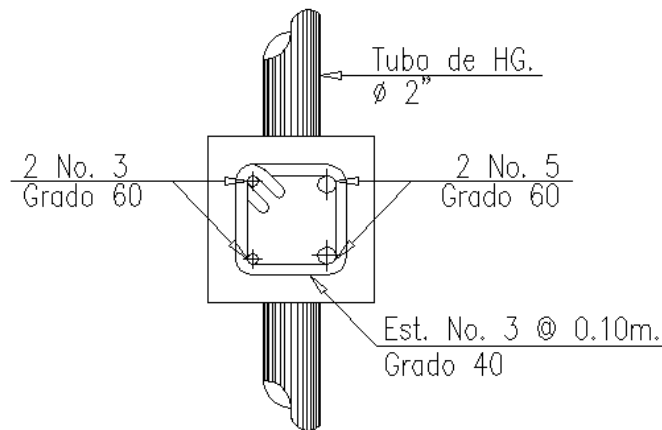
Se usaran estribos con varillas No.3 @ 0,10 m.

Figura 53. **Detalle del armado final del barandal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 54. **Detalle en planta del armado final del barandal**



**DETALLE DE POSTE DE BARANDAL**  
PLANTA

Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

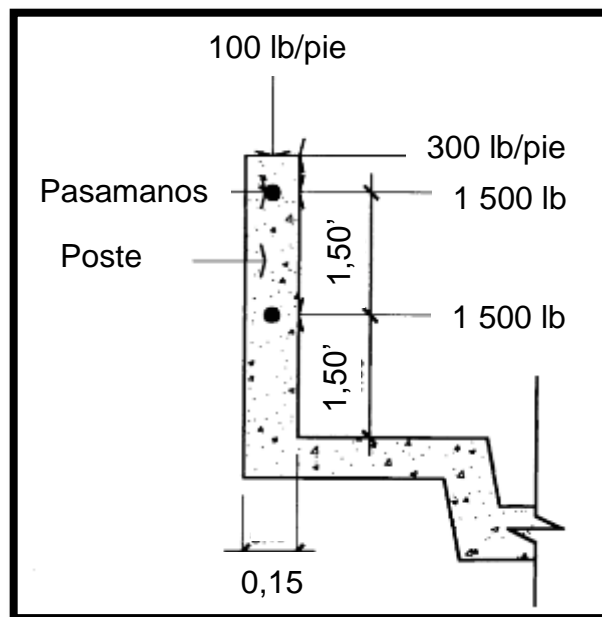
### 3.11. Diseño de banqueta peatonal

Para realizar el diseño de la banqueta peatonal en voladizo es necesario tomar en cuenta las cargas que actúan sobre la misma, las cuales son:

- Barandal
- Poste
- Banqueta
- Mordiente
- Losa
- Carga vertical sobre postes (100 lb/pie)
- Carga horizontal sobre postes (300 lb/pie)
- Carga viva de banqueta (500 lb/pie)

- Carga concentrada de camión (para este proyecto no aplica)
- Carga peatonal (85 lb/pie<sup>2</sup>)

Figura 55. Esquema de cargas actuantes sobre la banqueta en voladizo



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.11.1. Integración de cargas

- Momentos producidos por las cargas muertas.

$$M = W_{\text{pieza}} \cdot \text{Brazo}$$

$W_{\text{pieza}}$  fue calculado en el diseño de losa en voladizo por lo que se procede a calcular  $M_{\text{cm Total}}$ :



Barandales:

$$M = 10,88 * 0,89 = 9,68 \text{ kg-m}$$

Poste:

$$M = 31,5 * 0,99 = 31,18 \text{ kg-m}$$

Banqueta:

$$M = 324 * 0,51 = 165,24 \text{ kg-m}$$

Mordiente:

$$M = 144 * 0,125 = 18 \text{ kg-m}$$

Total:

$$M = 224,1 \text{ kg-m}$$

- Momentos producidos por las cargas vivas sobre la banqueta

$$M = W * \text{Brazo}$$

Poste (horizontal):

$$M = 300 * 3,28 * 3,26 = 3\,207,84 \text{ lb-pie}$$

Poste (vertical):

$$M = 100 * 0,49 * 2,92 = 143,08 \text{ lb-pie}$$

Mordiente:

$$M = 500 * 0,82 * 0,41 = 168,64 \text{ lb-pie}$$

Banqueta:

$$M = 85 * 2,46 * 0,51 = 106,64 \text{ lb-pie}$$

Total:

$$M = 3\ 625,66 \text{ lb-pie} = 502,45 \text{ kg-m}$$

### 3.11.2. Cálculo de momento último

$$M_u = 1,3 * \left( 224,1 + \frac{5}{3} * 502,45 \right) = 1\ 379,97 \text{ kg-m}$$

### 3.11.3. Cálculo de la cuantía de acero

Se usará varilla No.5,  $\phi=1,59$  cm.

$$d = 15 - \left( \frac{1,59}{2} \right) - 2,5 = 11,71 \text{ cm}$$

$$A_s = \left(0,85 * \frac{210}{2810}\right) \left[ (100 * 11,71) - \sqrt{(100 * 11,71)^2 - \frac{1131,46 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 4,82 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 11,71 = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,01975 * 100 * 11,71 = 23,12 \text{ cm}^2$$

Como  $A_{s_{\min}} > A_s$ , se diseñara con  $5,87 \text{ cm}^2$ .

Utilizando refuerzo No. 5, el armado quedará de la siguiente manera:

$$\text{Esp.} = 1,98 * \frac{100}{5,87} = 33,73 \text{ cm}$$

Se colocarán No.5@ 0,20 m para que el refuerzo de la cama inferior de la losa sea corrido junto con el refuerzo de la banquetta.

Para la cama superior se calculará refuerzo por temperatura:

$$A_s = 0,002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No. 4 ( $1,27 \text{ cm}^2$ ) grado 40:

$$\text{Esp.} = 1,27 * \frac{100}{3} = 42,33 \text{ cm}$$

Se armará:

No.4 @ 0,30 m.

Al igual que en la losa se utilizara el 67% del refuerzo transversal para el refuerzo longitudinal.

$$A_s = 0,067 * 5,87 = 3,94 \text{ cm}^2$$

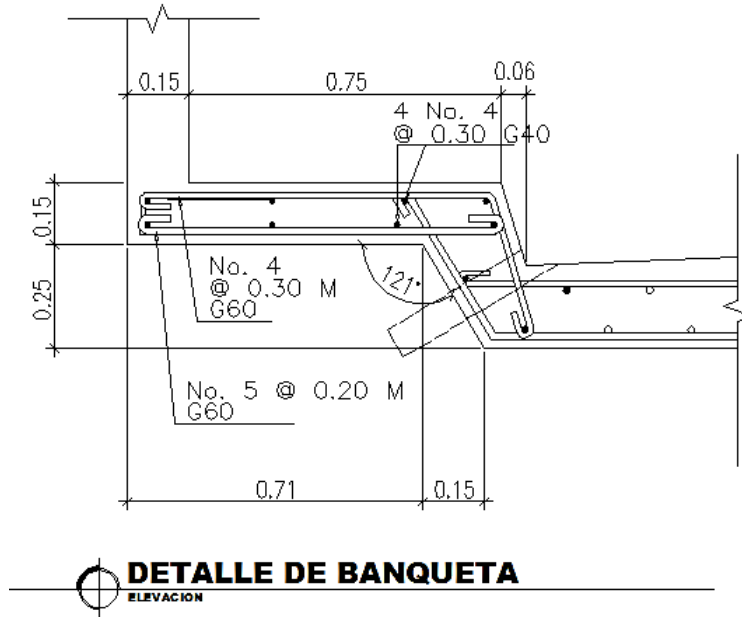
Utilizando refuerzo No. 4 (1,27 cm<sup>2</sup>) grado 40:

$$\text{Esp.} = 1,27 * \frac{100}{3,94} = 32,23 \text{ cm}$$

Se armará:

No.4 @ 0,30 m.

Figura 56. **Detalle del diseño final de la banqueta en voladizo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 3.12. Integración de costos unitarios

Esta es la fase en la que se establece las cantidades de materiales y costos unitarios de cada uno de los renglones de trabajo y sirve para detectar actividades indirectas del proceso constructivo no incluidas en los planos. Por ejemplo, actividades preliminares como bodegas, oficina y letrinas y actividades finales como limpieza, mantenimiento y desmontaje. La cuantificación es uno de los pilares fundamentales para la elaboración de un presupuesto acertado.

Tabla XXXIII. Costo unitario de losa

OFERENTE:		PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Construcción de Puente</b>	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	<b>Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala</b>	FECHA OFERTA:	<b>Febrero 28, 2013</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Losa	m <sup>2</sup>	126	Q 1,292.83	<b>Q 162,896.58</b>

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	1.47	Q 69.96	Q 102.84
Arena	m3	0.0825	Q 84.80	Q 7.00
Grava	m3	0.0825	Q 196.10	Q 16.18
Hierro No. 4	varilla	2.34	Q 57.11	Q 133.64
Hierro No. 5	varilla	0.88	Q 92.00	Q 80.96
Tabla	pie tabla	3.59	Q 57.75	Q 207.32
Parales	pie tabla	4.51	Q 57.75	Q 260.45
Clavo 1 1/2"	libra	0.36	Q 6.42	Q 2.31
Alambre de amarre	libra	0.52	Q 5.11	Q 2.66
Total de materiales con IVA				<b>Q 813.36</b>
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				<b>Q 726.21</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de losa	m2	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de losa	m2	2	Q 18.00	Q 36.00
Fundición de losa	m3	0.15	Q 25.00	Q 3.75
Desencofrado de losa	m2	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de losa	m2	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 77.75</b>
			AYUDANTE	Q 32.66
			PRESTACIONES	Q 51.32
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 161.72</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 887.93
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 266.38
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		<b>Q 1,154.31</b>
IVA	12%	Q 138.52
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,292.83</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.13. Cronograma de ejecución física y financiera

Con los renglones de trabajo y costos establecidos, se procede a realizar un cronograma que muestra el tiempo planificado para la ejecución de cada uno de los renglones de trabajo.

Tabla XXXIV. Cronograma de ejecución física y financiera

PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO EL SAUCE DE LA ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA									
CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA Y FINANCIERA									
ACTIVIDAD		MESES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
COMPRA DE MATERIALES	COSTO								
Losa	Q162,896.58								
Vigas principales exteriores	Q143,471.16								
Viga principal intermedia	Q67,873.14								
Neopreno	Q22,431.30								
Diafragmas interiores	Q39,570.30								
Diafragmas exteriores	Q20,469.82								
Alerones	Q36,198.96								
Cortina + viga de apoyo	Q60,146.86								
Muro en voladizo	Q182,241.92								
Base de muro	Q55,657.80								
Banqueta	Q68,884.92								
Barandales	Q39,040.92								
Drenajes	Q4,404.96								
Total	Q903,288.64								

Fuente: elaboración propia.

### 3.14. Evaluación de Impacto Ambiental

Esta puede verificarse en el siguiente formulario mediante la información obtenida de la visita de campo:

Tabla XXXV. **Evaluación de Impacto Ambiental**

**Información del proyecto**

**Nombre de la comunidad:** Aldea El Cerrito  
**Municipio:** Fraijanes  
**Departamento:** Guatemala

**Tipo de proyecto:** Puente vehicular de dos vías de concreto armado en camino tipo rural  
**Consideraciones especiales:** Solamente las tomadas en campo y en escritorio para el diseño del proyecto

**Consideraciones de áreas protegidas:**  
 ¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida? NO  
 Nombre del área protegida: NO aplica  
 Categoría de manejo del área protegida: NO aplica  
 Base legal de la declaratoria del área protegida NO aplica  
 Ente administrador del área protegida NO aplica  
 Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida No se encuentra dentro de zonas protegidas  
 Por la ubicación del proyecto dentro de áreas protegidas del SIGAP: Este proyecto no requiere de un estudio de impacto ambiental

**Consideraciones sobre ecosistemas naturales**  
 ¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural? NO  
 ¿Estado actual del ecosistema? NO aplica

**Otras Consideraciones**  
 Zona de alto valor escénico NO  
 área turística NO  
 Sitio ceremonial NO  
 Sitio arqueológico NO  
 Área de protección agrícola NO  
 Área de asentamiento humano NO  
 Área de producción forestal NO  
 Área de producción pecuaria NO

Fuente: elaboración propia.





## CONCLUSIONES

1. Los proyectos desarrollados dentro del Ejercicio Profesional Supervisado proveen a los habitantes del municipio de Fraijanes soluciones a los problemas de tránsito.
2. El pavimento rígido diseñado para El Chocolate cumple con todos los requisitos para brindar un buen servicio a lo largo de la vida útil. Esta pavimentación hace que el tránsito vehicular se realice con comodidad y fluidez.
3. Con la topografía del río El Sauce se determinó, a través del programa HEC-RAS, que la altura de la crecida máxima es de un metro lo que fue un factor favorable para la ubicación del puente.
4. Por la ubicación del puente y los elementos constructivos, este puede trabajar en óptimas condiciones y dar la circulación vehicular necesaria para los automovilistas del sector.



## RECOMENDACIONES

1. Contrar los servicios de un laboratorio de suelos para que durante la construcción del pavimento rígido, se garantice la calidad de los materiales con los que se construirá la base.
2. La construcción de los dos proyectos debe ser supervisada por personal especializado para garantizar que los trabajos se efectúan de acuerdo con los planos autorizados.
3. Para mejorar y prolongar el tiempo de vida útil del puente vehicular, es conveniente implementar un sistema de mantenimiento periódico, mediante el cual se pueda identificar cualquier daño en la estructura, evitar la erosión del suelo y prevenir fallas en alguna de las bases del puente.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO. *LRFD bridge design specifications*. 5a ed. Washington DC: AASHTO, 2005. 1436 p.
2. AGUILAR, Mario. *Diseño de pavimentación del tramo carretero que conduce desde la cabecera municipal de Fraijanes hacia la aldea El Cerrito en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 1047 p.
3. MURALLES, Pablo. *Planificación y diseño geométrico del camino de la colonia Los Cedros que conduce a la comunidad El Capulín y diseño de la red de alcantarillado sanitario, para las colonias Los Cedros, Nueva Linda y Las Violetas, municipio de Siquinalá, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 127 p.
4. PALACIOS, Percy. *Diseño de puente vehicular barrió Río Lato y Apertura tramo carretero que comunica a la Comunidad de La Campana, con comunidad La Laguneta, municipio de Guastatoya, departamento de El progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 110 p.

5. SALINAS, Heber. *Reglamento de construcción de la municipalidad de Guastatoya, El Progreso y diseño del puente de una vía que conduce del caserío La Campana a la aldea El Naranjo, Guastatoya, El Progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 179 p.
  
6. TRUJILLO OROSCO, José Eusebio. *Diseño de puentes*. Universidad Industrial de Santander. 2a ed. Bucaramanga, Colombia: Ediciones UIS, 1993. 363 p.

# APÉNDICE

## Apéndice 1. Ensayos de la carretera del Caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala

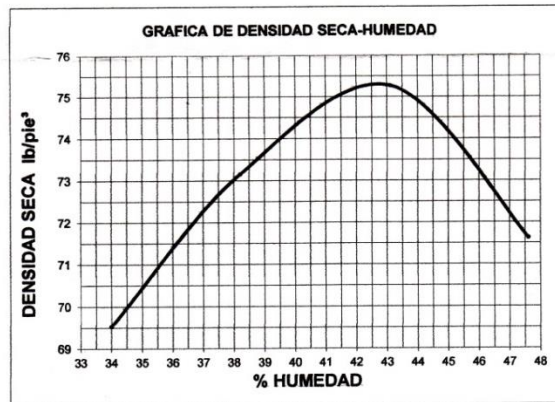
### a) Proctor



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



INFORME No. 0353 S.S. O.T. No.: 30,430  
Interesado: Edgar David Maldonado Barrios.  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
Proyecto: EPS-"Diseño de la pavimentación de la carretera del Caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala."  
Fecha: 15 de Octubre de 2012



Descripción del suelo: Arena limosa color café.  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,208 Kg/m<sup>3</sup> 75.4 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 42.8 %  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
DIRECCION

SECCION MECANICA DE SUELOS  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia



Continuación del apéndice 1

**b) Razón Soporte California(C.B.R.)**

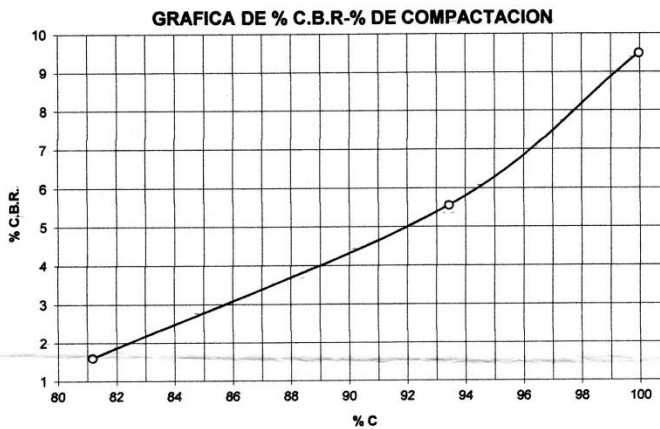


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 0354 S.S. O.T. No.: 30,430  
 Interesado: Edgar David Maldonado Barrios.  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS-"Diseño de la pavimentación de la carretera del Caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala."  
 Descripción del suelo: Arena limosa color café.  
 Fecha: 15 de Octubre de 2012

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma = \frac{b}{pie^3}$			
1	10	43.10	61.2	81.2	4.00	1.6
2	30	43.10	70.4	93.4	3.96	5.6
3	65	43.10	75.4	100.0	2.57	9.5



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Tereza Mercedes Carril Morales  
 DIRECTORA C.I.I.S.A.C.  
 DIRECCION

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1

c) Análisis granulométrico



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



INFORME No. 0355 S.S.

O.T.: 30,430

Interesado: Edgar David Maldonado Barrios.

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

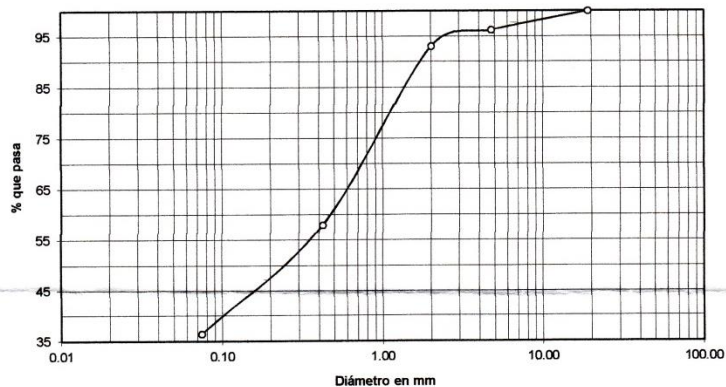
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,

Proyecto: EPS-"Diseño de la pavimentación de la carretera del Caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala."

Fecha: 15 de Octubre de 2012

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	.50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	96.27
10	2.00	93.02
40	0.42	57.96
200	0.074	36.44

% de Grava: 3.73  
% de Arena: 59.82  
% de Finos: 36.44



Descripción del suelo: Arena limosa color café.  
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-5  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.

Inga. Teima Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Universidad zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Plasma 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1

## d) Límites de Atterberg



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



INFORME No. 0356 S. S. O.T.: 30,430

Interesado: Edgar David Maldonado Barrios.  
Proyecto: EPS-"Diseño de la pavimentación de la carretera del Caserío El Chocolate hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala."

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

FECHA: 15 de Octubre de 2012

### RESULTADOS:

MUESTRA	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	43.10	2.70	ML	Arena limosa color café.

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia

**Apéndice 2. Costos unitarios de la carretera del Caserío El Chocolate  
hacia la cabecera municipal de Fraijanes, Fraijanes, Guatemala**

**INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS**

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo de la línea central	km	4,33	Q 1 814,40	Q 7 856,35

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo de la línea central	km	1	Q 1 200,00	Q 1 200,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 200,00</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q	1 200,00
TOTAL COSTO INDIRECTO (ad ministrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q	420,00
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q	1 620,00
IVA	12%	Q	194,40
<b>TOTAL</b>		<b>Q</b>	<b>1 814,40</b>

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Levantamiento topografico para construcción	km	4,33	Q 3 780,00	Q 16 367,40

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo de la línea central	km	1	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 2 500,00</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q	2 500,00
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q	875,00
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q	3 375,00
IVA	12%	Q	405,00
<b>TOTAL</b>		<b>Q</b>	<b>3 780,00</b>

Continuación del apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación no clasificada	m³	8 203,03	Q 50,87	Q 417 288,14

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Motoniveladora	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 425,00	Q 7,29
camión cisterna	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 160,00	Q 2,74
rodo vibratorio	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 280,00	Q 4,60
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 28,97
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 25,87

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,14
operador de camión	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,71
operador de cisterna	hrs	0,02	Q 20,00	Q 0,34
operador de motoniveladora	hrs	0,02	Q 40,00	Q 0,69
operador de rodo	hrs	0,02	Q 35,00	Q 0,60
4 peones	hrs	0,12	Q 10,00	Q 1,20
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 4,69
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 7,78

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 33,65
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 11,78
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 45,42
IVA	12%	Q 5,45
TOTAL		Q 50,87

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m³	5 755,85	Q 25,26	Q 145 392,77

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 14,14
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 12,63

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,14
operador de camión	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,71
2 peones	hrs	0,06	Q 10,00	Q 0,60
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 2,46
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 4,09

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 16,71
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 5,85
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 22,56
IVA	12%	Q 2,71
TOTAL		Q 25,26

Continuación del apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación estructural para alcantarillas	m³	422,12	Q 25,26	Q 10 662,75

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 14,14
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 12,63

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,14
operador de camión	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,71
2 peones	hrs	0,06	Q 10,00	Q 0,60
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 2,45
PRESTACIONES				Q 1,62
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 4,07</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q	16,71
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q	5,85
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q	22,56
IVA	12%	Q	2,71
<b>TOTAL</b>		Q	<b>25,26</b>

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Releo para alcantarillas	m²	150,59	Q 50,87	Q 7 660,36

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Motoniveladora	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 425,00	Q 7,29
camión sistema	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 160,00	Q 2,74
rodo vibratorio	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 208,00	Q 4,26
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 28,97
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 25,87

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,14
operador de camión	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,71
operador de sistema	hrs	0,02	Q 20,00	Q 0,34
operador de motoniveladora	hrs	0,02	Q 40,00	Q 0,89
operador de rodo	hrs	0,02	Q 35,00	Q 0,60
4 peones	hrs	0,12	Q 10,00	Q 1,20
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 4,89
PRESTACIONES				Q 3,09
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 7,78</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q	33,65
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q	11,78
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q	45,42
IVA	12%	Q	5,45
<b>TOTAL</b>		Q	<b>50,87</b>

Continúa apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RIENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Base granular	m <sup>2</sup>	4 548,29	Q 142,63	Q 648 722,80

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Material Selecto	m3	1	Q 65,00	Q 65,00
Total de materiales con IVA				Q 65,00
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 58,04

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 335,00	Q 9,57
Motoniveladora	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 425,00	Q 8,50
camión sistema	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 160,00	Q 3,20
rodo vibratorio	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 280,00	Q 5,60
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,80
Total de Equipo y maquinaria con IVA				Q 31,67	
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA				Q 28,28	

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora	hrs	0,03	Q 40,00	Q 1,20
operadora de camino	hrs	0,03	Q 25,00	Q 0,75
operador de motoniveladora	hrs	0,02	Q 40,00	Q 0,80
operador de sistema	hrs	0,02	Q 25,00	Q 0,50
operadora de rodo	hrs	0,02	Q 28,00	Q 0,56
4 peones	hrs	0,12	Q 8,50	Q 1,02
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 4,83
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 3,19

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 94,33
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 33,02
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 127,35
IVA	12%	Q 15,28
<b>TOTAL</b>		<b>Q 142,63</b>

Continuación del apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Pavimento de concreto	m <sup>2</sup>	30 321,90	Q 328,28	Q 9 954 073,33

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
cemento	sacos	1,70	Q 74,00	Q 125,43
grava	m3	0,10	Q 200,00	Q 19,20
arena	m3	0,07	Q 115,00	Q 8,28
aditivos	gls.	0,04	Q 210,00	Q 7,88
antisol	gls	0,1	Q 69,96	Q 7,00
contenedores 6"	unidad	0,05	Q 250,00	Q 12,50
Total de materiales con IVA				Q 180,28
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 160,97

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
planta central	420m3/día	hrs.	0,02	Q 600,00	Q 11,43
cargador	420m3/día	hrs.	0,02	Q 380,00	Q 7,24
equipo de lab.	420m3/día	hrs.	0,02	Q 50,00	Q 0,95
Extendedora(finisher)	420m3/día	hrs.	0,04	Q 640,00	Q 24,38
5 camión de volteo	2800m3/día	hrs.	0,03	Q 190,00	Q 4,57
Texturizadora	2800m2/día	hrs.	0,01	Q 380,00	Q 3,80
Bomba espesora	2800m2/día	hrs.	0,01	Q 5,00	Q 0,05
Total de Equipo y maquinaria con IVA				Q 52,42	
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA				Q 46,80	

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador de extendedora	hrs	0,02	Q 40,00	Q 0,80
3 ayudante de extendedora	hrs	0,06	Q 18,00	Q 1,08
5 operador de camión de volteo	hrs	0,15	Q 25,00	Q 3,75
6 ayudante (alisado)	hrs	1,2	Q 95,00	Q 114,00
operador de texturizadora	hrs	0,01	Q 40,00	Q 0,40
2 ayudantes de texturizadora	hrs	0,01	Q 18,00	Q 0,18
operador de bomba	hrs	0,01	Q 25,00	Q 0,25
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 5,63
			PRESTACIONES	%
				Q 3,72
TOTAL MANO DE OBRA				Q 9,35

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 217,12
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 75,99
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 293,11
IVA	12%	Q 35,17
TOTAL		Q 328,28



Continuación del apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cajas y cabezales para alcantarillas	m <sup>2</sup>	149,88	Q 1 066,40	Q 159 832,03

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
cemento	sacos	6,37	Q 74,00	Q 471,38
arena	m <sup>3</sup>	0,36	Q 115,00	Q 41,40
grava	m <sup>3</sup>	0,36	Q 200,00	Q 72,00
pedra bola	m <sup>3</sup>	0,35	Q 250,00	Q 87,50
medera	tabla	2,00	Q 55,00	Q 110,00
clavo	lb	1,25	Q 5,00	Q 6,25
Total de materiales con IVA				Q 788,53
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 704,04

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
formaleta y fundición	m <sup>2</sup>	0,01	Q 50,00	Q 0,50
desencofrado	m <sup>2</sup>	0,02	Q 5,00	Q 0,10
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 0,60
AYUDANTE				% Q 0,25
PRESTACIONES				% Q 0,40
TOTAL MANO DE OBRA				Q 1,25

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 705,29
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 246,85
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 952,15
IVA	12%	Q 114,26
TOTAL		Q 1 066,40

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Alcantarillas de tubería corrugada	m.l.	194,40	Q 2 598,37	Q 505 123,13

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
tubería corrugada para drenaje 24"	unidad	0,17	Q 10 500,00	Q 1 750,00
Total de materiales con IVA				Q 1 750,00
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 1 562,50

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
colocado de tubería	m.l.	1	Q 75,00	Q 75,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 75,00
AYUDANTE				% Q 31,50
PRESTACIONES				% Q 49,50
TOTAL MANO DE OBRA				Q 156,00

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1 718,50
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 601,48
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 2 319,98
IVA	12%	Q 278,40
TOTAL		Q 2 598,37

Continuación del apéndice 2

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Pavimentación de carretera	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Caserío el chocolate, Fraijanes	FECHA OFERTA:	Febrero 2014

DESCRIPCIÓN ENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cunetas revestidas de concreto:	m <sup>2</sup>	7 580,48	Q 305,40	Q 2 315 078,59

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
cemento	sacos	1,08	Q 69,96	Q 75,56
arena	m <sup>3</sup>	0,07	Q 84,80	Q 5,60
grava	m <sup>3</sup>	0,07	Q 196,10	Q 12,94
medera	tabla	0,87	Q 55,00	Q 36,85
clavo	lb	0,42	Q 5,00	Q 2,09
Total de materiales con IVA				Q 133,04
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 118,79

**MANO DE OBRA**

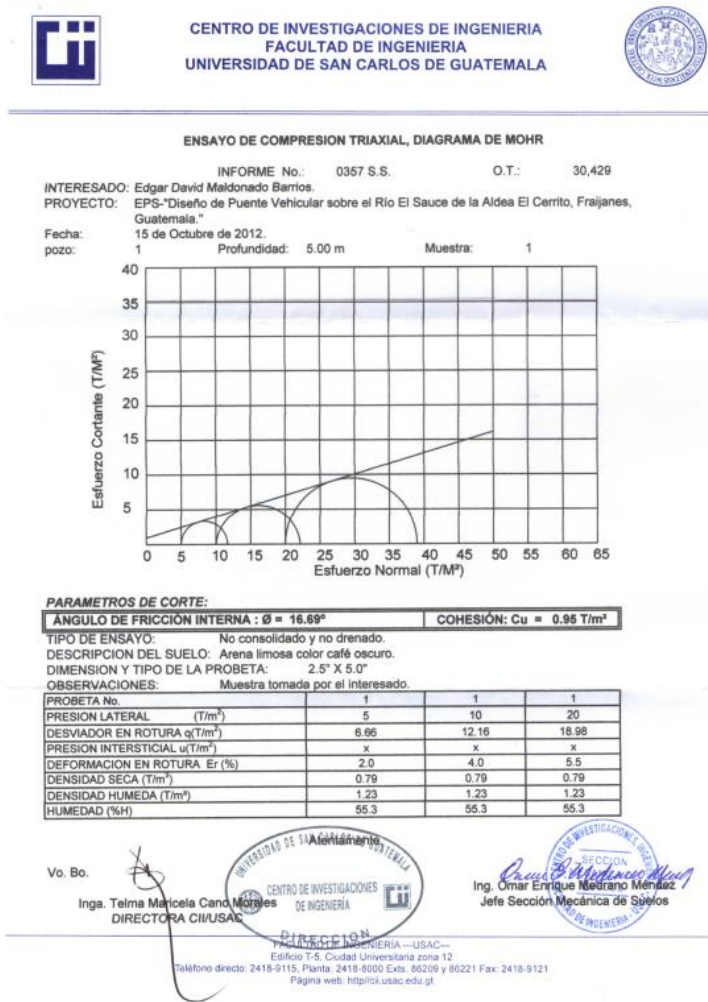
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
formaleta y fundición	m <sup>2</sup>	1	Q 35,00	Q 35,00
desenfofrado	m <sup>2</sup>	1	Q 5,00	Q 5,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 40,00
		AYUDANTE	%	Q 16,80
		PRESTACIONES	%	Q 26,40
TOTAL MANO DE OBRA				Q 83,20

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 201,99
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 70,69
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 272,68
IVA	12%	Q 32,72
TOTAL		Q 305,40

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 3. Ensayos del puente vehicular sobre el rio El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala

### e) Compresión triaxial



Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3

f) Análisis granulométrico



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



INFORME No. 0358 S.S.

O.T.: 30,429

Interesado: Edgar David Maldonado Barrios.

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

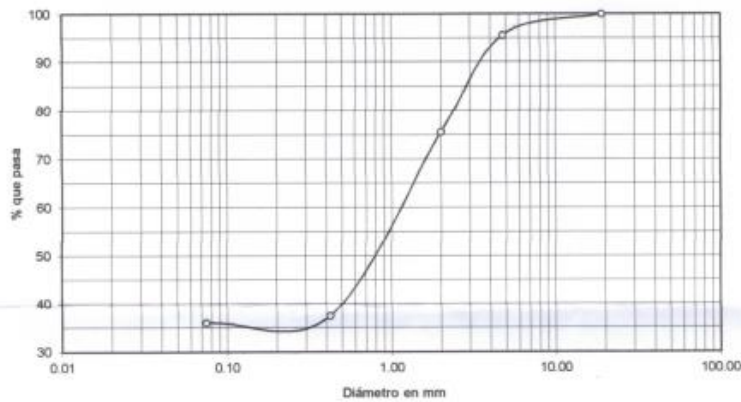
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27.

Proyecto: EPS "Diseño de Puesto Vehicular sobre el Río El Sauce de la Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala."

Fecha: 15 de Octubre de 2012

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	95.65
10	2.00	75.64
40	0.42	37.44
200	0.074	36.02

% de Grava: 4.35  
% de Arena: 59.63  
% de Finos: 36.02



Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro.

Clasificación: S.C.U.: SM

P.R.A.: A-5

Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Vo. Bo.

Inga. Teima Maricela Carró Morales  
DIRECTORA CI/USAC





Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 3

**g) Límites de Atterberg**

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
INFORME No. 0359 S. S. O.T.: 30,429		
Interesado:	Edgar David Maldonado Barrios	
Proyecto:	EPS-"Diseño de Puente Vehicular sobre el Río El Sauce de la Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala."	
Asunto:	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG	
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90	
FECHA:	15 de Octubre de 2012	

**RESULTADOS:**

MUESTRA	LL (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	45.50	3.60	ML	Arena limosa color café oscuro.


(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Va. Bo.

  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIUDAD RECCION

  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 4. Presupuesto del puente vehicular sobre el rio El Sauce de la aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala

**PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO EL SAUCE**  
ALDEA EL CERRITO, FRAIJANES, GUATEMALA

### CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

No.	REGLÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO REGLÓN
1	Losa	m <sup>2</sup>	126	Q 1,292.83	Q 162,896.58
2	Vigas principales exteriores	ml	36	Q 3,965.31	Q 143,471.16
3	Viga principal intermedia	ml	18	Q 3,770.73	Q 67,873.14
4	Neopreno	unidad	6	Q 3,738.55	Q 22,431.30
5	Diáfragmas interiores	ml	21	Q 1,884.30	Q 39,570.30
6	Diáfragmas exteriores	ml	14	Q 1,482.13	Q 20,469.82
7	Alerones	m <sup>2</sup>	24	Q 1,508.29	Q 36,198.96
8	Cortina + viga de apoyo	m <sup>2</sup>	41.8	Q 1,438.92	Q 80,146.66
9	Muro en voladizo	m <sup>2</sup>	76	Q 2,397.92	Q 182,241.92
10	Base de muro	ml	36	Q 1,546.05	Q 55,657.80
11	Banqueta	ml	36	Q 1,913.47	Q 68,884.92
12	Berandales	ml	36	Q 1,084.47	Q 39,040.92
13	Drenajes	unidad	12	Q 367.98	Q 4,404.96
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 803,288.84</b>

EL COSTO ES DE: NOVECIENTOS TRES MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO QUETZALES CON 64/100

### INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Losa	m <sup>2</sup>	126	Q 1,292.83	Q 162,896.58

#### MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	1.47	Q 69.96	Q 102.84
Arena	m <sup>3</sup>	0.0825	Q 84.80	Q 7.00
Grava	m <sup>3</sup>	0.0825	Q 196.10	Q 16.18
Hierro No. 4	varilla	2.34	Q 57.11	Q 133.64
Hierro No. 5	varilla	0.88	Q 92.00	Q 80.96
Tabla	pie tabla	3.59	Q 57.75	Q 207.32
Parales	pie tabla	4.51	Q 57.75	Q 260.45
Clavo 1 1/2"	libra	0.36	Q 6.42	Q 2.31
Alambre de amarre	libra	0.52	Q 5.11	Q 2.66
Total de materiales con IVA				Q 813.36
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 726.21

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de losa	m <sup>2</sup>	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de losa	m <sup>2</sup>	2	Q 18.00	Q 36.00
Fundición de losa	m <sup>3</sup>	0.15	Q 25.00	Q 3.75
Desencofrado de losa	m <sup>2</sup>	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de losa	m <sup>2</sup>	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 77.75
AYUDANTE				% Q 32.66
PRESTACIONES				% Q 51.32
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 161.72</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 887.93
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 266.38
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos)		Q 1,154.31
IVA	12%	Q 138.52
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,292.83</b>

Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Vigas principales exteriores	ml	36	Q 3,985.31	Q 143,471.16

MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	7.56	Q 69.96	Q 528.90
Arena	m3	0.32	Q 84.80	Q 27.14
Grava	m3	0.33	Q 196.10	Q 64.71
Hierro No. 3	varilla	6	Q 32.16	Q 192.96
Hierro No. 5	varilla	0.35	Q 92.00	Q 32.20
Hierro No. 8	varilla	0.88	Q 235.47	Q 207.21
Hierro No. 10	varilla	2.28	Q 350.50	Q 799.14
Tabla	pie tabla	10.76	Q 57.75	Q 621.39
Parales	pie tabla	6.77	Q 57.75	Q 390.97
Clavo	libra	0.77	Q 6.42	Q 4.94
Alambre de amarre	libra	6	Q 5.11	Q 30.66
Total de materiales con IVA				Q 2,900.22
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 2,589.48

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de viga	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de viga	ml	1	Q 18.00	Q 18.00
Fundición de viga	m3	0.6	Q 25.00	Q 15.00
Desencofrado de viga	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de viga	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 71.00
			AYUDANTE	%
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 147.68

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 2,737.18
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 821.15
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos)		Q 3,558.31
IVA	12%	Q 427.00
TOTAL		Q 3,985.31

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Viga principal intermedia	ml	18	Q 3,770.73	Q 67,873.14

MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	7.56	Q 69.96	Q 528.90
Arena	m3	0.32	Q 84.80	Q 27.14
Grava	m3	0.33	Q 196.10	Q 64.71
Hierro No. 3	varilla	6	Q 32.16	Q 192.96
Hierro No. 5	varilla	0.35	Q 92.00	Q 32.20
Hierro No. 8	varilla	0.7	Q 235.47	Q 164.83
Hierro No. 10	varilla	1.93	Q 350.50	Q 676.47
Tabla	pie tabla	10.76	Q 57.75	Q 621.39
Parales	pie tabla	6.77	Q 57.75	Q 390.97
Clavo	libra	0.77	Q 6.42	Q 4.94
Alambre de amarre	libra	6	Q 5.11	Q 30.66
Total de materiales con IVA				Q 2,735.16
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 2,442.11

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de viga	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de viga	ml	1	Q 18.00	Q 18.00
Fundición de viga	m3	0.6	Q 25.00	Q 15.00
Desencofrado de viga	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de viga	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 71.00
			AYUDANTE	%
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 147.68

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 2,589.79
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 776.94
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos)		Q 3,366.73
IVA	12%	Q 404.01
TOTAL		Q 3,770.73

Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Neopreno	unidad	6	Q 3,738.55	Q 22,431.30

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Platinas "L" de 1" x 6" x 6"	unidad	2	Q 426.00	Q 852.00
Pernos 1"	unidad	5	Q 175.00	Q 875.00
Platinas triangulares	unidad	2	Q 67.81	Q 135.22
Roldanas	unidad	6	Q 3.25	Q 19.50
Tuercas de 1"	unidad	6	Q 10.00	Q 60.00
Neopreno	pie2	1.225	Q 296.60	Q 363.34
Total de materiales con IVA				Q 2,308.06
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 2,058.08

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Colocación de pernos y Platinas	juegos	1	Q 245.00	Q 245.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 245.00
			AYUDANTE	% Q 102.90
			PRESTACIONES	% Q 161.70
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 509.60</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 2,567.68
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 770.31
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 3,337.99
IVA	12%	Q 400.56
<b>TOTAL</b>		<b>Q 3,738.55</b>

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Diagragmas interiores	ml	21	Q 1,884.30	Q 39,570.30

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	2.65	Q 69.86	Q 185.39
Arena	m3	0.11	Q 84.80	Q 9.33
Grava	m3	0.11	Q 198.10	Q 21.57
Hierro No. 3	varilla	1.32	Q 32.18	Q 42.45
Hierro No. 6	varilla	0.35	Q 132.50	Q 46.38
Hierro No. 8	varilla	1.05	Q 235.47	Q 247.24
Tabla	pie tabla	6.1	Q 57.75	Q 352.28
Parales	pie tabla	6.77	Q 57.75	Q 390.97
Clavo	libra	0.57	Q 6.42	Q 3.66
Alambre de amarre	libra	1.47	Q 5.11	Q 7.51
Total de materiales con IVA				Q 1,306.79
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 1,166.76

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de diafragma	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de diafragma	ml	1	Q 18.00	Q 18.00
Fundición de diafragma	m3	0.21	Q 25.00	Q 5.25
Desenfofrado de diafragma	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de diafragma	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 61.25
			AYUDANTE	% Q 25.73
			PRESTACIONES	% Q 40.43
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 127.40</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,294.16
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 388.25
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,682.41
IVA	12%	Q 201.89
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,884.30</b>



Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Diafragmas exteriores	ml	14	Q 1,462.13	Q 20,469.82

MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	1.51	Q 69.96	Q 105.64
Arena	m3	0.06	Q 84.80	Q 5.09
Grava	m3	0.07	Q 196.10	Q 13.73
Hierro No. 3	varilla	1.26	Q 32.16	Q 40.52
Hierro No. 7	varilla	0.17	Q 197.00	Q 33.49
Hierro No. 8	varilla	0.7	Q 235.47	Q 164.83
Tabla	pie tabla	3.94	Q 57.75	Q 227.54
Parales	pie tabla	6.77	Q 57.75	Q 390.97
Clavo	libra	0.47	Q 6.42	Q 3.02
Alambre de amarre	libra	0.48	Q 5.11	Q 2.45
Total de materiales con IVA				Q 987.27
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 881.49

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de diafragma	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de diafragma	ml	1	Q 18.00	Q 18.00
Fundición de diafragma	m3	0.12	Q 25.00	Q 3.00
Desenfofrado de diafragma	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de diafragma	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 59.00
			AYUDANTE	% Q 24.78
			PRESTACIONES	% Q 38.94
TOTAL MANO DE OBRA				Q 122.72

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,004.21
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 301.26
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,305.47
IVA	12%	Q 156.66
TOTAL		Q 1,462.13

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Alerones	m2	24	Q 1,508.29	Q 36,198.96

MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	3.15	Q 69.96	Q 220.37
Arena	m3	0.13	Q 84.80	Q 11.02
Grava	m3	0.14	Q 196.10	Q 27.45
Hierro No. 4	varilla	1.4	Q 57.11	Q 79.95
Hierro No. 5	varilla	1.75	Q 92.00	Q 161.00
Tabla	pie tabla	8.07	Q 57.75	Q 466.04
Clavo	libra	0.36	Q 6.42	Q 2.31
Alambre de amarre	libra	1	Q 5.11	Q 5.11
Total de materiales con IVA				Q 973.27
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 868.99

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado de alerones	m2	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de alerones	m2	2	Q 18.00	Q 36.00
Fundición de alerones	m3	0.25	Q 25.00	Q 6.25
Desenfofrado de alerones	m2	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de alerones	m2	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 80.25
			AYUDANTE	% Q 33.71
			PRESTACIONES	% Q 52.97
TOTAL MANO DE OBRA				Q 166.92

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,035.91
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 310.77
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,346.68
IVA	12%	Q 161.60
TOTAL		Q 1,508.29

Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cortina + viga de apoyo	m2	41.8	Q 1,438.92	Q 60,146.86

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	3.15	Q 69.96	Q 220.37
Arena	m3	0.13	Q 84.80	Q 11.02
Grava	m3	0.14	Q 196.10	Q 27.45
Hierro No. 4	varilla	1.4	Q 57.11	Q 79.95
Hierro No. 5	varilla	1.17	Q 92.00	Q 107.64
Tabla	pie tabla	8.07	Q 57.75	Q 466.04
Clavo	libra	0.36	Q 6.42	Q 2.31
Alambre de amarre	libra	1	Q 5.11	Q 5.11
Total de materiales con IVA				Q 919.91
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 821.35

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formaleteado	m2	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado	m2	2	Q 18.00	Q 36.00
Fundición	m3	0.25	Q 25.00	Q 6.25
Desencofrado	m2	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado	m2	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 80.25
			AYUDANTE	% Q 33.71
			PRESTACIONES	% Q 52.97
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 166.92</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 988.27
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 296.48
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,284.75
IVA	12%	Q 154.17
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,438.92</b>

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Muro en voladizo	m2	76	Q 2,397.92	Q 182,241.92

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	6.93	Q 69.96	Q 484.82
Arena	m3	0.29	Q 84.80	Q 24.59
Grava	m3	0.3	Q 196.10	Q 58.83
Hierro No. 6	varilla	1.75	Q 132.50	Q 231.88
Hierro No. 8	varilla	1.75	Q 235.47	Q 412.07
Tabla	pie tabla	7.18	Q 57.75	Q 414.65
Clavo	libra	0.32	Q 6.42	Q 2.05
Alambre de amarre	libra	2.2	Q 5.11	Q 11.24
Total de materiales con IVA				Q 1,640.13
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 1,464.41

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formaleteado de muro	m2	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado de muro	m2	2	Q 18.00	Q 36.00
Fundición de muro	m3	0.55	Q 25.00	Q 13.75
Desencofrado de muro	m2	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado de muro	m2	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 87.75
			AYUDANTE	% Q 36.86
			PRESTACIONES	% Q 57.92
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 182.52</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,646.93
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 494.08
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 2,141.00
IVA	12%	Q 256.92
<b>TOTAL</b>		<b>Q 2,397.92</b>

Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Base de muro	ml	36	Q 1,546.05	Q 55,657.80

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	3.78	Q 69.96	Q 264.45
Arena	m3	0.16	Q 84.80	Q 13.57
Grava	m3	0.16	Q 196.10	Q 31.38
Hierro No. 6	varilla	1.75	Q 132.50	Q 231.88
Hierro No. 8	varilla	1.75	Q 235.47	Q 412.07
Tabla	pie tabla	1.05	Q 57.75	Q 60.64
Clavo	libra	0.05	Q 6.42	Q 0.32
Alambre de amare	libra	2.1	Q 5.11	Q 10.73
Total de materiales con IVA				Q 1,025.03
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 915.21

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado	ml	1	Q 25.00	Q 25.00
Fundición	m3	0.3	Q 25.00	Q 7.50
Desencofrado	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 79.50
			AYUDANTE	% Q 29.61
			PRESTACIONES	% Q 46.53
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 146.64</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,061.85
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 318.55
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,380.40
IVA	12%	Q 165.65
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,546.05</b>

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Banqueta	ml	36	Q 1,913.47	Q 68,884.92

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	2.28	Q 69.96	Q 158.11
Arena	m3	0.09	Q 84.80	Q 7.63
Grava	m3	0.1	Q 196.10	Q 19.61
Hierro No. 4	varilla	2.78	Q 57.11	Q 158.77
Hierro No. 5	varilla	1.1	Q 92.00	Q 101.20
Tabla	pie tabla	5.74	Q 57.75	Q 331.49
Parales	pie tabla	9.02	Q 57.75	Q 520.91
Clavo	libra	0.65	Q 6.42	Q 4.17
Alambre de amare	libra	2.5	Q 5.11	Q 12.78
Total de materiales con IVA				Q 1,314.66
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 1,173.80

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
Armado	ml	1	Q 25.00	Q 25.00
Fundición	m3	0.18	Q 25.00	Q 4.50
Desencofrado	ml	1	Q 8.00	Q 8.00
Tallado	ml	1	Q 20.00	Q 20.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 67.50
			AYUDANTE	% Q 28.35
			PRESTACIONES	% Q 44.55
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 140.40</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 1,314.20
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 394.26
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 1,708.46
IVA	12%	Q 205.02
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,913.47</b>

Continuación del apéndice 4

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Barandales	ml	36	Q 1,084.47	Q 39,040.92

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	sacos	0.23	Q 69.96	Q 16.09
Arena	m3	0.013	Q 84.80	Q 1.10
Grava	m3	0.013	Q 196.10	Q 2.55
Hierro No. 3	varilla	1.42	Q 32.16	Q 45.87
Hierro No. 5	varilla	0.38	Q 92.00	Q 34.96
Tabla	pie tabla	6.78	Q 57.75	Q 391.55
Clavo	libra	0.3	Q 6.42	Q 1.93
Alambre de amarre	libra	0.1	Q 5.11	Q 0.51
Tubo HG de 2"	unidad	0.33	Q 487.00	Q 160.71
Total de materiales con IVA				Q 655.06
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 584.88

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Formateado	ml	1.05	Q 10.00	Q 10.50
Armado	ml	1.05	Q 25.00	Q 26.25
Fundición	m3	0.03	Q 25.00	Q 0.75
Desencofrado	ml	1.05	Q 8.00	Q 8.40
Tallado	ml	1.05	Q 20.00	Q 21.00
Colocado de tubo HG	ml	1	Q 10.00	Q 10.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 78.90
			AYUDANTE	%
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 159.95

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 744.83
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 223.45
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 968.28
IVA	12%	Q 116.19
TOTAL		Q 1,084.47

OFERENTE:		PROGRAMA:	EPS
PROYECTO:	Construcción de Puente	CÓDIGO PROYECTO:	
UBICACIÓN:	Aldea El Cerrito, Fraijanes, Guatemala	FECHA OFERTA:	Febrero 28, 2013

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Drenajes	unidad	12	Q 367.08	Q 4,404.96

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubo HG de 3"	unidad	1	Q 96.00	Q 96.00
Total de materiales con IVA				Q 96.00
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 85.71

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Corte y colocado de tubo HG	unidad	1	Q 80.00	Q 80.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 80.00
			AYUDANTE	%
			PRESTACIONES	%
TOTAL MANO DE OBRA				Q 166.40

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 252.11
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 75.63
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 327.75
IVA	12%	Q 39.33
TOTAL		Q 367.08

Fuente: elaboración propia



## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla para diseño de mezclas

**DATOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS ( Calculados para 1 m<sup>3</sup> de concreto fresco)\***

Resistencia media requerida a los 28 días Kg./cm <sup>2</sup>	Tamaño máximo del agregado		Concentración de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.						% de agregado fino Vol. Abs./Agr. Total						% aire							
	plg		W/C		CW		0 a 2		2 a 5		5 a 10		10 a 15		M.F.		M.F.		M.F.		M.F.			
	mm.														2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	
140	19.1	3/4	0.65	1.54	165	175	186	197	10 a 15	47	49	51	4.8	4.9	5	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	25.4	1	0.65	1.54	157	165	173	181	44	46	48	4.4	4.5	4.6										
	38.1	1 1/2	0.65	1.54	154	160	166	193	42	44	46	4	4.1	4.2										
175	19.1	3/4	0.60	1.67	165	175	188	197	10 a 15	45	47	49	4.3	4.4	4.5	175	175	175	175	175	175	175	175	175
	25.4	1	0.60	1.67	157	165	173	181	42	44	46	3.7	3.8	3.9										
	37.1	1 1/2	0.60	1.67	154	160	166	193	40	42	44	3.3	3.4	3.5										
210	19.1	3/4	0.56	1.79	164	171	184	195	10 a 15	44	46	48	3.6	3.7	3.8	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	25.4	1	0.56	1.79	156	164	172	180	41	43	45	3	3.1	3.2										
	38.1	1 1/2	0.56	1.79	154	160	166	191	39	41	43	2.6	2.7	2.8										
246	19.1	3/4	0.52	1.92	164	174	184	195	10 a 15	42	44	46	3.1	3.2	3.3	246	246	246	246	246	246	246	246	246
	25.4	1	0.52	1.92	156	164	172	180	39	41	43	2.3	2.4	2.5										
	38.1	1 1/2	0.52	1.92	154	160	166	191	37	39	41	1.9	2	2.1										
281	19.1	3/4	0.49	2.04	162	172	182	193	10 a 15	40	42	44	2.6	2.7	2.8	281	281	281	281	281	281	281	281	281
	25.4	1	0.49	2.04	155	163	171	179	37	39	41	2	2.1	2.2										
	38.1	1 1/2	0.49	2.04	154	160	166	189	35	37	39	1.6	1.7	1.8										
316	19.1	3/4	0.46	2.17	162	172	182	193	10 a 15	38	40	42	2.4	2.5	2.6	316	316	316	316	316	316	316	316	316
	25.4	1	0.46	2.17	155	163	171	179	35	37	39	1.7	1.8	1.9										
	38.1	1 1/2	0.46	2.17	154	160	166	189	33	35	37	1.4	1.5	1.6										

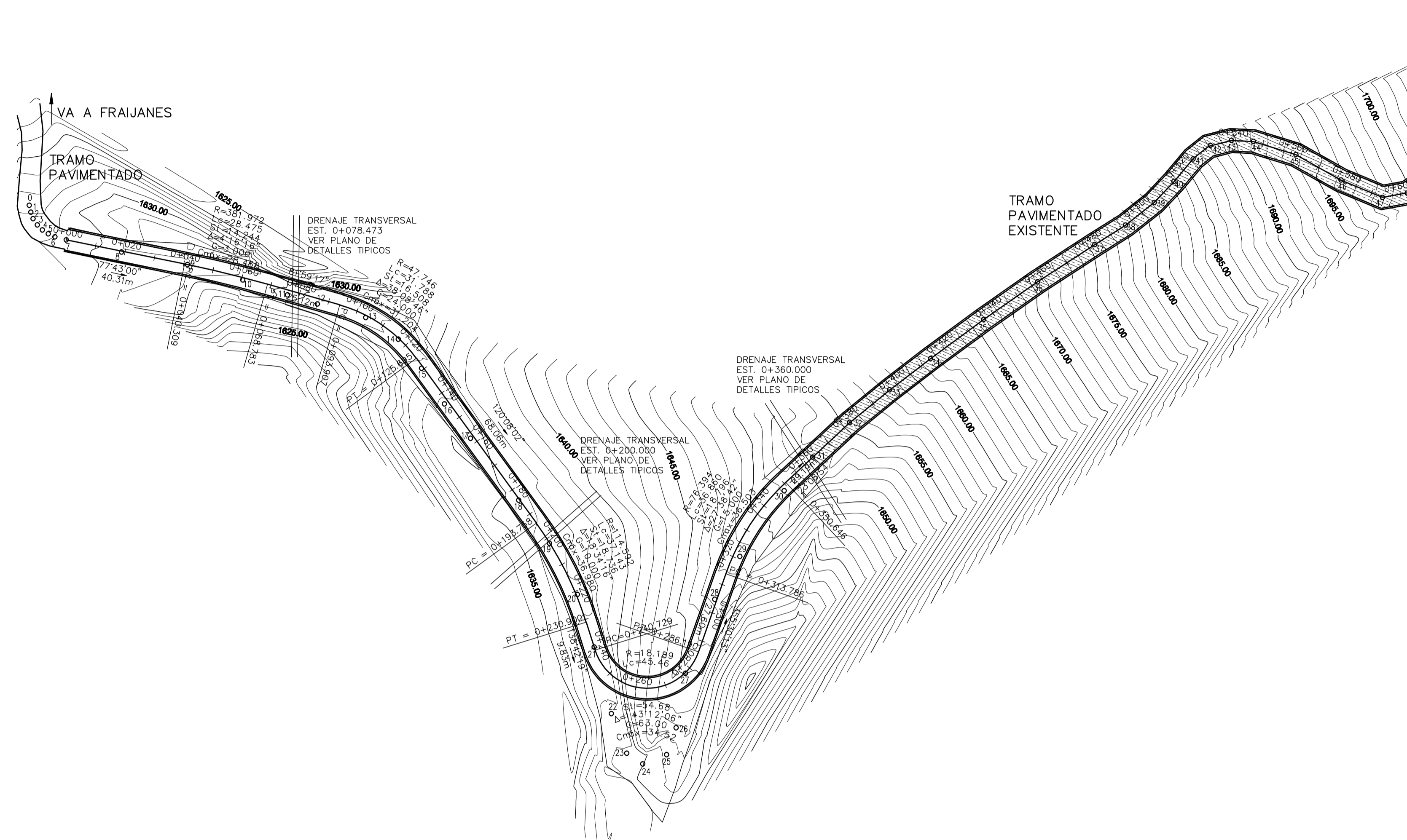
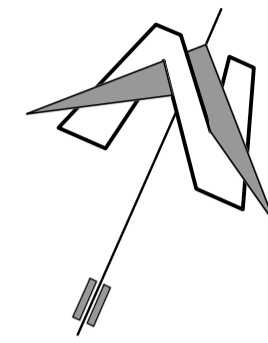


## PLANOS



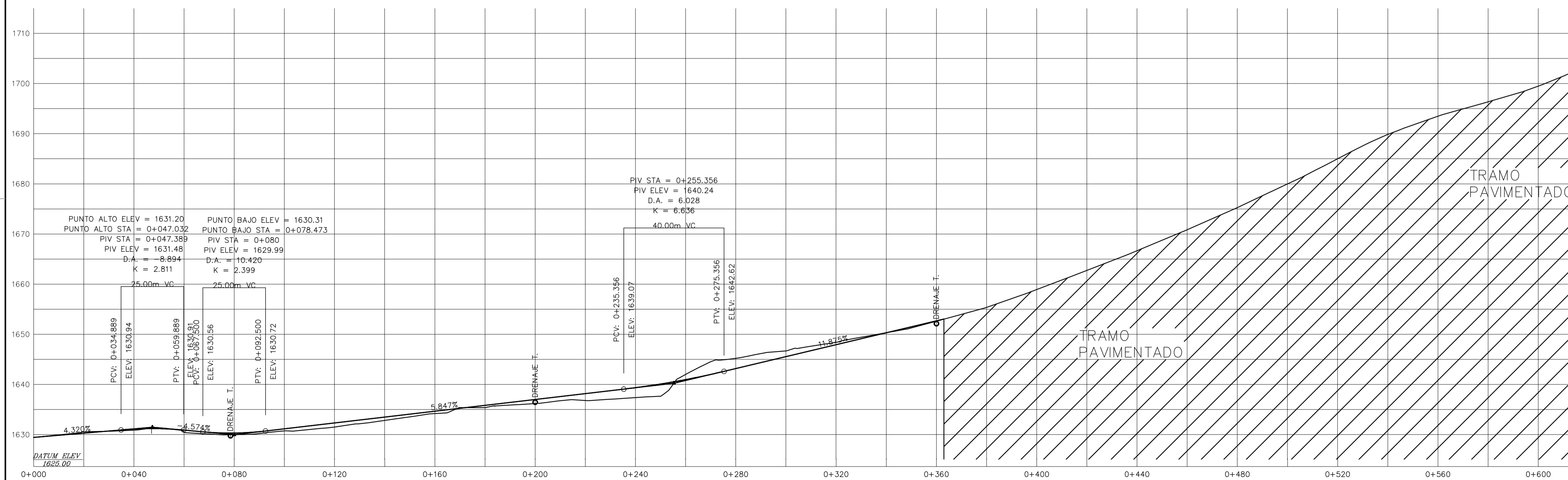


EST	PO	AZMUT	DESTACIA	EST	PO	AZMUT	DESTACIA	EST	PO	AZMUT	DESTACIA
0	1	14349°4'	2,37	146	147	131°45'3"	10,01	271	272	54°18'14"	13,03
1	2	130°46'30"	2,26	147	148	108°24'20"	12,35	272	273	58°50'51"	20,53
2	3	122°25'10"	2,26	148	149	77°44'27"	8,86	273	274	60°24'37"	18
3	4	112°15'42"	2,38	149	150	51°12'27"	10,4	274	275	61°48'14"	17,25
4	5	99°28'42"	2,34	150	151	41°20'38"	18,39	275	276	32°39'30"	10,91
5	6	89°36'14"	2,46	151	152	43°54'41"	13,29	276	277	7°41"	28,97
6	7	80°37'36"	3,93	152	153	74°15'14"	13,87	277	278	10°38'36"	13,11
7	8	78°37'35"	16,88	153	154	98°22'46"	9,51	278	279	22°33'0"	12,81
8	9	76°54'13"	12,4	154	155	100°21'17"	11,27	279	280	30°22'50"	19,8
9	10	81°38'41"	19,15	155	156	137°9'1"	26,01	280	281	38°31'51"	16,7
10	11	84°37'50"	15,72	156	157	138°51'44"	17,04	281	282	31°31'50"	19,12
11	12	82°18'38"	10,44	157	158	138°59'34"	16,95	282	283	27°31'17"	13,68
12	13	81°50'45"	16,77	158	159	142°28'32"	18,14	283	284	18°56'20"	19,88
13	14	89°34'07"	13,08	159	160	139°50'26"	8,4	284	285	4°25'24"	17,61
14	15	117°37'54"	12,47	160	161	100°30'30"	11,97	285	286	12°28'50"	12,17
15	16	123°28'21"	14,09	161	162	53°50'11"	4,27	286	287	30°48'31"	9,34
16	17	118°53'16"	14,43	162	163	31°17'15"	9,65	287	288	40°12'52"	10,57
17	18	118°17'34"	26,14	163	164	7°33'5"	13,82	288	289	38°34'41"	20,76
18	19	120°33'46"	17,69	164	165	34°37'10"	14,52	289	290	22°43'	16,88
19	20	122°32'37"	19,92	165	166	34°02'18"	11,99	290	291	21°17'	11,25
20	21	138°32'18"	18,42	166	167	22°56'47"	16,74	291	292	34°28'14"	11,55
21	22	141°41'30"	22,83	167	168	48°56'13"	8,87	292	293	33°32'27"	11,37
22	23	134°41'18"	14,17	168	169	65°30'16"	10,5	293	294	328°12'14"	10,48
23	24	102°31'58"	6,43	169	170	78°41'34"	6,97	294	295	323°19'15"	12,98
24	25	44°56'18"	8,56	170	171	101°18'31"	8,49	295	296	338°38'50"	9,8
25	26	305°19'50"	9,56	171	172	128°52'38"	20,95	296	297	334°30'38"	99,27
26	27	348°49'40"	18,4	172	173	129°31'40"	22,97				
27	28	357°47'4"	26,62	173	174	113°20'27"	10,06				
28	29	61°42'	16,6	174	175	96°13'39"	8,43				
29	30	103°21'	26,46	175	176	78°50'34"	10,25				
30	31	163°32'2"	14,73	176	177	52°29'51"	8,93				
31	32	22°47'47"	16,85	177	178	40°24'54"	20,37				
32	33	27°25'4"	17,28	178	179	40°48'38"	20,08				
33	34	28°44'41"	17,11	179	180	42°54'23"	24,9				
34	35	29°45'5"	22,09	180	181	39°20'33"	15,77				
35	36	31°15'21"	19,92	181	182	37°11'24"	14,65				
36	37	32°59'28"	22,72	182	183	20°18'42"	12,84				
37	38	33°53'1"	12,15	183	184	30°30'8"	7,5				
38	39	27°59'48"	12,18	184	185	53°4'10"	13,01				
39	40	19°32'5"	9,66	185	186	68°42'10"	18,97				
40	41	18°45'11"	9,08	186	187	73°38'38"	20,5				
41	42	27°50'50"	7,29	187	188	78°28'31"	24,12				
42	43	52°57'14"	7,22	188	189	79°12'14"	20,98				
43	44	68°34'54"	7,36	189	190	78°7'13"	23,76				
44	45	82°22'30"	14,87	190	191	78°34'34"	18,38				
45	46	95°33'58"	17,29	191	192	82°26'18"	21,2				
46	47	88°45'22"	15,03	192	193	87°40'04"	18,97				
47	48	58°32'33"	8,34	193	194	83°52'31"	16,79				
48	49	32°40'38"	8,64	194	195	72°22'3"	17,23				
49	50	22°14'31"	17,27	195	196	62°28'27"	14,77				
50	51	18°50'11"	18,88	196	197	54°30'48"	23,56				
51	52	19°11'42"	18,92	197	198	52°48'47"	20,34				
52	53	32°34'3"	11,27	198	199	62°17'22"	22,12				
53	54	49°52'42"	13,4	199	200	63°52'22"	17,61				
54	55	61°59'58"	27,39	200	201	67°32'36"	17,95				
55	56	67°42'42"	23,54	201	202	64°27'17"	20				
56	57	82°22'7"	7,48	202	203	65°37'8"	10,53				
57	58	62°29'07"	25,53	203	204	78°03'17"	13,97				
58	59	58°43'8"	12,7								
59	60	49°58'25"	16,37								
60	61	42°28'54"	28,08								
61	62	42°24'45"	19,44								
62	63	42°14'11"	23,72								
63	64	48°37'29"	15,16								
64	65	39°21'5"	19,2								
65	66	28°28'49"	15,36								
66	67	13°10'49"	23,39								
67	68	11°10'46"	20,11								
68	69	22°41'4"	16,48								
69	70	27°51'24"	21,92								
70	71	28°12'45"	29								
71	72	20°11'45"	12,87								
72	73	13°15'30"	21,08								
73	74	15°41'48"	13,32								
74	75	15°45'10"	16,78								
75	76	17°18'53"	17,48								
76	77	20°48'9"	15,57								
77	78	28°02'27"	13,63								
78	79	30°33'18"	21,94								
79	80	37°22'31"	13,58	204	205	87°48'4"	13,09				
80	81	58°10'52"	13,57	205	206	80°19'40"	16,57				
81	82	78°21'2"	8,07	206	207	82°28'51"	14,7				
82	83	102°07'0"	8,89	207	208	76°41'56"	15,4				
83	84	128°53'44"	10,3	208	209	72°47'27"	18,88				
84	85	142°32'14"	10,99	209	210	69°22'41"	16,27				
85	86	169°10'	12,64	210	211	66°57'27"	13,63				
86	87	187°33'44"	16,61	211	212	58°59'59"	13,71				
87	88	199°11'28"	21,47	212	213	57°29'3"	13,12				
88	89	189°8'	14,07	213	214	79°13'41"	10,38				
89	90	171°35'16"	11,77	214	215	69°47'16"	11,27				
90	91	158°17'49"	7,25	215	216	111°33'13"	12,74				
91	92	140°38'10"	7,41	216	217	121°47'9"	20,95				
92	93	110°55'44"	11,21	217	218	121°28'9"	13,51				
93	94	89°19'11"	19,87	218	219	122°44'41"	22,58				
94	95	88°14'07"	19,88	219	220	101°51'38"	19,15				
95	96	77°45'50"	17,29	220	221	123°38'51"	20,88				
96	97	69°14'34"	9,13	221	222	127°21'40"	19,36				
97	98	54°22'6"	12,67	222	223	127°31'1"	16,08				
98	99	47°21'51"	14,81	223	224	128°29'28"	11,25				
99	100	44°42'47"	16,5	224	225	129°23'	10,58				
100	101	42°29'50"	17,65	225	226	140°25'1"	17,84				
101	102	44°39'10"	26,02	226	227	144°57'3"	9,57				
102	103	42°28'14"	24,87	227	228	160°51'22"	12,35				
103	104	41°12'9"	18,6	228	229	167°24'20"	11,08				
104	105	40°42'46"	11,25	229	230	169°35'	19,81				
105	106	48°44'14"	13,82	230	231	169°22'4"	9,12				
106	107	54°15'13"	12,96	231	232	153°37'38"	6,52				
107	108	62°30'30"	14,34	232	233	128°51'28"	7,24				
108	109	69°28'54"	12,2	233	234	94°50'57"	8,91				
109	110	79°52'58"	15,46	234	235	80°50'47"	7,99				
110	111	87°15'37"	18,58	235	236	69°49'27"	9,55				
111	112	82°53'22"	17,06	236	237	62°38'10"	5,67				
112	113	85°7'45"	20,88	237	238	45°7'33"	12,89				
113	114	81°52'	19,37	238	239	19°43'22"	15,31				
114	115	74°48'12"	16,13	239	240	13°30'47"	20,11				
115	116	83°9'47"	10,89	240	241	15°15'11"	16,83				
116	117	90°38'7"	21,47	241	242	26°38'18"	14,93				
117	118	90°24'9"	18,28	242	243	37°45'7"	22,32				
118	119	98°48'49"	20,22	243	244	44°0'56"	15,47				
119	120	108°30'19"	15,08	244	245	48°33'44"	16,7				
120	121	117°0'58"	16,53	245	246	45°13'33"	18,71				
121	122	126°14'37"	16,93	246	247	42°57'54"	21,28				
122	123	130°32'5"	18,27	247	248	44°50'13"	18,64				
123	124	133°27'4"	22,73	248	249	43°54'48"	18,34				
124	125	129°14'34"	9,59	249	250	48°57'29"	8,87				
125	126	116°47'39"	10,28	250							



PLANTA-PERFIL

ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



PROYECTO:  
**PAVIMENTACION DE LA  
CARRETERA EL CHOCOLATE**

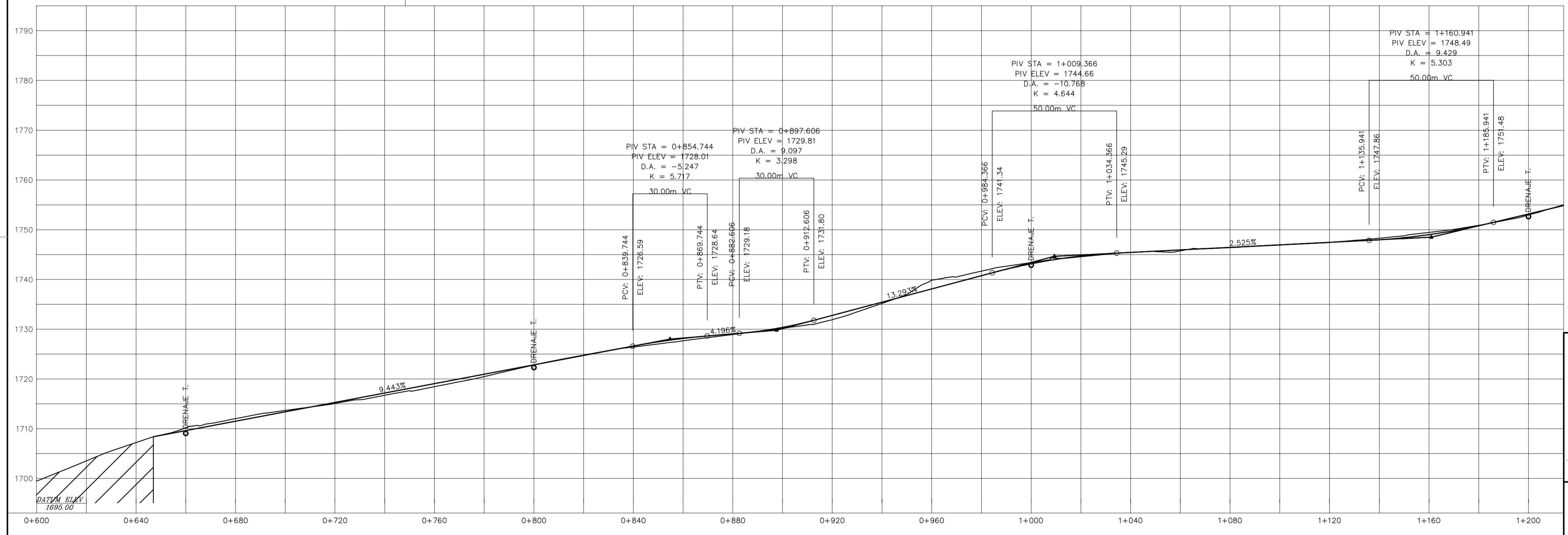
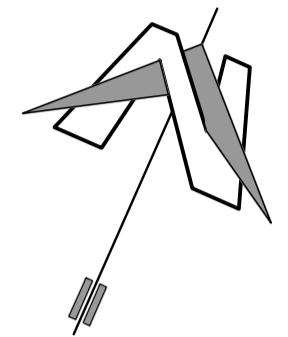
UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE

PLANO DE:  
**PLANTA - PERFIL  
0+000.00 - 0+600.00**

FECHA: FEBRERO 2014  
ESCALA: INDICADA  
DISEÑO: EDGAR MALDONADO  
CALCULO: EDGAR MALDONADO  
REVISO: ING. ÁNGEL SIC  
DIBUJO: EDGAR MALDONADO

No. HOJA:  
**02**  
14

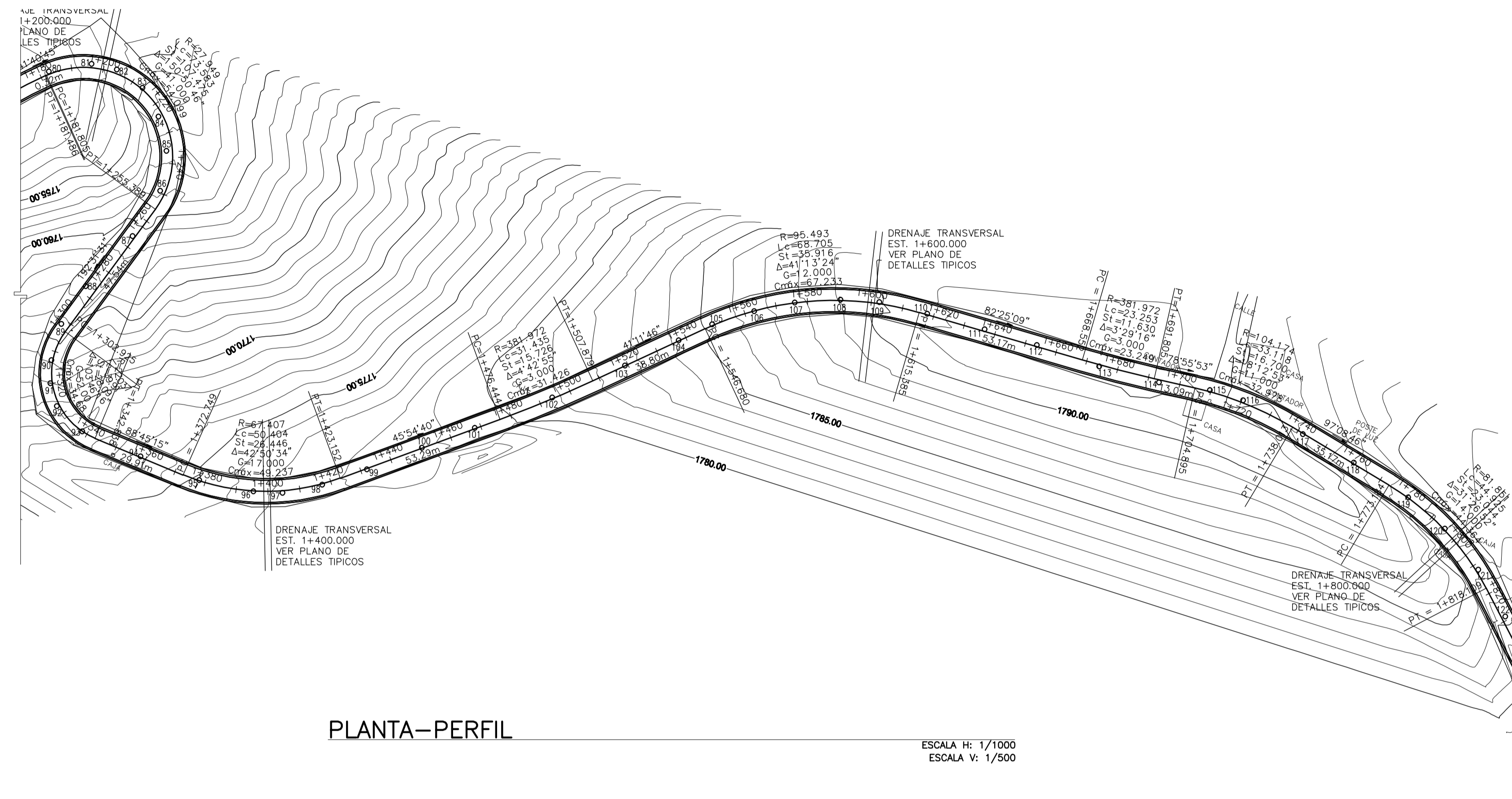
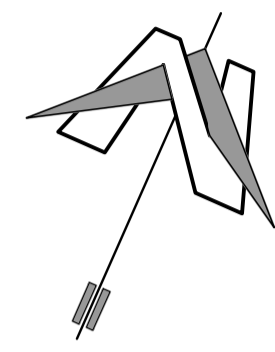
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA



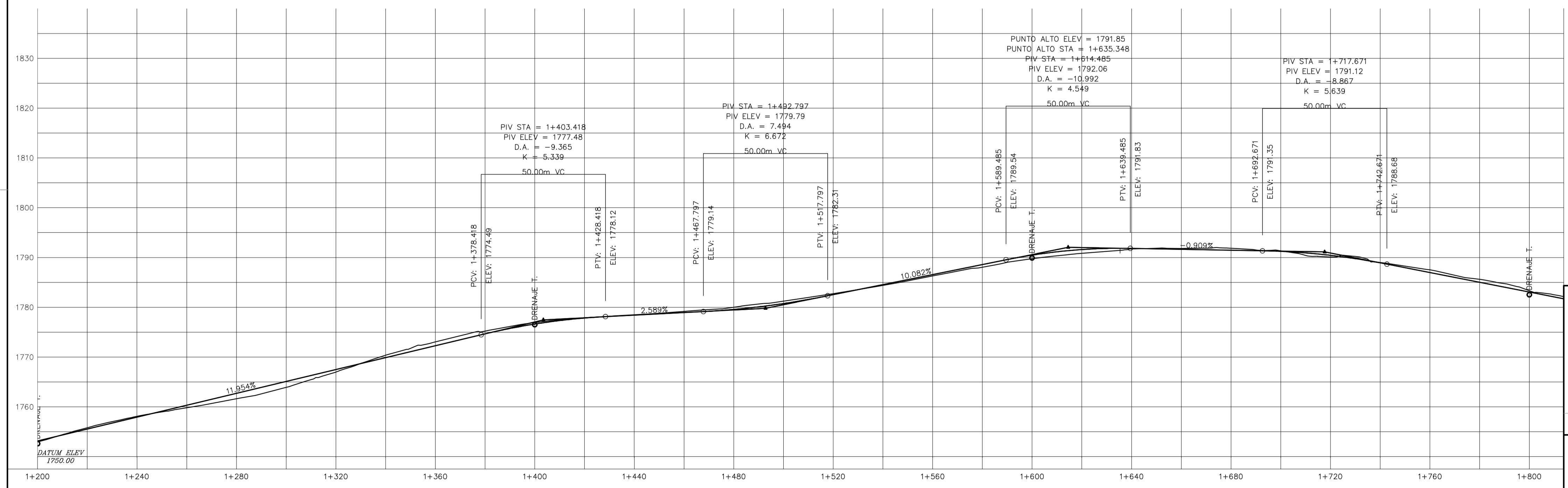
PROYECTO:	PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE	
UBICACION:	CASERIO EL CHOCOLATE	
PLANO DE:	PLANTA - PERFIL 0+600.00 - 1+200.00	
FECHA:	FEBRERO 2014	No. HOJA:
ESCALA:	INDICADA	03
DISEÑO:	EDGAR MALDONADO	14
CALCULO:	EDGAR MALDONADO	
REVISO:	ING. ÁNGEL SIC	
DIBUJO:	EDGAR MALDONADO	

Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

FECHA DE IMPRESIÓN: 07/02/2014 2:16 pm



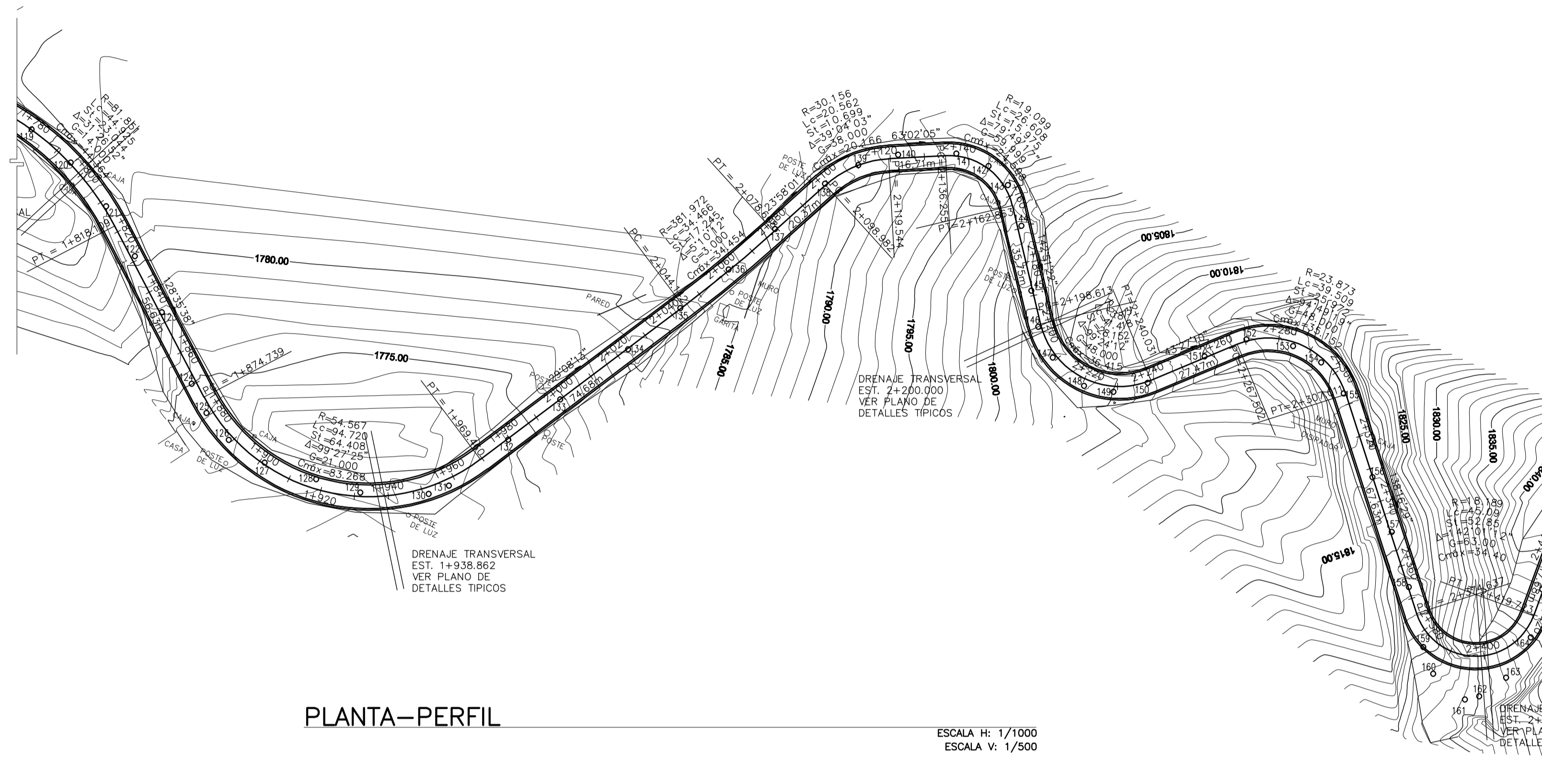
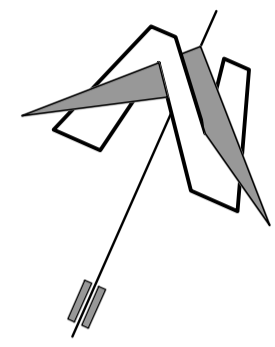
ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



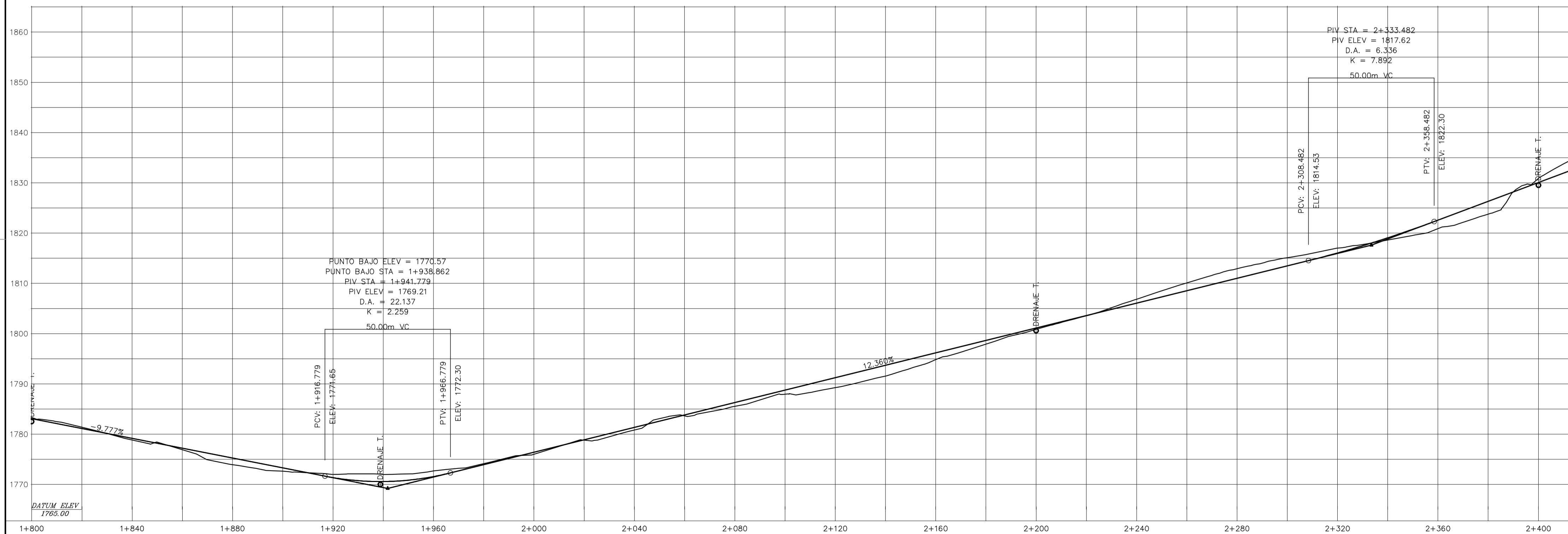
PROYECTO:		PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE	
UBICACION:		CASERIO EL CHOCOLATE	
PLANO DE:		PLANTA - PERFIL 1+200.00 - 1+800.00	
FECHA:	FEBRERO 2014	No. HOJA:	04
ESCALA:	INDICADA	DISEÑO:	EDGAR MALDONADO
		CALCULO:	EDGAR MALDONADO
		REVISO:	ING. ÁNGEL SIC
		DIBUJO:	EDGAR MALDONADO

Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

ESCALA DE IMPRESION: 1/200 2014 2:17 pm

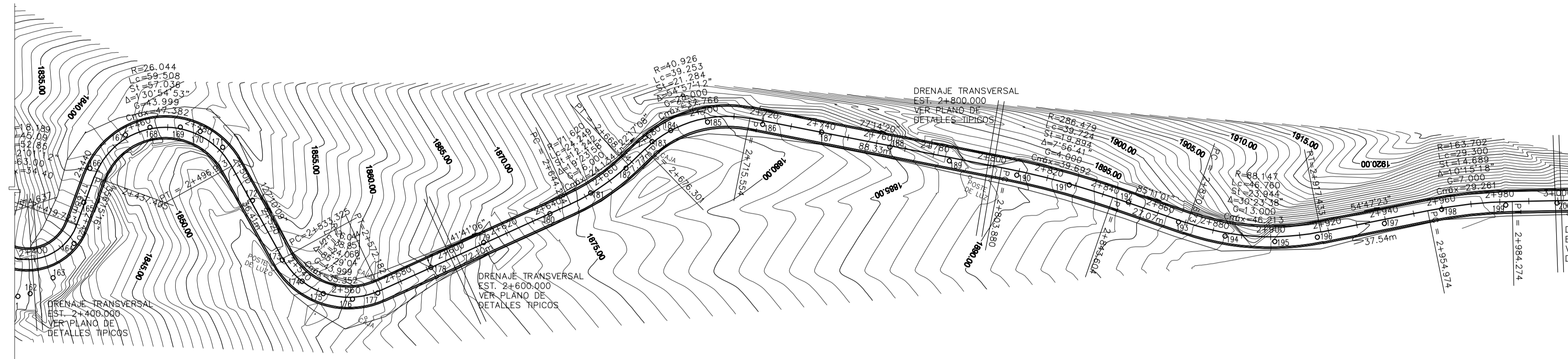
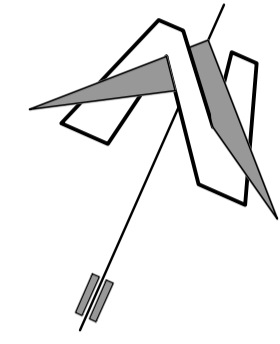


ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500

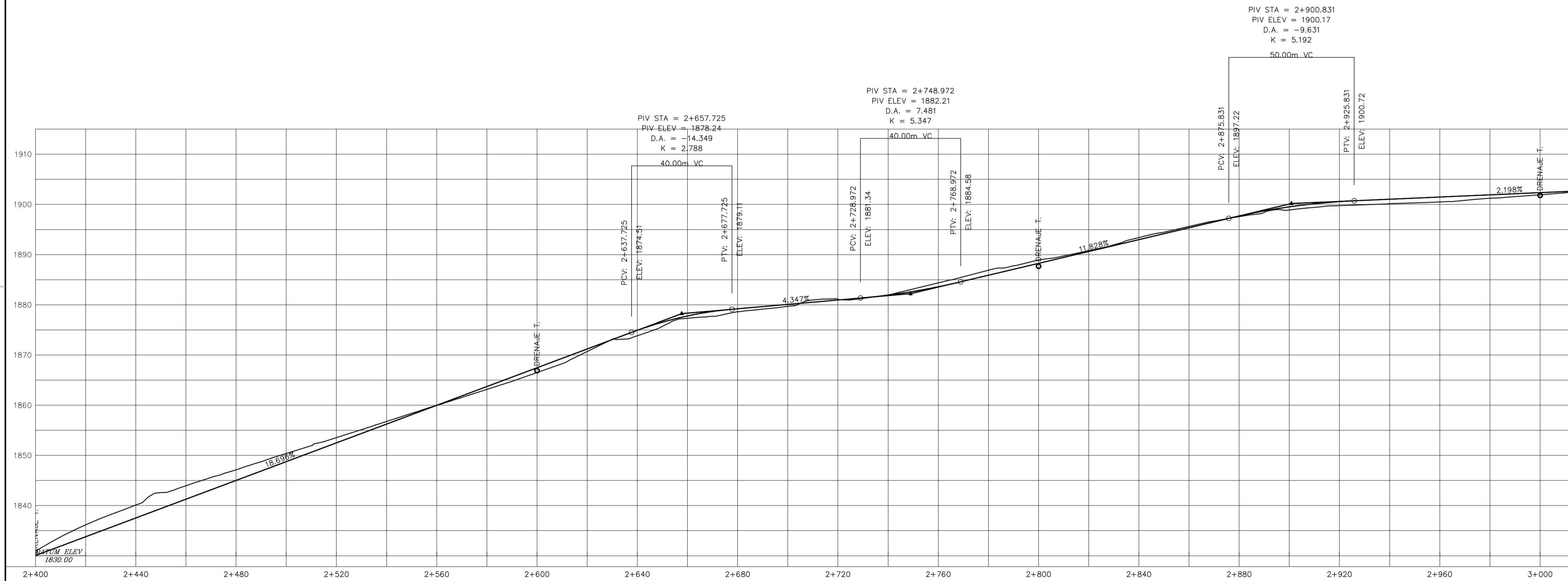


Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

ESCALA DE IMPRESION: 1/2000 2.19 mm

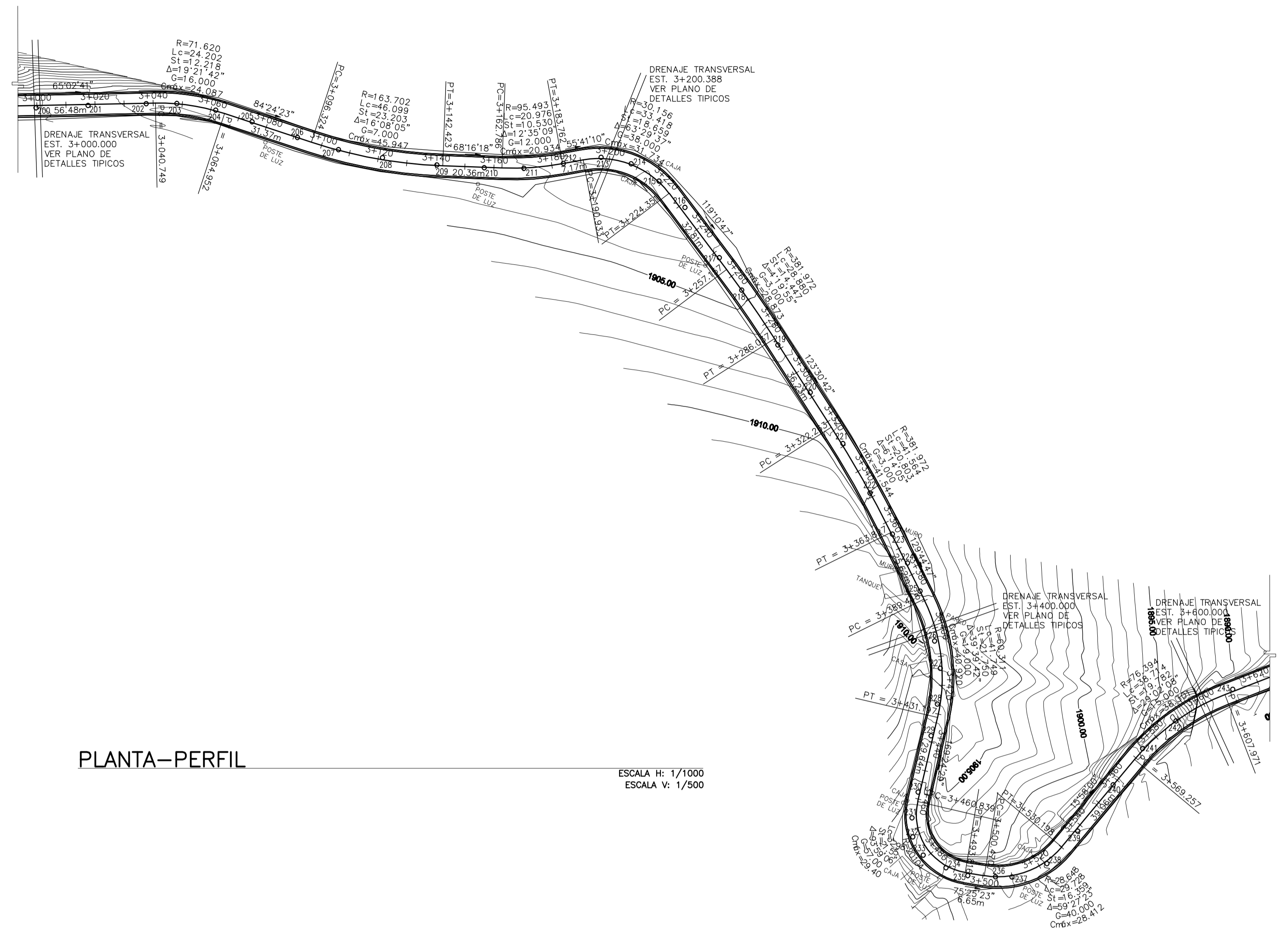
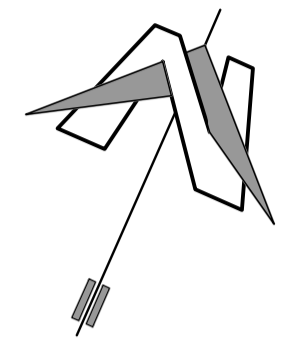


ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



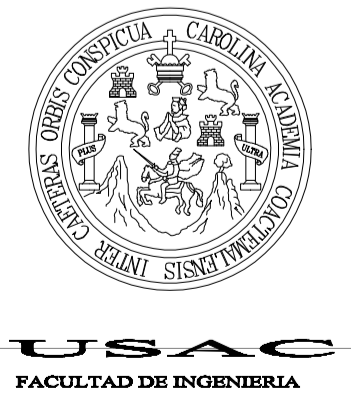
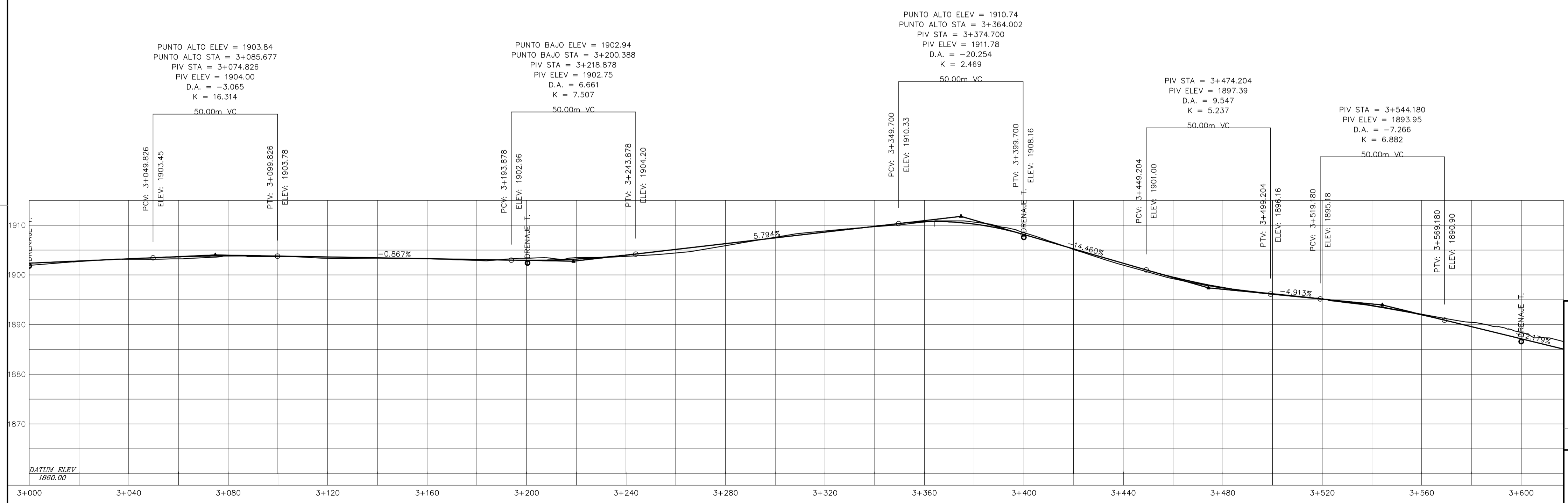
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

ESCALA DE IMPRESION: 1/2000 2014 2014 2014



PLANTA-PERFIL

ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



PROYECTO:  
**PAVIMENTACION DE LA  
CARRETERA EL CHOCOLATE**

UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE

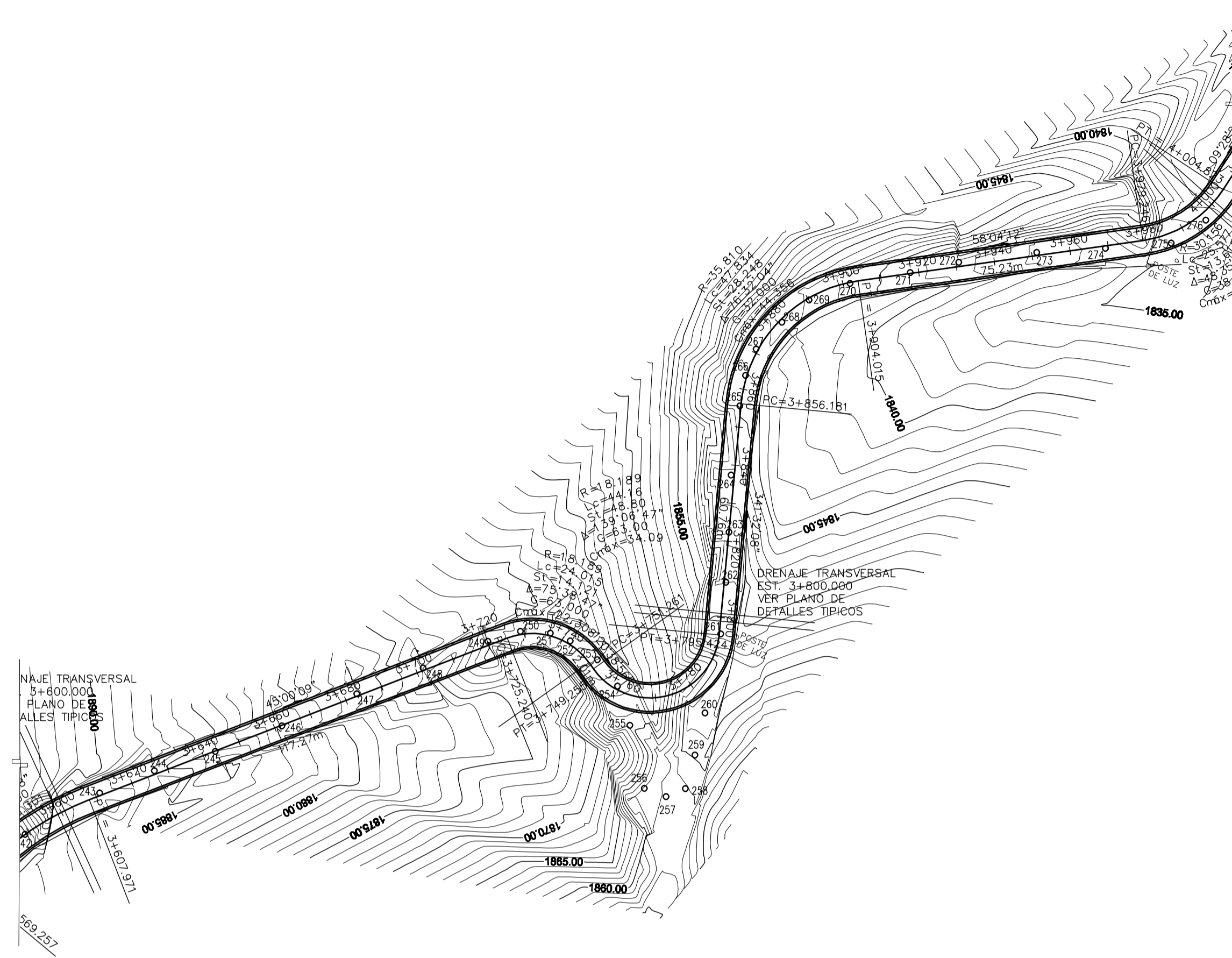
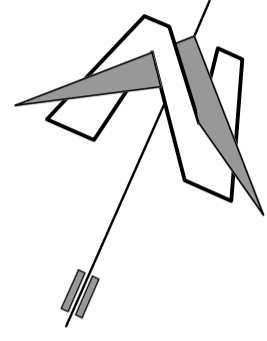
PLANO DE:  
**PLANTA - PERFIL  
3+000.00 - 3+600.00**

FECHA: FEBRERO 2014  
ESCALA: INDICADA  
DISEÑO: EDGAR MALDONADO  
CALCULO: EDGAR MALDONADO  
REVISO: ING. ÁNGEL SIC  
DIBUJO: EDGAR MALDONADO

No. HOJA:  
**07**  
14

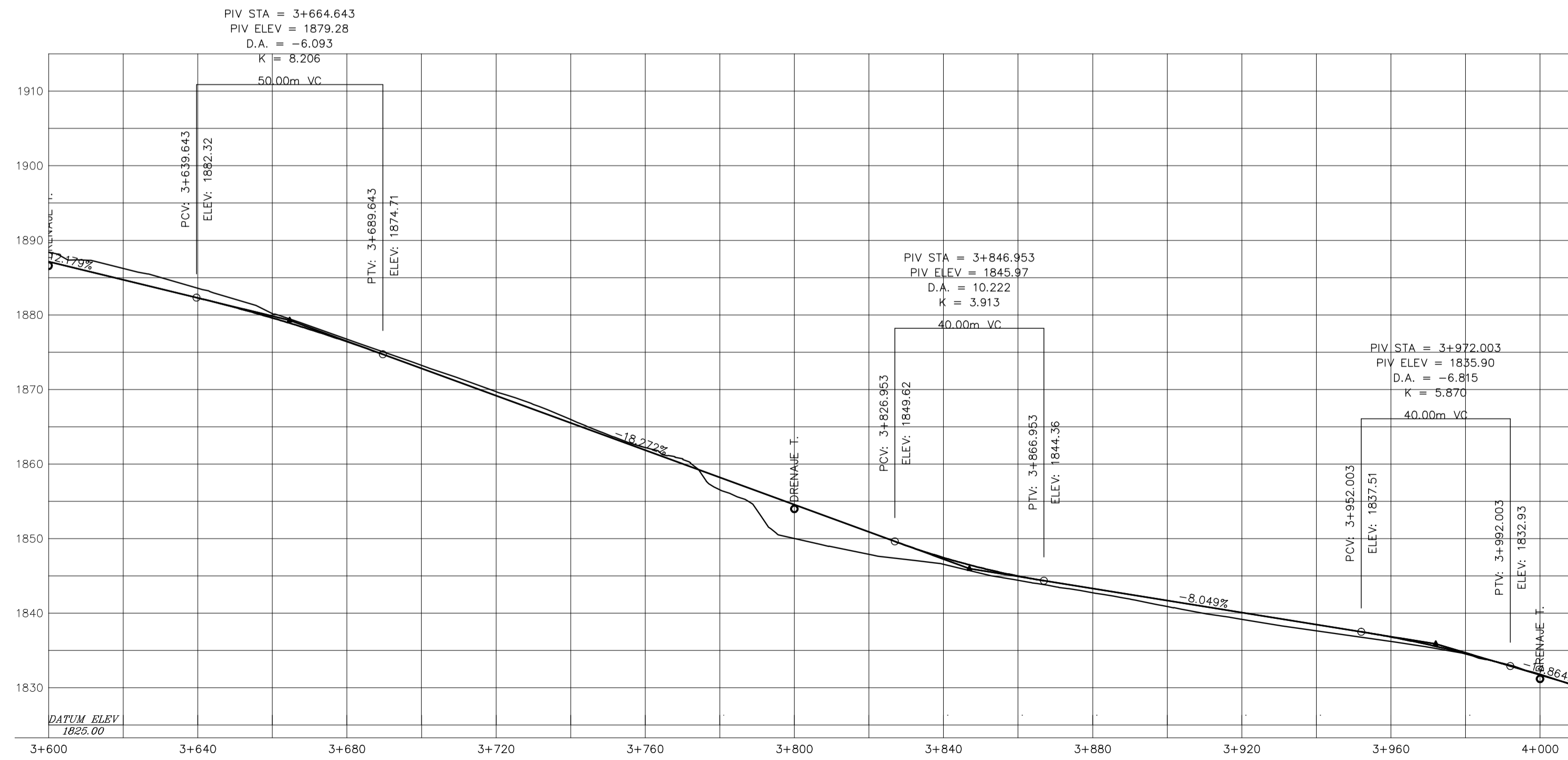
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA






PLANTA-PERFIL

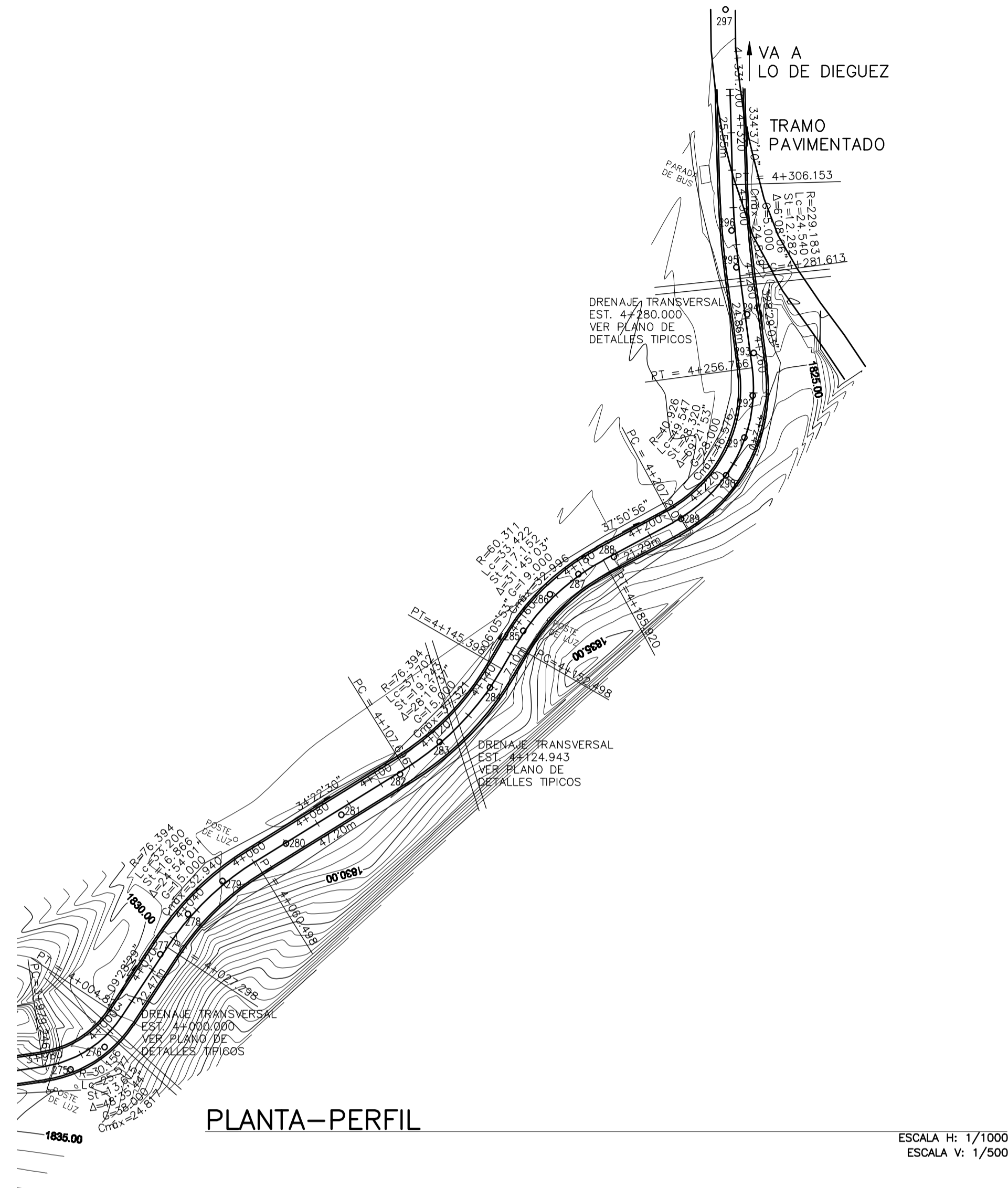
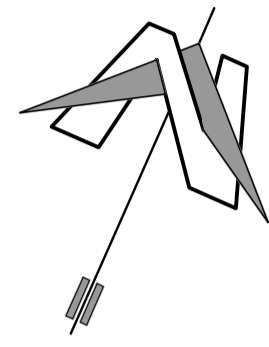
ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



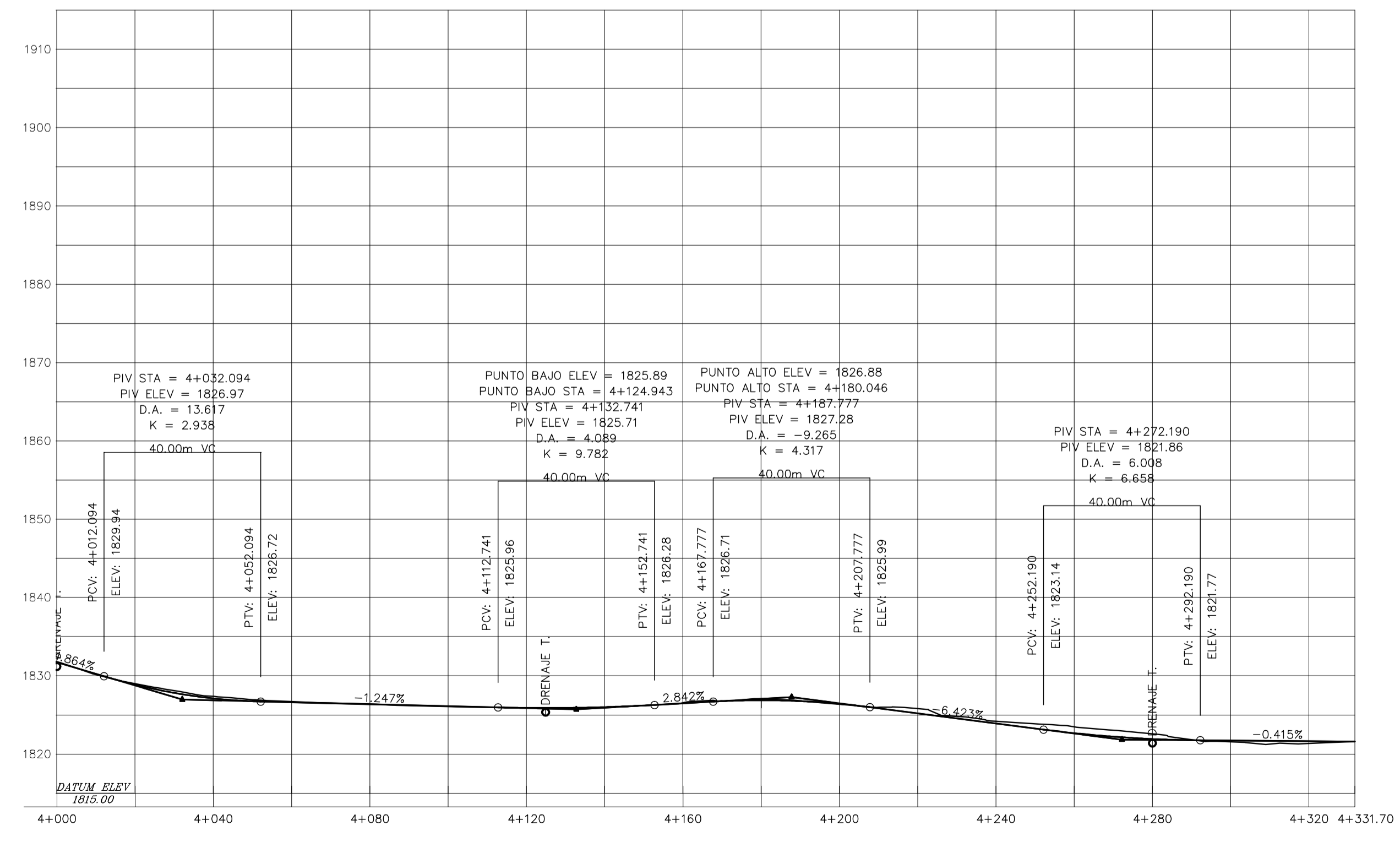
 <b>USAC</b> FACULTAD DE INGENIERIA	PROYECTO: <b>PAVIMENTACION DE LA          CARRETERA EL CHOCOLATE</b>
	UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE
	PLANO DE: <b>PLANTA - PERFIL          3+600.00 - 4+000.00</b>
	FECHA: FEBRERO 2014 ESCALA: INDICADA DISEÑO: EDGAR MALDONADO CALCULO: EDGAR MALDONADO REVISO: ING. ÁNGEL SIC DIBUJO: EDGAR MALDONADO
No. HOJA: <b>08</b> 14	

Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

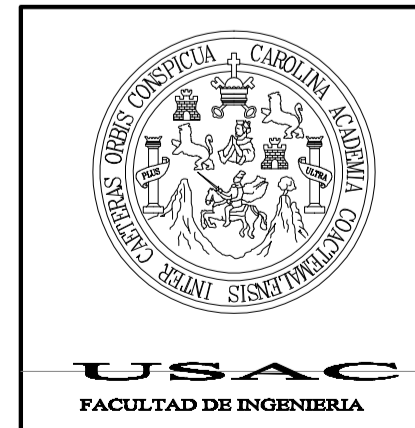
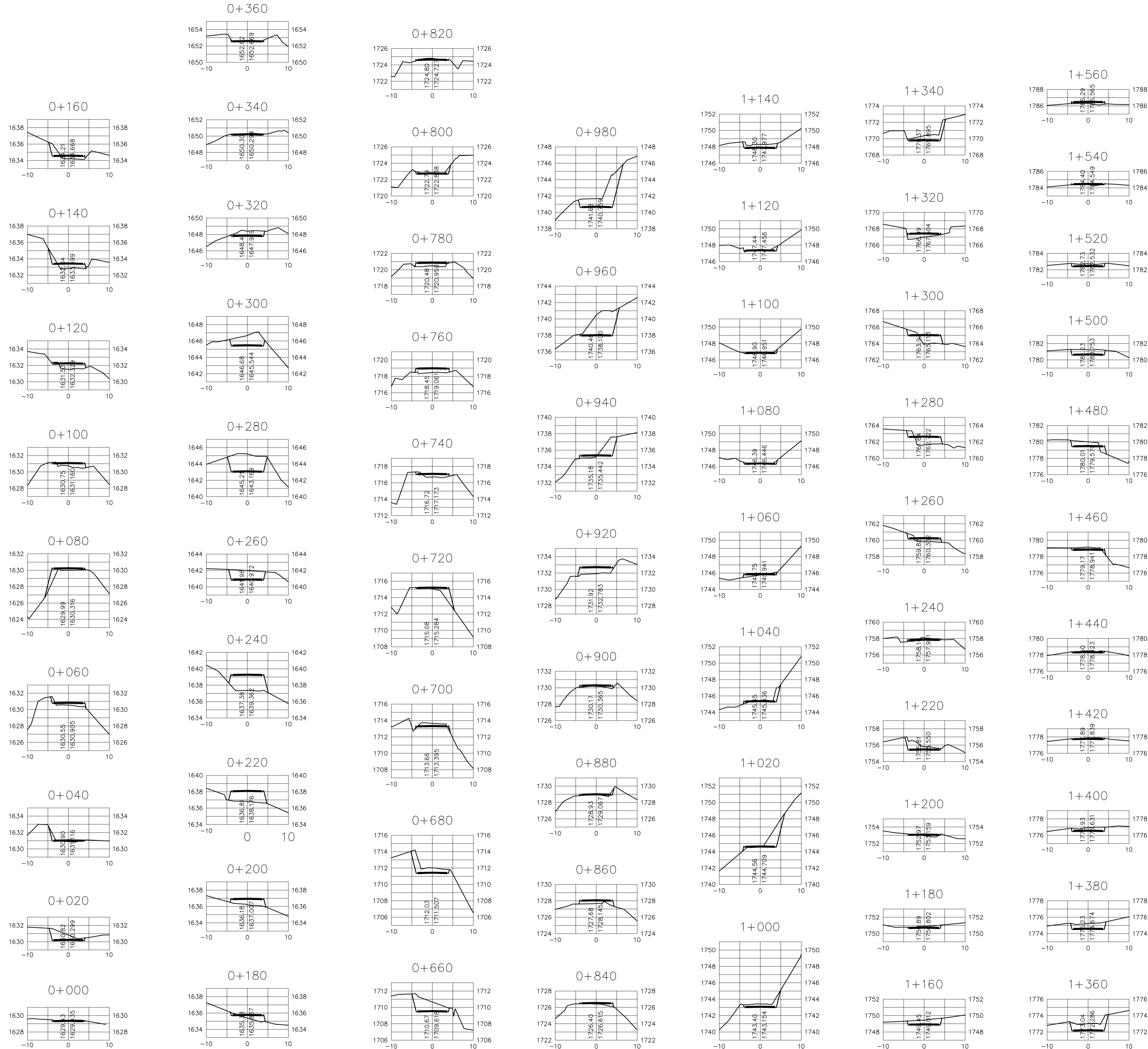
ESCALA DE IMPRESION: 1/25000



ESCALA H: 1/1000  
ESCALA V: 1/500



FECHA DE IMPRESION: 07/02/2014 2:05 pm



PROYECTO:  
**PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE**

UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE

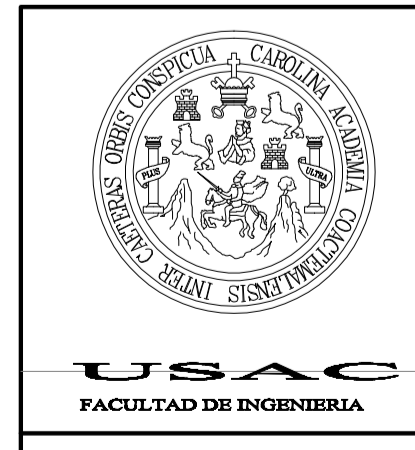
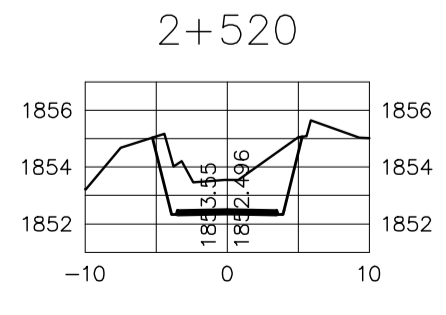
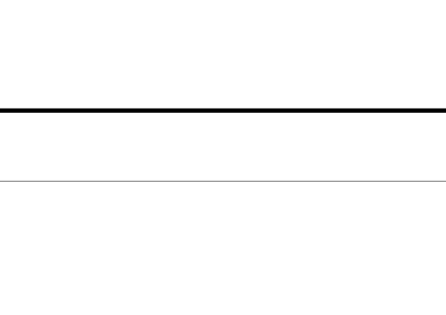
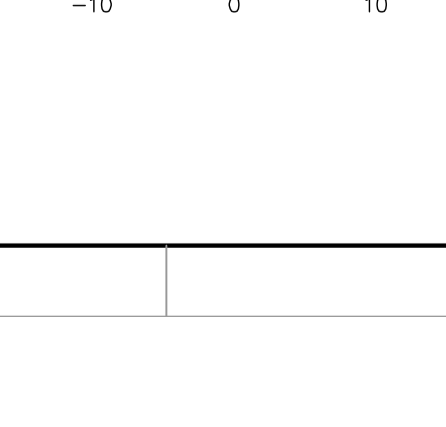
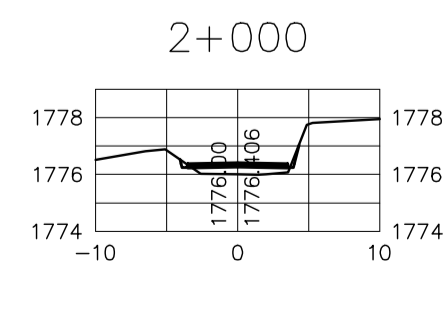
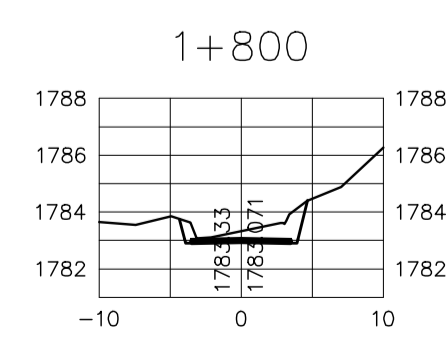
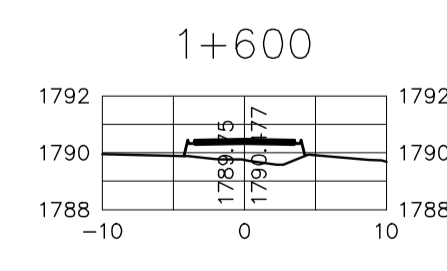
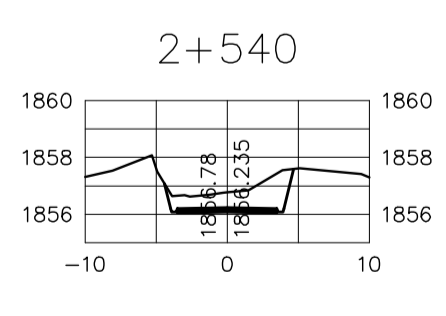
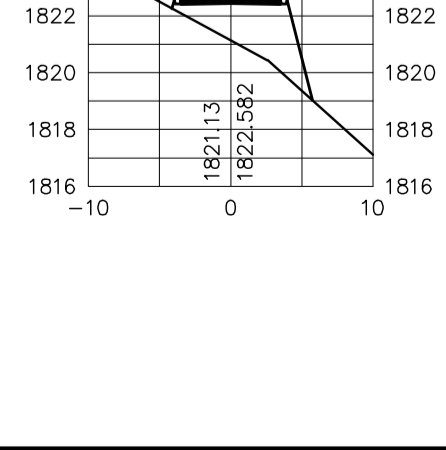
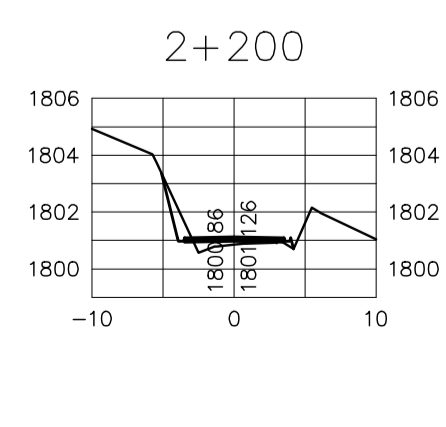
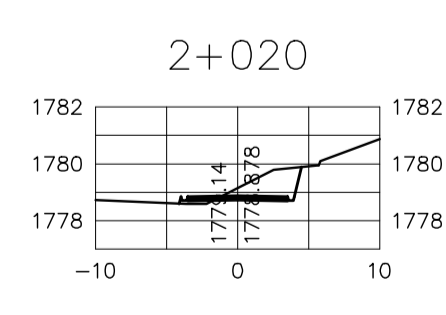
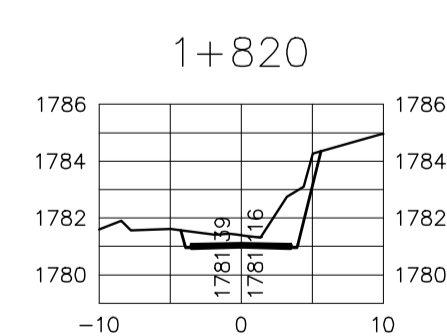
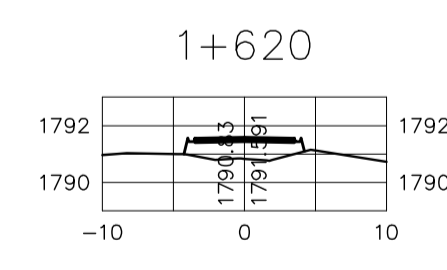
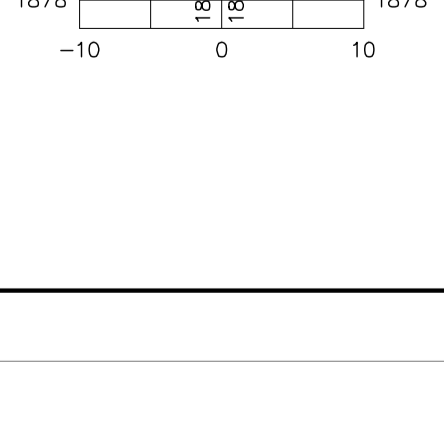
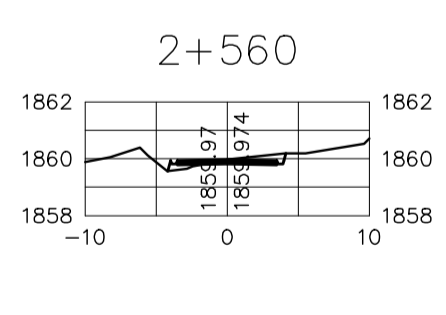
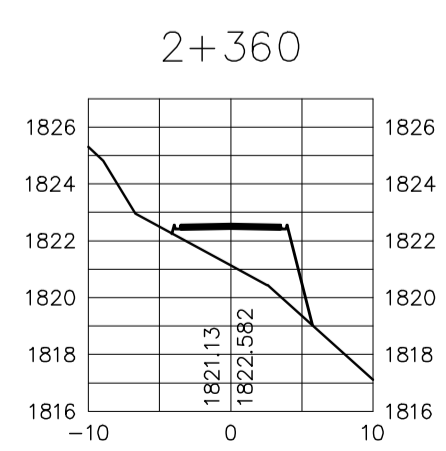
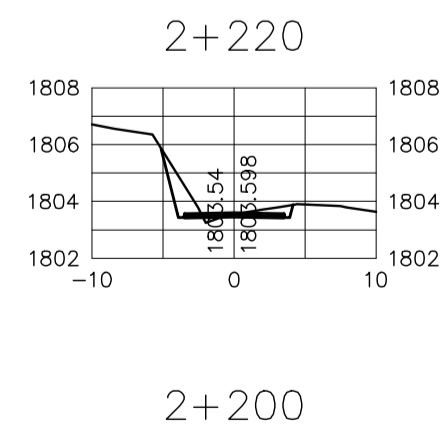
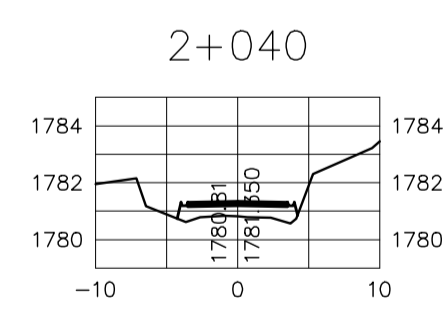
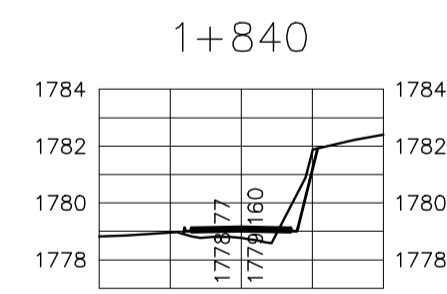
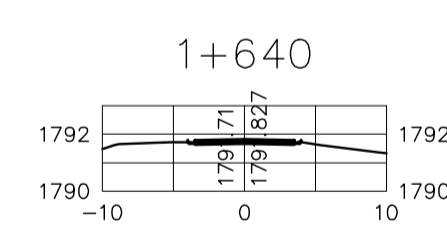
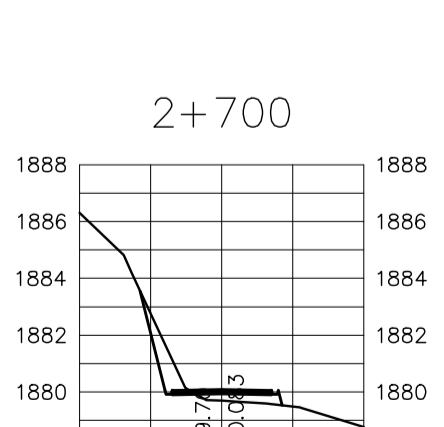
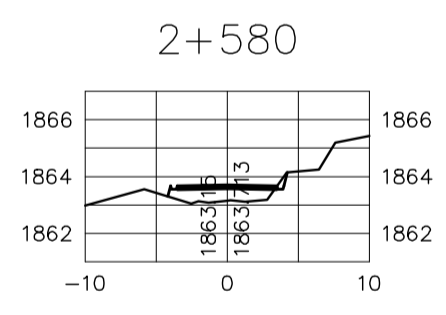
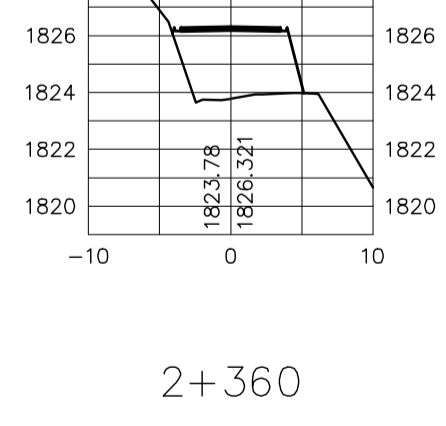
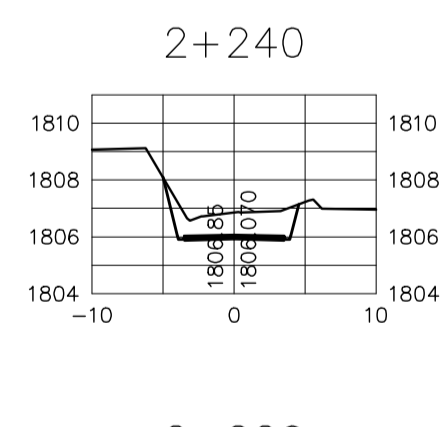
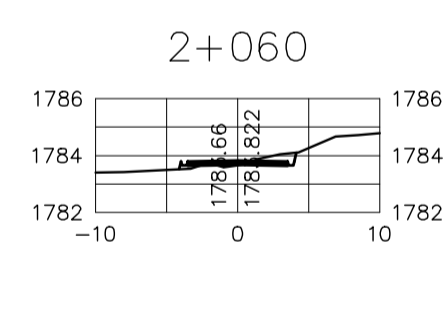
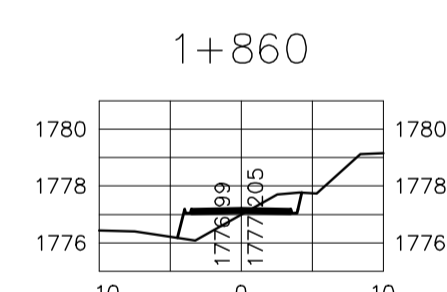
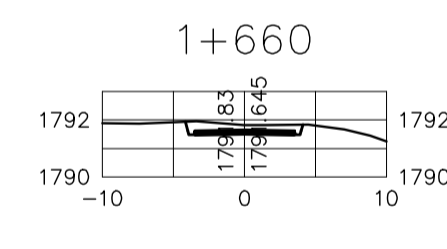
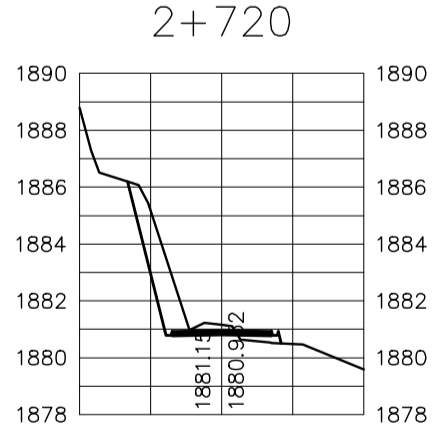
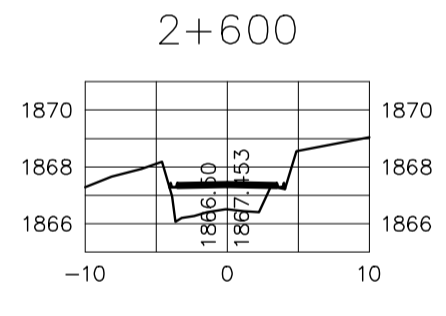
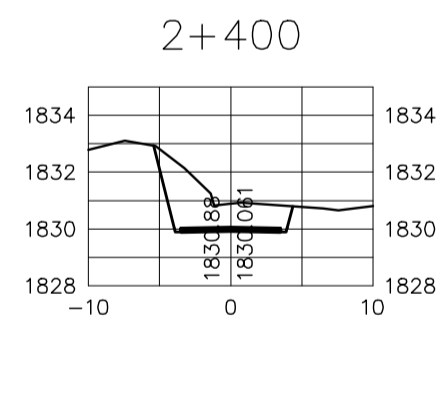
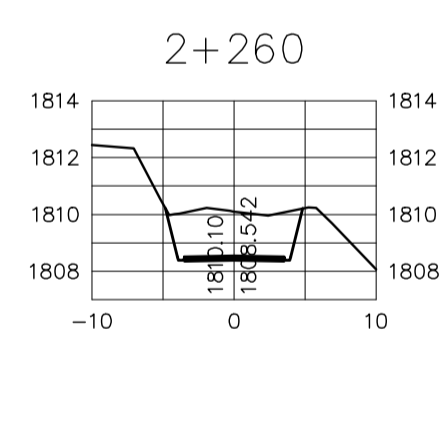
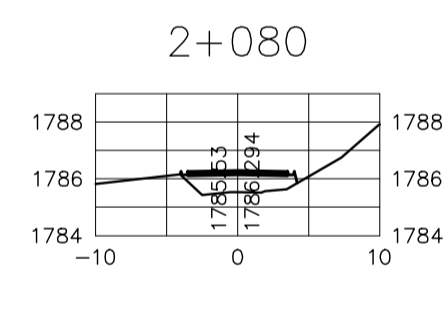
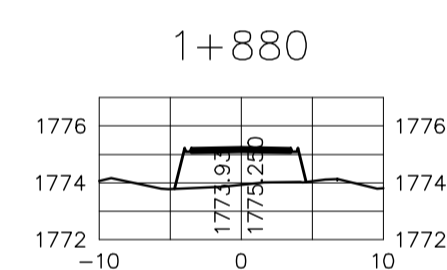
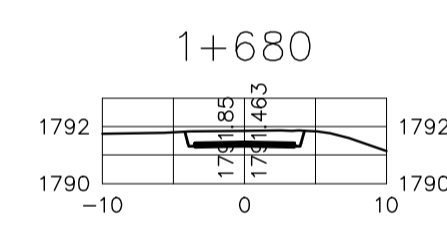
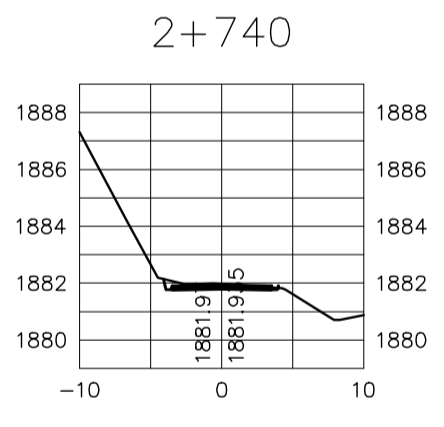
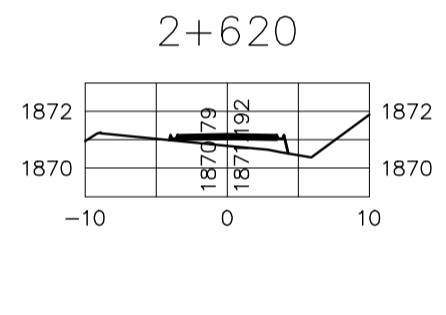
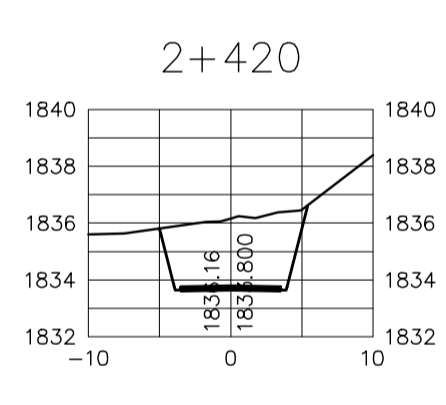
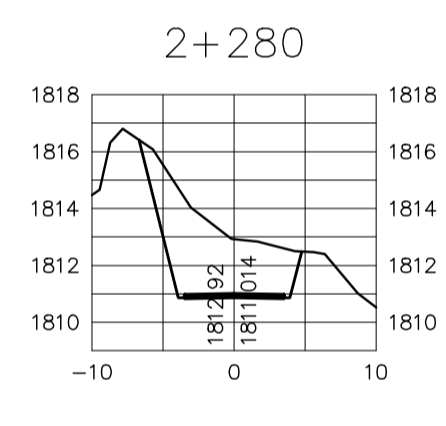
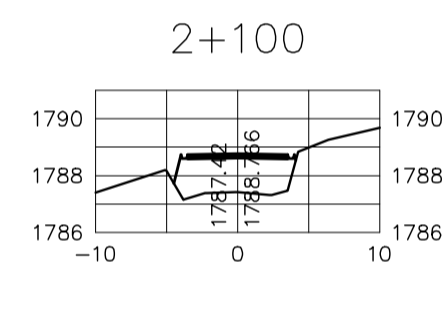
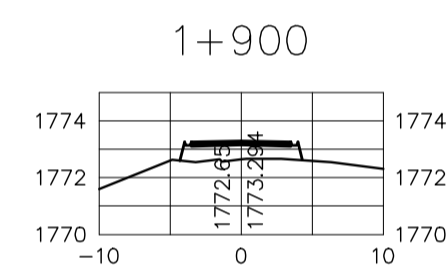
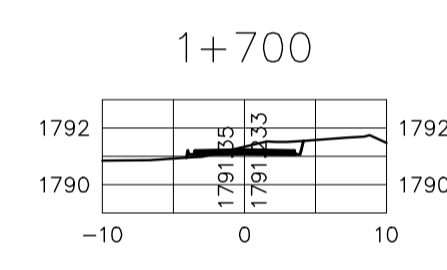
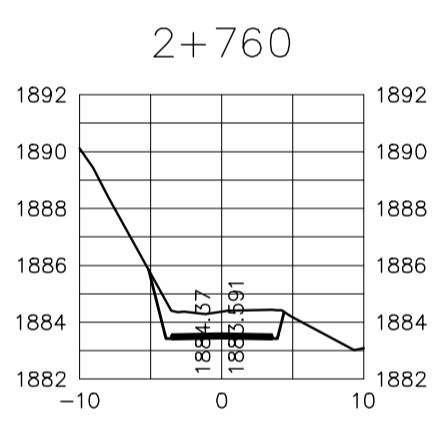
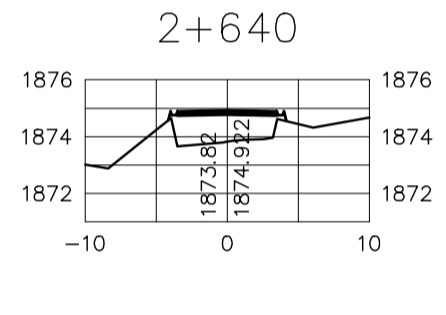
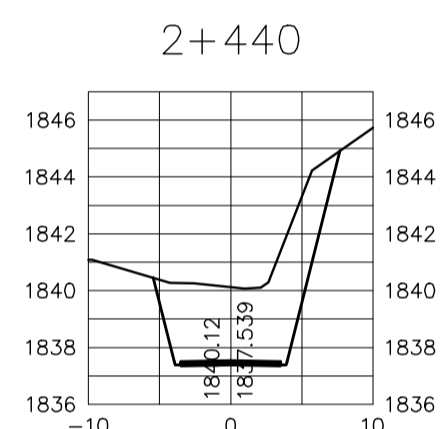
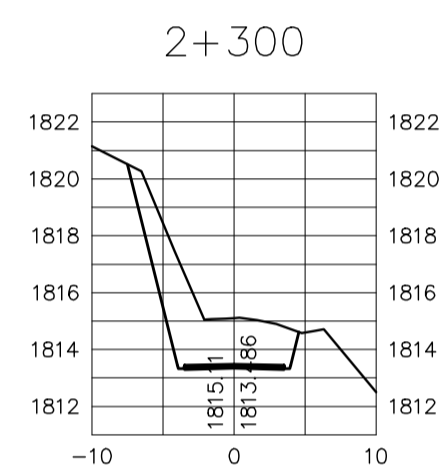
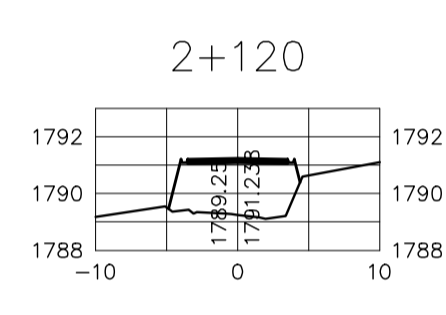
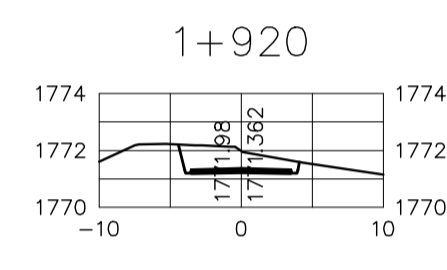
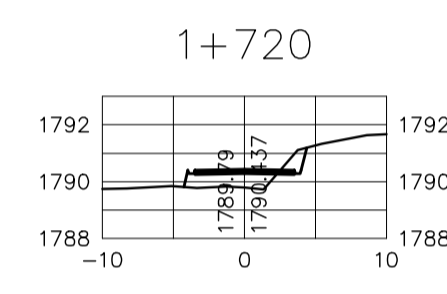
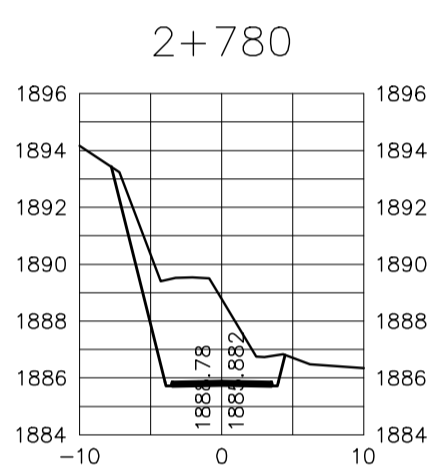
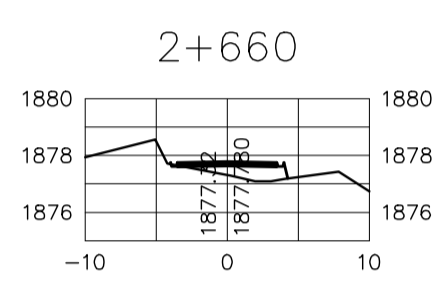
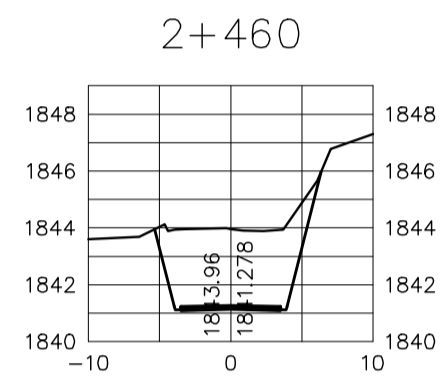
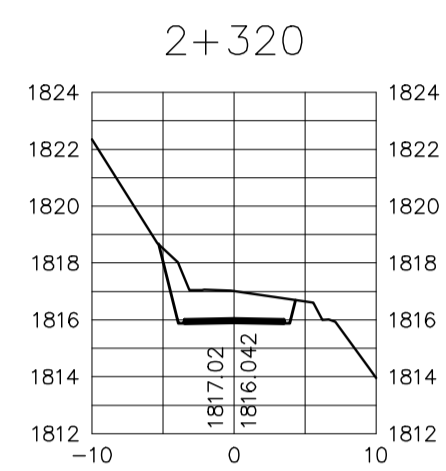
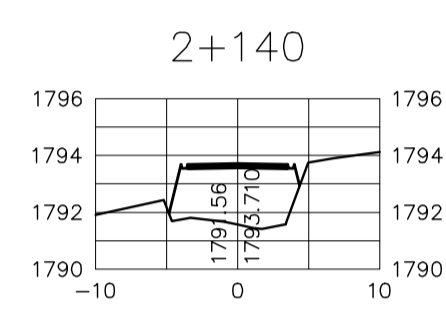
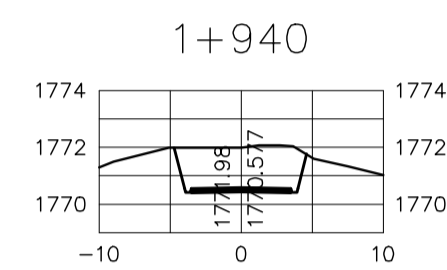
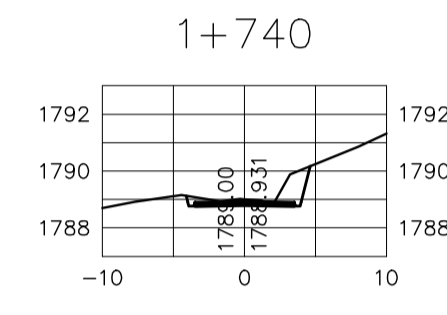
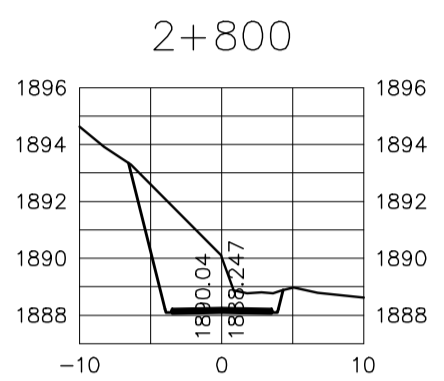
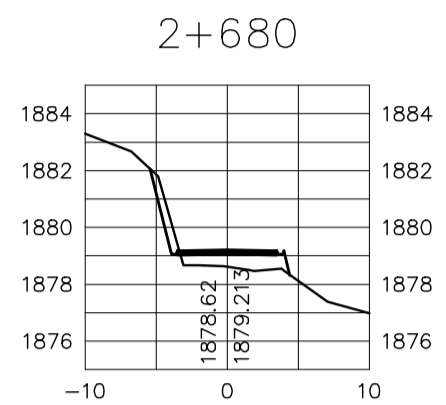
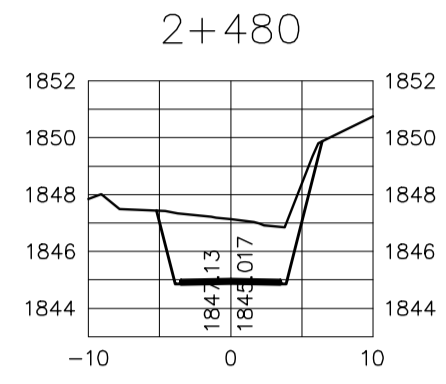
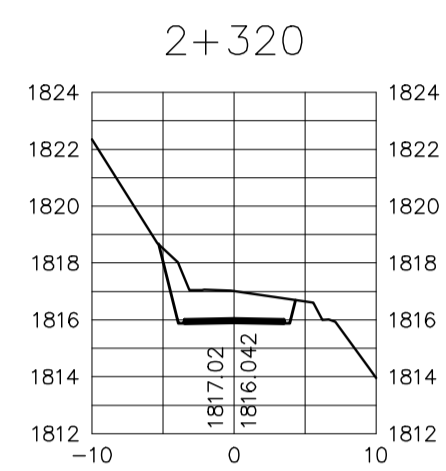
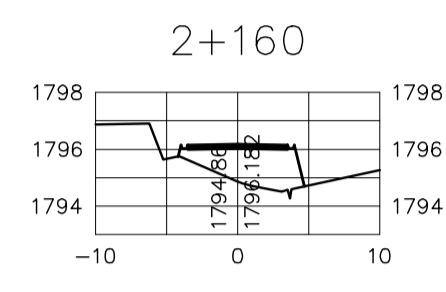
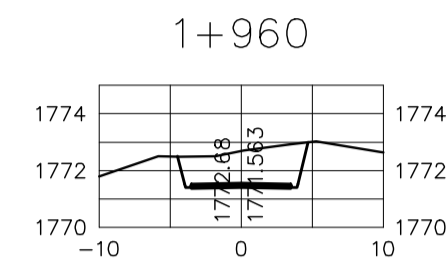
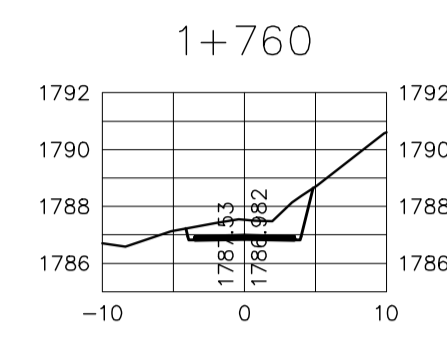
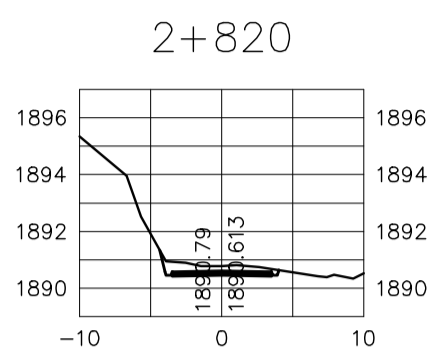
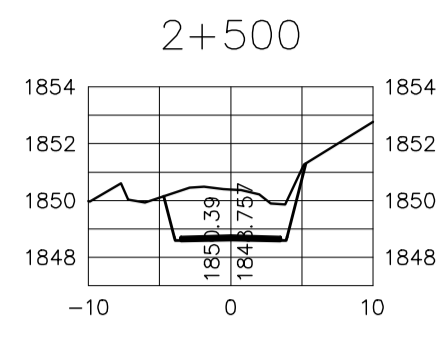
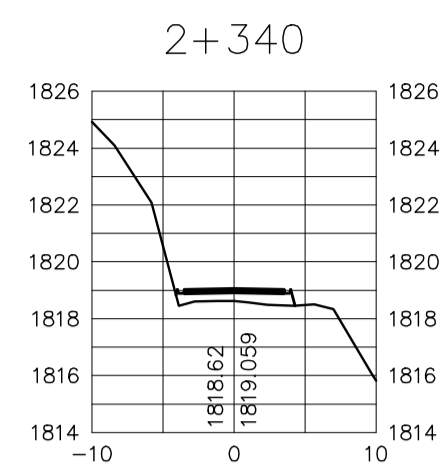
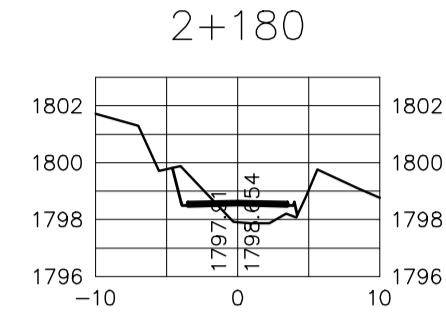
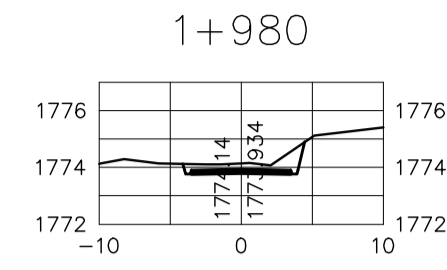
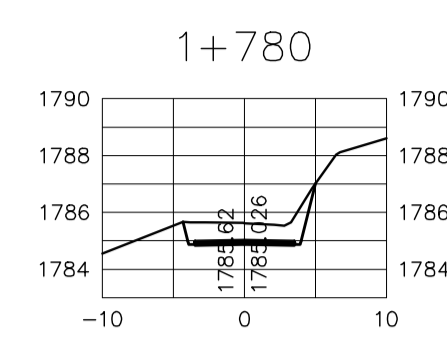
PLANO DE:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

FECHA: FEBRERO 2014  
 ESCALA: H: 1/500  
 V: 1/250  
 DISEÑO: EDGAR MALDONADO  
 CALCULO: EDGAR MALDONADO  
 REVISO: ING. ÁNGEL SIC  
 DIBUJO: EDGAR MALDONADO

Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

No. HOJA:  
**10**  
14

ESCALA DE REPRESENTACION: 1/250 (H) 1/500 (V)



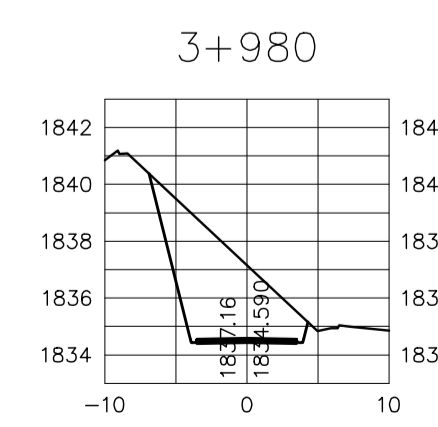
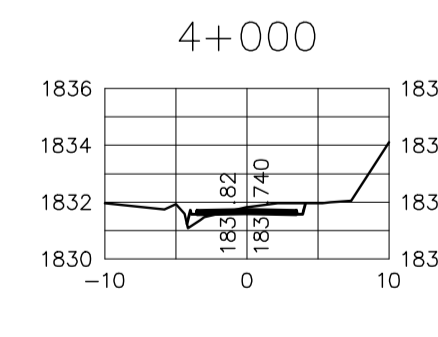
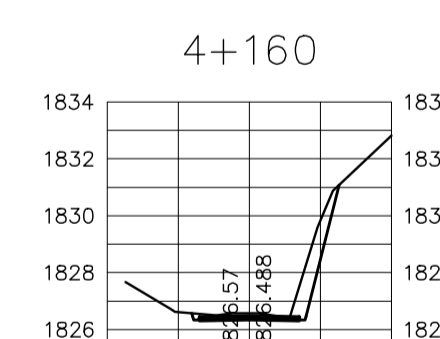
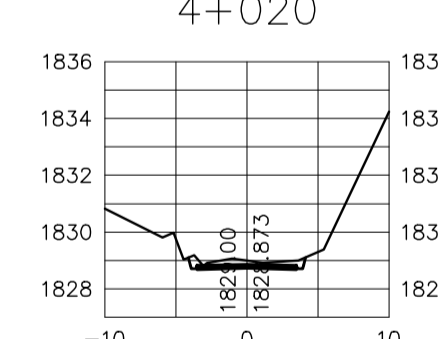
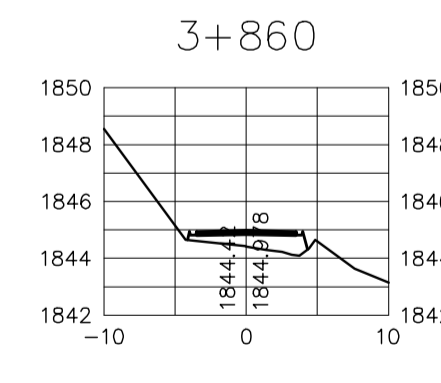
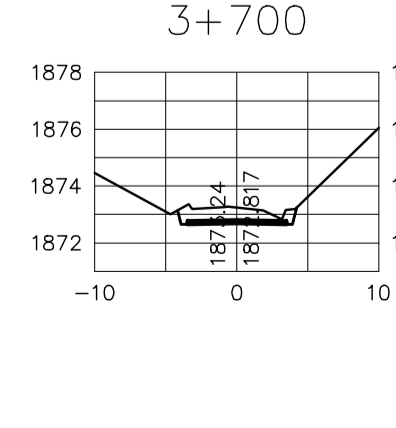
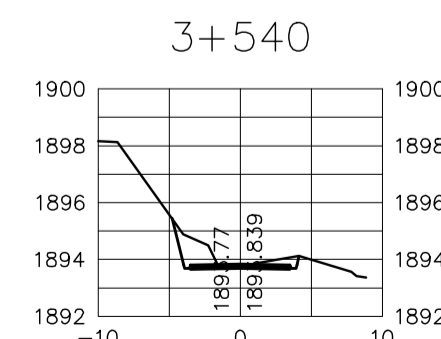
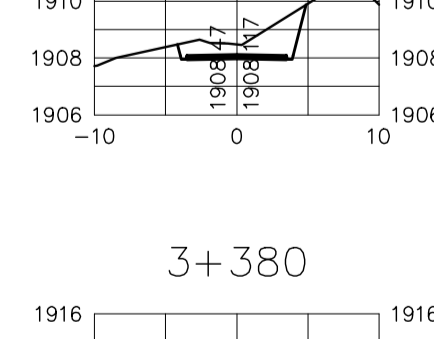
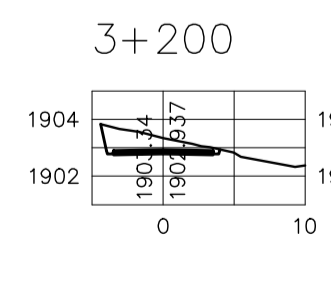
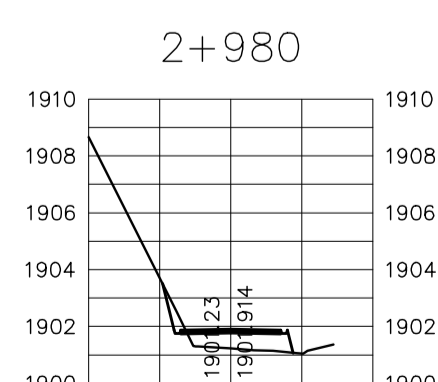
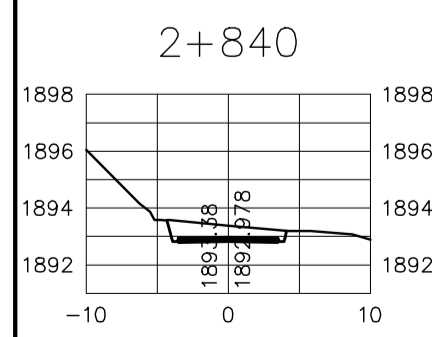
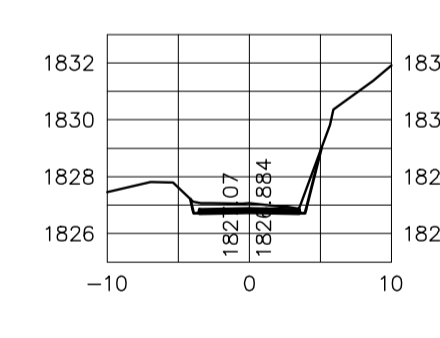
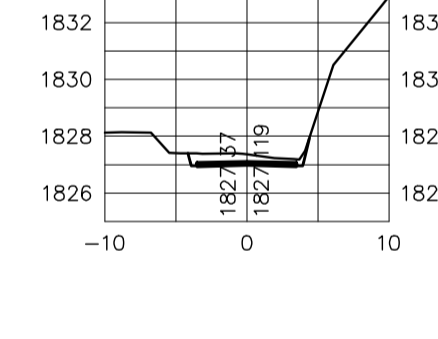
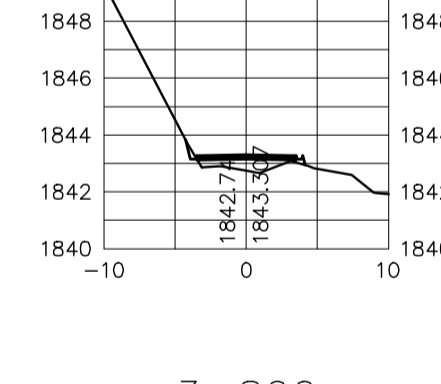
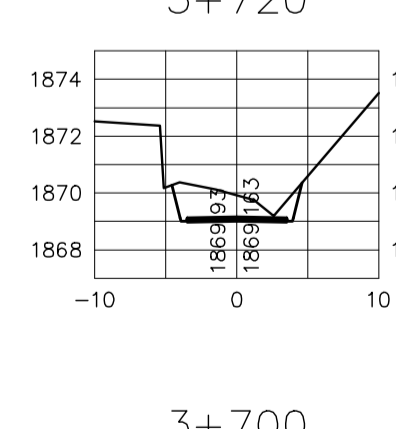
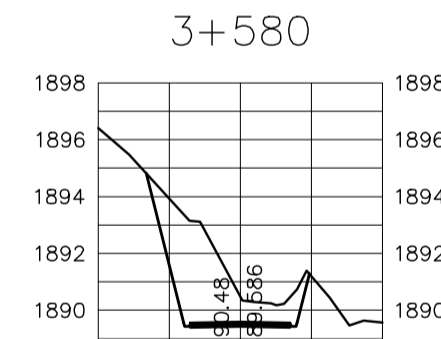
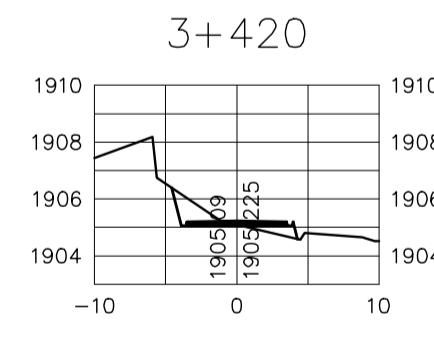
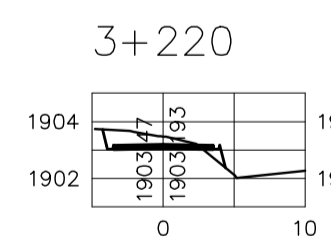
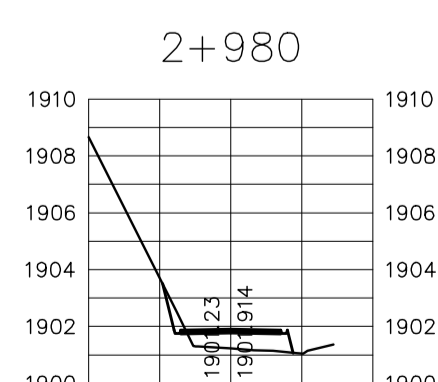
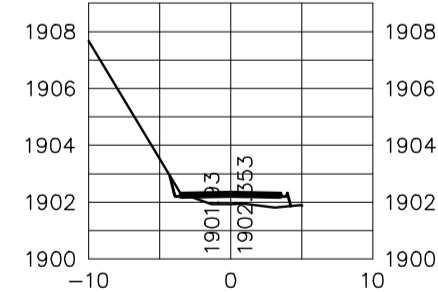
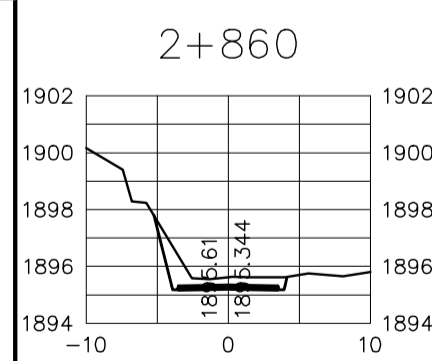
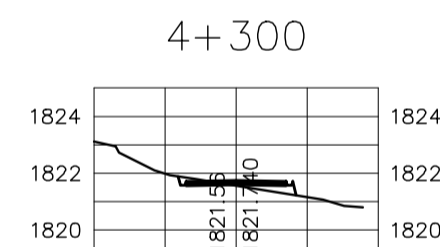
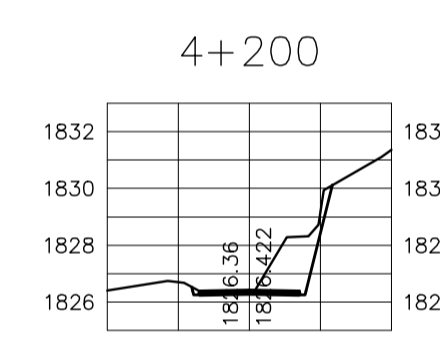
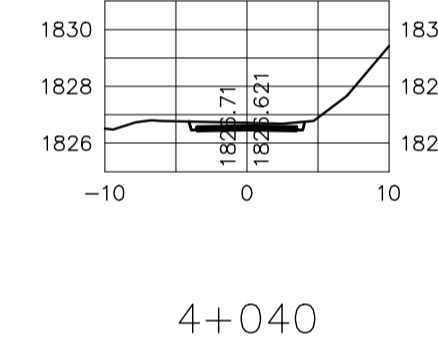
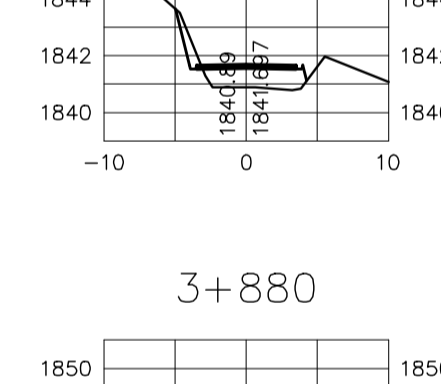
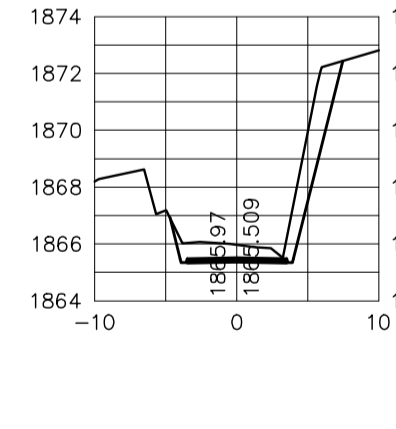
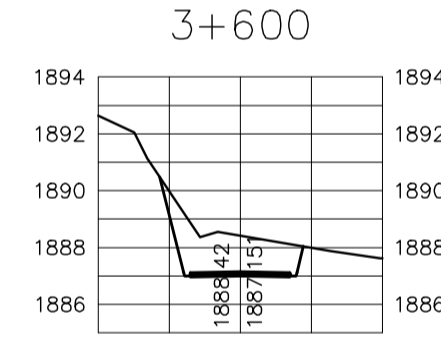
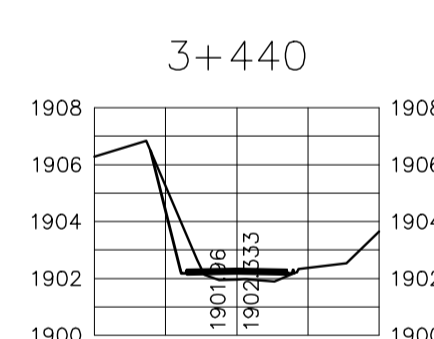
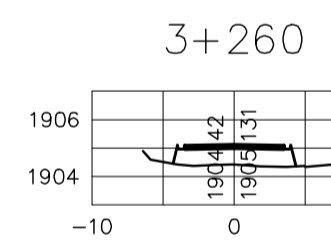
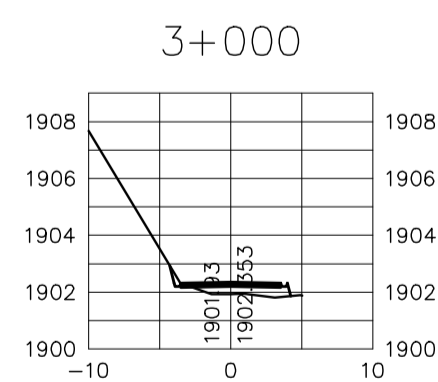
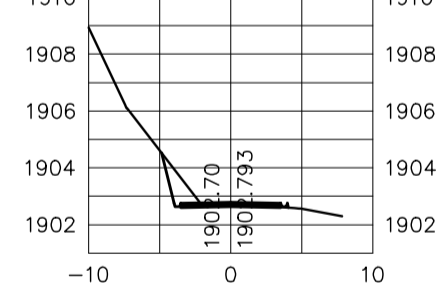
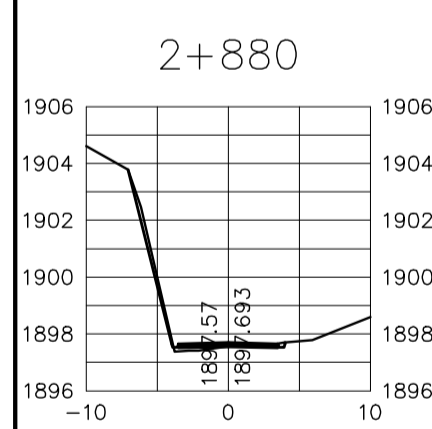
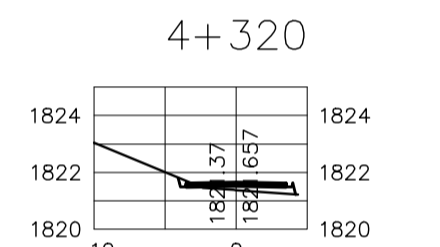
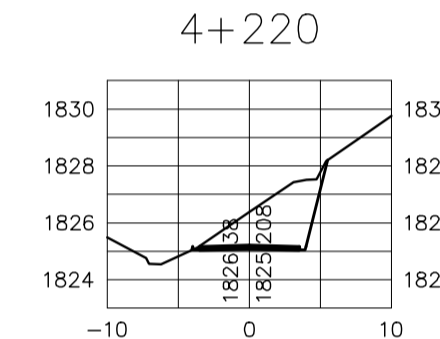
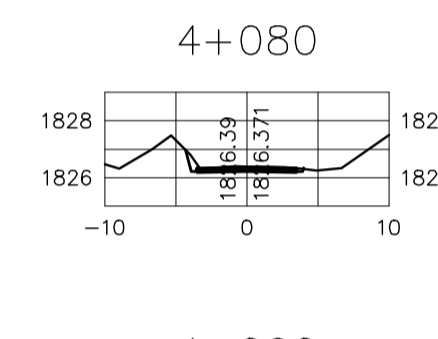
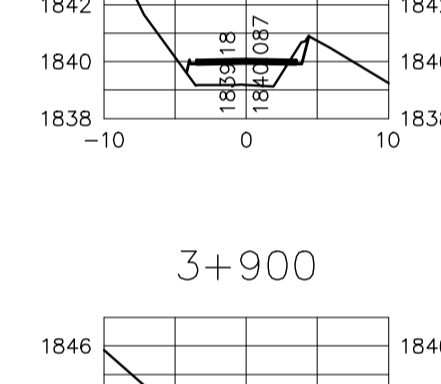
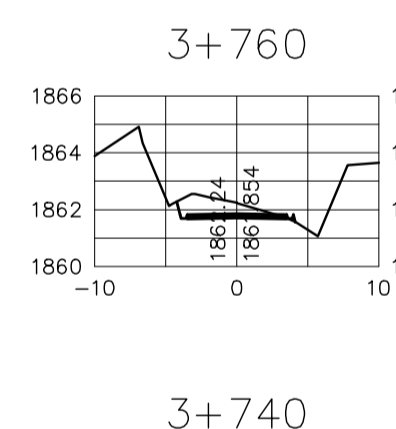
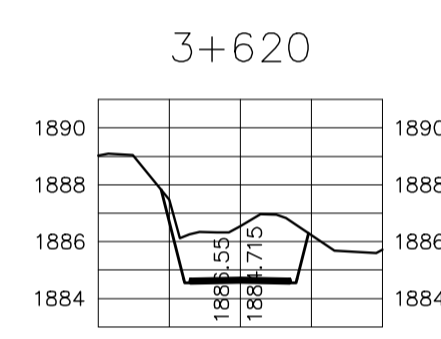
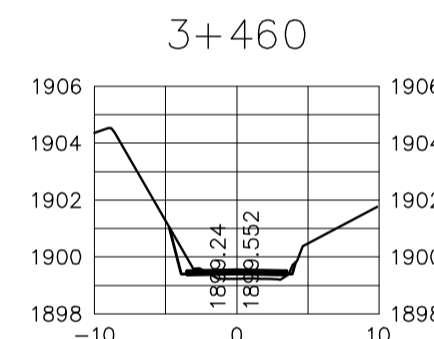
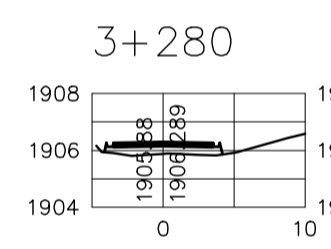
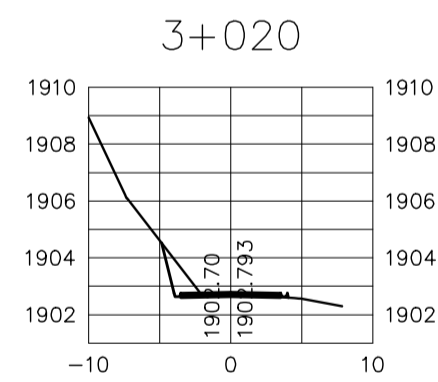
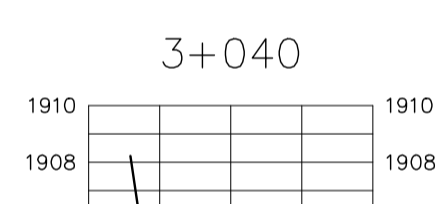
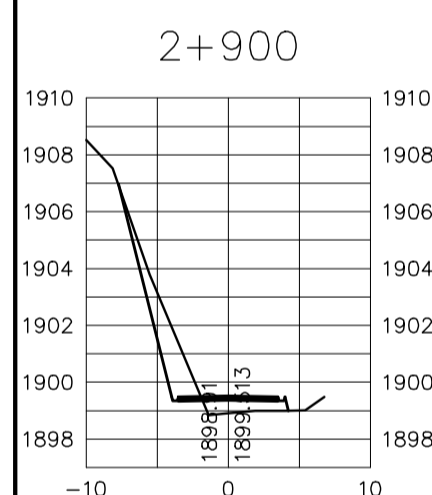
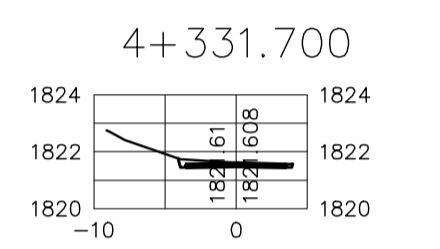
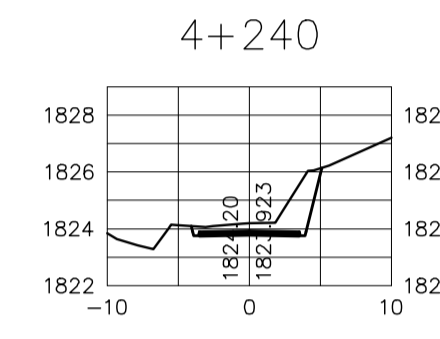
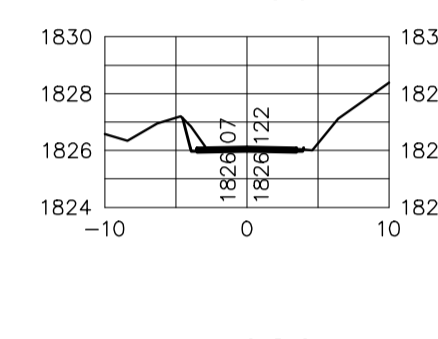
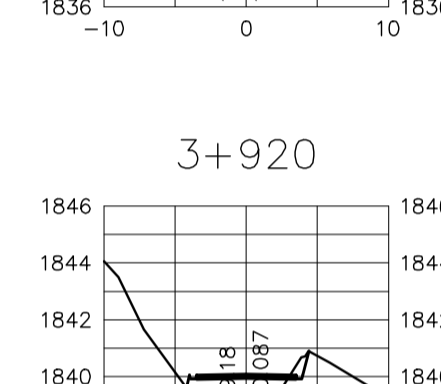
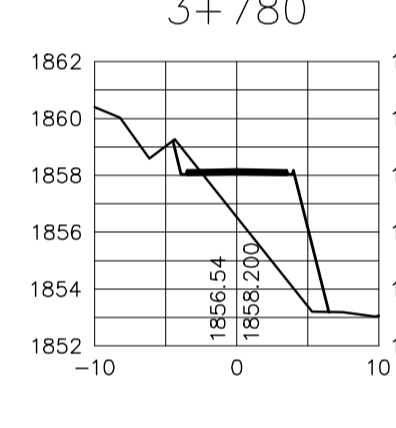
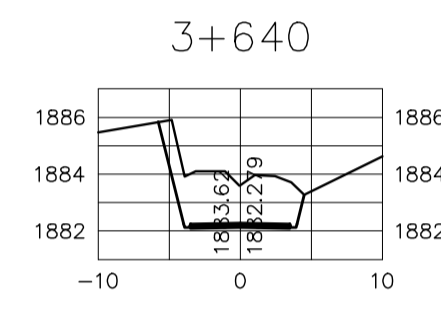
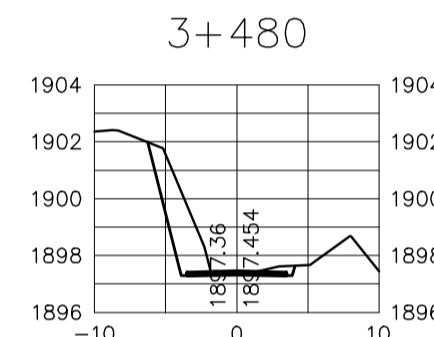
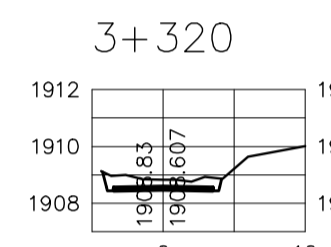
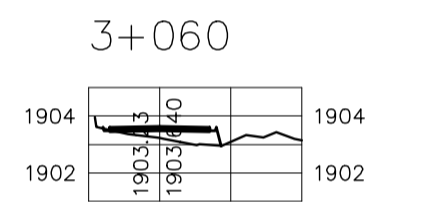
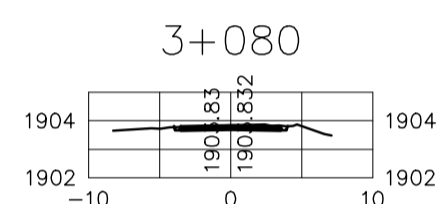
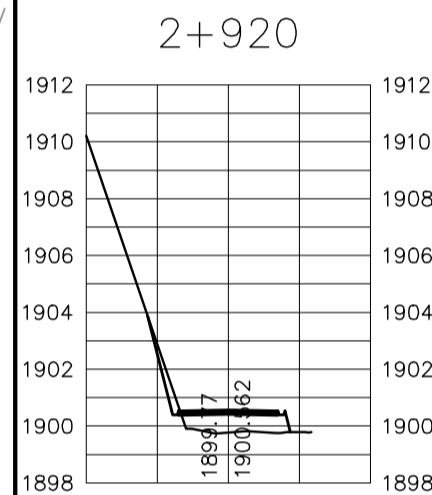
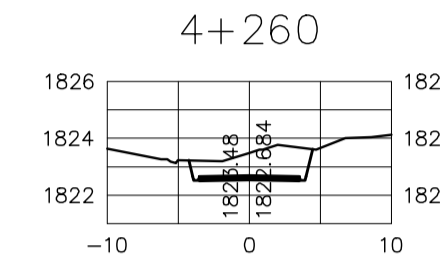
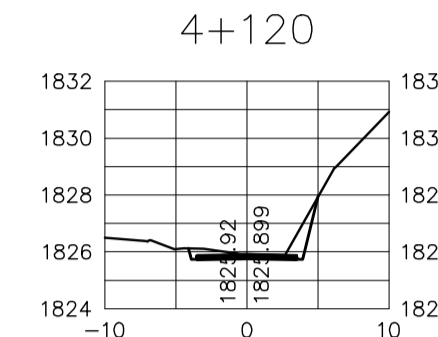
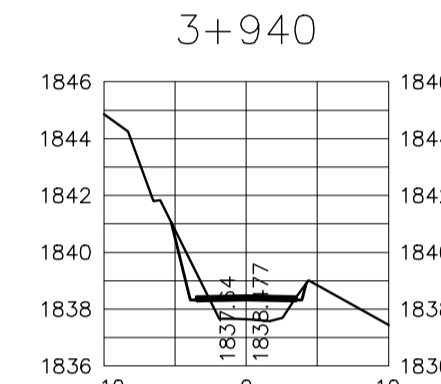
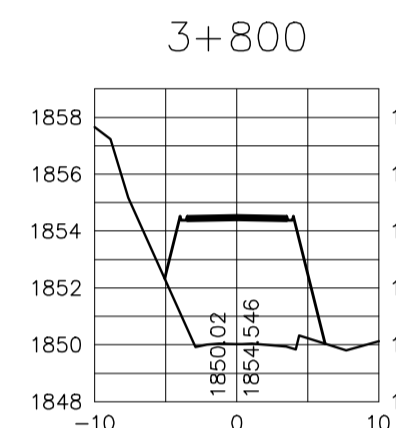
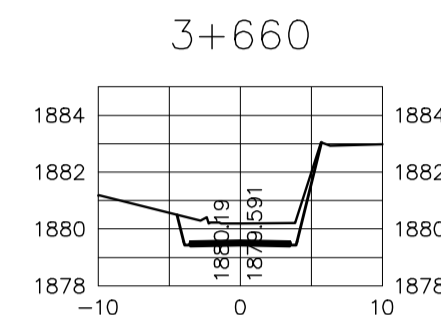
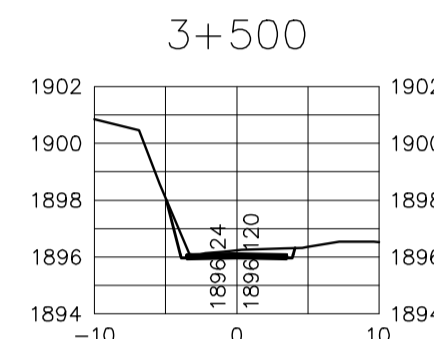
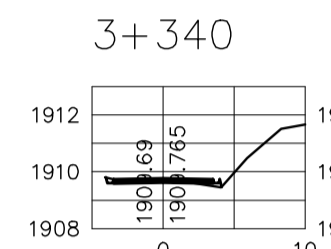
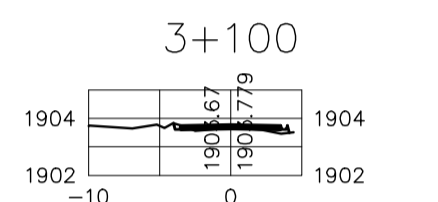
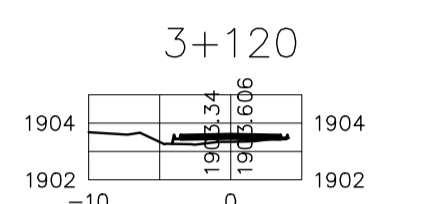
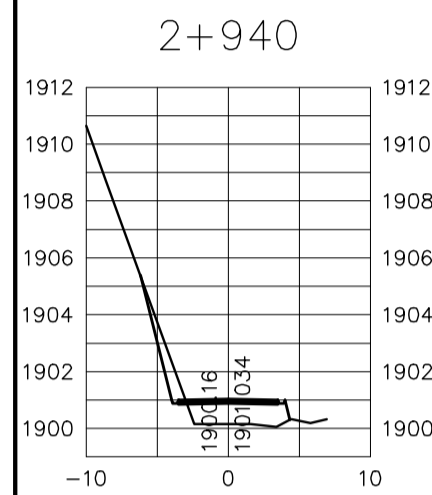
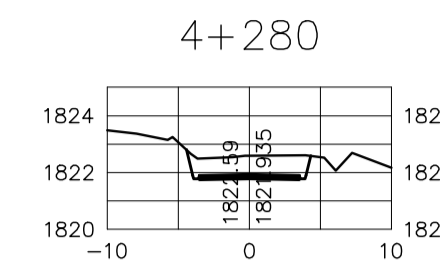
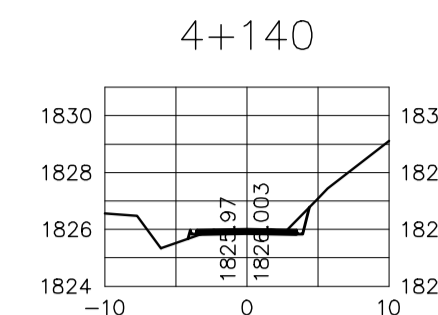
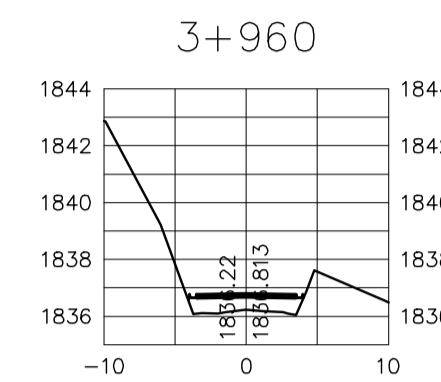
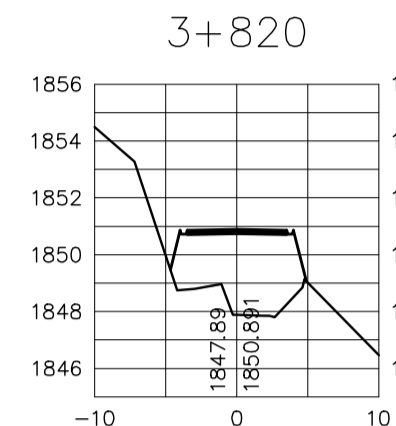
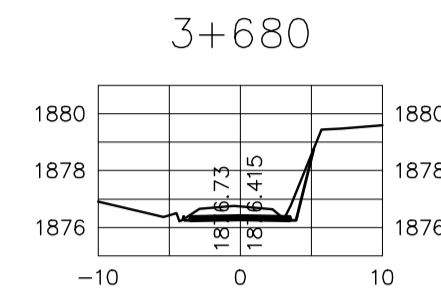
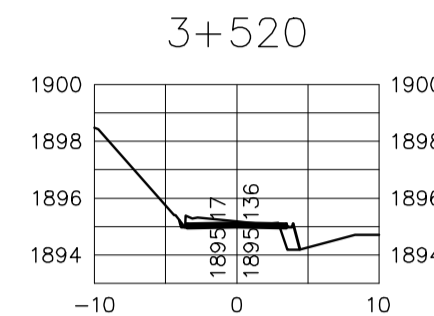
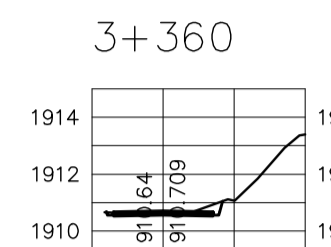
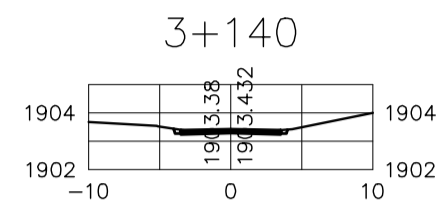
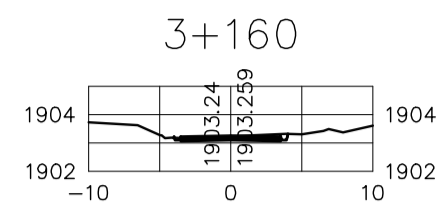
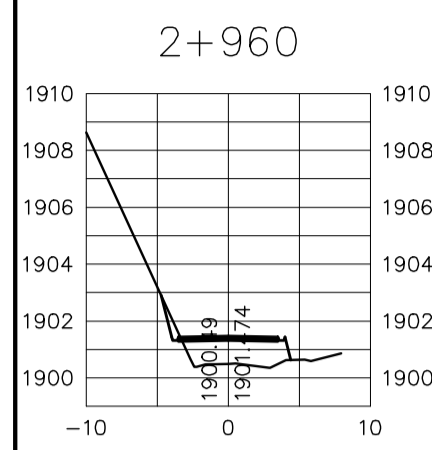
PROYECTO:  
**PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE**

UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE

PLANO DE:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

FECHA: FEBRERO 2014  
 ESCALA: H: 1/500  
 V: 1/250  
 DISEÑO: EDGAR MALDONADO  
 CALCULO: EDGAR MALDONADO  
 REVISO: ING. ÁNGEL SIC  
 DIBUJO: EDGAR MALDONADO

Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA



PROYECTO:  
**PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE**

UBICACION: CASERIO EL CHOCOLATE

PLANO DE:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

FECHA: FEBRERO 2014  
 ESCALA: H: 1/500  
 V: 1/250  
 DISEÑO: EDGAR MALDONADO  
 CALCULO: EDGAR MALDONADO  
 REVISO: ING. ÁNGEL SIC  
 DIBUJO: EDGAR MALDONADO

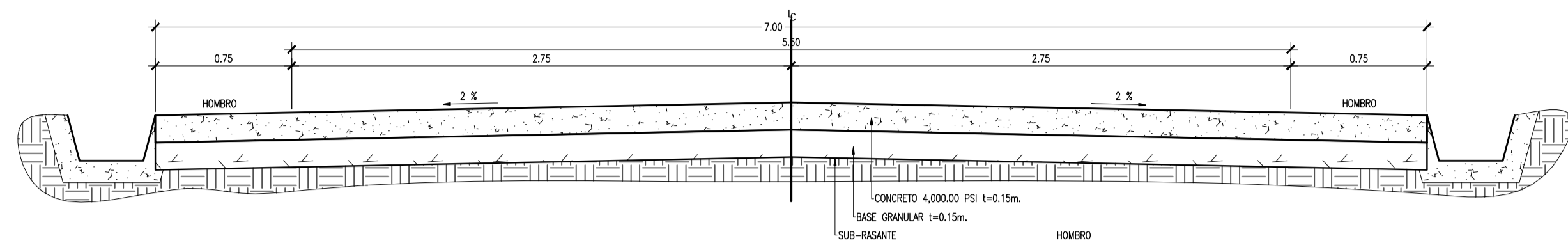
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

No. HOJA:  
**12**  
14

STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	Square Meters		Cubic Meters		Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	0.197	0.029	43.280	0.194	43.280	0.194
0+020	5.274	0.000	54.840	7.508	98.120	7.702
0+040	0.843	1.126	12.852	38.433	110.971	46.135
0+060	0.450	2.855	3.095	76.270	114.066	122.405
0+080	0.000	4.861	0.743	83.019	114.809	205.424
0+100	0.105	3.479	2.952	78.684	117.761	284.108
0+120	0.173	4.579	12.244	87.364	130.005	371.473
0+140	1.206	4.161	32.892	66.853	162.897	438.326
0+160	2.126	2.587	20.658	61.422	183.556	499.748
0+180	0.247	3.582	1.648	97.387	185.204	597.134
0+200	0.000	6.282	0.000	177.101	185.204	774.235
0+220	0.000	11.765	0.000	285.333	185.204	1059.569
0+240	0.000	16.987	58.541	114.085	243.745	1173.654
0+260	8.837	0.000	254.065	0.000	497.809	1173.654
0+280	17.266	0.000	261.141	0.000	758.950	1173.654
0+300	9.260	0.000	127.066	0.000	886.016	1173.654
0+320	3.838	0.000	32.994	0.057	919.010	1173.711
0+340	0.229	0.008	3.640	2.926	922.650	1176.637
0+360	0.140	0.368	0.936	2.450	923.586	1179.087
0+380	0.000	0.000	0.000	0.000	923.586	1179.087
TRAMO PAVIMENTADO						
0+660	9.767	0.000	168.974	0.000	168.974	0.000
0+680	6.692	0.000	81.345	1.499	250.319	1.499
0+700	1.793	0.229	13.800	37.678	264.119	39.177
0+720	0.033	4.416	2.574	71.217	266.693	110.394
0+740	0.260	2.769	1.733	75.350	268.426	185.744
0+760	0.000	4.863	0.016	86.194	268.443	271.938
0+780	0.002	3.794	5.316	33.358	273.758	305.296
0+800	0.731	0.254	9.423	4.806	283.181	310.102
0+820	0.253	0.227	1.686	18.079	284.867	328.181
0+840	0.000	1.839	0.000	55.803	284.867	383.984
0+860	0.000	3.865	2.008	47.478	286.876	431.462
0+880	0.301	1.149	2.008	30.245	288.884	461.708
0+900	0.000	1.907	0.000	81.517	288.884	543.225
0+920	0.000	6.732	38.228	74.834	327.112	618.059
0+940	5.620	1.498	224.506	9.988	551.618	628.047
0+960	17.999	0.000	340.865	0.000	892.483	628.047
0+980	16.549	0.000	179.299	0.000	1071.782	628.047
1+000	3.139	0.000	94.798	6.210	1166.579	634.258
1+020	6.547	0.932	75.048	12.967	1241.628	647.225
1+040	1.537	0.402	15.596	17.679	1257.224	664.904
1+060	0.220	1.479	4.698	16.373	1261.921	681.277
1+080	0.250	0.305	4.891	7.372	1266.813	688.649
1+100	0.239	0.436	6.662	7.750	1273.475	696.399
1+120	0.437	0.341	30.505	2.283	1303.980	698.682
1+140	3.045	0.000	71.002	0.000	1374.983	698.682
1+160	4.097	0.000	45.933	0.000	1420.916	698.682
1+180	0.911	0.000	8.482	8.576	1429.398	707.259
1+200	0.082	1.310	35.425	8.576	1464.822	715.835
1+220	4.313	0.000	12.886	33.495	1521.257	752.681
1+240	0.564	0.478	16.573	93.612	1537.830	846.293
1+260	0.673	3.151	21.136	120.002	1558.965	966.295
1+280	0.995	6.400	6.934	97.727	1565.899	1064.022
1+300	1.120	5.609	33.548	26.406	1599.448	1090.427
1+320	0.000	4.036	122.216	0.000	1721.663	1090.427
1+340	4.830	0.000	123.274	0.000	1844.937	1090.427
1+360	7.489	0.000	73.136	0.000	1918.073	1090.427
1+380	4.928	0.000	25.923	0.316	1943.995	1090.743
1+400	2.477	0.000	8.537	0.328	1952.533	1091.072
1+420	0.382	0.048	17.176	1.723	1969.708	1092.795
1+440	0.474	0.000	45.202	12.722	2014.910	1105.517
1+460	1.314	0.257	76.927	7.477	2091.837	1112.994
1+480	3.364	1.116	58.181	0.000	2150.018	1112.994
1+500	4.362	0.000	12.480	7.854	2162.497	1120.848
1+520	1.668	0.000	0.133	34.902	2162.630	1155.751
1+540	0.020	1.178	0.000	62.540	2162.630	1218.290
1+560	0.000	2.394	0.000	0.000	2162.630	1218.290
1+580	0.000	3.953	0.000	96.841	2162.630	1315.132

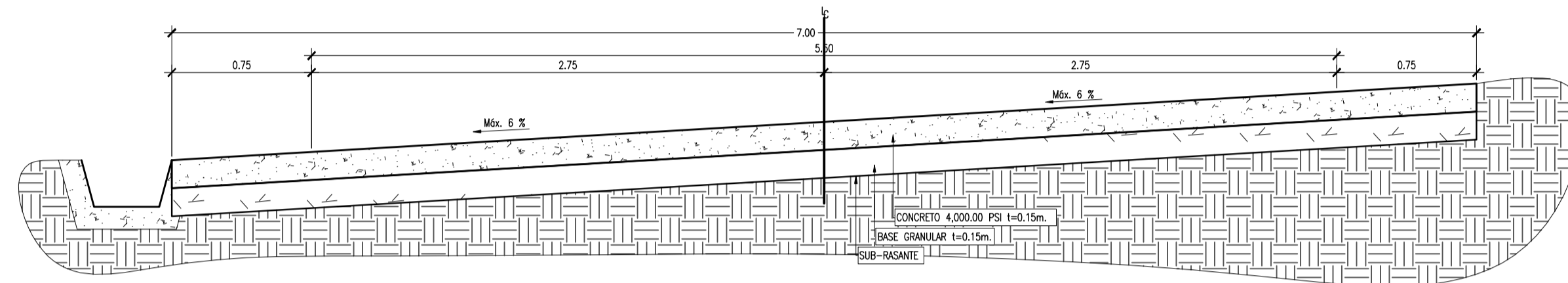
STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	Square Meters		Cubic Meters		Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
1+600	0.000	5.824	0.000	115.380	2162.630	1430.512
1+620	0.000	5.722	0.256	56.820	2162.886	1487.331
1+640	0.038	0.741	15.659	4.943	2178.544	1492.275
1+660	2.031	0.000	54.051	0.000	2232.595	1492.275
1+680	3.438	0.000	45.029	2.623	2277.624	1494.898
1+700	1.236	0.395	19.682	36.713	2297.306	1531.611
1+720	0.804	3.789	29.040	27.987	2326.346	1559.598
1+740	2.313	0.039	76.554	0.263	2402.899	1559.862
1+760	5.577	0.000	115.324	0.000	2518.223	1559.862
1+780	5.957	0.000	92.880	0.000	2611.103	1559.862
1+800	3.535	0.000	98.515	0.000	2709.619	1559.862
1+820	6.689	0.000	79.586	16.268	2789.205	1576.129
1+840	1.789	2.440	32.012	56.123	2821.216	1632.252
1+860	1.419	3.189	9.460	135.145	2830.677	1767.397
1+880	0.000	11.126	0.000	160.040	2830.677	1927.437
1+900	0.000	5.283	34.843	35.178	2865.520	1962.615
1+920	5.267	0.000	172.626	0.000	3038.146	1962.615
1+940	12.659	0.000	226.004	0.000	3264.150	1962.615
1+960	9.913	0.000	115.982	0.000	3380.132	1962.615
1+980	2.503	0.000	22.201	16.534	3402.332	1979.150
2+000	0.172	2.480	28.941	28.346	3431.274	2007.495
2+020	3.405	0.576	22.702	45.770	3453.976	2053.266
2+040	0.000	4.652	4.172	49.106	3458.147	2102.372
2+060	0.623	0.800	4.172	55.201	3462.319	2157.572
2+080	0.000	5.415	0.000	161.460	3462.319	2319.033
2+100	0.000	11.064	0.000	274.888	3462.319	2593.921
2+120	0.000	16.430	0.000	338.011	3462.319	2931.933
2+140	0.000	17.376	0.000	264.991	3462.319	3196.923
2+160	0.000	10.011	12.528	128.279	3474.847	3325.202
2+180	1.879	3.398	30.203	51.396	3505.050	3376.598
2+200	1.169	1.823	32.195	20.081	3537.245	3396.679
2+220	2.631	0.414	90.454	2.681	3627.699	3399.360
2+240	7.242	0.000	207.126	0.000	3834.824	3399.360
2+260	13.822	0.000	383.987	0.000	4218.811	3399.360
2+280	23.891	0.000	500.477	0.000	4719.288	3399.360
2+300	22.691	0.000	311.896	0.000	5031.184	3399.360
2+320	9.450	0.000	63.001	25.676	5094.186	3425.037
2+340	0.000	3.851	0.000	167.308	5094.186	3592.344
2+360	0.000	13.922	0.000	331.713	5094.186	3924.058
2+380	0.000	19.400	72.044	131.103	5166.230	4055.160
2+400	11.219	0.000	314.946	0.000	5481.176	4055.160
2+420	21.804	0.000	557.941	0.000	6039.116	4055.160
2+440	34.472	0.000	590.487	0.000	6629.604	4055.160
2+460	26.666	0.000	475.142	0.000	7104.746	4055.160
2+480	21.403	0.000	349.155	0.000	7453.901	4055.160
2+500	13.872	0.000	280.180	0.000	7734.080	4055.160
2+520	14.146	0.000	194.696	0.000	7928.777	4055.160
2+540	5.913	0.000	59.667	4.767	7988.444	4059.928
2+560	0.582	0.753	7.810	40.852	7996.254	4100.779
2+580	0.156	4.014	1.040	108.526	7997.294	4209.305
2+600	0.000	6.974	0.000	97.876	7997.294	4307.181
2+620	0.000	3.076	0.000	106.539	7997.294	4413.720
2+640	0.000	7.958	0.140	110.970	7997.433	4524.690
2+660	0.022	3.395	11.416	78.794	8008.849	4603.484
2+680	1.511	4.511	45.566	65.532	8054.415	4669.016
2+700	2.677	2.326	66.164	9.026	8229.468	4708.762
2+720	7.646	0.995	108.889	30.719	8163.304	4699.735
2+740	0.441	0.079	66.164	9.026	8229.468	4708.762
2+760	7.562	0.000	65.535	0.526	8295.003	4709.287
2+780	27.577	0.000	330.526	0.000	8625.529	4709.287
2+800	19.419	0.000	467.578	0.000	9093.107	4709.287
2+820	1.841	0.000	182.603	0.000	9275.710	4709.287
2+840	3.594	0.000	53.528	0.000	9329.238	4709.287
2+860	4.101	0.000	76.896	0.000	9406.135	4709.287
2+880	1.005	0.998	47.573	6.656	9453.708	4715.944
2+900	6.808	3.125	65.831	39.173	9519.538	4755.117
2+920	1.073	5.423	67.043	85.172	9586.582	4840.289
2+940	2.241	5.915	32.428	113.348	9619.010	4953.636
2+960			25.367	129.243	9644.377	5082.879

STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	Square Meters		Cubic Meters		Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
2+960	0.503	7.025	12.493	117.416	9656.870	5200.295
2+980	0.724	4.834	8.496	75.883	9665.367	5276.177
3+000	0.185	2.842	16.065	32.151	9681.432	5308.328
3+020	1.669	0.636	15.859	14.145	9697.291	5322.473
3+040	0.173	0.781	1.807	36.606	9699.097	5359.080
3+060	0.023	3.216	1.920	24.412	9701.017	5383.491
3+080	0.198	0.049	2.616	9.354	9703.633	5392.845
3+100	0.073	1.120</				



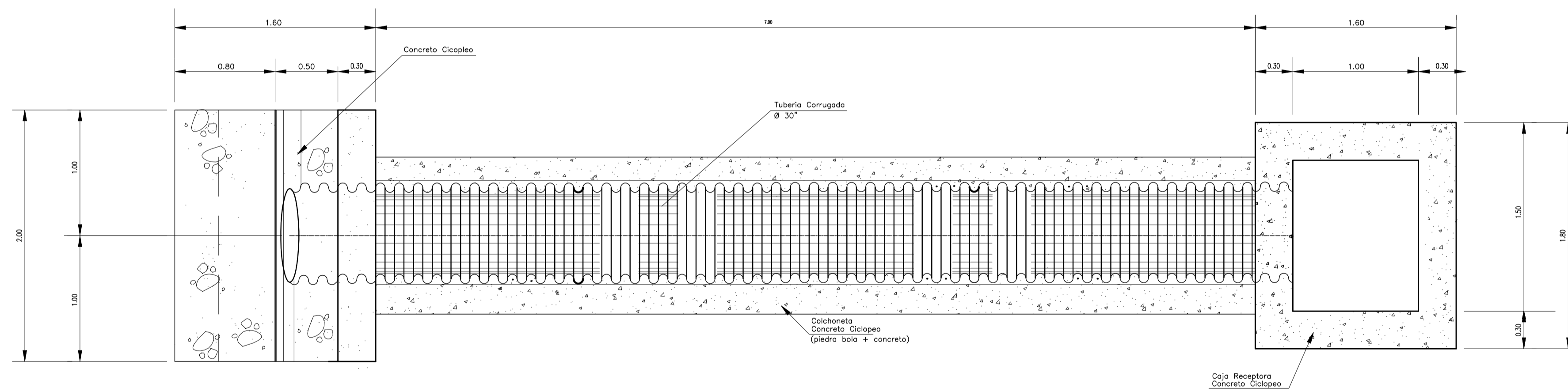
SECCION TIPICA DE CARRETERA

ESCALA 1 / 20



SECCION TIPICA DE CARRETERA EN CURVA

ESCALA 1 / 20



PLANTA DE ALCANTARILLA

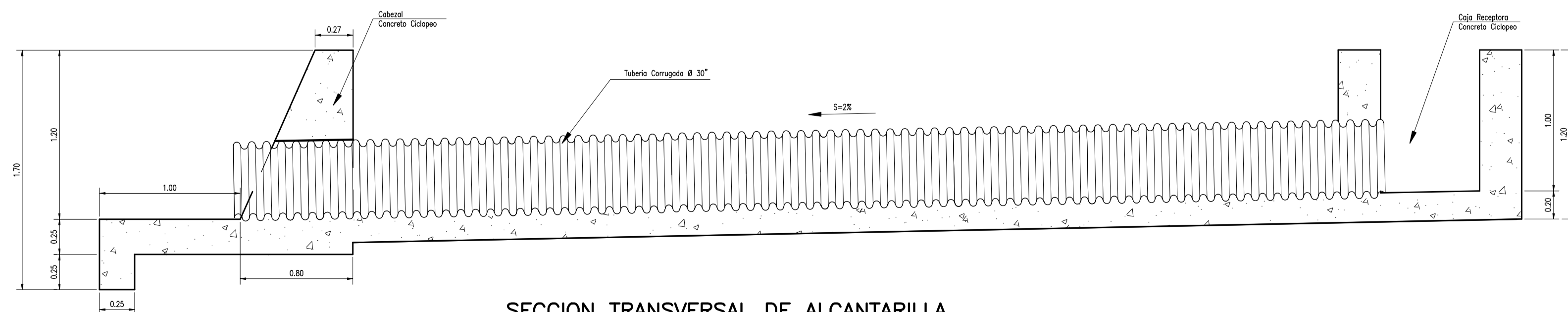
ESCALA 1 / 20

**ESPECIFICACIONES (CARRETERA):**

- a) Base granular con espesor t=0.15 m (Material selecto).
- b) El pavimento sera de concreto hidraulico con  $f_c=4,000.00$  psi y t=0.15 m.
- c) La pendiente de bombeo será de 2%.
- d) Las juntas transversales serán construidas a cada 3.00 m y la junta longitudinal a cada 3.50 m.

**ESPECIFICACIONES E INDICACIONES (PARA DRENAJE):**

- a) Antes de colocar la tubería debe hacer una colchoneta de concreto ciclopeo (piedra bola + concreto) para crear una base rígida.
- b) Entre la tubería y la rasante debe haber no menos de 0.60 mts. (evitar que quede expuesta la tubería)
- c) La tubería corrugada debe tener una pendiente del 2% mínimo para poder drenar el agua.
- d) Según la dirección de la corriente de agua debe tener esvaje para canalizar el agua
- e) La proporción a utilizarse para el CONCRETO CICLOPEO es la siguiente:  
 $1m^3 = 1 m^3$  de piedra bola  
 $0.33 m^3$  de concreto  
 concreto= 6 sacos de cemento portland  
 $0.51m^3$  de arena de río o amarilla  
 $0.85m^3$  de piedra  
 f) Cuando rellene la zanja ya colocada la tubería corrugada debe ir compactado por capas de 0.15mts c/u como mínimo.

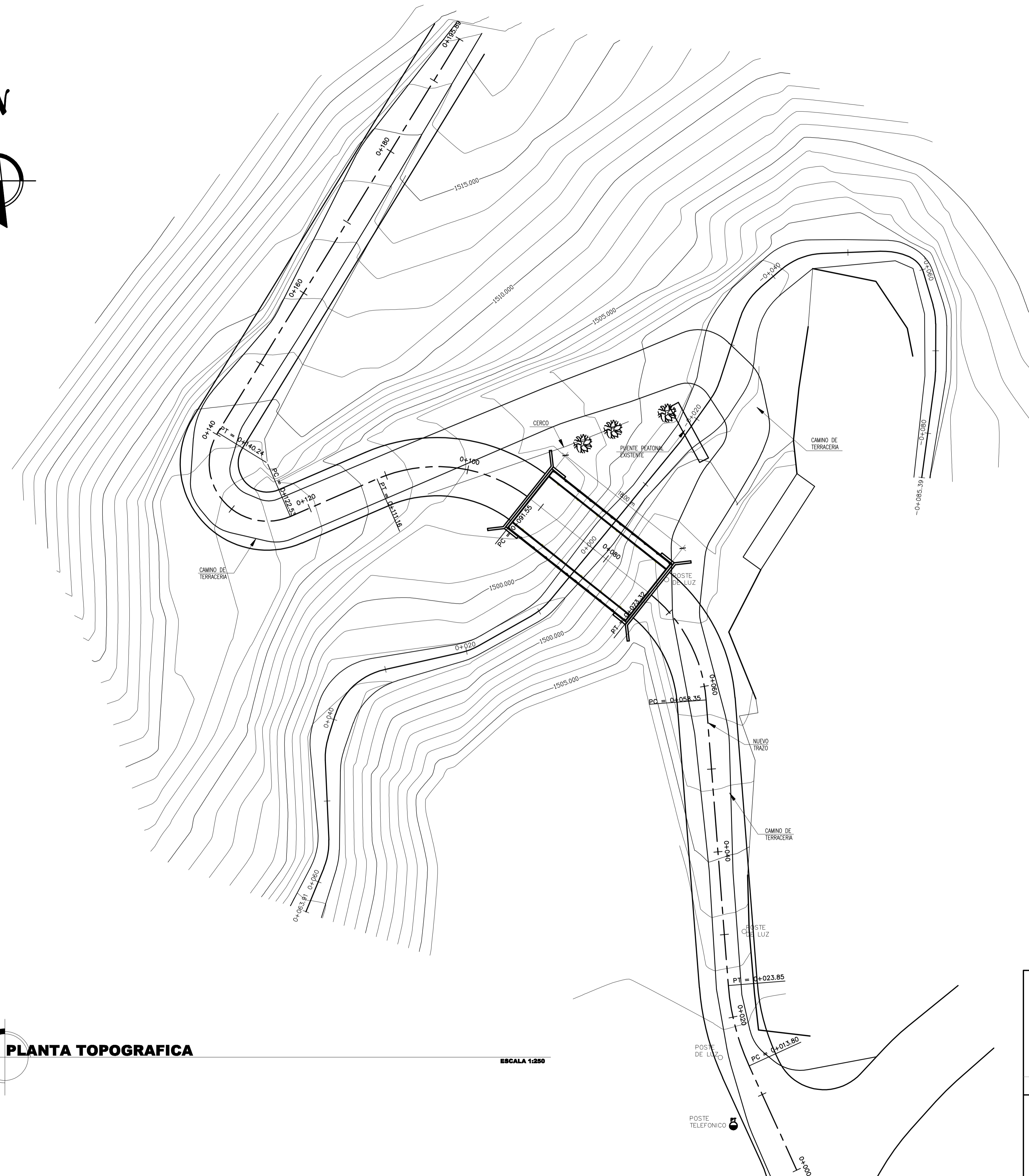
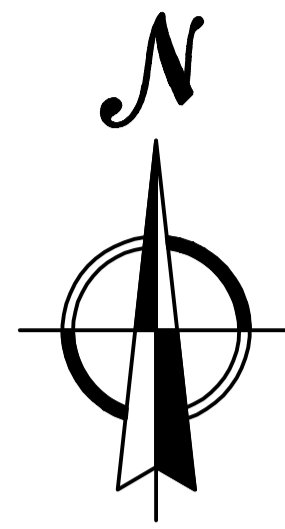


SECCION TRANSVERSAL DE ALCANTARILLA

ESCALA 1 / 20

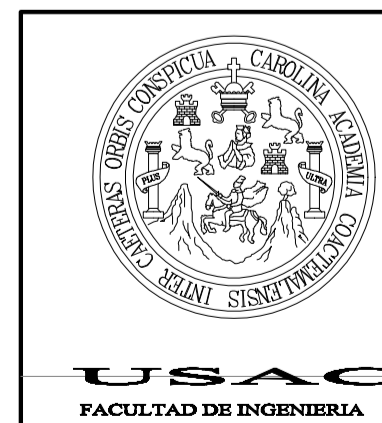
	<b>PROYECTO:</b> PAVIMENTACION DE LA CARRETERA EL CHOCOLATE	
	<b>UBICACION:</b> CASERIO EL CHOCOLATE	
<b>PLANO DE:</b> DETALLES TIPICOS		<b>FECHA:</b> FEBRERO 2014 <b>ESCALA:</b> INDICADA <b>DISEÑO:</b> EDGAR MALDONADO <b>CALCULO:</b> EDGAR MALDONADO <b>REVISO:</b> ING. ÁNGEL SIC <b>DIBUJO:</b> EDGAR MALDONADO
No. HOJA: 14		14
Vo. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA		14

FECHA DE IMPRESION



**PLANTA TOPOGRAFICA**

ESCALA 1:250



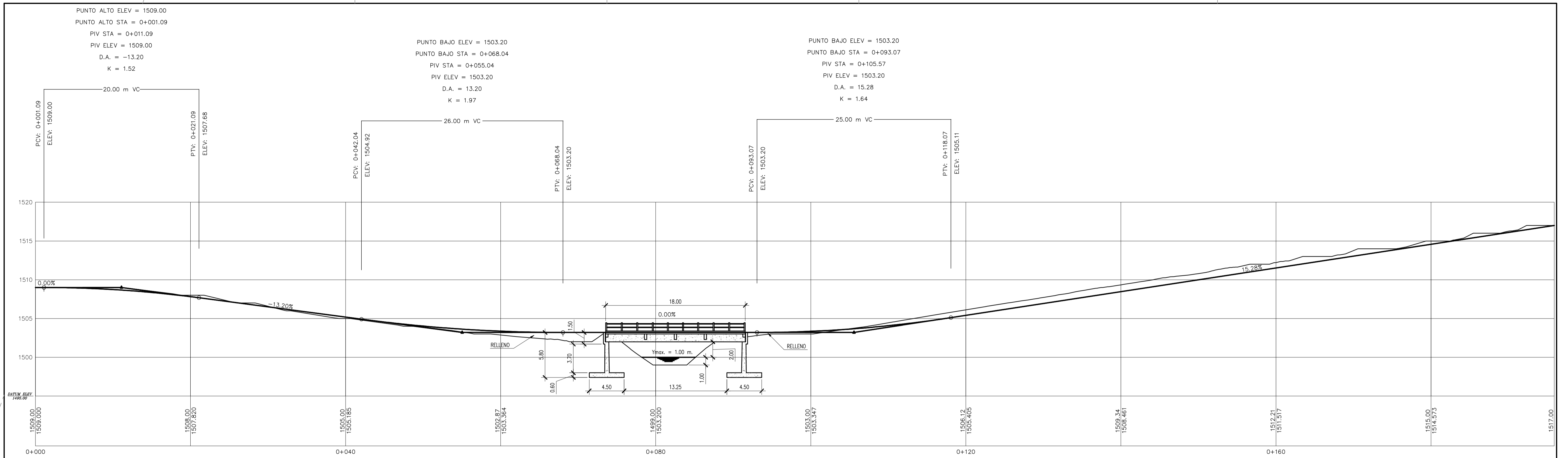
PROYECTO:  
**PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE**  
UBICACION: ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA  
PLANO DE:  
**PLANTA TOPOGRÁFICA**

FECHA: NOVIEMBRE 2013	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: EDGAR MALDONADO	
CALCULO: EDGAR MALDONADO	01
REVISO: ING. ÁNGEL SIC	
DIBUJO: EDGAR MALDONADO	07

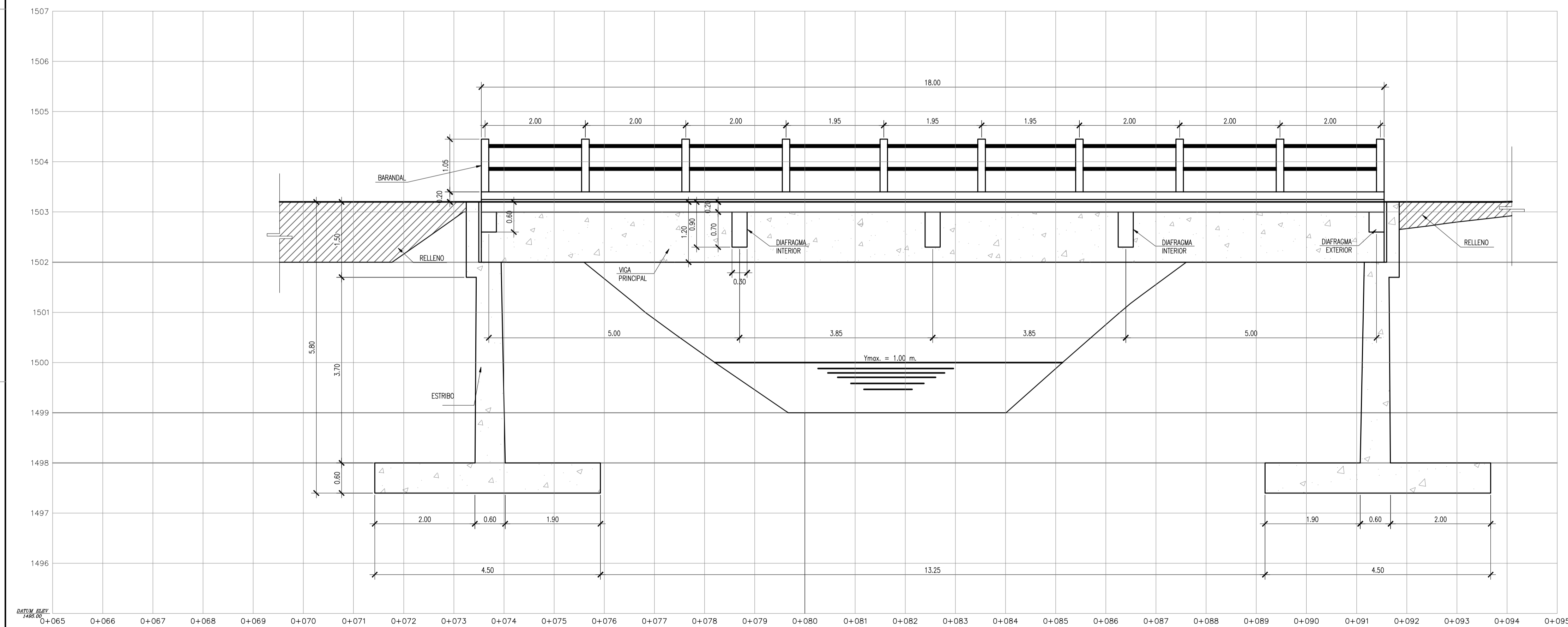
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

FECHA DE IMPRESIÓN

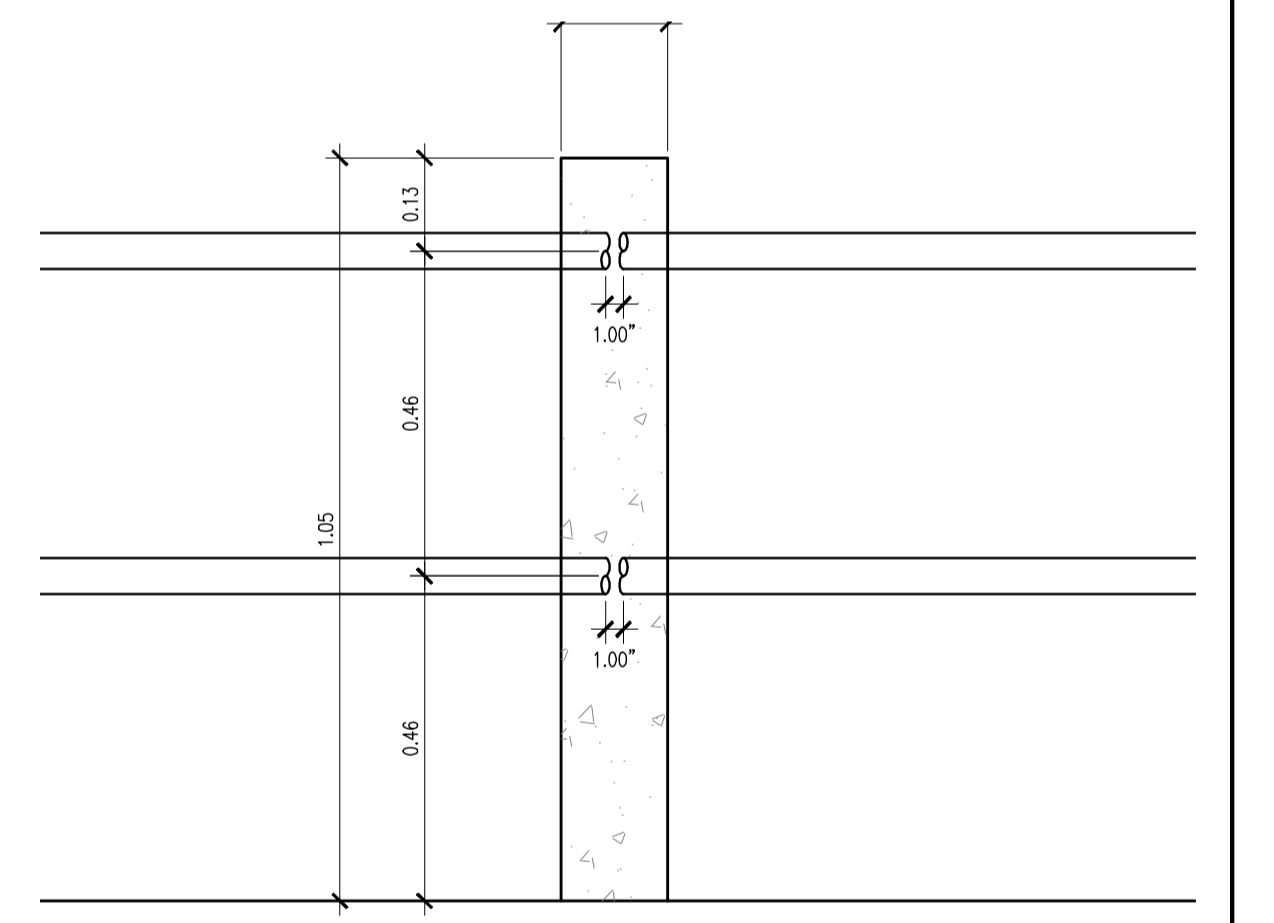





**PERFIL DE CARRETERA Y QUEBRADA**  
ESCALA 1:250

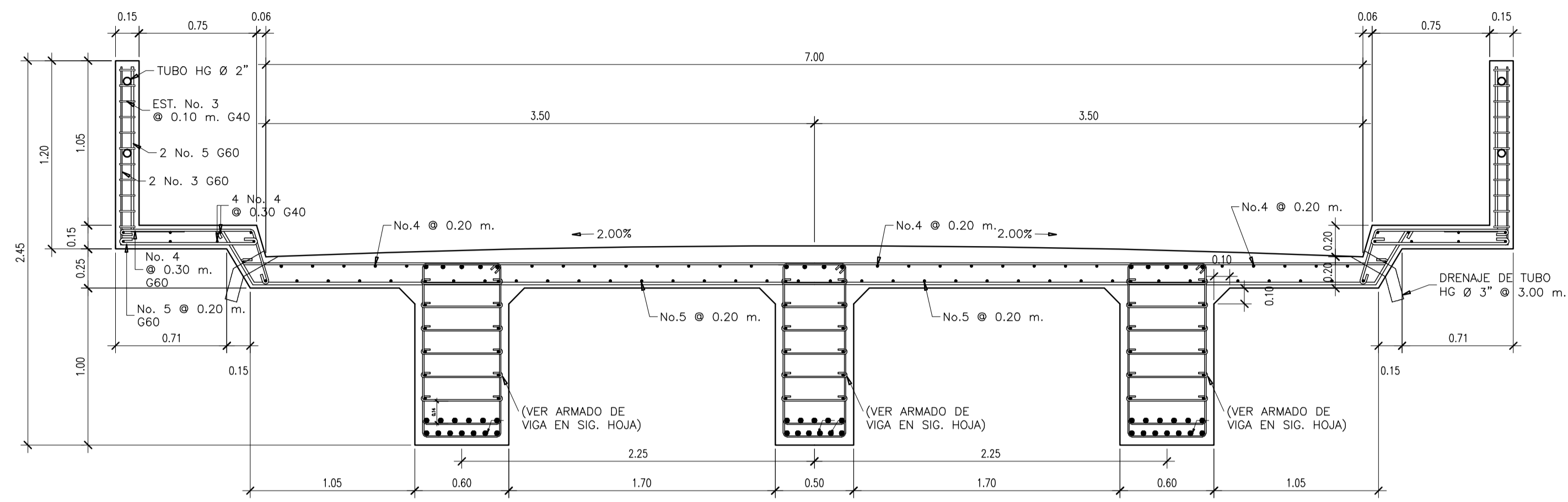


**ELEVACION LATERAL**  
ESCALA 1:50



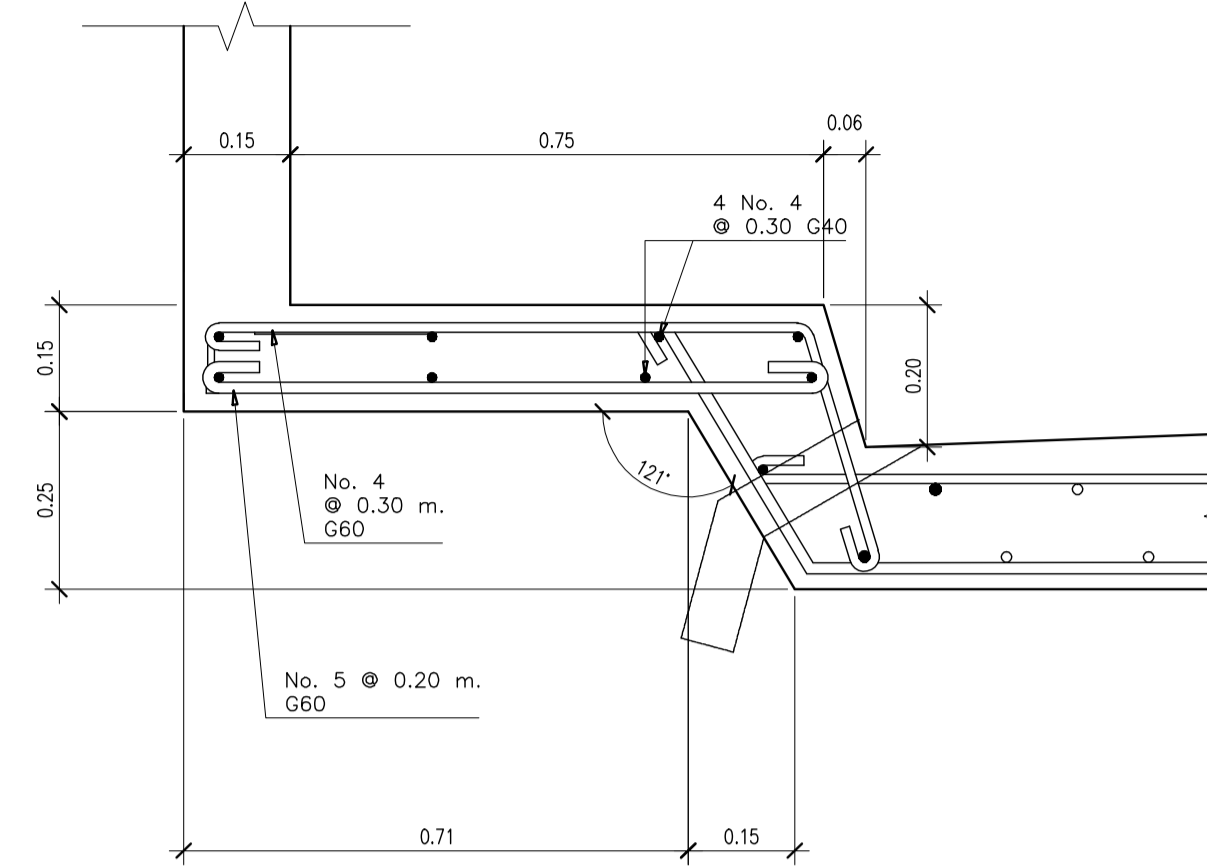
**DETALLE DE JUNTA DE DILATACIÓN**  
ESCALA 1:10

 <p>USAC FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<p>PROYECTO: <b>PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE</b></p>
	<p>UBICACION: ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA</p>
<p>PLANO DE: <b>PERFIL DE CARRETERA Y QUEBRADA</b></p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2013</p>
<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>No. HOJA:</p>
<p>DISEÑO: EDGAR MALDONADO</p>	<p>02</p>
<p>CALCULO: EDGAR MALDONADO</p>	<p>07</p>
<p>REVISO: ING. ÁNGEL SIC</p>	<p>FECHA DE IMPRESIÓN</p>
<p>DIBUJO: EDGAR MALDONADO</p>	<p>Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA</p>



**SECCION DE ARMADO DE LOSA**

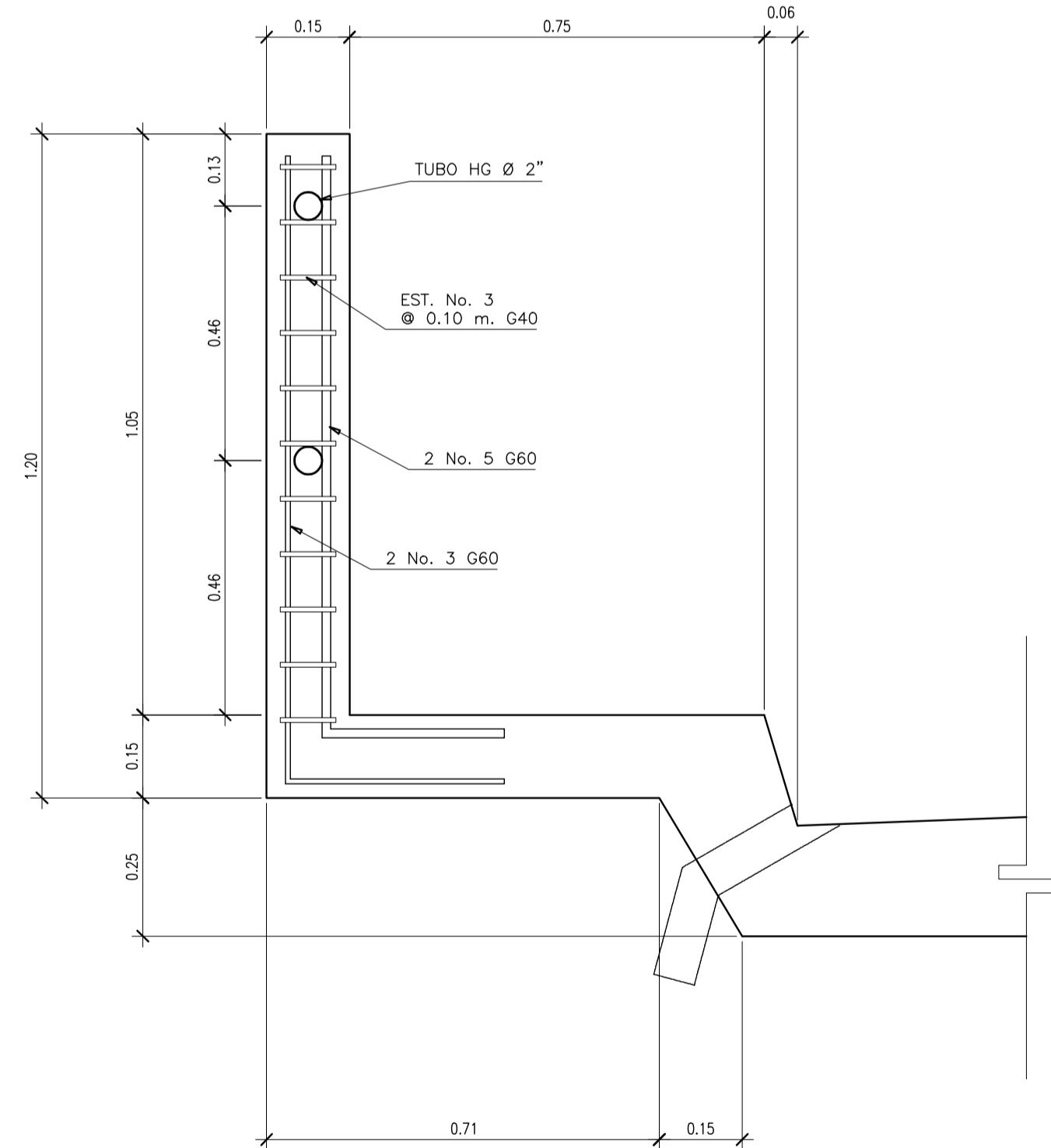
ESCALA 1:25



**DETALLE DE BANQUETA**

ELEVACION

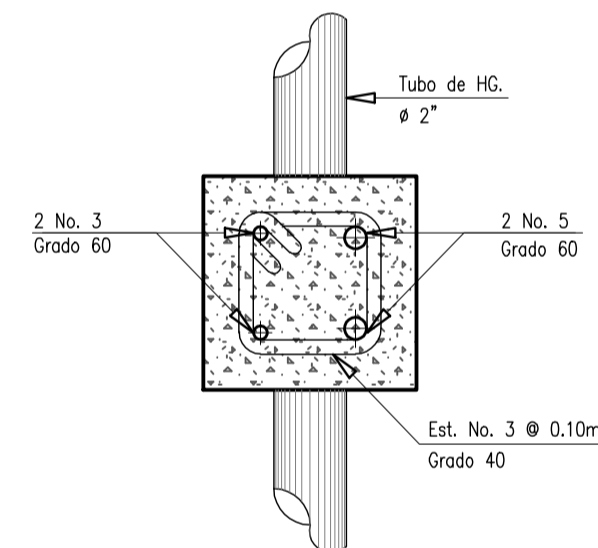
ESCALA 1:10



**DETALLE DE POSTE DE BARANDAL**

ELEVACION

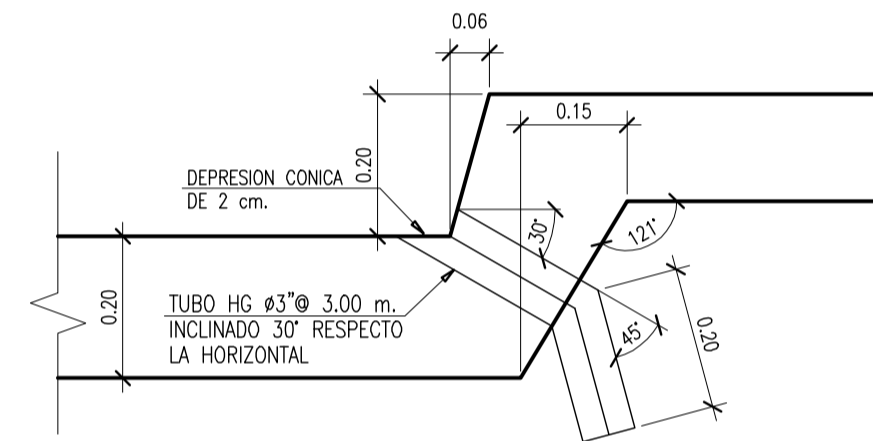
ESCALA 1:10



**DETALLE DE POSTE DE BARANDAL**

PLANTA

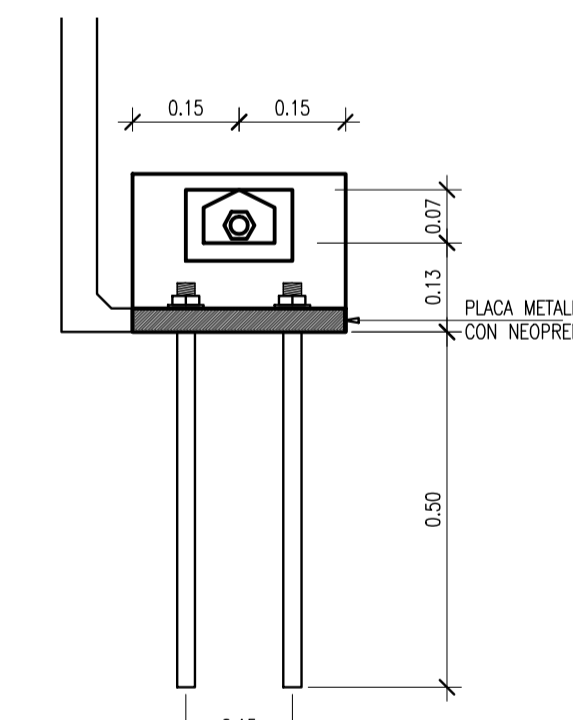
ESCALA 1:5



**DETALLE DE DRENAJE**

ELEVACION

ESCALA 1:10

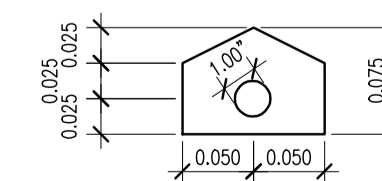


**DETALLE ANCLAJE DE NEOPRENO**

ELEVACION

ESCALA 1:10

LA UNION ENTRE LAS PLANCHAS DE NEOPRENO Y LAS PLACAS METALICAS DEBEN HACERSE CON UN PEGAMENTO QUE EVITE SU SEPARACION. LAS DIMENSIONES DEL APOYO DEBEN SER DE 0.30 X 0.50 MTS.  
 LOS APOYOS DEL NEOPRENO DEBEN COLOCARSE EN UNA SOLA ENVOLTURA CONTIENIENDO TANTO LAS PLACAS DE NEOPRENO COMO LAS PLACAS METALICAS QUE LAS SEPARAN. ESTAS PLACAS SON 2 PLACAS DE ELASTOMERO DE 1.3 CM, 2 PLACAS DE ACERO DE 0.2 CM Y UNA DE 0.3 CM, HACIENDO UN ESPESOR TOTAL DE 3.3CM.

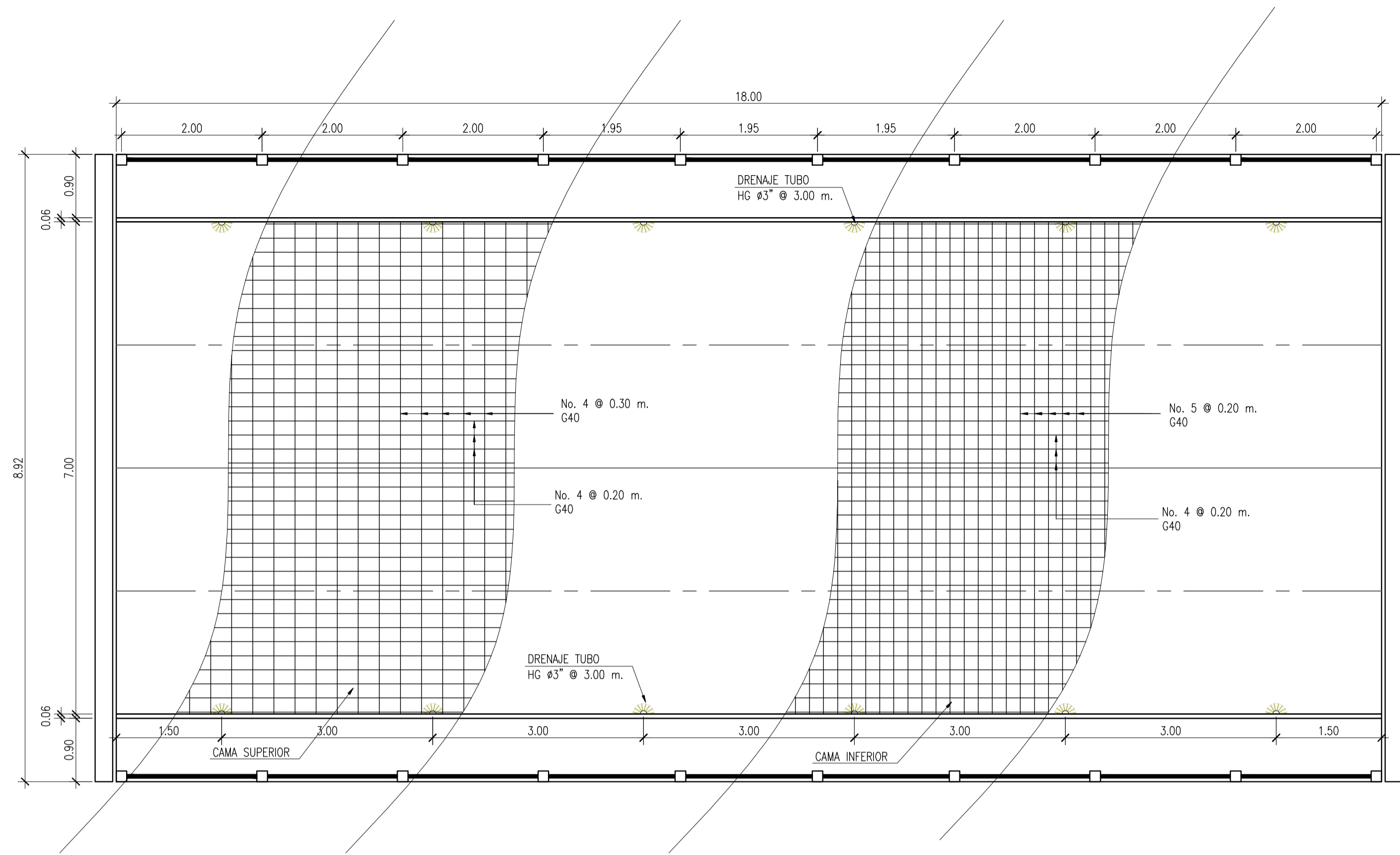


**DETALLE DE AGUJERO DE ANGULAR**

ELEVACION

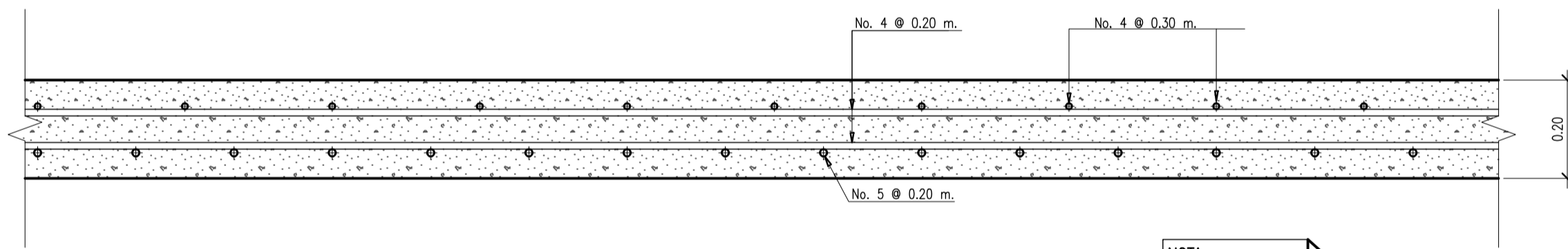
ESCALA 1:5

	<b>PROYECTO:</b> PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE	
	UBICACION: ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA	
<b>PLANO DE:</b> ESTRUCTURA DEL PUENTE		
FECHA: NOVIEMBRE 2013 ESCALA: INDICADA DISEÑO: EDGAR MALDONADO CALCULO: EDGAR MALDONADO REVISO: ING. ÁNGEL SIC DIBUJO: EDGAR MALDONADO	No. HOJA: <b>03</b>	07
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA		



**PLANTA DE ESTRUCTURA DE PUENTE**

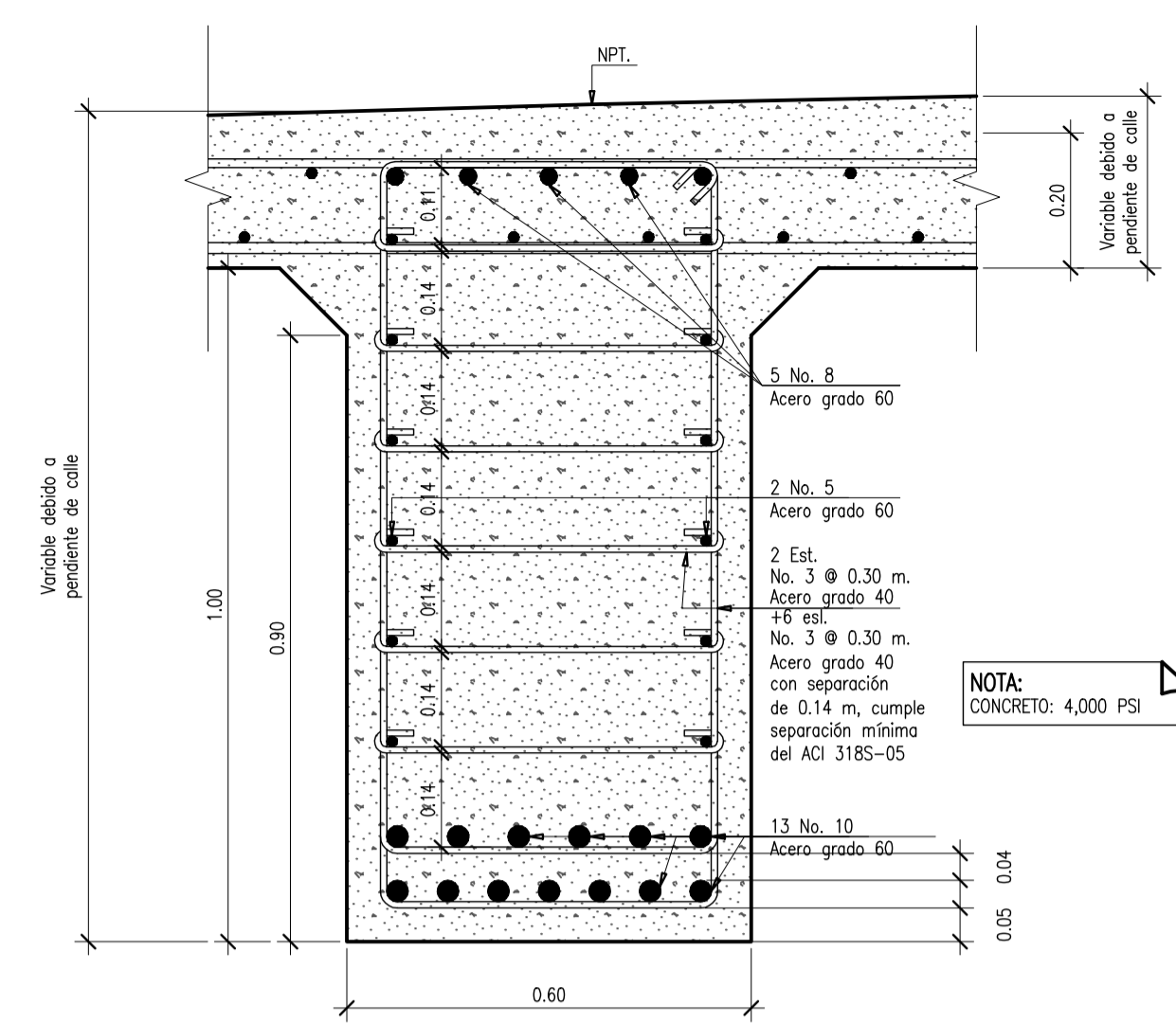
ESCALA 1:50



**DETALLE DE ARMADO DE LOSA**

ESCALA 1:10

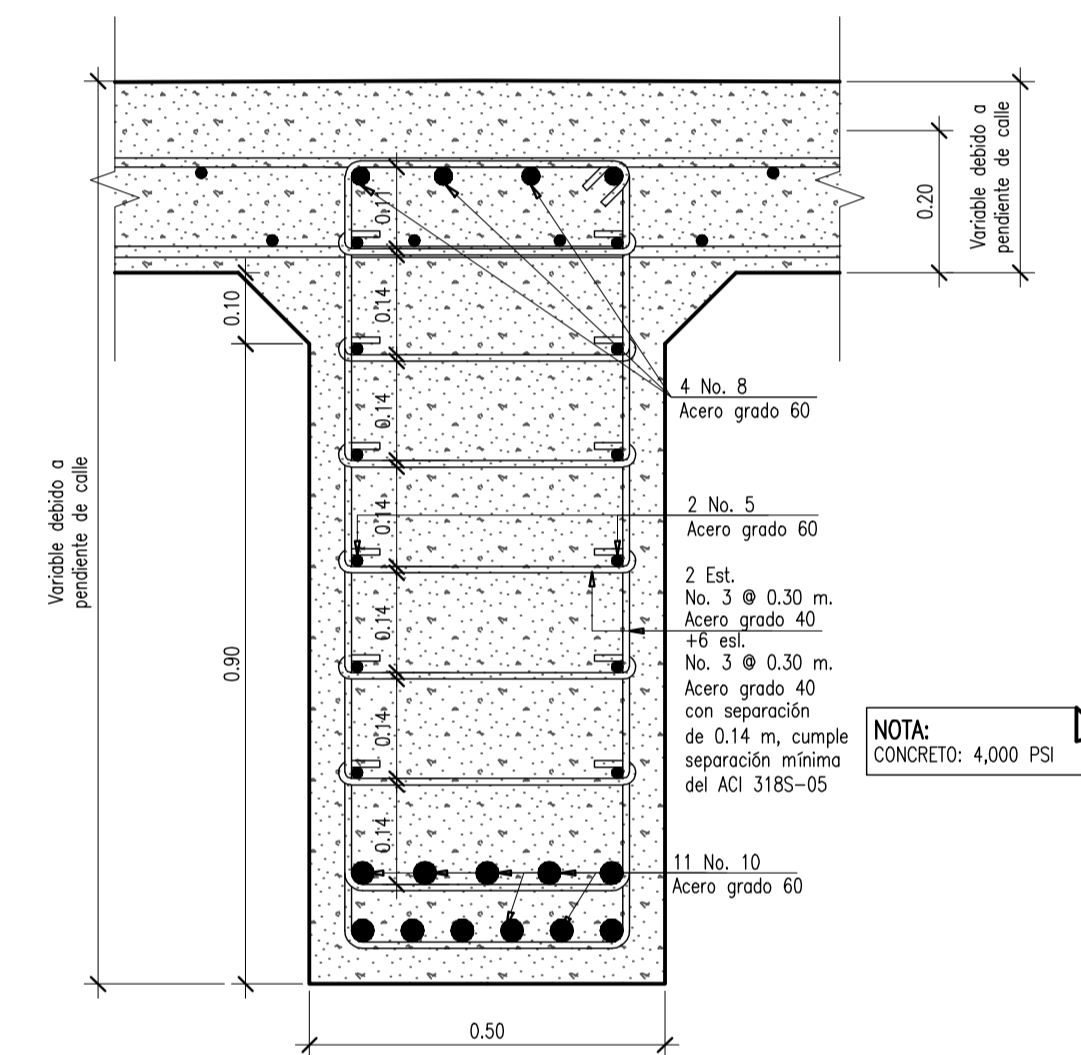
NOTA: CONCRETO: 3,000 PSI



**DETALLE DE VIGA PRINCIPAL**

ESCALA 1:10

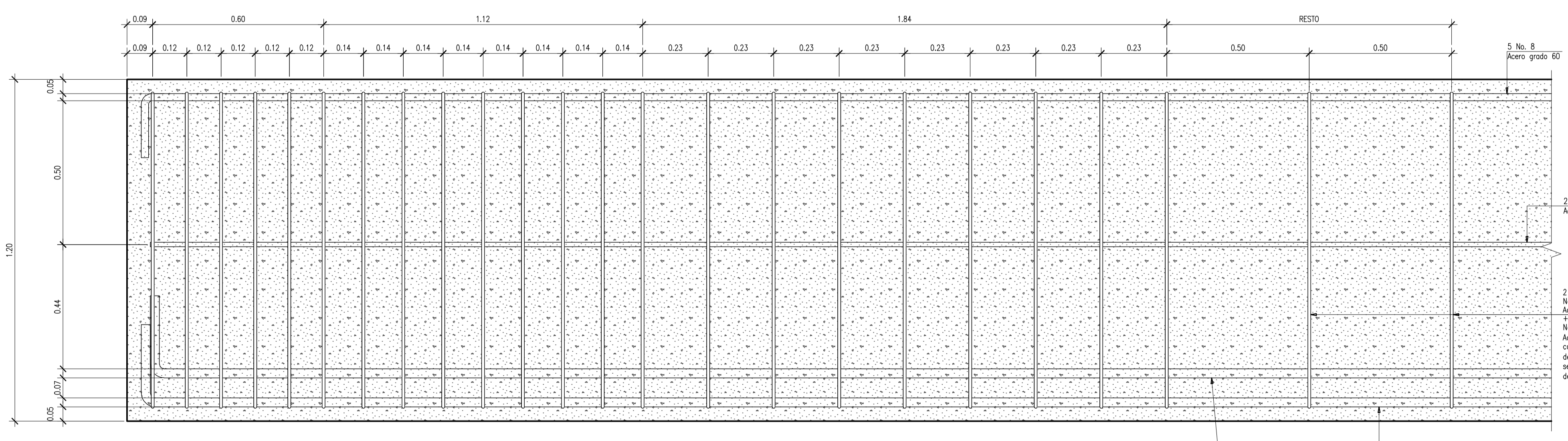
NOTA: CONCRETO: 4,000 PSI



**DETALLE DE VIGA PRINCIPAL INTERMEDIA**


ESCALA 1:10

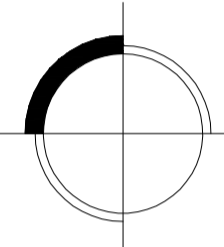
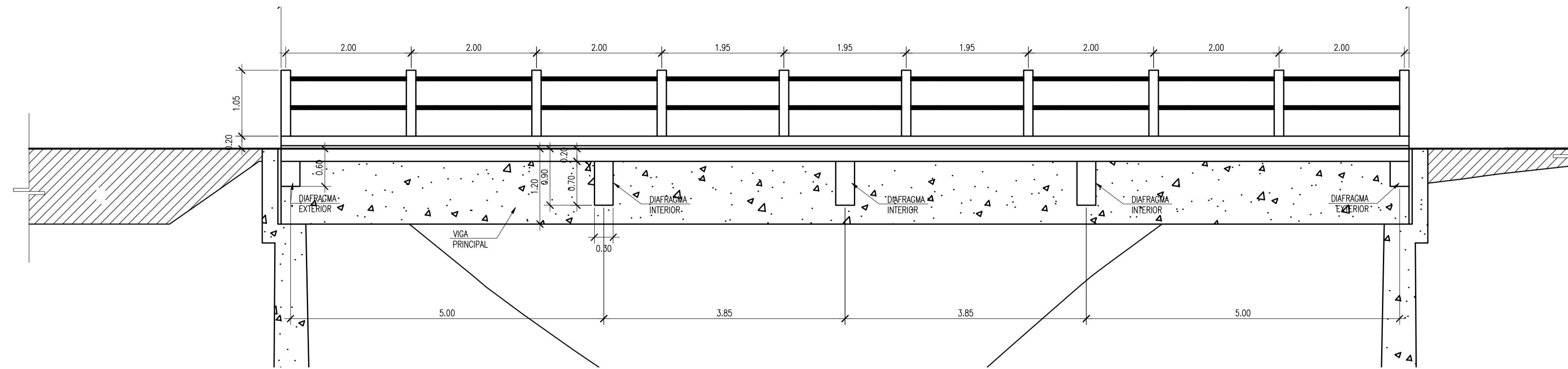
NOTA: CONCRETO: 4,000 PSI



**SECCION LONGITUDINAL DE VIGA PRINCIPAL**

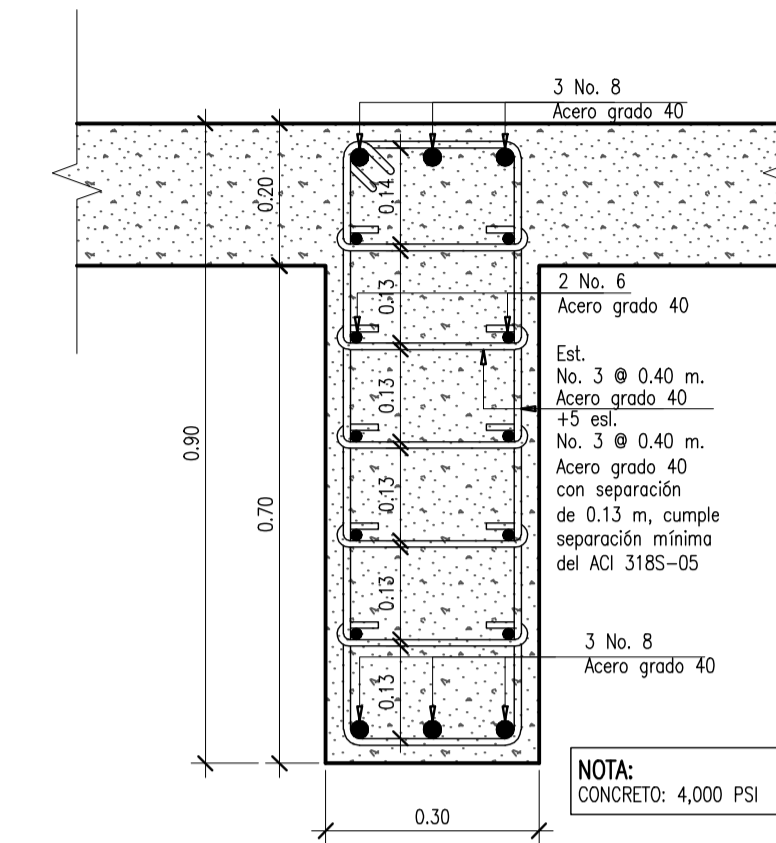
ESCALA 1:10

 <p><b>USAC</b> FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<b>PROYECTO:</b> PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE	
	<b>UBICACION:</b> ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA	
	<b>PLANO DE:</b> DETALLES ESTRUCTURALES 1	
	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2013 <b>ESCALA:</b> INDICADA <b>DISEÑO:</b> EDGAR MALDONADO <b>CALCULO:</b> EDGAR MALDONADO <b>REVISO:</b> ING. ÁNGEL SIC <b>DIBUJO:</b> EDGAR MALDONADO	<b>No. HOJA:</b> 04 07
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA		



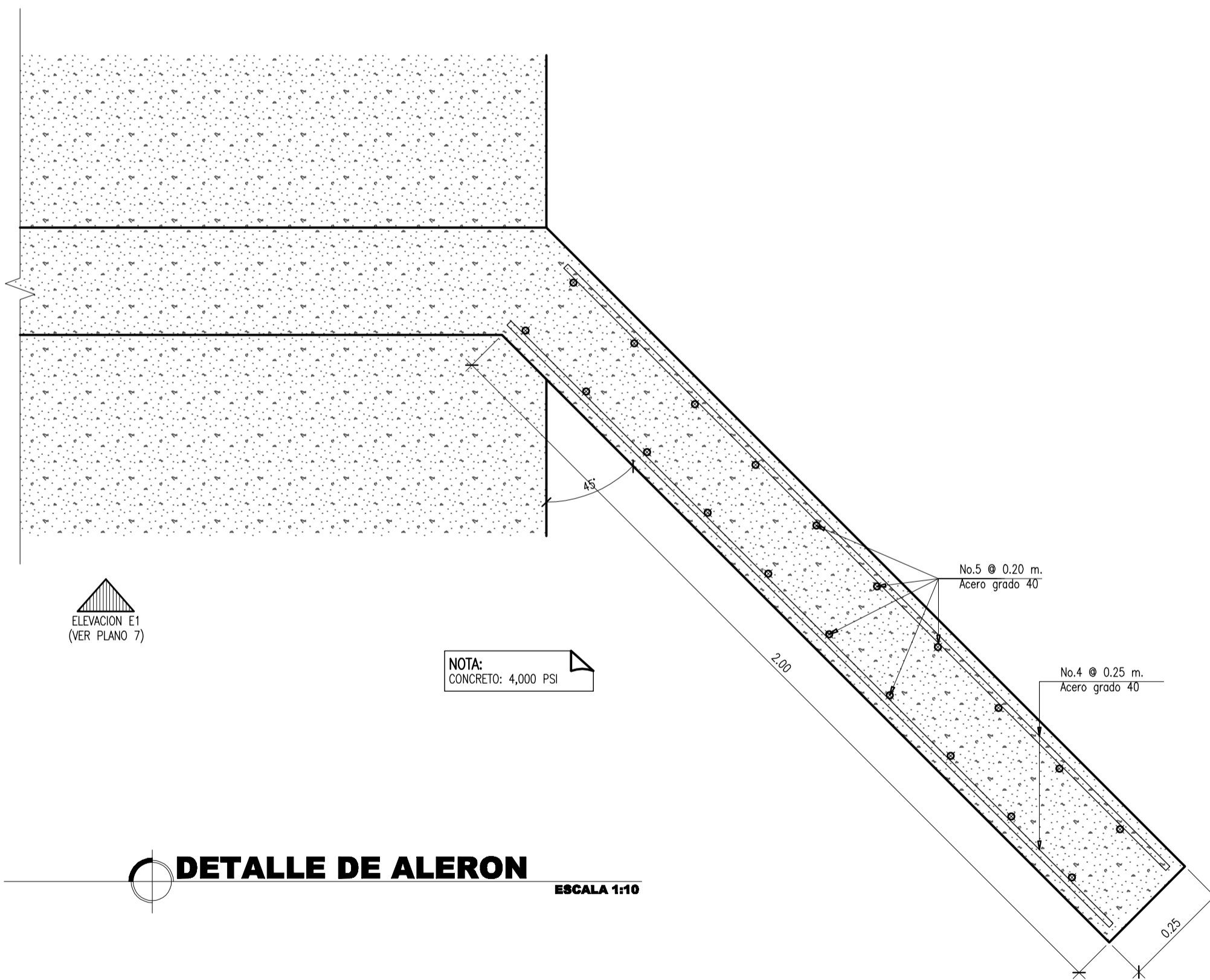
**UBICACION DE DIAFRAGMAS**

ESCALA 1:50



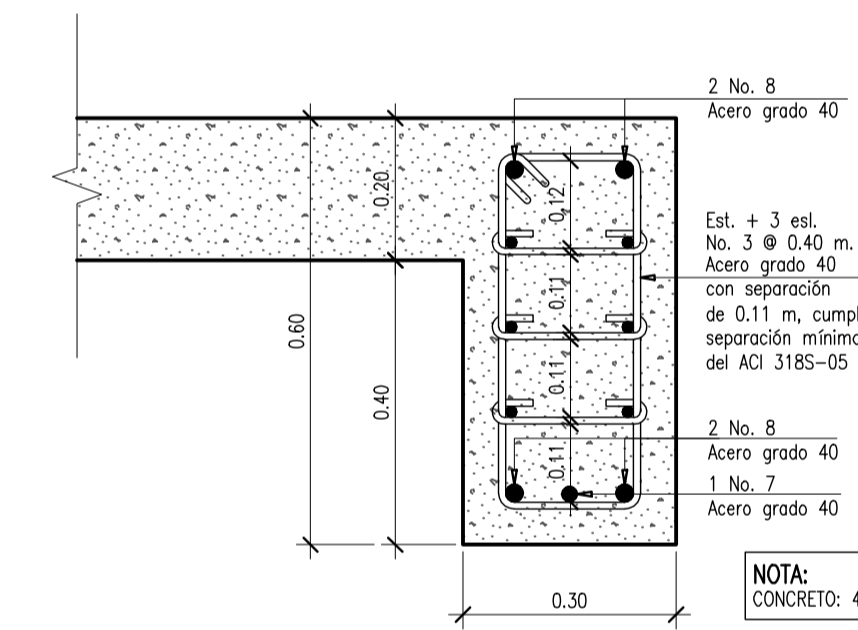
**DETALLE DE DIAFRAGMA INTERIOR**

ESCALA 1:10



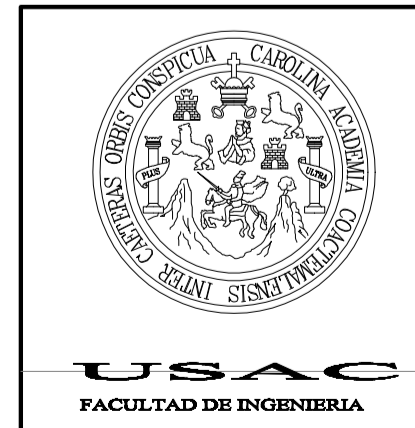
**DETALLE DE ALERON**

ESCALA 1:10



**DETALLE DE DIAFRAGMA EXTERIOR**

ESCALA 1:10

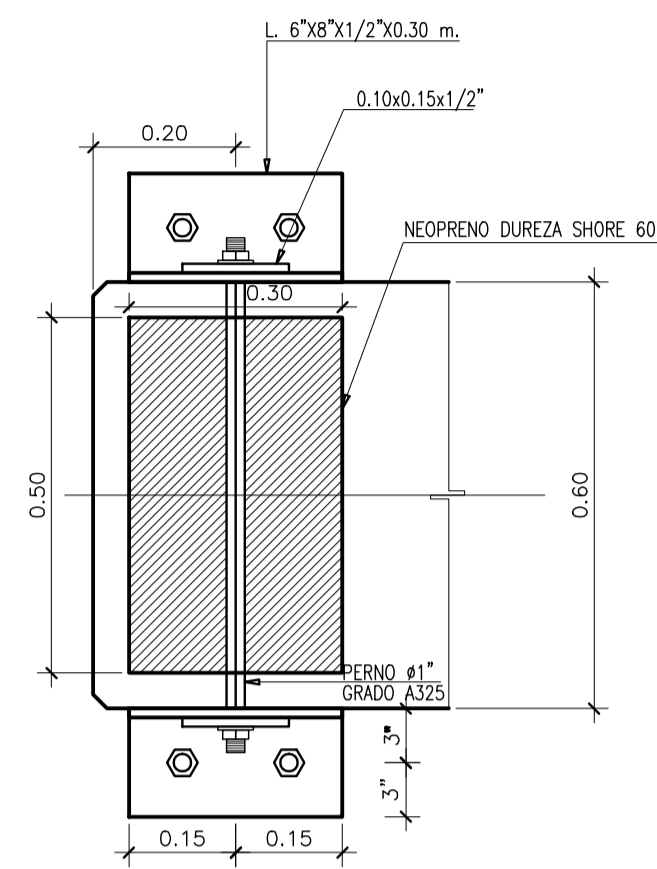


PROYECTO:  
**PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE**  
UBICACION: ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA  
PLANO DE:  
**DETALLES ESTRUCTURALES 2**

FECHA: NOVIEMBRE 2013	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	05
DISEÑO: EDGAR MALDONADO	07
CALCULO: EDGAR MALDONADO	
REVISO: ING. ÁNGEL SIC	
DIBUJO: EDGAR MALDONADO	

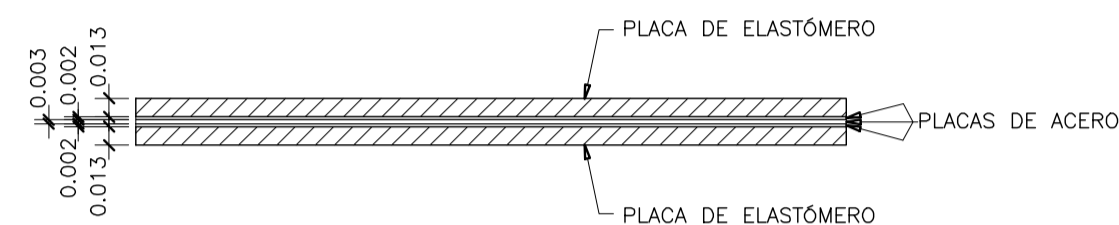
Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

FECHA DE IMPRESIÓN: 07/26/2014 2:43 pm



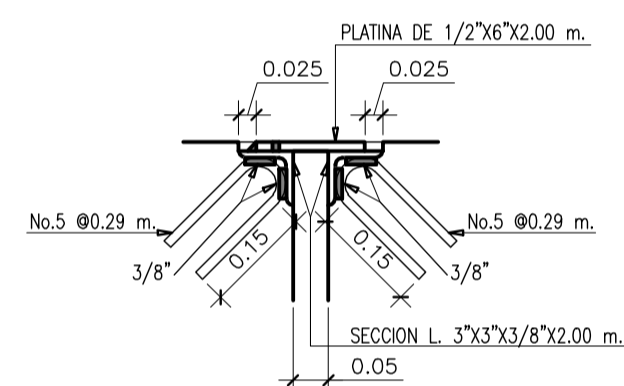
LA UNIÓN ENTRE LAS PLANCHAS DE NEOPRENO Y LAS PLACAS METÁLICAS DEBEN HACERSE CON UN PEGAMENTO QUE EVITE SU SEPARACIÓN. LAS DIMENSIONES DEL APOYO DEBEN SER DE 0.30 X 0.50 MTS.

LOS APOYOS DEL NEOPRENO DEBEN COLOCARSE EN UNA SOLA ENVOLTURA CONTENIENDO TANTO LAS PLACAS DE NEOPRENO COMO LAS PLACAS METÁLICAS QUE LAS SERRAN. ESTAS PLACAS SON 2 PLACAS DE ELASTÓMERO DE 1.3 CM, 2 PLACAS DE ACERO DE 0.2 CM Y UNA DE 0.3 CM, HACIENDO UN ESPESOR TOTAL DE 3.3CM.



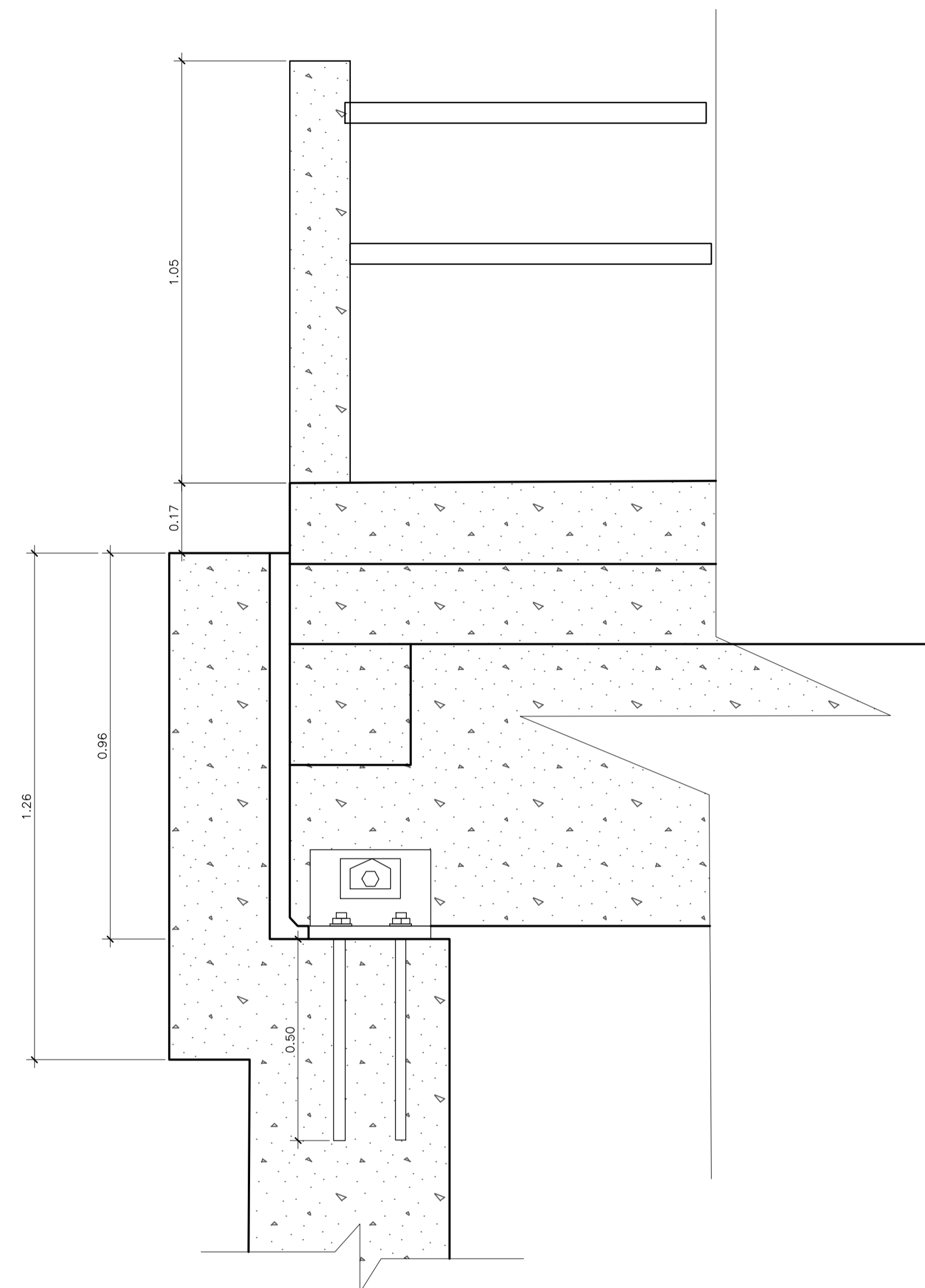
**DETALLE DE PERFORACION DE PERNO EN VIGA**  
ESCALA 1:10

**DETALLE DE CAPAS DEL NEOPRENO**  
ESCALA 1:5

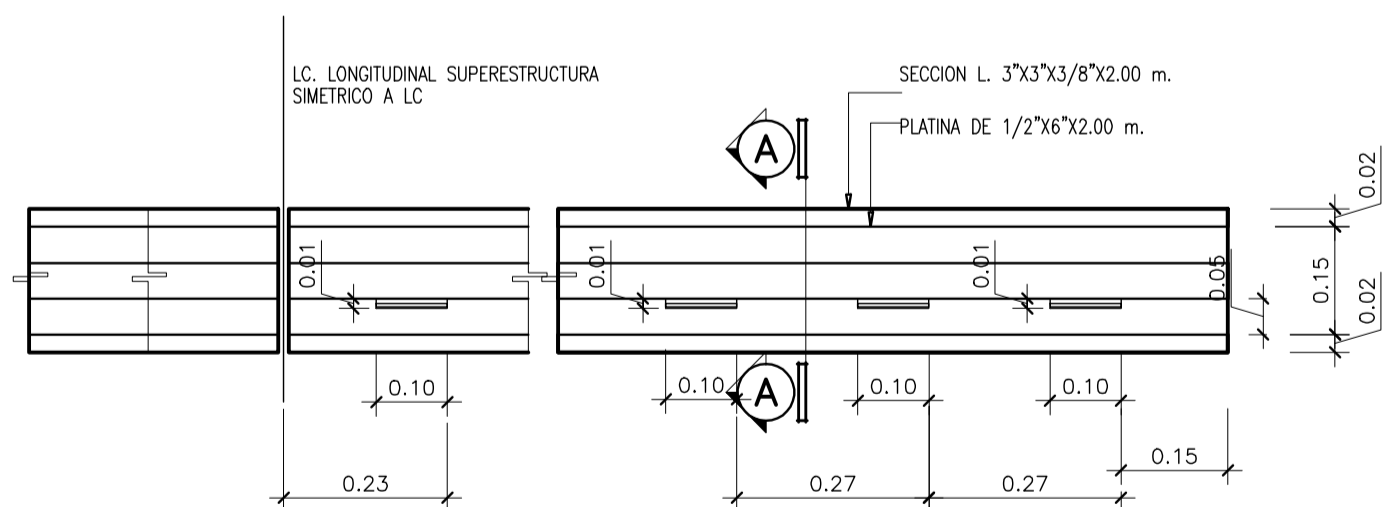


NOTA:  
COLOCAR SOLDADURA DE PENETRACIÓN.  
USAR ELECTRODO AWS E 6010 DE 1/4" CON AMPERAJE DE 300.  
SOLDAR CON TRES CORDONES.

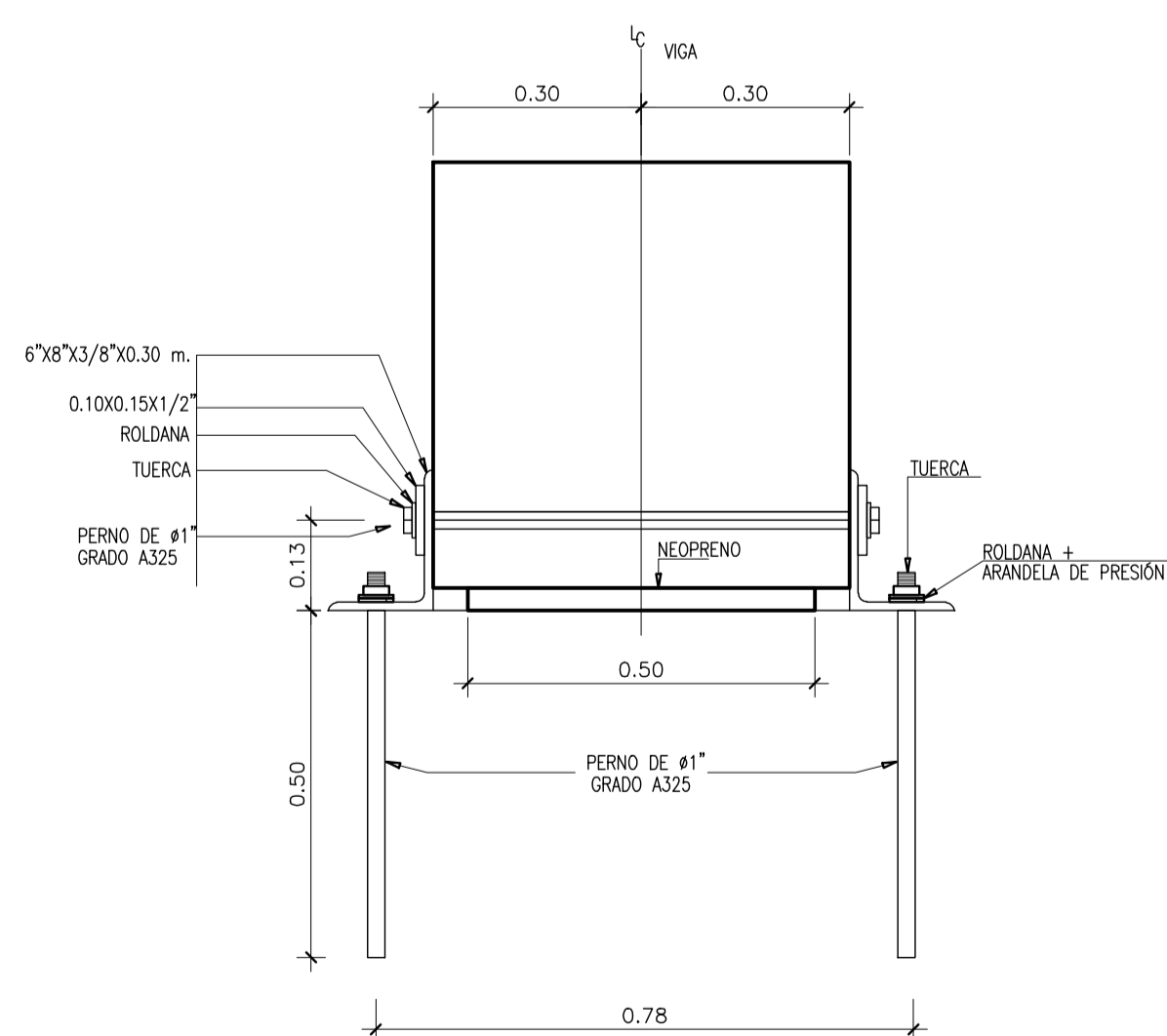
**SECCION A-A**  
ESCALA 1:10




**DETALLE DE ANCLAJE DE VIGA Y ESTRIBO**  
ESCALA 1:10

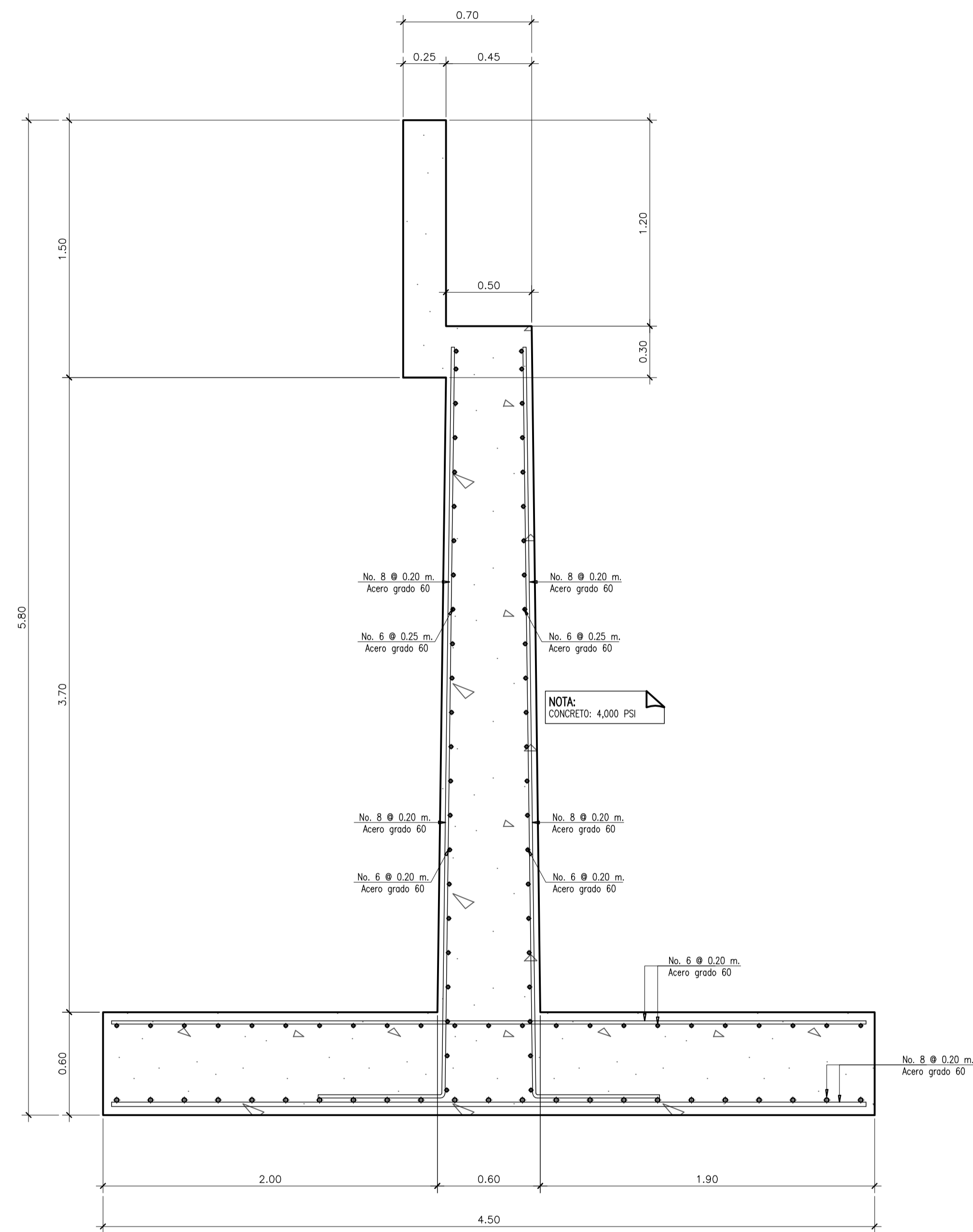


**DETALLE DE ENTRADA Y SALIDA DE PUENTE**  
ESCALA 1:10

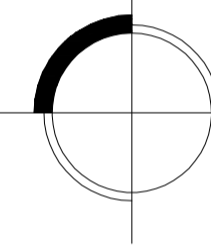
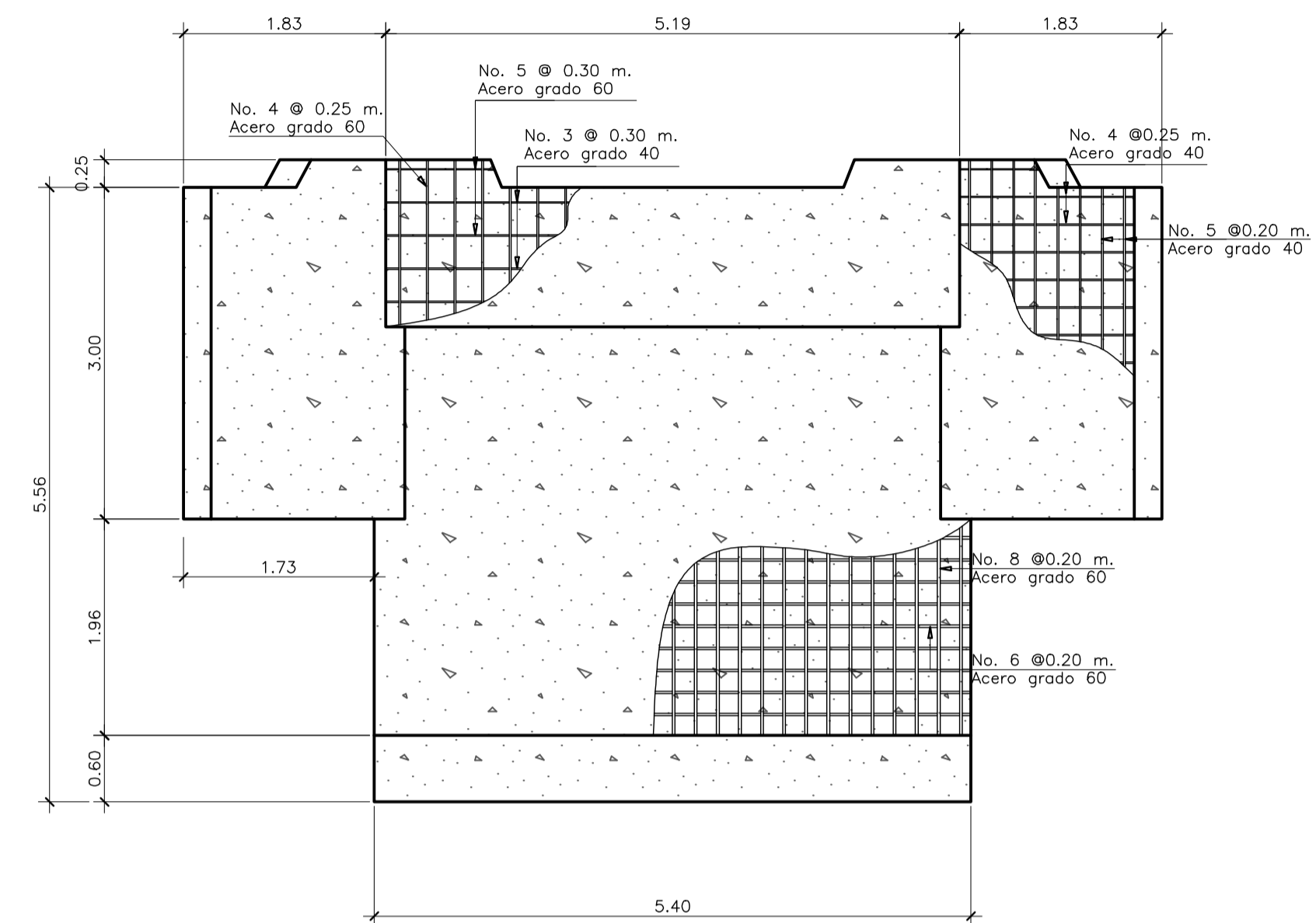


**ALZADO**  
ESCALA 1:10

	<b>PROYECTO:</b> PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE
	<b>UBICACION:</b> ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA
<b>PLANO DE:</b> DETALLES ESTRUCTURALES 3	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2013 <b>ESCALA:</b> INDICADA <b>DISEÑO:</b> EDGAR MALDONADO <b>CALCULO:</b> EDGAR MALDONADO <b>REVISO:</b> ING. ÁNGEL SIC <b>DIBUJO:</b> EDGAR MALDONADO
vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA	<b>No. HOJA:</b> 06 07

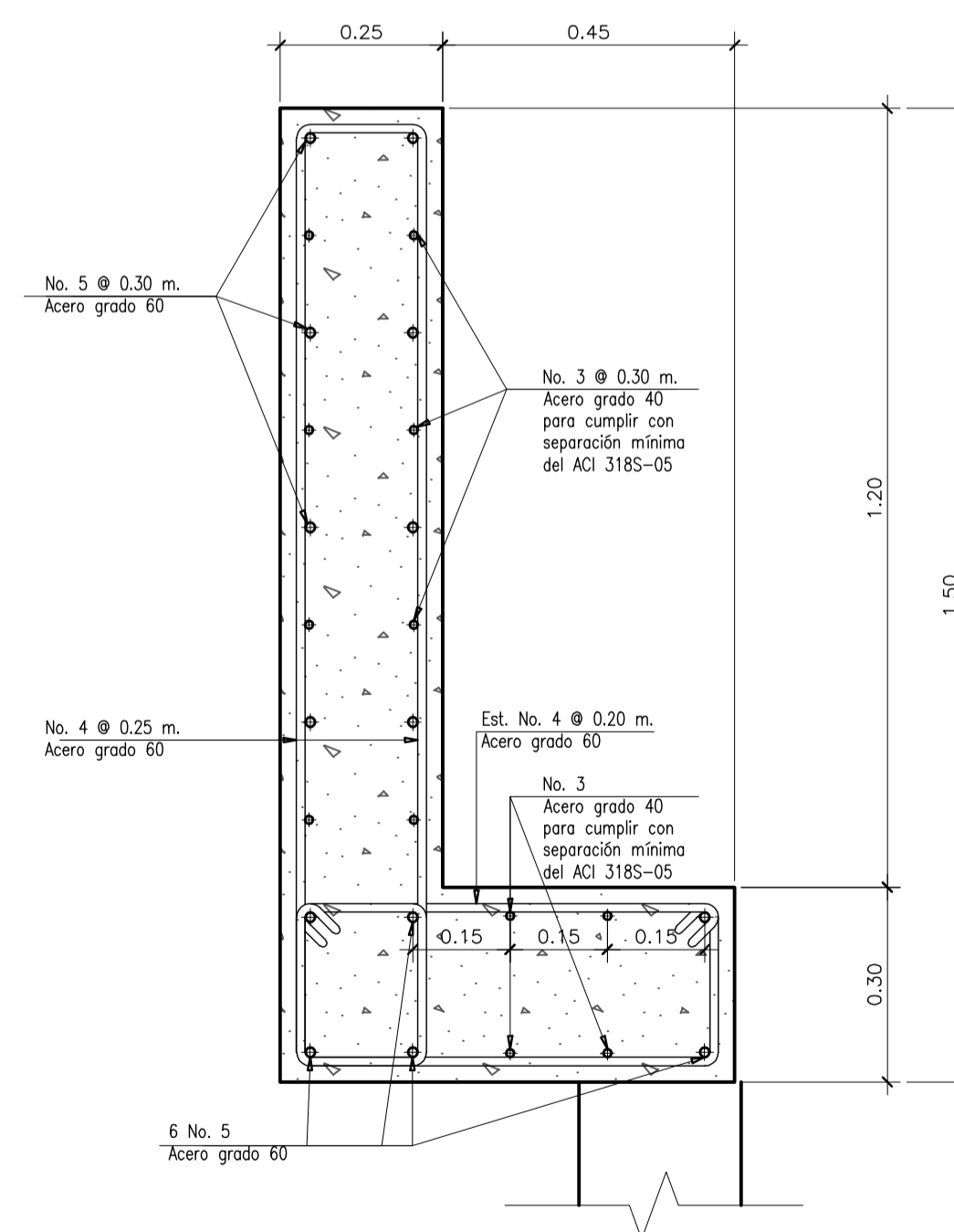


**DETALLE DE ESTRIBO DE VOLADIZO**  
ESCALA 1:20



**ELEVACION E-1**

ESCALA 1:50



**DETALLE DE CORTINA Y VIGA DE APOYO**  
ESCALA 1:10

 <p>USAC FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<p>PROYECTO: <b>PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO EL SAUCE</b></p> <p>UBICACION: ALDEA EL CERRITO, FRAJANES, GUATEMALA</p> <p>PLANO DE: <b>DETALLES ESTRUCTURALES 4</b></p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2013</p> <p>ESCALA: INDICADA</p> <p>DISEÑO: EDGAR MALDONADO</p> <p>CALCULO: EDGAR MALDONADO</p> <p>REVISO: ING. ÁNGEL SIC</p> <p>DIBUJO: EDGAR MALDONADO</p>	<p>No. HOJA: <b>07</b></p> <p>FECHA DE IMPRESION: <b>07</b></p>
	<p>Vs. Bo. (f): ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA</p>		