



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

**DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS
ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE
COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

Bayron Orlando Juárez Cajbón
Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, Julio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS
ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE
COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

POR

BAYRON ORLANDO JUÁREZ CAJBÓN
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sydney Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, en el mes de agosto de 2007.



Bayron Orlando Juárez Cajbón.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 17 de febrero de 2009.
Ref.EPS.DOC.358.02.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **BAYRON ORLANDO JUÁREZ CAJBÓN** de la Carrera de Ingeniería Civil, **con carné No 9313179**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todas”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de febrero de 2009.
Ref.EPS.D.95.02.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

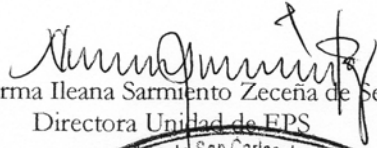
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **BAYRON ORLANDO JUÁREZ CAJBÓN**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Oscar Argueta Hernández**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
3 de junio de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Bayron Orlando Juárez Cajbón, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
4 de junio de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Bayron Orlando Juárez Cajbón, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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. Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

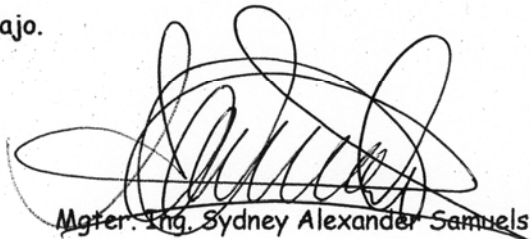
/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Bayron Orlando Juárez Cajbón, titulado DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, julio 2009.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.232.2009

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 CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ Y CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Bayron Orlando Juárez Cajbón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Inga. Glenda García Soria'.

Inga. Glenda García Soria
DECANA EN FUNCIONES

Guatemala, julio de 2009



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

JEHOVÁ. Fuente inagotable de sabiduría y de misericordia, gracias Padre por el logro alcanzado, porque me distes sabiduría y permitiste que pasara esto en mi vida, te doy infinitamente gracias.

MIS PADRES. Por darme su mejor esfuerzo, su paciencia y dedicación. A la memoria de mi padre y a la presencia de mi madre.

MI HIJA. Que el éxito alcanzado sea un ejemplo para su vida, por ser parte de mi corazón.

LA MADRE DE MI HIJA. Gracias por su apoyo.

MIS HERMANOS. Por ser quienes me dieron el ejemplo a seguir y por darme ese apoyo incondicional para alcanzar este éxito.

EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ. Por su orientación, consejos, tiempo brindado para la elaboración de este trabajo y su amistad.

MIS SOBRINOS. Que este logro sea un ejemplo; que puedan apreciar que al proponerse metas éstas se pueden alcanzar.

MIS AMIGOS. Por el ánimo y apoyo que me dieron a seguir adelante y alcanzar la meta trazada.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA, Por ser una Escuela que me formó como profesional, gracias por darme la oportunidad de estudiar en sus aulas.

MI PAÍS. Por ser un paraíso creado por Dios, mi patria querida.

ACTO QUE DEDICO A:

JEHOVÁ:	Todopoderoso
MIS PADRES	(±) Carlos Ovidio Juárez Mejicanos y Delfina Cajbón Majus
MI HIJA	Andrea María Juárez Morales
MUY ESPECIAL	Karla Anabella Morales Macz
MIS HERMANOS	Elizabeth, Francisco, Rubén, Magda, Rony, Norma, e Ingrid.
MIS SOBRINOS	Paola, Lourdes, Ovidio, Gustavo, Emilsa, Javier, Pablo, Albert, Brenda, Magda, Daniel, Suany, Cindy, Levi, Abraham, Sarita.
MI CUÑADO	Danilo Arturo Milfán Gómez, en tu memoria.
MIS AMIGOS	Jorge, Erwin, Helmut, Guayo, Jacob, Elmer, Julio, Mario, Angel, Juan Alberto.
MI PATRIA	Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA DE LA CABECERA MUNICIPAL DE COBÁN, ASÍ COMO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALDEA CHICOY DEL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ	
1.2 Contexto histórico	1
1.2.1 Monografía de la ciudad de Cobán	1
1.2.2 Fiesta popular tradicional	1
1.2.3 Clima	1
1.3 Contexto social	2
1.3.1 Población	2
1.3.2 Composición étnica	3
1.3.3 Religión	3
1.3.4 El Paab'ank	4
1.3.5 Condiciones de salud	4
1.3.6 Educación	5
1.3.7 Costumbres	5
1.3.8 Festival folklórico	6

1.4	Contexto histórico - área de influencia	6
1.4.1	Proyectos de infraestructura	7
1.4.2	Proyectos de desarrollo social	8
1.5	Contexto geográfico	8
1.5.1	Ubicación geográfica y extensión territorial	8
1.5.2	Límites y colindancias generales	9

ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO, DISEÑO DE CARRETERA Y PUEBLO QUE UNIRÁ A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ HACIA LA ALDEA CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

2	ESTUDIO PRELIMINAR DE CAMPO	11
2.1	Levantamiento topográfico	11
2.1.1	Planimetría	11
2.2.2	Altimetra	12
2.1.3	Secciones transversales	12
2.1.4	Estudio de suelos	12
2.1.5	Evaluación vehicular	12
3	CÁLCULO TOPOGRÁFICO DE PRELIMINAR	15
3.1	Criterios de diseño	15
3.2	Línea preliminar	15

4	DIBUJO PRELIMINAR	17
4.1	Cálculo planimétrico	17
4.2	Cálculo altimétrico	18
4.3	Cálculo de curvas de nivel	18
4.4	Cálculo de secciones transversales	19
5.	DISEÑO DE LOCALIZACIÓN	21
5.1	Cálculo de elementos de curvas horizontales	21
5.1.1	Grado de curva (G)	21
5.1.2	Longitud de curva (Lc)	21
5.1.3	Sub- tangente (St)	21
5.1.4	Cuerda máxima (Cm)	22
5.1.5	External (E)	22
5.1.6	Ordenada media (OM)	22
6.	DISEÑO DE LOCALIZACIÓN (SUB-RASANTE)	27
6.1	Diseño línea de localización	27
6.2	Cálculo de subrasante	27
6.3	Determinar las curvas verticales	28
6.4	Cálculo de correcciones de curvas verticales simétricas	29
7	MOVIMIENTO DE TIERRAS	33
7.1	Cálculo de áreas de secciones transversales	33
7.2	Coeficiente de contracción	35
7.3	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	35
7.4	Corte y relleno	36
7.5	Excavación	39
7.5.1	Excavación no clasificada	39

7.5.2	Excavación no clasificada de material de desperdicio	39
7.5.3	Excavación no clasificada de material de préstamo	39
7.5.4	Acarreo libre	39
7.5.5	Sobre acarreo	40
7.5.6	Acarreo	40
8	DRENAJE	41
8.1	Objetivo del drenaje	41
8.2	Importancia en la vida de la carretera	41
8.3	Integración de elementos constructivos, así como obras de protección en el área de carreteras.	42
9.	PLAN DE MANTENIMIENTO	43
10.	EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	45
11.	PRESUPUESTO	47
12.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN	51

13. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE ACCESO A LA ALDEA CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

13.1	Estudios topográficos	53
13.2	Estudios hidráulicos	53
13.3	Estudios geológicos	54
13.4	Estudios comerciales	55

14. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS DEL PUENTE DE ACCESO A LA ALDEA CHICOY

14.1	Estudio hidrológico	57
14.2	Método de sección-pendiente	58
14.3	Cálculo del caudal máximo	59
14.4	Levantamiento topográfico	60
14.5	Evaluación de la calidad del suelo	60
14.6	Descripción de la solución propuesta	61
14.7	Diseño del puente vehicular de la aldea Chicoy	62
14.7.1	Datos para diseño	62
14.7.2	Diseño de la superestructura	62
14.7.2.1	Diseño de la losa	63
14.7.2.1.1	Espesor de losa	63
14.7.2.1.2	Cálculo de momentos	64
14.7.2.1.3	Cálculo de refuerzo	66
14.7.2.1.3.1	Cálculo de refuerzo transversal cama inferior	67
14.7.2.1.3.2	Cálculo de refuerzo longitudinal cama superior e inferior	67
14.7.2.1.3.3	Cálculo de refuerzo transversal cama superior	68

14.7.2.2	Diseño de vigas	68
14.7.2.2.1	Calculo de momentos por sobrecarga	68
14.7.2.2.2	Cálculo del momento por carga muerta	74
14.7.2.2.3	Cálculo del momento debido al impacto	75
14.7.2.2.4	Cálculo del momento total	75
14.7.2.2.5	Cálculo de refuerzo	76
14.7.2.2.6	Diseño a corte	77
14.7.2.3	Diseño de diafragma	81
14.7.3	Diseño de la subestructura	82
14.7.3.1	Diseño de la cortina	82
14.7.3.1.1	Empuje de tierra (E)	83
14.7.3.1.2	Fuerza longitudinal (FL)	83
14.7.3.1.3	Fuerza de sismo (EQ)	84
14.7.3.1.4	Cálculo de refuerzo	85
14.7.3.1.5	Refuerzo por corte	86
14.7.3.2	Diseño de la viga de apoyo	86
14.7.3.3	Diseño del estribo	87
14.7.3.3.1	Cálculo del momento de volteo	88
14.7.3.3.2	Cálculo del momento estabilizante	89
14.7.3.3.3	Revisión del muro sin superestructura	89
14.7.3.3.4	Revisión del muro con superestructura y carga viva.	90
14.7.3.3.5	Revisión del muro con sismo (sin carga viva)	91
15	Presupuesto	95
16	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	97
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	103
	APÉNDICE 1	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa cartográfico donde se ubica la localización del puente en el municipio de Cobán	10
2.	Elemento de curva horizontal	26
3.	Sección típica de corte. (movimiento de tierras)	37
4.	Sección geométrica de la superestructura	62
5.	Diagrama de posición para obtener momentos máximos	69
6.	Diagrama de camión en lugar crítico	70
7.	Diagrama de cuerpo libre de carga viva	72
8.	Diagrama de cargas para obtener momentos máximos	73
9.	Diagrama de carga muerta	75
10.	Detalle de elevación de viga principal	77
11.	Detalle de sección de la viga	77
12.	Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo	78
13.	Diagrama de corte de diseño	79
14.	Geometría de la cortina y viga de apoyo	83
15.	Geometría y diagrama de presiones del estribo	87

TABLAS

I	Libreta de camino	23
II	Diseño de velocidades	24
III	Valores de "K" según velocidades de diseño	28
IV	Parámetros de secciones para movimiento de tierras	34
V	Promedio de áreas.	38
VI	Cálculo del momento de volteo	88
VII	Cálculo del momento estabilizante	89
VIII	Cálculo de momento de volteo sentido horizontal	92

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AASTHO	Asociación Americana de Carreteras del Estado y Transportes Oficiales
ACI	American Concrete Institute
A_T	Área total
V_s	Capacidad de soporte del suelo
E_s	Módulo de elasticidad del acero
M_p	Momento perpendicular
M_n	Momento normal
R	Radio hidráulico
M_{cm}	Momento de carga muerta
M_{cv}	Momento de carga viva
M_I	Momento de impacto
M_u	Momento último
Q	Caudal
W	Peso
A_s	Área de acero
A_{stem}	Área de acero por temperatura
A_{smín}	Área de acero máximo
DGC	Dirección General de Caminos
ρ	Porcentaje de acero
P_{mín}	Porcentaje de acero mínimo
P_{máx}	Porcentaje de acero máximo
S_{máx}	Espaciamiento máximo de estribos
Φ	Factor de reducción de esfuerzos
f'_c	Resistencia a compresión del concreto a los 28 días
f_y	Esfuerzo de fluencia del acero
P_c	Principio de curva
P_t	Principio de tangente
L_c	Longitud de curva

E	External
OM	Ordenadamedia
Tag	Tangente
Az	Azimut
R	Radio
Δ	Deflexión
St	Subtangente
Cm	Cuerda máxima
Le	Longitud de espiral
Pi	Punto de inflexión

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Carreteras del Estado y Transportes Oficiales).
Aletones	Unidades destinadas a contener el relleno de la carretera.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación de agua sobre la superficie del rodamiento.
Carretera	Ruta de tránsito público dentro los límites del derecho de vía.
Cauce del río	Lecho de un río de distinta forma geométrica.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
Cimientos	Elemento estructural que distribuye las cargas de una superestructura y las transmite directamente al suelo.
Concreto Ciclópeo	Material de construcción con aspecto de piedra, obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son más gruesos.
Concreto reforzado	Material de construcción obtenido de una mezcla de cemento, arena, grava y agua; como refuerzo se colocan varillas de acero corrugado.

Corte	Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.
Cuenca	Territorio rodeado de alturas cuyas aguas fluyen al mismo río, lago o mar.
Diafragmas	Unidades usadas para evitar la deformación de vigas de la superestructura.
Empuje	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción contenidas en un proyecto.
Estribo	Estructura en extremos del puente que reciben las cargas de la superestructura y las transmiten a la cimentación.
Fuerza de sismo	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la subestructura.
Impacto ambiental	Conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente, debido a una modificación del entorno natural, como consecuencia de una obra u otra actividad.
Losa	Elemento estructural plano, que soporta directamente las cargas y las transmite a los diferentes apoyos.
Luz	Longitud entre apoyos de un puente.
Neopreno	Material natural - artificial con propiedades similares al caucho, utilizado en los apoyos del puente.

Rasante	El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestran las partes componentes de una carretera.
Socavación	Efecto producido en taludes; generalmente es minado por el agua de abajo hacia arriba.
Subestructura	Conjunto de elementos diseñados para soportar cargas en la superestructura y transmitir las directamente al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos diseñados para soportar las cargas de diseño y transmitir las a la subestructura.
Superficie de rodadura.	Área destinada a la circulación de vehículos o la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de tránsito.
Tendal	Elemento encargado de soportar el peso de la cubierta y transmitirlo hacia los muros.
Tirante	Altura de agua, sobre una sección determinada.
Valor soporte	Capacidad de carga de un suelo, que es dado en unidades de fuerza por unidad de área.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima a que un vehículo puede transitar con seguridad, en una carretera trazada con diferentes parámetros.

Viga de diafragma

Vigas transversales a las vigas longitudinales en la superestructura, para rigidizarla ante cargas laterales.

Volteo

Es el momento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto del borde exterior.

RESUMEN

El siguiente informe contiene el resultado de los diseños de una carretera de tercer orden y un puente vehicular desarrollados en el período del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en la aldeas Choctún Basilá y Chicoy del municipio de Cobán, del departamento de Alta Verapaz.

- **Diseño de carretera**

Se planificó una carretera de tercer orden tipo E, material de diseño balasto, la longitud del tramo carretero es de 5,200 m , con un ancho de calzada de 6.00 m esto por las circunstancias del area y las condiciones del lugar, la topografía del terreno es semi- plano, se estima que la cantidad de vehiculos que transitan por el sector es de 20 a 30 vehículos diarios, por lo tanto la velocidad de diseño es de 30 km / h se establecio una pendiente maxima de 21 %.

- **Diseño de puente**

Consta de una vía, con de longitud 10 m y ancho útil de 3.60 , y una ancho total de 4.50 m con una sobrecarga HL – 93, la capacidad soporte del suelo es de 23.54 Ton/m², con una resistencia al concreto (f'c) de 210 kg/ cm² y una resistencia al acero de 2,810 kg/ cm² . La superestructura esta formada por dos vigas con una sección de 0.40 x 0.72 m, un diafragma intermedio con una sección de 0.30 x 0.35 m, ademas de anden con barandales de protección para el paso peatonal, todos los elementos seran construidos de concreto aramado, apoyados sobre estribos de concreto ciclopeo.

OBJETIVOS

General:

Contribuir a mejorar el nivel de vida, del municipio de Cobán, Alta Verapaz, a través del diseño y ejecución de obras de infraestructura vial.

Específicos:

1. Contribuir con el desarrollo de las comunidades de Choctún Basilá y Chicoy, del municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, mediante la construcción de carretera y puente vehicular.
2. Proporcionar un estudio a la municipalidad de Cobán, que contenga información detallada y oportuna, para la programación y ejecución de los proyectos de infraestructura planteados.
3. Promover el enfoque social que tiene la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la implementación del Ejercicio Profesional Supervisado.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación surge como una propuesta a la solución de las necesidades de la población. Contiene los estudios necesarios para la ejecución de los proyectos propuestos, que son los siguientes: Diseños de un puente vehicular de 10 metros de luz, y una carretera de balasto con una longitud de 5,200 metros. Se detallan los cálculos, normas utilizadas y gráficas de los proyectos con base en las normas AASHTO y ACI para que los proyectos cumplan con las especificaciones requeridas por la Dirección General de Caminos y sobre todo, que se ajusten al terreno donde se ubican; por ello, se diseñó una carretera tipo E.

Los datos obtenidos en la aldea Chicoy, fueron recopilados y mostrados para describir en forma concisa las características de dicha aldea; los proyectos que se plantean en este trabajo pueden ser de utilidad para desarrollar en un futuro inmediato. Se presentan los estudios topográficos y de suelos, para obtener datos que determinarán la forma y las dimensiones de los componentes estructurales que son parte de un puente, así como la carretera. Se muestra en forma detallada todo el proceso que requiere el diseño de un puente y se describe la solución que se implementó para cada problemática que se suscita en las respectivas comunidades, al carecer de una vía adecuada para transitar de un lugar a otro. Contiene información detallada sobre las actividades realizadas durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), desarrollado en el municipio de Cobán, del departamento de Alta Verapaz, en respuesta a la solicitud de apoyo técnico-profesional efectuada por parte de la Municipalidad a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1. MONOGRAFÍA DE LA CABECERA MUNICIPAL DE COBÁN, ASÍ COMO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALDEA CHICOY DEL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

1.2 Contexto histórico

1.2.1 Monografía de la ciudad de Cobán

La ciudad de Cobán fue fundada el 4 de agosto de 1,543, con el nombre de Santo Domingo de Cobán. El Alcalde Mayor de la Verapaz, Capitán don Martín Alfonso Tovilla, en su relación de 1,635 transcribió una Real Cédula del 7 de septiembre de 1,543 al Licenciado Alfonso de Maldonado, ordenando “que se cumpla todo lo dispuesto de dar toda la ayuda a los religiosos Dominicos en la pacificación de las provincias de Tezulutlán y Lacandón.”

1.2.2 Fiesta popular tradicional

Cuenta con imponentes tradiciones y costumbres fruto del predominio de la etnia Q'eqchi', de origen ancestral maya. Logra su expresión en los bailes o trajes, comida y bebidas típicas; las fiestas populares tradicionales se observan en las cofradías que se celebran en todo el año en honor a patronos y santos de la religión católica.

La fiesta popular tradicional conocida en el país como el Festival Folklórico Nacional, que se celebra el último sábado del mes de julio de cada año, se desarrolla con la finalidad de propiciar la conservación e impulso de las costumbres y tradiciones a través de los bailes, comidas, exposiciones artesanales; culminando el mismo con la concentración de los diferentes grupos

étnicos del país. Durante esa celebración, también resalta la elección de “Rabin Ajau” (Hija del Rey) quien representa la belleza del pueblo maya en el país. Como parte del sincretismo de lo pagano y lo religioso cristiano de origen prehispánico, hispano y contemporáneo.

1.2.3 Clima

El clima es húmedo - templado, sin embargo, debido a la tala inmoderada de flora y a las condiciones de su entorno, el clima es variado.

1.3 Contexto social

1.3.1 Población

El departamento de Alta Verapaz cuenta con 776,246 habitantes que corresponden al 6.9% de la población de la República; donde el 79% vive en área rural (613,234 hab.); el 50% es el sexo femenino (389,027 hab.); el 48% es analfabeta (282,876 hab.); el 46.7% de la población es menor de 15 años; y el 37.2% de la población es económicamente activa. Para el año 2007 la población proyectada era de 983,479 habitantes.

El municipio de Cobán tiene 144,461 habitantes equivalentes al 3.5% de la república, y el 19% del departamento. En su mayoría viven en el área rural equivalente al 67.3% municipal y el 9.9% departamental. Teniendo además paridad en el género, ya que el 50 % población es femenina.

En la ciudad de Cobán habitan 30,748 personas (equivalente al 0.7% de la república, al 4% del departamento y al 21% del municipio). Concentra al 18.8% de la población urbana departamental.

- La población masculina representa el 47.5 % (14,593 habitantes).
- La población femenina representa el 52.5% (16,155 habitantes).

1.3.2 Composición étnica

La población indígena representa el 57.4% (17,659 habitantes). La etnia es el Q'eqchi' y el idioma es denominado también Q'eqchi', además del castellano. La población no indígena representa el 42.6% (13,089 habitantes).

1.3.3 Religión

La religión Católica es la predominante en todo el departamento y en menor proporción las iglesias evangélicas. A partir de la firma de los Acuerdos de Paz en el país, se ha experimentado un resurgimiento de la práctica de la espiritualidad maya, tomando mayor auge en las actividades propias de la población indígena.

Los valores del cristianismo entran a formar parte de la espiritualidad maya, debido a la implantación del cristianismo en la época de la colonización. Comenzó con la construcción de templos en los centros ceremoniales propios de los indígenas. Posteriormente, las ceremonias se realizaban en los hogares, porque gran porcentaje de la población indígena fue absorbido por la religión católica y las prácticas de la espiritualidad maya se dieron de manera privada.

La comunidad cobanera, en su desenvolvimiento cultural, implanta un gran número de costumbres y tradiciones, en mayoría, ligadas a su religiosidad.

1.3.4 El Paab'ank

Es uno de los elementos de la cultura y de carácter ceremonial para los q'eqchi'es de Alta Verapaz, considerado actualmente como parte de la práctica del sincretismo religioso y cultural. Esta fiesta se realiza en honor al santo de una cofradía, los cuales tienen a cargo su preparación y los principales cofrades en el ritual religioso. Las actividades que se realizan son: Bendición de candelas, traslado del "Santo", de la Ermita a la Iglesia Parroquial (por medio de una procesión con tambor, chirimía, etc.), celebración de misa en honor al "Santo".

En esta actividad sobresale la preparación de la comida especial, consistente en: caldo de chunto o kaq'ik, tamalitos de masa o pochitos, bebida fermentada boj, cacao, etc., velación del "Santo", quema de cohetes, celebración de ceremonias y bailes de los participantes.

El origen de El Paab'ank es considerado precolombino, siglos en los que su espiritualidad giraba alrededor de deidades mayas. Sin embargo, la llegada de los españoles y la conquista por medio del cristianismo, introdujo nuevos elementos a estas ceremonias, como el culto a las imágenes de la iglesia Católica.

1.3.5 Condiciones de salud

La salud pública está bajo la responsabilidad del Ministerio de Salud Pública, a través de centros de salud en algunas comunidades y un Hospital Nacional ubicado en la Cabecera Departamental de Alta Verapaz.

Existen instituciones y empresas privadas que ofrecen los servicios de salud, representados a través de pequeños sanatorios, contándose únicamente con uno que llena las expectativas de los servicios de salud integral.

1.3.6 Educación

La población cobanera cuenta con establecimientos públicos y privados que cubren todos los niveles educativos. En el nivel primario y diversificado la capacidad de establecimientos públicos es superada por la demanda actual, los colegios privados han encontrado un nicho floreciente en el sector educativo. De igual manera sucede a nivel universitario. Esta diversidad presenta opciones educativas en los niveles de diversificado y universitario; la diversidad de carreras para obtener los títulos de nivel medio y licenciaturas, ha permitido la profesionalización de una parte de la población que tiene acceso a la academia en beneficio de la sociedad. La problemática actual es la ocupación de edificios por parte del sector privado, que no cuentan con las instalaciones necesarias para prestar este servicio. El desarrollo de la infraestructura educativa debe considerarse como una prioridad para las autoridades municipales y gubernamentales, debido a las necesidades de la población que ha motivado al sector privado a incursionar en este campo; sin que esto signifique elevar el nivel educativo del sector primaria y diversificado.

1.3.7 Costumbres

Son una representación histórica por medio del baile-drama. Algunos de estos bailes, fueron traídos por los españoles y adoptados por los indígenas; haciéndoles modificaciones; mientras que otros, son propiamente de ellos.

Es un arte muy completo, porque elaboran sus propios trajes, el tallado de las máscaras, el uso de instrumentos musicales autóctonos (principalmente la chirimía, el tambor, etc.), piezas musicales antiguas, la pirotecnia, etc.

Entre los principales bailes están: el baile del Mono, del Torito, de Recua, del Venado Salvaje, del Diablo, etc.

1.3.8 Festival folklórico

A finales del mes de julio previo a la celebración de la feria departamental, se organiza el FESTIVAL FOLKLÓRICO NACIONAL DE COBÁN. Se trata de una fiesta de la población indígena de origen Maya, Garífuna y Xinca, cuyo propósito es enaltecer y mostrar sus tradiciones, costumbres, bellas artes, etc.

1.4 Contexto histórico – área de influencia

La aldea Chicoy se localiza en la carretera que conduce de Cobán al municipio de Chisec ; existe un cruce en el kilómetro 42 donde se localiza la aldea Chitocan I , La aldea Choctún Basilá se encuentra a una distancia de tres kilómetros; luego de la aldea Choctún Basilá a la aldea Chicoy, existe una distancia de 5.2 kilómetros.

Chicoy es una aldea que consta de 20 familias, contando con 130 habitantes, anteriormente Chicoy era finca propiedad de la familia Ponce, pero a partir del año 1,996 la comunidad llegó a un arreglo con el dueño de la finca.

Chik'oy se deriva del idioma Q'eqchi que quiere decir lugar de chicle, anteriormente muchos chicleros provenientes de los diferentes lugares extraían

chicle de ese lugar; en el camino se les preguntaba: ¿B'ar yik aawe? Yik we Chik'oy que literalmente se traduce, " me voy a la chiclera ", la aldea cuenta con un río en donde se abastece la comunidad.

En el año 2002 fue registrada la escuela al PRONADE del Ministerio de Educación, beneficiando a treinta niños y niñas de edad escolar. En el año 2,005 se inició la construcción del nuevo edificio escolar con dos aulas, el cual fue finalizado en el año 2006.

Toda la población es eminentemente católica, asisten a la Ermita ubicada en la comunidad.

La aldea Chicoy es una más de las aldeas del país, en la cual sus habitantes viven en extrema pobreza; por lo tanto se necesitan proyectos en la aldea Chicoy tales como:

1.4.1 Proyectos de infraestructura

- Introducción de agua potable
- Energía eléctrica
- Letrinización
- Carretera
- Asistencia agrícola
- Asistencia pecuaria
- Atención médica (Centro de Salud)

1.4.2 Proyectos de Desarrollo Social

- Programas de desarrollo
- Programas de apoyo institucional.

1.5 Contexto geográfico

1.5.1 Ubicación geográfica y extensión territorial

La cabecera está ubicada en las márgenes del río Cahabón que localmente se conoce como río Cobán. La ciudad se encuentra a 8 kilómetros por la ruta nacional 5, al oeste de la cabecera de San Pedro Carchá, por la ruta nacional 14; se encuentra a 214 kilómetros de la ciudad de Guatemala. Se ubica a 1,316.91 MSNM; la latitud es de 15° 28' 07" norte y la longitud es de 90° 22' 36 "oeste.

Los principales barrios de la cabecera son: San Vicente, Magdalena, San Bartolomé, Santo Domingo, Santo Tomás, San Juan Alcalá y San Marcos.

Singular por su topografía, entre los innumerables lugares de paseo figuran Chibencoral, Chichochoch, Chimax, El Caracol, El Arco; así como el Estadio Verapaz, rodeado de colinas poblada de pinos; por el lado norte de la cabecera se encuentra el Calvario, construido originalmente por Francisco Pop, el cual tiene 131 gradas; entre los diferentes parques figuran El Central, San Marcos La Paz, y el denominado Fray Bartolomé de Las Casas; cuenta con pista de aterrizaje asfaltada para naves de transporte mediano.

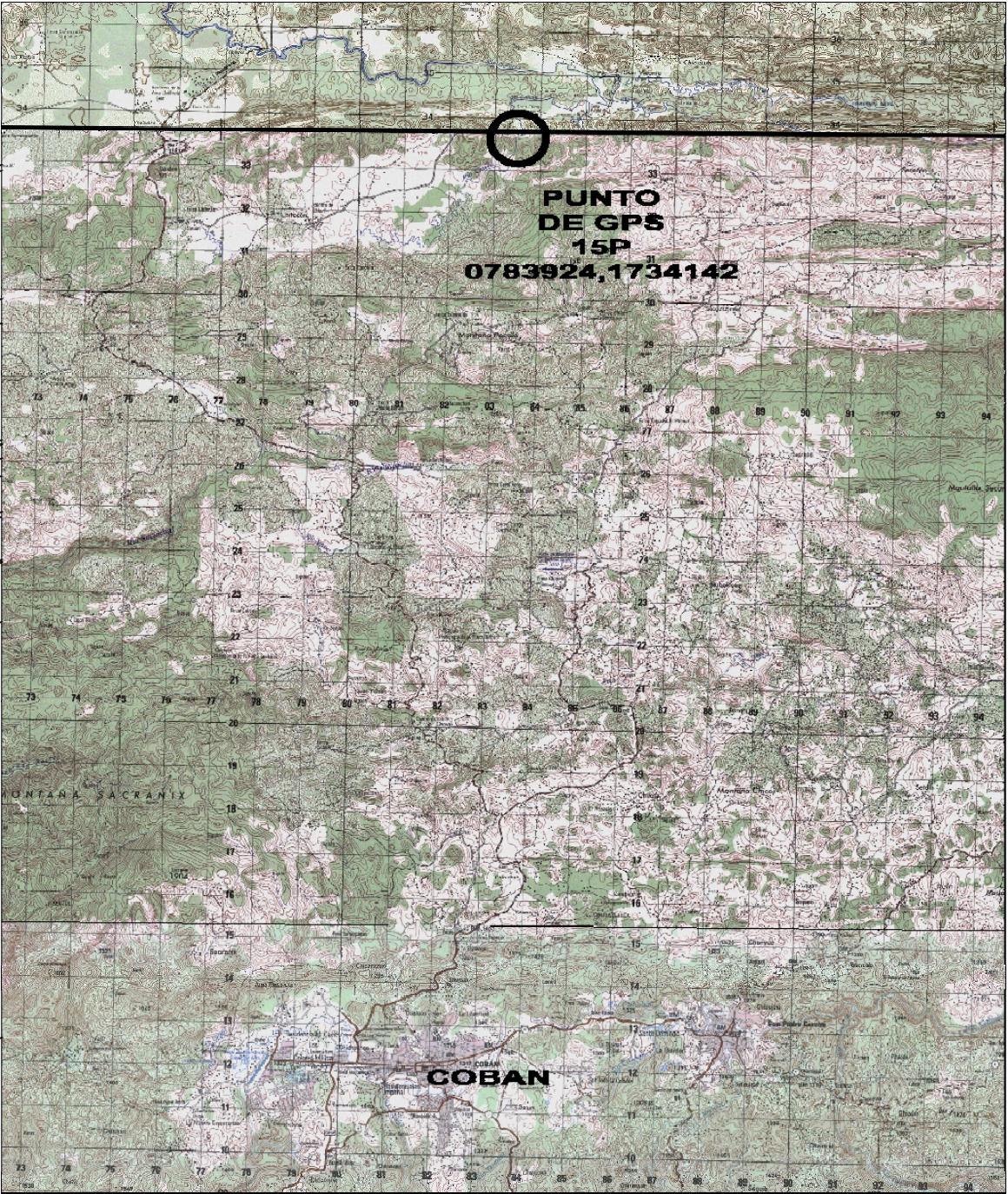
1.5.2 Límites y colindancias generales.

El municipio de Cobán del departamento de Alta Verapaz, tiene una municipalidad de 1ra. Categoría; el área aproximada es de: 2,132 km².

El nombre geográfico oficial es Cobán y sus colindancias son:

Norte	Ixcán (El Quiché)
Sur	Tamahú, Tactic, Santa Cruz Verapaz y San Cristóbal Verapaz.
Oriente	Chisec, San Pedro Carchá y San Juan Chamelco A.V.
Poniente	Uspantán (El Quiché).

Figura 1 Ubicación del proyecto



Escala 1: 125,000

ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO, DISEÑO DE CARRETERA Y PUNTE, QUE UNIRÁ A LAS ALDEAS CHOCTÚN BASILÁ HACIA CHICOY, DEL MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

2 ESTUDIO PRELIMINAR DE CAMPO

2.1 Levantamiento topográfico

Este constituye uno de los elementos básicos para realizar el diseño de la carretera y puente, ya que proporciona datos necesarios para la determinación de la geometría de las partes constitutivas del puente así como para efectuar el diseño geométrico de la carretera; para el levantamiento geométrico se utilizó el método de conservación del azimut, con lo cual se obtuvo la planimetría y altimetría del lugar donde se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito Wild – Herbruger T – 1
- Nivel AT-22
- Estadal de 5 m
- Cinta métrica de 100 m.

2.1.1 Planimetría

Son mediciones topográficas, con las que se obtiene la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal; para el levantamiento topográfico, se utilizó el método de conservación del azimut, dado que es el más adecuado para la medición en poligonales abiertas.

2.2.2 Altimetra

Son mediciones topográficas, con las que se obtiene la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal, generalmente se le llama trabajo de nivelación.

Se utilizó en el proyecto el método directo, utilizando aparatos de precisión como el nivel de trípode, estadía, etc.

2.1.3 Secciones transversales

Se obtienen conjuntamente con las mediciones topográficas de altimetría, a partir de la información medida en ambos lados del centro de la carretera, para generar la gráfica de curvas de nivel del tramo carretero y sus secciones.

2.1.4 Estudio de suelos

No se efectuó el estudio de suelos correspondiente, debido al tipo de camino que se va a construir que es de Orden No.3 y Tipo E, carretera con material de balasto. Es muy importante mencionar, que el suelo en la región es rocoso, por lo tanto no existe la necesidad de dicho estudio. Para el diseño del puente que está integrado en el proyecto, se necesitó de la realización un ensayo TRIAXIAL.

2.1.5 Evaluación vehicular

Siempre que se desea conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado, se realizan estudios de volúmenes de tránsito. Estos varían desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta recuentos en lugares específicos tales como, puentes y túneles.

Los aforos se realizan para determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras; y de cierta forma el número de vehículos que viajan en cierta zona o que circulan dentro de ella. Se estimó con base a la información de los habitantes de las aldeas referidas, tomando en cuenta los conteos vehiculares del tramo carretero de la aldea Choctún Basilá a la aldea Chicoy.

Es importante mencionar que para carreteras con un TPA (Tránsito Promedio Anual) mayor se necesita realizar un estudio meticoloso y complejo para realizar un diseño adecuado al proyecto.

3 CÁLCULO TOPOGRÁFICO DE PRELIMINAR

3.1 Criterios de diseño

Tráfico promedio diario	20 a 30 vehículos
Carretera	Sección Tipo "E" 3er. Orden de Balasto
Topografía de terreno	Semi - plano
Velocidad de diseño	30 K. P. H.
Ancho de calzada	6.00 m
Radio mínimo	18 m
Pendiente máxima	21 %

3.2 Línea preliminar

Es la línea actual del terreno que se obtiene con base en los datos topográficos que muestran las hondonadas y accidentes del terreno. Con los siguientes cálculos obtuvimos:

4 DIBUJO PRELIMINAR

Con la información recabada por las mediciones topográficas y cálculos realizados con el programa de diseño **LAND DESKTOP**, se pueden dibujar:

4.1 Cálculo planimétrico

Se dibuja la planta del tramo carretero con el programa **LAND DESKTOP**; el procedimiento es el siguiente:

- a) Se digitaliza el eje (distancia – azimut o conversión de rumbo a azimut).
- b) Digitalización de la nivelación directa.
- c) Digitalización de secciones transversales, el mismo sirve de gran manera y es aplicable y práctico, ya que en el mismo se pueden enmendar errores de trazado en el eje topográfico entre estaciones; para obtener la siguiente información trabajando el diseño de camino se establecio:
 - a) la distancia entre las estaciones.
 - b) el azimut entre estaciones.
 - c) También se puede realizar por medio de las coordenadas totales de la poligonal abierta.

Los datos anteriores se alimentarán en una serie de hojas electrónicas cuyo fin es calcular valores como:

- Delta (Deflexión) Δ
- Principio de curva (PC)
- Distancia entre estaciones

- Principio de Tangente (PT)
- Subtangente (St)
- Tangente (Tang)
- Radios (R)
- Azimut (Az)
- Longitud de curva (Lc)
- Longitud de espiral (Ls)
- Grado curvatura (G)

Estos datos calculados son trasladados al dibujo en planta, generando así el **DISEÑO GEOMÉTRICO**, el cual es conocido como Alineamiento.

4.2 Cálculo altimétrico

Utilizando topografía directa (Nivel + Trípode + Estadía) se aplicaron tres procedimientos:

- a) Línea central
- b) Nivelación o cotas
- c) Secciones transversales

Sin embargo, existe el método de Estación Total, el cual es mucho más práctico, ya que digitaliza los tres procedimientos de una manera rápida y los lleva al programa **LAND DESKTOP**; encargándose de generar el diseño Geométrico. No se contó con este método por lo oneroso del procedimiento.

4.3 Cálculo de curvas de nivel

Con la información digitalizada del eje, los niveles del eje y las secciones transversales utilizando el programa de diseño **LAND – DESKTOP** se plotearón

todos los puntos; luego generó una triangulación, la que pasa por una tamizada (depuración) para eliminar errores de una mala triangulación; una vez efectuado el trabajo se convierte en una superficie, generando así, las curvas a nivel de todo el camino.

4.4 Cálculo de secciones transversales

De la libreta topográfica se ingresaron las Secciones Transversales, tal como se levantó en campo, luego el programa **LAND – DESKTOP** ordena los datos y el mismo lo interpreta y plotea los puntos.

5 DISEÑO DE LOCALIZACIÓN

5.1 Cálculo de elementos de curvas horizontales

A continuación se tomó de las tablas de cálculo la curva de esto, para demostrar con un ejemplo cómo se calculan los elementos de curva.

5.1.1 Grado de curva (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia, para nuestro proyecto de 20 metros de longitud.

$$G/360 = 200/211R = G = 20 \cdot 360/211R = 1145.9156/R$$

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

5.1.2 Longitud de curva (Lc)

Es la longitud del arco, comprendida entre PC y PT, cuyo ángulo central es (A) (Deflexión).

$$Lc = (A/G) \cdot 20 \text{ (metros)}$$

5.1.3 Sub- tangente (St)

Es la distancia del PC al PI, siendo la misma del PI al PT, en curvas circulares simples, formando un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R \cdot \text{Tang } A/2$$

5.1.4 Cuerda máxima (Cm)

Es el segmento directo que une el PC Y PI, que subtiende un ángulo A.

$$Cm = 2R * \text{sen } A/2$$

5.1.5 External (E)

Es la distancia entre el PI y el arco de la curva circular, pasando por el centro de la misma.

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

5.1.6 Ordenada media (OM)

Es la distancia entre la curva circular y la cuerda máxima en el centro de la misma.

$$M = R (1 - (\cos A/2))$$

De la tabla de Excel "LIBRETA DE CAMINO" se obtuvieron los valores de No. "CURVA" y "DELTA" de los cuales se tomo el valor "DELTA" que se utilizarán en la siguiente tabla.

Este dato de "DELTA" lo ingresamos en la tabla "tabla de velocidades"

Tabla I Libreta de camino

Microsoft Excel - LIBRETA DE CAMINO.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana Z Adobe PDF

115%

Formula Bar: $=\text{REDONDEAR}((2*\text{PI}()*\text{M33}/360)*(\text{B33}+\text{C33}/60+\text{D33}/3600),2)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2	No																	
3	CURVA	DELTA							G			VELOCIDAD	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT
4	1	29	56	0.01	39.833	IZQUIERDA	132.00	0+132.00	20	0	0	30.00	57.296	15.317	29.933	116.683	116.683	146.616
5	2	5	15	40.05	5.261	IZQUIERDA	86.70	0+228.70	5	0	0	30.00	228.183	10.530	21.040	70.853	86.170	107.210
6	3	27	7	20.08	27.122	DERECHA	24.30	0+253.00	25	0	0	30.00	45.837	11.058	21.700	2.714	13.244	34.944
7	4	17	45	40.02	17.761	IZQUIERDA	66.15	0+318.15	15	0	0	30.00	76.394	11.936	23.680	43.150	54.214	77.894
8	5	9	26	20	9.439	DERECHA	50.80	0+369.75	9	0	0	30.00	127.324	10.611	20.980	28.163	40.089	81.089
9	6	5	23	19.99	5.389	DERECHA	113.00	0+482.75	5	0	0	30.00	229.183	10.786	21.580	91.703	102.214	123.774
10	7	7	1	0	7.017	DERECHA	121.35	0+604.10	6	30	0	30.00	176.285	10.808	21.580	89.756	110.542	132.132
11	8	13	48	58.98	13.833	IZQUIERDA	51.70	0+655.80	13	30	0	30.00	84.883	10.287	20.480	30.585	41.403	61.883
12	9	25	22	39.99	25.370	DERECHA	94.90	0+750.70	20	0	0	30.00	57.296	12.901	25.300	71.702	81.999	107.379
13	10	15	37	20	15.622	IZQUIERDA	117.50	0+860.20	15	0	0	30.00	76.394	10.400	20.630	94.119	107.020	127.850
14	11	2	28	80	2.483	IZQUIERDA	221.00	1+089.20	2	0	0	30.00	572.958	12.419	24.830	198.101	208.581	233.411
15	12	3	18	12.73	3.304	IZQUIERDA	191.30	1+280.50	3	0	0	30.00	381.972	11.015	22.020	187.888	180.285	202.305
16	13	12	20	47.76	12.347	IZQUIERDA	111.35	1+381.85	12	0	0	30.00	85.483	10.328	20.580	90.006	101.021	121.601
17	14	48	5	30.54	48.092	IZQUIERDA	89.06	1+480.91	50	0	0	30.00	22.918	10.226	19.240	68.505	78.834	88.074
18	15	6	27	28.96	6.450	IZQUIERDA	55.33	1+536.24	6	0	0	30.00	190.986	10.775	21.530	34.329	44.555	66.005
19	16	2	44	60	2.750	DERECHA	274.00	1+810.24	2	30	0	30.00	458.366	11.002	22.000	252.223	262.980	284.980
20	17	29	26	52.72	29.448	DERECHA	187.00	1+997.24	30	0	0	30.00	38.197	10.038	19.630	185.980	178.982	198.592
21	18	2	44	47.27	2.748	DERECHA	275.30	2+272.54	2	0	0	30.00	572.958	13.735	27.480	251.527	261.585	289.025
22	19	6	48	39.67	6.811	IZQUIERDA	83.00	2+355.54	6	0	0	30.00	180.886	11.365	22.700	57.800	71.635	94.335
23	20	11	6	18.88	11.106	DERECHA	90.60	2+446.14	11	0	0	30.00	104.174	10.128	20.180	68.107	80.472	100.662
24	21	25	31	0.01	25.517	IZQUIERDA	87.00	2+533.14	20	0	0	30.00	57.296	12.974	25.520	63.090	74.026	99.546
25	22	7	52	4.73	7.060	DERECHA	51.50	2+584.64	7	30	0	30.00	152.789	10.507	20.900	20.019	40.993	61.973
26	23	61	41	5.88	51.885	DERECHA	178.38	2+783.00	15	0	0	30.00	76.394	37.000	88.910	130.853	141.380	210.270
27	24	3	8	17.8	3.138	DERECHA	104.40	2+867.40	3	0	0	30.00	381.972	10.464	20.920	58.936	93.936	114.856
28	25	10	5	28.2	10.091	IZQUIERDA	64.50	2+831.80	10	0	0	30.00	114.582	10.117	20.180	43.818	54.383	74.563
29	26	25	18	38.98	25.311	DERECHA	54.00	2+885.80	25	0	0	30.00	45.837	10.282	20.250	33.581	43.708	63.858
30	27	5	54	39.99	5.911	IZQUIERDA	249.25	3+235.15	5	30	0	30.00	208.348	10.757	21.490	220.201	230.493	259.983
31	28	3	50	0.31	3.969	IZQUIERDA	77.25	3+312.40	3	30	0	30.00	327.404	11.344	22.680	55.149	65.906	88.506
32	29	12	55	11.43	12.920	IZQUIERDA	58.74	3+371.14	12	0	0	30.00	95.493	10.812	21.530	38.584	47.928	69.458
33	30	18	11	53.89	16.198	DERECHA	55.58	3+426.72	15	0	0	30.00	76.394	10.871	21.600	33.897	44.709	68.309
34	31	6	25	33.95	6.426	IZQUIERDA	200.62	3+627.34	5	0	0	30.00	228.183	12.866	25.700	176.883	187.754	213.454
35	32	37	6	5.71	37.102	DERECHA	141.55	3+768.88	24	0	0	30.00	47.746	16.023	30.820	112.661	125.527	156.447
36	33	71	51	22.41	71.856	IZQUIERDA	96.88	3+888.77	18	30	0	30.00	81.941	11.941	27.880	75.973	81.988	129.678

Letra

Inicio | Cálculo geométrico d... | YESO COBAN | tabla de velocidad.xls | LIBRETA DE CAMINO... | ES | 10:40 a.m.

Tabla II Diseño de velocidades

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Velocidad	Grado de Curvatura	Radio	Peralte	LS	Delta Mínimo	Db		Velocidad	Grado de Curvatura	Radio	Peralte	LS	Delta Mínimo	Db		Velocidad
50	20.00	5.80	197.57	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	5.80	197.57	4.20	39.44	22.87	11.28		40.00
51	20.00	5.00	194.22	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	5.00	194.22	4.19	39.37	23.23	11.28		40.00
52	20.00	6.00	190.99	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.00	190.99	4.18	39.29	23.68	11.28		40.00
53	20.00	6.10	187.86	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.10	187.86	4.17	39.22	23.93	11.28		40.00
54	20.00	6.20	184.03	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.20	184.03	4.17	39.15	24.27	11.28		40.00
55	20.00	6.30	181.09	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.30	181.09	4.16	39.08	24.62	11.28		40.00
56	20.00	6.40	179.05	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.40	179.05	4.15	39.01	24.97	11.28		40.00
57	20.00	6.50	176.29	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.50	176.29	4.14	38.94	25.31	11.28		40.00
58	20.00	6.60	173.62	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.60	173.62	4.14	38.87	25.66	11.28		40.00
59	20.00	6.70	171.03	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.70	171.03	4.13	38.80	26.00	11.28		40.00
60	20.00	6.80	168.52	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.80	168.52	4.12	38.73	26.34	11.28		40.00
61	20.00	6.90	166.07	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	6.90	166.07	4.11	38.67	26.68	11.28		40.00
62	20.00	7.00	163.70	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.00	163.70	4.11	38.60	27.02	11.28		40.00
63	20.00	7.10	161.40	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.10	161.40	4.10	38.53	27.36	11.28		40.00
64	20.00	7.20	159.15	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.20	159.15	4.09	38.46	27.69	11.28		40.00
65	20.00	7.30	156.97	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.30	156.97	4.08	38.40	28.03	11.28		40.00
66	20.00	7.40	154.95	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.40	154.95	4.08	38.33	28.36	11.28		40.00
67	20.00	7.50	152.99	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.50	152.99	4.07	38.26	28.70	11.28		40.00
68	20.00	7.60	150.76	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.60	150.76	4.06	38.19	29.03	11.28		40.00
69	20.00	7.70	148.02	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.70	148.02	4.06	38.13	29.36	11.28		40.00
70	20.00	7.80	146.91	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.80	146.91	4.05	38.06	29.69	11.28		40.00
71	20.00	7.90	145.05	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	7.90	145.05	4.04	38.00	30.02	11.28		40.00
72	20.00	8.00	143.24	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.00	143.24	4.04	37.93	30.35	11.28		40.00
73	20.00	8.10	141.47	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.10	141.47	4.03	37.87	30.67	11.28		40.00
74	20.00	8.20	139.75	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.20	139.75	4.02	37.80	31.00	11.28		40.00
75	20.00	8.30	138.06	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.30	138.06	4.01	37.74	31.32	11.28		40.00
76	20.00	8.40	136.42	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.40	136.42	4.01	37.67	31.65	11.28		40.00
77	20.00	8.50	134.81	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.50	134.81	4.00	37.61	31.97	11.28		40.00
78	20.00	8.60	133.25	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.60	133.25	3.99	37.55	32.29	11.28		40.00
79	20.00	8.70	131.71	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.70	131.71	3.99	37.48	32.61	11.28		40.00
80	20.00	8.80	130.22	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.80	130.22	3.98	37.42	32.93	11.28		40.00
81	20.00	8.90	128.75	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	8.90	128.75	3.97	37.36	33.25	11.28		40.00
82	20.00	9.00	127.32	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.00	127.32	3.97	37.30	33.57	11.28		40.00
83	20.00	9.10	125.92	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.10	125.92	3.96	37.24	33.88	11.28		40.00
84	20.00	9.20	124.56	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.20	124.56	3.95	37.17	34.20	11.28		40.00
85	20.00	9.30	123.22	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.30	123.22	3.95	37.11	34.51	11.28		40.00
86	20.00	9.40	121.91	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.40	121.91	3.94	37.05	34.83	11.28		40.00
87	20.00	9.50	120.62	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.50	120.62	3.94	36.99	35.14	11.28		40.00
88	20.00	9.60	119.37	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.60	119.37	3.93	36.93	35.45	11.28		40.00
89	20.00	9.70	118.14	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.70	118.14	3.92	36.87	35.76	11.28		40.00
90	20.00	9.80	116.93	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.80	116.93	3.92	36.81	36.07	11.28		40.00
91	20.00	9.90	115.75	0.00	0.00	0.00	10.58		30.00	9.90	115.75	3.91	36.75	36.38	11.28		40.00

Donde se encuentran los valores de “Grado de Curvatura”, “Radio”, “Peralte”, “LS” longitud de espiral y “Db” sobre ancho para el “DELTA” que se ingresan a una determinada velocidad.

Este grado de curvatura se ingresa de nuevo en la hoja “LIBRETA DE CAMINO” donde se completará el cálculo geométrico de la curva calculando los valores “RADIO”, “ST”, “LC”, “TANGENTE”, “PC” Y “PT”

DONDE $G = 20$
DELTA = 29.933 $29^{\circ} 56'' 01'$
DELTA/2= 14.967

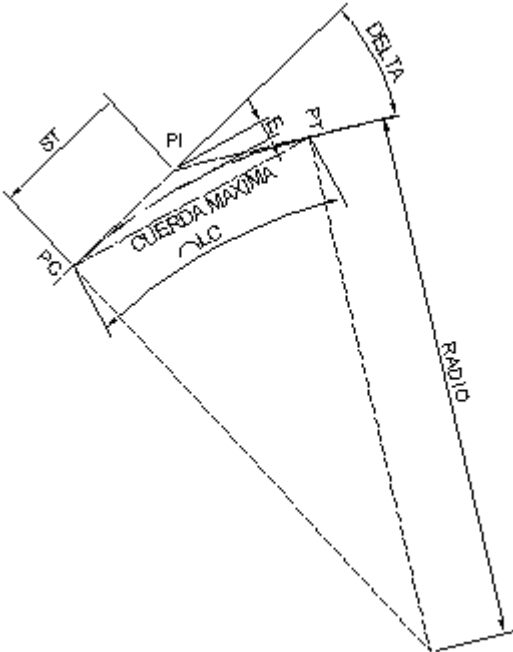
$$\text{RADIO} = \frac{1145.915}{20} = \frac{1145.91456}{20} = 57.296$$

$$\text{ST} = \text{RADIO} \cdot \text{TANG}(\text{DELTA}/2) = 57.296 \cdot \text{TANG} \frac{29.933}{20} = 15.3172$$

$$\text{LC} = \frac{\text{DELTA} \cdot 20}{20} = \frac{29.933 \cdot 20}{20} = 598.6667222$$

TANGENTE=	(DISTANCIA ENTRE P11-PI2)-ST 1-ST 2						
DONDE							
PI1	PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA CURVA NÚMERO 1						
PI2	PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA CURVA NÚMERO 2						
ST 1	SUBTANGENTE CALCULADA PARA LA CURVA HORIZONTAL 1						
ST 2	SUBTANGENTE CALCULADA PARA LA CURVA HORIZONTAL 2						
PC2=	PT1+TANGENTE ENTRE PC1 Y PC2						
PT2=	PC2+LC DE LA CURVA 2						

Figura 2. Elemento de curva horizontal



Fuente. setodwg@yahoo.com

6 DISEÑO DE LOCALIZACIÓN (SUB-RASANTE)

6.1 Diseño línea de localización

Una vez completado el diseño geométrico y definido como alineamiento por el programa **LAND DESKTOP**, se crea un perfil de dicho alineamiento y siendo este el perfil del terreno; sobre el cual con ayuda de **LAND DESKTOP**, se procede a diseñar tanto la sub-rasante como las curvas verticales cumpliendo con los parámetros de diseño de dichas curvas.

6.2 Cálculo de subrasante

Es el cálculo que se realiza con base en el trazo de la pendiente, la que tiene relación con el tipo de carretera que se diseñe; en este caso el tipo de carretera es el de "E" con una pendiente mínima de 0.5% y una pendiente máxima de 30%.

En el tramo carretero es necesario utilizar una pendiente mayor que la máxima, la cual no debe pasar del 15% y una distancia de 100 metros. Esto es diseñado para que el movimiento de tierras se mantenga en el costo aceptable y no eleve el presupuesto. Con la que se calcula los puntos de intersecciones verticales (PIV); la fórmula es la siguiente:

$$ELV 2 = \frac{(EST 2 - EST 1)}{100} \times P + ELV 1$$

Ejemplo: se realizará el cálculo del PIV y las elevaciones siguientes:

6.3 Determinar las curvas verticales

Se determinan las curvas con base en la velocidad de diseño y están en función de la siguiente tabla:

Valores de “K”, según velocidad de diseño

Tabla III. Valores de “K”, según velocidades de diseño

Vel. de Diseño K.P.H.	Valor de “ K “ según el 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: Guía de cálculo para carreteras, USAC. 1980. Pág. 62.

Con los datos de la tabla se puede calcular la longitud mínima de curva vertical.

$$LCV = K \times A$$

K= Es el valor que depende de la curva y velocidad

A= Diferencia algebraica de pendientes.

A= (Pendiente de salida (P S) - Pendiente de entrada (P E))

Ejemplo: Se calculó la longitud de curva vertical para 30 K. P. H ; tipo de curva es convexa, K= 2, PE = - 8.5 % y PS = '-10.00 %.

$$\begin{aligned} \text{LCV} &= 2x (-10-00- (- 8.5)) & \text{LCV} &= 2 x -1.50 \\ \text{LCV} &= - 3.00 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Cuando el valor calculado de LCV es menor que el mínimo se utilizará el mínimo. Las LCV mínimas se obtuvieron de las gráficas ya establecidas por la Dirección General de Caminos en el Departamento Técnico de Ingeniería.

6.4 Cálculo de correcciones de curvas verticales simétricas

Con la longitud de curva vertical, teniendo establecido punto de intersección de las tangentes verticales (PIV) del punto, se suma o resta la mitad de la longitud de curva vertical para encontrar el punto de comienzo de la curva vertical (PCV) y punto de terminación de la curva vertical (PTV) ; en este rango se calculan la correcciones para dar forma a la curva vertical. Con las siguientes fórmulas:

$$\text{OM} = \frac{\text{PS} - \text{PE}}{800}$$

$$\text{K} = \frac{\text{OM}}{\text{LCV}/2^2}$$

$$\text{Yc} = \text{K} \times \text{D}^2$$

K= Valor constante calculado

$D = (EST\ PI - EST\ i) - (LCV / 2)$ esta distancia siempre será positiva

$Y_c =$ Corrección para un punto cualquiera

Ejemplo: la primera curva vertical que se tiene en el tramo tiene una

$LCV = 60$ metros, $PE = - 8.5 \%$ y $PS = - 10.00 \%$

$$OM = \frac{(- 10.00 - (- 8.50))}{800} \times 60$$

$$OM = \frac{(-1.50)}{800} \times 60$$

$$OM = \frac{-90.00}{800}$$

$$OM = - 0.113$$

$$K = \frac{- 0.113}{60 / 2^2}$$

$$K = \frac{- 0.113}{30^2}$$

$$K = \frac{- 0.113}{900}$$

$$K = -0.000\ 125$$

Las estaciones que se encuentran entre el PIV Y el PTV, para calcular las correcciones que generan la curva, son:

0+410.488, 0+413.110 y 0+423.023

$$D = (410.488 - 401.639) - (60 / 2)$$

$$D = (8.849) - (30) \quad D = -21.151$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-21.151)^2$$

$$Y_c = -0.000125 \times 447.365$$

p

$Y_c = -0.059$

$$D = (413.110 - 401.639) - (60 / 2)$$

$$D = (11.471) - (30) \quad D = -18.529$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-18.529)^2$$

$$Y_c = 0.000125 \times 343.324$$

$Y_c = -0.0429$

$$D = (423.032 - 401.639) - (60 / 2)$$

$$D = (21.393) - (-30) \quad D = - 8.607$$

$$Y_c = 0.000125 \times (-8.607)^2$$

$$Y_c = -0.000125 \times 74.080$$

$Y_c = -0.0093$

7 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Utilizando el programa LAND DESKTOP, se dibuja a escala la sección típica a utilizar, la cual el mismo programa reconoce; una vez definido el mismo, se pide que la superficie o alineamiento con la Sub – rasante y la sección típica sea unificada, para generar el dibujo y cálculo de las secciones transversales y con esto se define el uso del método para calcular el movimiento de tierras; en este caso será el método promedio de áreas, solicitando que con esto, genere el movimiento de tierras en el programa EXCEL. Se muestra a continuación un ejemplo de cálculo tradicional a mano.

7.1 Cálculo de áreas de secciones transversales

Luego de haber dibujado el perfil de las secciones transversales del terreno, en ambos lados de la línea central, se procede al cálculo de las áreas.

Las áreas se pueden determinar de varias formas; sin embargo el método más sencillo y práctico es el del planímetro, ya que las secciones se dibujan a la misma escala horizontal y vertical, obteniéndose, rápidamente, el área, en corte o relleno.

Otro procedimiento empleado para determinar las áreas de las secciones transversales, consiste en dividir la superficie en fajas del mismo ancho, mediante líneas verticales, con separación constante C entre todas.

Mientras más pequeñas sean las separaciones verticales, mayor será la aproximación que se logre al utilizar este método.

El área se obtiene de la siguiente fórmula:

$$A = (C) (L)$$

A= Área de la sección transversal en m²

C= Separación constante entre las líneas verticales.

L= Suma de las longitudes de las líneas verticales en cms.

Se encuentra en estos métodos un resultado rápido de las áreas de las secciones transversales; con ello una aplicación eficiente y exacta para la obtención de los volúmenes de corte y relleno.

Tabla IV. Parámetros de secciones para movimiento de tierras

CORTE		RELLENO	
ALTURA	Horizontal-Vertical	ALTURA	Horizontal-Vertical
0 -3	1-1	0-3	2-1
3-7	1-2		3-2
> 7	1-3		

Fuente: Ing. Pérez Augusto. Pág. 62 Metodología de actividades para el diseño de carreteras.

El método analítico es el que utiliza coordenadas para los puntos que determinan el área, referidas a la línea central y luego, por método de las determinantes se obtiene el área. Sin embargo, el programa **LAND DESKTOP** trabaja automáticamente las áreas en las secciones y por medio de una hoja electrónica EXCEL calcula el promedio de áreas, tanto el volumen como el corte de la sección. Se trabajaron secciones transversales a cada 20 metros.

Ejemplo: Se realizó el cálculo del área en corte y en relleno de la primera sección y se obtuvieron los siguientes datos:

7.2 Coeficiente de contracción

Para el balance entre el corte y relleno, se tiene que tomar en cuenta que se necesita más material de corte para un relleno, por cambios volumétricos sufridos por los suelos; esto debido a las propiedades, humedad tipo de compactación, etc.

Con el coeficiente de contracción se determina el relleno con la siguiente fórmula:

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

R= Relleno

C= Corte

Coef = Coeficiente de contracción

7.3 Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Se genera el volumen de un prisma irregular, cuando hay dos áreas entre estaciones y una distancia que las separa. Las áreas son calculadas de cada sección y la altura del prisma es igual a la diferencia de estaciones; en donde existe el cambio de corte a relleno en las secciones; lo que varía es la altura del prisma, la cual se calcula por medio de la relación de triángulos y la distancia de paso, ya sea para corte y relleno.

7.4 Corte y relleno

Cuando el corte de material, sea éste en trinchera o media ladera, se debe controlar su clase, calidad, cantidad, indicando al personal que realiza el trabajo; su colocación final fuera del camino es o no es material útil, su punto de acumulación deberá ser donde no estorbe el paso y sea fácil de cargar, si es material útil para rellenar terraplenes.

Se debe controlar que la pendiente de inclinación de los taludes de corte y relleno sea la adecuada, al tipo de material encontrado; evitando derrumbes posteriores que obstruyan el libre tránsito por el camino y que las alturas de corte sean específicas. La construcción de terraplenes es más delicada, debido a que antes de iniciar la superficie sobre la cual se ha de levantar, debe encontrarse limpia de toda vegetación, sin la capa vegetal y controlando la calidad de los materiales utilizados para el relleno, constantemente, mediante la inspección de los bancos de préstamo.

La forma de construir un terraplén es, por medio del acarreo del material al lugar de utilización y su regado en capas sucesivas, principiando en la parte más baja del relleno, en capas de anchos parciales y aumentando éstos conforme aumenta la altura del terraplén, hasta obtener la altura deseada con el ancho de la sección típica.

El espesor de las capas del material regado debe oscilar entre 15 a 50 centímetros, de conformidad con la capacidad de la maquinaria empleada para apisonar y compactar; en caso éstas se realicen a mano, las capas que van a compactarse deben ser de 10 Cm.

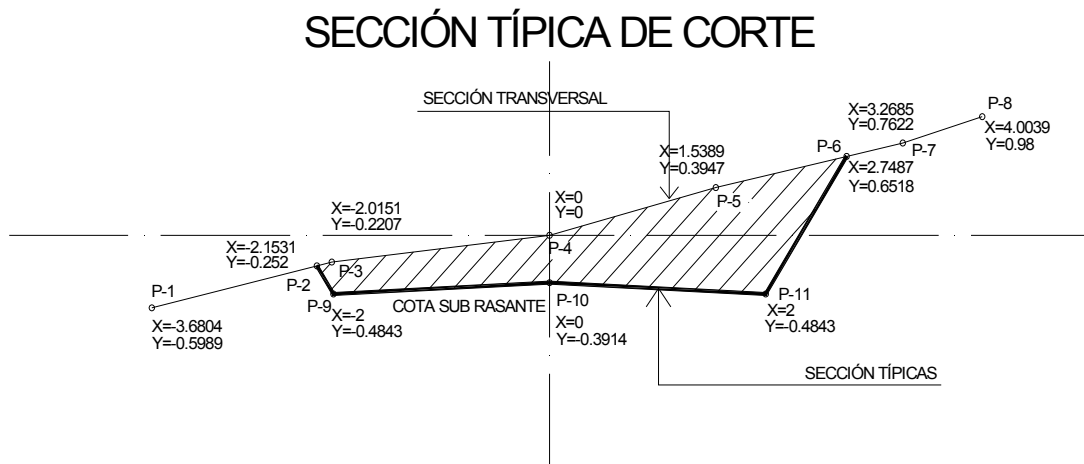
Hay que observar, además, que el material de relleno se encuentre libre de raíces, ramas, troncos y material orgánico, que provoque asentamientos posteriores.

Ejemplo

Cálculo de área de corte

Se dibuja la sección transversal y se dibuja la sección típica sobre la sección transversal, tomando en cuenta la cota sub-rasante; se identifica cada uno de los puntos y se les coloca sus coordenadas X, Y.

Figura 3 Área de sección típica



Fuente: Elaboración propia

Luego, por el método de determinantes se calcula el área de corte, utilizando sólo las coordenadas de los puntos que las delimitan; los cuales son 2,3,4,5,6,11,10,9 ingresándolos en el orden indicado; esta área se ingresa a

nuevas tablas de cálculo de movimiento de tierras donde se aplicara el método seleccionado (Promedio de áreas).

Tabla V. Promedio de áreas.

	X	Y	
	-2.1531	-0.252	
0.5078052	-2.0151	0.2207	0.47518917
0	0	0	0
0	1.5389	0.3947	0
1.08491189	2.7487	0.6518	1.00305502
		-	-
1.3036	2	0.4843	1.33119541
		-	-
0	0	0.3914	-0.7828
		-	-
0.7828	-2	0.4843	0
1.04274633	-2.1531	-0.252	0.504
		-	-
Σ_1 4.72186342		Σ_2 0.13175122	

$$\frac{\Sigma_1 - \Sigma_2}{2} = \frac{4.854}{2} = 2.427 \text{ M}^2$$

← ÁREA

Existe el método de Diagrama de Masas, el cual optimiza recursos como maquinaria, combustible, recurso humano, el cual podría ser desempeñado por

una empresa constructora fuerte. Estos métodos son aplicables cuando los caminos que van a diseñarse son respaldados por ayudas internacionales o en su caso, cuando son proyectos de gran envergadura. En el caso del tipo de carretera que se va a diseñar (Tipo E) no se trabajó este método. Sin embargo, se trabajó con el programa Excel el movimiento de tierras, trabajando los costos unitarios, como los especifica la Dirección General de Caminos. Los costos unitarios son los siguientes:

7.5 Excavación

7.5.1 Excavación no clasificada: es el material que se encuentra dentro del proyecto y que puede utilizarse en los rellenos.

7.5.2 Excavación no clasificada de material de desperdicio: es el material que se obtiene de los cortes, el cual no se utiliza para relleno y no es material adecuado al proyecto.

7.5.3 Excavación no clasificada de material de préstamo: es el material que se obtiene de un banco de préstamo para utilizarlo en relleno y el cual se encuentra en los límites del proyecto.

7.5.4 Acarreo libre: es el traslado de materiales no clasificados a una distancia no mayor a los 500 metros, la cual no tiene costo unitario adicional.

7.5.5 Sobre acarreo: es el traslado de material no clasificado de préstamo o también puede ser el desperdicio de una distancia que comprende entre los 500 metros y 1 kilómetro.

7.5.6 Acarreo: es el traslado de material no clasificado de préstamo o también puede ser el desperdicio en una distancia mayor a 1 kilómetro.

8 DRENAJE

Se le llama drenaje a los medios utilizados para recoger, conducir y evacuar el agua superficial que cae sobre el camino o cerca de éste, producto de lluvias o que fluyan en corrientes que lo cruzan. Sirve para ayudar a evitar acumulaciones innecesarias para asegurar el buen funcionamiento; el trabajo se inicia en la etapa de localización del camino, con la colocación de estacas, con indicación de centro y niveles de sección transversales de río, riachuelo, quebrada, nacimiento de agua u otro que requiera una obra para salvar el paso del camino, por parte de la brigada de topografía.

8.1 Objetivo del drenaje

El objetivo fundamental del drenaje es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar a la carretera; esto se logra evitando que el agua llegue a ella, o bien dando salida a la que inevitablemente le llega. A veces se destinan obras semejantes a las de drenaje con distinto fin, a pesar de lo cual se le siguen considerando como tales, más bien, por la analogía que existe en el proceso del proyecto, por su finalidad.

8.2 Importancia en la vida de la carretera

En la vida de una carretera es fundamental el funcionamiento del drenaje, pues por naturaleza del material con que se forman los terraplenes o el propio de los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad ocasiona deslaves y transforma el funcionamiento del camino, los deslaves, asentamientos y desprendimientos de materiales que encarecen el costo de la construcción y a veces interrumpen el tránsito, ocasionando desequilibrios económicos. El drenaje se divide por su forma de colocación, drenaje longitudinal y transversal.

8.3 Integración de elementos constructivos, así como obras de protección en el área de carreteras.

TRANSVERSALES		
PUNTES VADOS	ALCANTARILLAS	BÓVEDAS
	Viaductos Pontones	Circulares Bóvedas Elípticas Cajas
LONGITUDINALES	Cunetas Contracunetas Medianas Rectificación de canales Entradas y salidas de tuberías	
SUB-DRENAJE	Tubería perforada Drenaje francés	
OBRAS DE PROTECCIÓN	Muros Revestimiento Desarenadores Disipadores de energía	

9 PLAN DE MANTENIMIENTO

Con el propósito de proporcionarle una vida útil a la carretera, es necesario que el comité encargado de cada proyecto, coordine con la municipalidad, al principio y al final de cada invierno, para financiar, organizar, dirigir y ejecutar los trabajos que a continuación se detallan:

- a) En tramos donde taludes o cerros, drenen directamente hacia la carretera, será necesario construir contra cunetas; si ya existieran será necesario realizar una inspección para verificar que éstas no se encuentren azolvadas con basura, erosionadas, etc. y en el momento de supervisarlas coordinar el trabajo de limpieza, reparación o reconstrucción.
- b) En desastres por exceso de erosión o que sea en un tramo en relleno, se estimaría proteger el cauce con concreto lanzado y si es necesario, construir disipadores de energía.
- c) Construir planchas de empedrado revestidas de concreto (Vados), en lugares donde el agua de lluvia ha tomado nuevos cauces y pase sobre la carretera (quebradas, ríos pequeños).
- d) Revestir con mezcla de cemento las paredes dañadas de las cajas o cabezales que reciben la escorrentía. Para las tuberías de lámina corrugada, se recomienda la limpieza de las mismas y revisar las uniones para determinar si es necesario cambiar partes o pernos.
- e) Reparación de baches
 - Ubicar los baches y excavar en forma rectangular.
 - Transportar el mismo tipo de balasto, si es posible, para rellenar el bache.
 - Limpiar el bache o zanja de cualquier material perjudicial como basuras o algún material como ramas, piedras, etc.

- Humedecer levemente el bache o zanja.
 - Rellenar y compactar con mazo, capas de 15 cm. hasta llegar a la superficie de la capa de balasto existente.
- f) En lugares donde las cunetas no estén funcionando adecuadamente, será necesario revestirlas.

Procedimiento

- EL comité se reunirá con las autoridades municipales, instituciones, etc., que crea conveniente, para planificar el mantenimiento del camino.
- El comité nombrará una comisión para informar a la población sobre cómo y cuando se realizará el mantenimiento, a través de reuniones, carteles, etc.
- Se nombrará una comisión para dirigir las acciones del plan de mantenimiento.
- El comité, conjuntamente con la población beneficiada, ejecutará las acciones del mantenimiento.

10 EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

a) Impacto ambiental positivo

- No hay ningún impacto positivo, excepto que se tendrá acceso, en caso de incendios a las áreas forestales.

b) Impacto ambiental negativo

- Agresiones directas hacia la fauna silvestre.
- Contaminación atmosférica.
- Actualmente existe un basurero municipal donde concluye el camino a diseñar.
- Deterioro de suelos de uso agrícola.
- Eliminación de la cobertura vegetal natural.
- Erosión de cortes y laderas.
- Deforestación.

c) Medidas de mitigación

- Control de erosión
- Canales de desviación
- Presas de detención de erosión
- Siembra de césped
- Derribar el menor número de árboles
- Construir obras para regular el drenaje pluvial
- Proteger y restaurar el paisaje
- Reforestar

11 PRESUPUESTO

El método utilizado es el de costos unitarios; se calcula el costo del reglón escrito tomando en cuenta todos los elementos que entran en su función como maquinaria + mano de obra + calificada y no calificada + materiales.

- a) Cuantificación de materiales y mano de obra.
- b) Cuadro de cantidades estimadas de trabajo y precios unitarios.
- c) Integración de precios unitarios.
- d) Cronograma

**Diseño de Carretera de acceso a las aldeas
de Choctún Basilá y Chicoy
Cobán, Alta Verapaz**

CANTIDADES DE LOS RENGLONES DE TRABAJO ESTIMADOS Y PRECIOS
UNITARIOS

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Limpia, chapeo y destronque	Ha.	4.16	Q 6,210.34	Q 25,849.90
2	Excavación no clasificada	m3	8,000.00	Q 55.95	Q 447,622.68
3	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	4,000.00	Q 42.01	Q 168,035.55
4	Acarreo (incluye corte, carga y transporte, a una distancia de 60 kms)	m3/km	28,625.61	Q 30.43	Q 871,032.52
5	Reacondicionamiento de la sub-rasante	m2	31,217.95	Q 4.92	Q 153,713.10
6	Capa de base (compra de banco, conformación, afinamiento y compactación de balasto)	m3	4,711.06	Q 116.63	Q 549,445.30
7	Cuneta revestida	ml	592.18	Q 128.74	Q 76,238.56
8	Cuneta natural	ml	9,813.80	Q 4.03	Q 39,520.55
9	Empedrado	m2	1,776.54	Q 77.65	Q 137,954.48
14	Alcantarilla de cemento de 24 "	ml	78.00	Q 773.63	Q 60,343.17
15	Alcantarilla de cemento de 36 "	ml	54.00	Q 1,030.46	Q 55,644.88
20	Concreto para cajas y cabezales	m3	52.25	Q 833.46	Q 43,548.37
22	Rótulo	Unidad	1.00	Q 3,775.40	Q 3,775.40

TOTAL Q 2,1632,724.46

PRECIO POR KILÓMETRO Q 506,002.02

**Diseño de Carretera de acceso a las aldeas
de Choctún Basilá y Chicoy
Cobán, Alta Verapaz**

LONGITUD : 5202.992 m ANCHO : 6 m

TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCIÓN:

4 MESES CALENDARIO

PERSONAL DE CAMPO

No.	Descripción	Salario mensual	Número de meses	Total
1	Ingeniero Civil Superintendente			
	Colegiado activo	Q 6,000.00	4	Q 24,000.00
1	Encargado general de campo	Q 2,500.00	4	Q 10,000.00
1	Topógrafo	Q 2,000.00	3	Q 6,000.00
2	Cadeneros	Q 900.00	3	Q 5,400.00
1	Laboratorista de suelos	Q 1,500.00	2	Q 3,000.00

Sub-Total Q 48,400.00

Prestaciones de personal de campo Q 16,940.00

TOTAL 1	Q	65,340.00
----------------	----------	------------------

PERSONAL ADMINISTRATIVO

1	Administrador General	Q 2,500.00	4	Q 10,000.00
1	Secretaria-Contadora	Q 1,500.00	5	Q 7,500.00

Sub - total Q 17,500.00

Prestaciones Personal Administrativo 35% Q 6,125.00

TOTAL 2	Q	23,625.00
----------------	----------	------------------

EQUIPO DE CAMPO Y VEHÍCULOS

1	Equipo Completo de topografía	Q	1,500.00	2	Q	3,000.00
1	Equipo Completo de Laboratorio					
	de Suelos	Q	1,500.00	2	Q	3,000.00
1	Vehículo de Trabajo	Q	2,000.00	4	Q	8,000.00
1	Fletes	Q	1,600.00	4	Q	6,400.00
TOTAL 3					Q	20,400.00

TOTAL 1 + TOTAL 2 + TOTAL 3		Q	109,365.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS		Q	1,889,781.37
MANO DE OBRA NO CALIFICADA		Q	51,579.66
UTILIDAD	15%	Q	307,608.90
GASTOS LEGALES Y FIANZAS	5%	Q	130,718.21
IMPUESTO I.S.R.	5%	Q	94,489.07
TOTAL PARCIAL		Q	2,583,542.21
I.V.A.	12%	Q	49,182.25
PRECIO TOTAL		Q	2,632,724.46

12 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN							
Diseño de Carretera de acceso a las aldeas de Choctún Basilé y Chicoy							
LONGITUD : 5202.992 mts ANCHO : 6 m			KM DE ACARREO				
No.	Descripción de la Actividad	Meses				Inversión	
		1	2	3	4	Renglón	
1	Limpia, chapeo y destronque					Q	25,849.90
2	Excavación no clasificada					Q	447,622.68
3	Excavación no clasificada de desperdicio					Q	168,035.55
4	Acarreo (incluye corte, carga y transporte, a una distancia de 60 kms)					Q	871,032.52
5	Reacondicionamiento subrasante					Q	153,713.10
6	Capa de base (compra de banco, conformación, afinamiento y compactación de balasto)					Q	549,445.30
7	Cuneta revestida					Q	76,238.56
8	Cuneta natural					Q	39,520.55
9	Empedrado					Q	137,954.48
14	Alcantarilla de cemento de 24 "					Q	60,343.17
15	Alcantarilla de cemento de 36 "					Q	55,644.88
20	Concreto para cajas y cabezales					Q	43,548.37
22	Rótulo					Q	3,775.40
Total Según la estimación						Q 2,632,724.46	

13 DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE ACCESO A LA ALDEA CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBAN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ

Los estudios de campo necesarios para el proyecto de los puentes, se pueden dividir en cuatro grandes partes:

13.1 Estudios topográficos

Al rendir un informe sobre los estudios topográficos llevados a cabo para la construcción de un puente, además de dar el nombre de río o barraca, camino correspondiente, tramos del camino en el cual se encuentran etc, es de suma importancia que se rindan los siguientes datos:

- Origen del kilometraje.
- Ángulo que forma el camino con el eje de la corriente.
- Plano en planta, a escala 1:200 mostrando el eje del camino.
- Curvas de nivel, dirección del cauce, construcciones cercanas y datos importantes.
- Elevación y descripción del banco de nivel más próximo.
- Planos de localización correspondiente a un kilómetro a cada lado de la obra.
- Elevación de la subrasante que resulte más adecuada.
- Importe de las indemnizaciones que tendrán que hacerse, al llevarse a cabo las obras.

13.2 Estudios hidráulicos

Los datos hidráulicos de mayor importancia pueden resumirse así:

- Una sección en el cruce y dos secciones auxiliares aguas arriba y

aguas abajo a escala 1: 200 considerando el nivel de aguas mínimas, nivel de aguas máximas ordinarias, el nivel de aguas máximas extraordinarias, pendiente del fondo del cauce o de la superficie del agua en una extensión de 200 metros a cada lado del eje del puente.

- Coeficiente de rugosidad del puente.
- Velocidad superficial indicando el procedimiento usado.
- Si el cauce es estable o divagante o si tiene tendencias a divagar.
- Frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias, época del año en que se efectúan y dimensiones aproximadas del material de arrastre.
- Si la corriente deposita o socava.
- Si hay que efectuar alguna canalización.
- Si el remanso afectara propiedades vecinas.
- Claro mínimo de los tramos y espacio libre vertical para el paso de los cuerpos flotantes.
- Datos sobre puentes construidos aguas abajo y aguas arriba próximos al cruce, tales como su longitud mínima del tramo, altura de la sub.-rasante sobre el fondo, área hidráulica.

13.3 Estudios geológicos

Los datos correspondientes a los estudios geológicos serán:

- Caracteres generales de los materiales que forman el fondo, los márgenes de la corriente.
- Corte geológico indicando los materiales del sub.-suelo y el nivel de las aguas freáticas, enviando muestras inalteradas y alteradas.
- Carga admisible aproximada que puede soportar cada estrato del sub.-suelo.

13.4 Estudios comerciales

Los datos comerciales necesarios para un buen estudio del puente y que deben ser enviados en el informe de localización del mismo, son los siguientes:

- Jornales medios en la región para las diferentes categorías
- Precios unitarios de los diversos materiales en el lugar de la obra
- Cubicación de los diferentes bancos de materiales
- Vía más próxima de comunicación
- Clima dominante en la región
- Enfermedades de la región

Además de todos los estudios ya indicados, es conveniente que el informe que se rinda vaya acompañado de datos complementarios, tales como fotografías del lugar donde se va efectuar el cruce, así como de los puentes cercanos y de los sondeos a cielo abierto, hechos para el estudio del sub-suelo.

Con todos los datos de campo bien recopilados, se pasa al anteproyecto del puente; es conveniente elaborar varios anteproyectos usando diversos tipos de puentes para escoger el más económico y más adecuado; estos anteproyectos deben ser elaborados con bastante cuidado.

El estudio en este caso era obligatorio, porque había que salvar la trayectoria de la carretera, ya que no había otra forma de evitar salvarla; por lo consiguiente había que hacer dicho estudio, no tan detallado en esas condiciones, pero elaborando lo más importante para el diseño y posterior construcción de dicho puente.

14 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS DEL PUENTE DE ACCESO A LA ALDEA CHICOY

14.1 Estudio hidrológico

En proyectos sobre puentes, el dato más útil e indispensable en el perfil transversal del cauce es el que corresponde al tirante normal, al tirante de creciente máxima y al tirante de creciente máxima extraordinaria, los cuales son necesarios para calcular la luz y altura del puente. El tirante normal de un río es aquel que lleva cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de cierto rango durante la época de estiaje. La creciente máxima es aquella que se produce con mayor frecuencia en las épocas de lluvia y se determinan a través de señales que deja, o por la información de vecinos del lugar. Este tipo de crecidas ocurre cada año.

En el diseño de un puente se debe considerar la creciente máxima. Generalmente se coloca la superestructura dos metros arriba de la creciente máxima.

Para el cálculo de los caudales que puedan tener los ríos, existen varios métodos, entre los cuales se tiene: **aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico, sección-pendiente, etc.**

El método que se utilizó en el presente proyecto fue el de sección – pendiente.

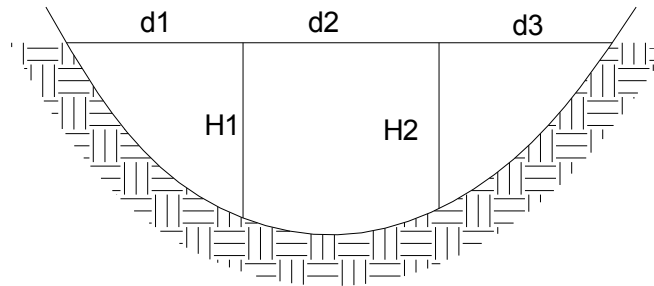
14.2 Método de sección-pendiente

Es uno de los métodos más utilizados en lugares donde no es posible recabar información suficiente para un cálculo confiable.

Para obtener la crecida máxima se procede a consultar a los habitantes del lugar, buscar señales que han dejado las crecidas anteriores y a indagar en archivos o crónicas locales.

Al definir una altura de crecida, se obtiene el valor del área de la sección; para ello se calcula el área de influencia de cada sección parcial.

Figura 1. Área de la sección del río



$$A_1 = (d_1 / 2 + d_2 / 2) * H_1$$

$$A_2 = (d_2 / 2 + d_3 / 2) * H_2$$

$$A_T = A_1 + A_2$$

Luego se obtiene el valor de la velocidad “V” por medio de la fórmula de Manning:

$$V = 1 / N * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad (m / s)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente

N = coeficiente de rugosidad

14.3 Cálculo del caudal máximo

De los datos obtenidos en el campo, se determinaron los siguientes resultados:

Pendiente para el caudal máximo	3.23%
Altura de crecida	1.90 m
Área de desalojo	31.25 m ²
Coeficiente de rugosidad	0.20
Perímetro mojado	41.10 m

Cálculos:

$$R = A / P.M = 31.25 / 41.10 = 0.760$$

$$V = 1 / 0.2 * 0.760^{2/3} * 0.0323^{1/2} = 0.75 \text{ m / s}$$

$$Q = V * A = 0.75 * 31.25 = 23.44 \text{ m}^3 / \text{s}$$

El caudal obtenido servirá para determinar la altura mínima del puente y el área de descarga.

La altura del lecho del río hasta la crecida máxima es de 1.90 m, y la altura de la crecida máxima hasta la superestructura es de 2 m, para una altura total 3.9 mts.

14.4 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es una herramienta indispensable en el diseño de puentes, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente.

Se realizaron los levantamientos siguientes:

Planimétrico, utilizando el método de conservación del azimut. Altimétrico, utilizando una nivelación simple. Los datos y resultados se muestran en el apéndice.

14.5 Evaluación de la calidad del suelo

Se trabajó un ensayo de COMPRESIÓN TRIAXIAL DIAGRAMA DE MOHR; el tipo de ensayo fue NO CONSOLIDADO Y NO DRENADO; se obtuvieron de la arcilla consolidada color café, con el cual arrojaron los resultados que se muestran en la hoja anexa del ensayo de suelos, de la cual se determinó que el tipo de suelo es (Rocoso – Arcilloso) y con base en el ensayo se estableció el criterio de la cimentación con un valor soporte de 23,540 Kg./m² y una cota de cimentación de 1.20 m.

14.6 Descripción de la solución propuesta

El puente estará conformado por una superestructura de concreto armado, consistente en una losa plana, banquetas, 2 vigas principales y 2 diafragmas. La subestructura estará conformada por estribos de concreto ciclópeo; además, contará con una viga de apoyo de concreto armado.

14.7 Diseño del puente vehicular de la aldea Chicoy

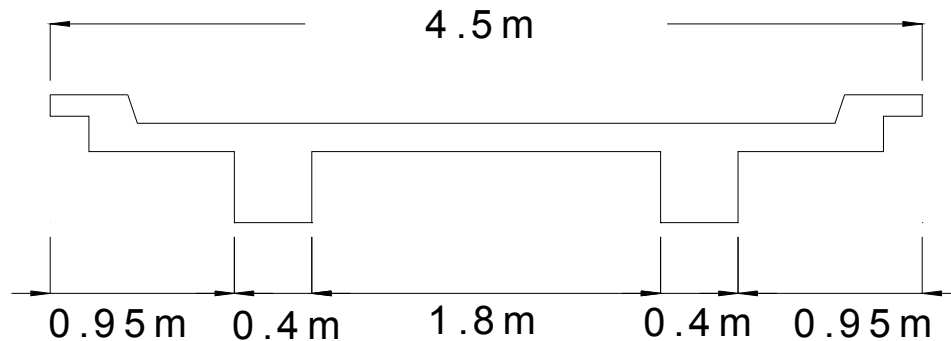
14.7.1 Datos para diseño

Luz libre	10.00 m
Ancho útil	3.60 m
Resistencia del concreto	$f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$
Resistencia del acero	$f_y = 2,810 \text{ kg / cm}^2$
Peso concreto ciclópeo	$W_{cc} = 2,500 \text{ kg / m}^3$
Peso concreto armado	$W_c = 2,400 \text{ kg / m}^3$
Capacidad soporte de suelo	$V_s = 23.54 \text{ Ton / m}^2$
Luz total	10.00 m
Ancho total	4.50 m
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 2.1 * 10^6 \text{ kg / cm}^2$
Sobrecarga	HL – 93

14.7.2 Diseño de la superestructura

La superestructura estará compuesta por: losa de rodadura, 2 vigas principales, 2 diafragmas y banquetas laterales.

Figura 2. Geometría de la superestructura



14.7.2.1 Diseño de la losa

La losa del puente se diseñará de acuerdo con las normas AASTHO; para esto, es necesario determinar cómo trabaja la losa. En este caso, la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, y por lo tanto el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tráfico. La separación entre vigas, que hace la luz de la losa, es de 1.80 m.

14.7.2.1.1 Espesor de losa

Según especificación AASHTO 8.9.2. para losas con refuerzo principal perpendicular, la dirección del tránsito recomienda:

$$T = 1.2 (L + 3.05) / 30 \geq 0.17 \text{ m}$$

Donde:

T = espesor

L = luz libre entre vigas

$$T = 1.2 (1.8 + 3.05) / 30 = 0.19 \text{ m}$$

Se utilizará un espesor de 20 cm.

14.7.2.1.2 Cálculo de momentos

Los momentos que se analizarán son: por carga muerta, sobrecarga e impacto; obteniendo con ellos el momento total, con el cual se procederá posteriormente al cálculo del refuerzo. A continuación se detalla cada uno de ellos:

- **Momento debido a peso muerto**

$$M_{cm} = W_{cmu} * L^2 / 10$$

Donde:

W_{cmu} = carga muerta última

L = luz libre entre vigas

$$W_{cm} = W_c * T * 1 = 2,400 * 0.2 * 1 = 480 \text{ kg/m de ancho}$$

$$W_{cm} = 480 \text{ kg / m de ancho}$$

$$M_{cm} = 480 * 1.8^2 / 10 = 155.52 \text{ kg-m}$$

- **Momento debido a sobrecarga**

Según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, para refuerzo principal perpendicular a la dirección del tráfico, el momento por carga viva está dado por:

$$M_{cv} = [0.8 * (S + 2) / 32] * P$$

Donde:

S = luz libre entre vigas (pies)

P = peso del eje más pesado (lb)

Peso de eje más pesado (Carga Puntual) P = 16, 264. 47 lbs - pie

$$M_{cv} = [0.80 * (5.91 + 2) / 32] * 16 ,264.47 = 3,216.29 \text{ lb – pie} = 446. 55 \text{ kg – m}$$

- **Momento debido al impacto**

La carga de impacto es un incremento en el momento producido por la carga viva. Tiene que ser menor o igual al 30%, (AASHTO 3.8.2.1).

$$I = 15 / (L + 38)$$

Donde:

I = fracción de impacto, siendo $I_{\text{máx}} = 30\%$

L = longitud del tramo donde la carga produce el máximo esfuerzo (m).

$$I = 15 / (1.8 + 38) = 0.38$$

Como $38\% > I_{\text{máx}}$ entonces utilizar $I_{\text{máx}} = 30\%$

- **Momento último**

Según AASTHO 1.2.22; la fórmula se integra de la siguiente manera:

$$M_u = 1.3[M_{cm} + 5/3(M_{cv} * l)]$$

$$M_u = 1.3[155.52 + 5/3(446.56 * 1.3)] = 1, 462.47 \text{ kg}$$

2.7.2.1.3. Cálculo de peralte

$d = H - \theta / 2 - \text{recubrimiento (se usará varilla No.5)}$

$$d = 20 - 1.59 / 2 - 2.5 = 16.70 \text{ cm}$$

14.7.2.1.3 Cálculo de refuerzo

Para calcular el área de acero se utilizará la siguiente fórmula:

$$A_s = [b * d - \sqrt{(b*d)^2 - (M_u * b) / (0.003825 * f_c)}] * 0.85 * f_c / f_y$$

Donde:

$$\Phi = 0.9$$

$$M_u = 1, 462. 47 \text{ kg} - \text{m}$$

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

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

$$f_c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

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

$$\text{Y se obtiene } A_s = 3.33 \text{ cm}^2$$

Chequeando A_{smin} y A_{smax} se verificará si el A_s está en el rango, según norma ACI.

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$\rho_{min} = 14.1 / f_y = 14.1 / 2,810 = 0.005$$

$$A_{smin} = 0.005 * 100 * 16.70 = 8.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.5 * \rho_{bal} * b * d$$

$$\rho_{bal} = (\beta_1)^2 [0.003 / (f_y / E_s + 0.003)] * f_c / f_y$$

$$\rho_{bal} = (0.85)^2 [0.003 / (2,810 / 2.1 * 10^6 + 0.003)] * 210 / 2,810 = 0.037$$

$$A_{smax} = 0.5 * 0.037 * 100 * 16.70 = 30.90 \text{ cm}^2$$

14.7.2.1.3.1 Cálculo de refuerzo transversal cama inferior

Como el $A_s < A_{smin}$ entonces utilizar $A_{smin} = 8.35 \text{ cm}^2$

Utilizando refuerzo No.5, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

No.5 @ 23 cm perpendicular al tráfico.

14.7.2.1.3.2 Cálculo de refuerzo longitudinal cama superior e inferior

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

$$A_s = 0.67 * A_{stransv} = 0.67 * 8.35 = 5.60 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado No.4 @ 22 cm

14.7.2.1.3.3 Cálculo de refuerzo transversal cama superior

Se calcula refuerzo por temperatura.

$$A_{\text{stemp}} = 0.002 * b * T$$

$$A_{\text{stemp}} = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No.3, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No.3 @ 17 cm. Este deberá colocarse en la cama superior.

14.7.2.2 Diseño de vigas

La sección de las vigas principales se determina basándose en la luz de las mismas; se recomienda un peralte no menor de $L / 16$ y la base no deberá ser menor que el peralte sobre 3.5.

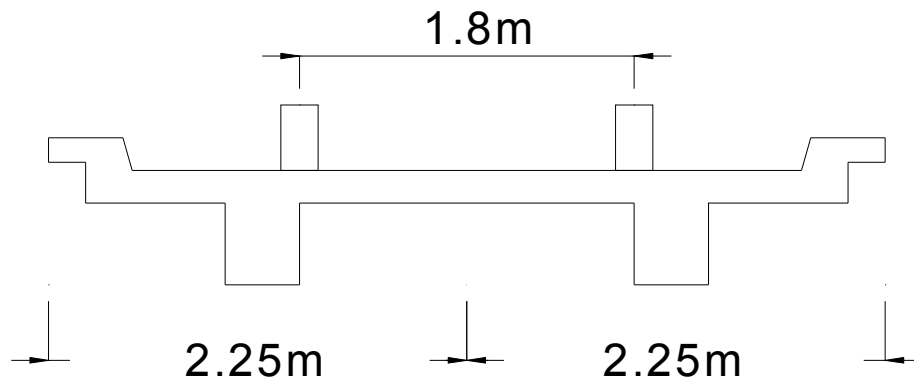
De acuerdo con este criterio, se establecieron las dimensiones siguientes:

Base = 0.4 m y peralte = 0.7 m

14.7.2.2.1 Cálculo del momento por sobrecarga

Según especificación AASHTO, puesto que la separación entre ejes de vigas, $S = 2 \text{ m} > 1.80 \text{ m}$, entonces la carga sobre cada viga será la reacción de las cargas por rueda.

Figura 3. Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos.



La fracción de la carga de la rueda que absorbe cada viga es:

$$S / 1.75$$

Donde:

S = separación máxima entre vigas

$$1.80 / 1.75 = 1.03$$

La carga por eje se obtiene de la siguiente manera:

Carga de eje delantero (carga puntual) = P * fracción de carga * factor de carga último

$$= 1,784 * 1.03 * 1.7 = 3,124.66 \text{ kg}$$

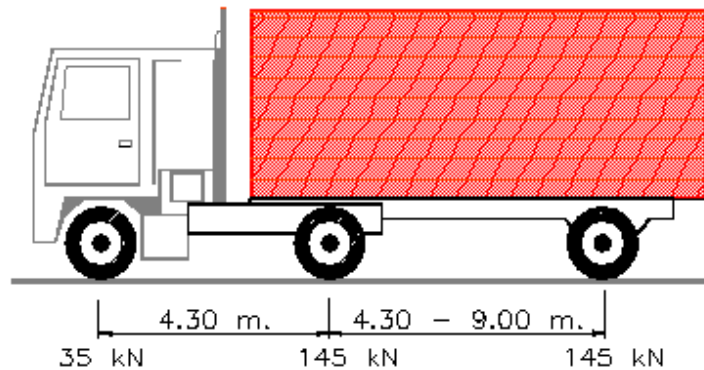
Carga de eje Trasero (carga puntual) = P * fracción de carga * factor de carga último

$$= 7,392.94 * 1.03 * 1.7 = 12,945.03 \text{ kg}$$

Los momentos máximos debidos a la sobrecarga se calculan respecto del lugar crítico.

Figura 4. Diagrama de camión en lugar crítico

Cargas HL93 :



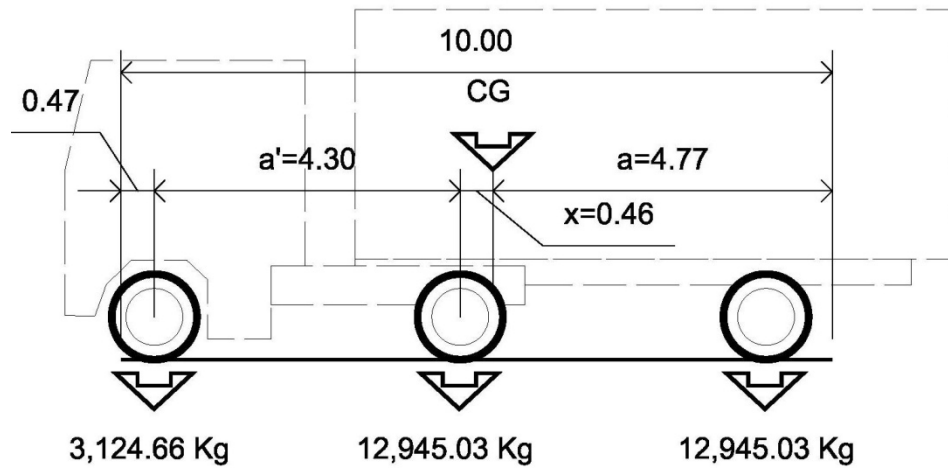
Tomado de "Especificaciones AASHTO LRFD para Puentes" ACI de febrero del 2007

Las equivalencias de cargas son :

$$35, \text{ KN} = 3,569 \text{ kg}$$

$$145 \text{ KN} = 14,785.88 \text{ kg}$$

Encontrando los valores de "a" y de "x". Para encontrar x, se hace sumatoria de momentos para hallar el centro de gravedad.



$$2(12,945.03 x) = 3,124.66(4.30 - x)$$

$$25,890.06 x = 13,436.038 - 3,124.66 x$$

$$25,890.06 x + 3,124.66 x = 13,436.038$$

$$x(25,890.06 + 3,124.66) = 13,436.038$$

$$x = 13,436.038 / 29,014.72$$

$$x = 0.46$$

Encontrado "a"

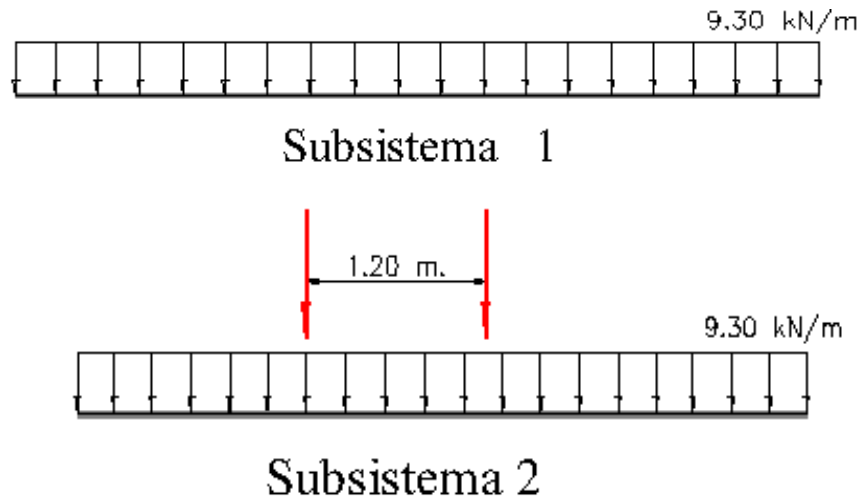
$$2a + x = 10.00$$

$$2a + 0.46 = 10.00$$

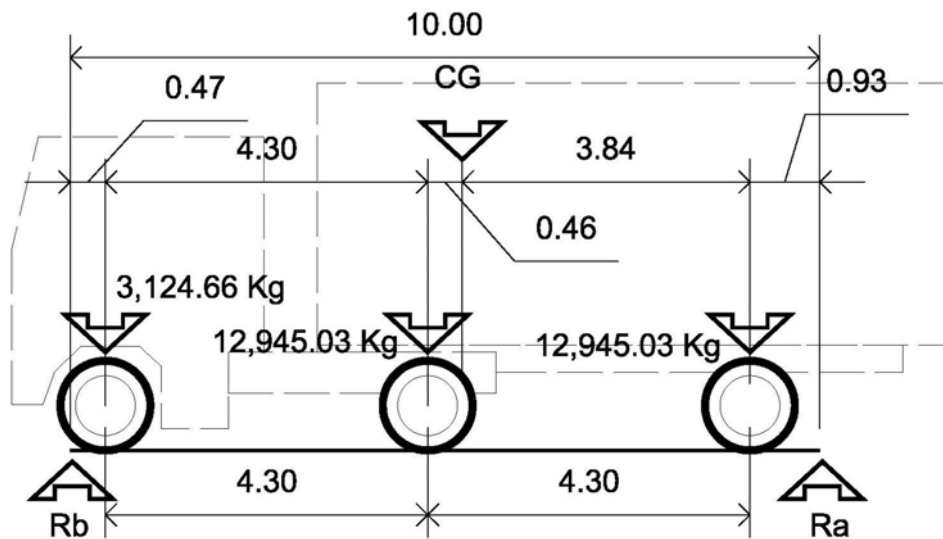
$$a = (10 - 0.46) / 2$$

$$a = 4.77$$

Figura 5. Diagrama de cuerpo libre de carga viva



Tomado de "Especificaciones AASHTO LRFD para Puentes" ACI de febrero del 2007
 Teniendo las distancias, se hace el diagrama de cuerpo libre



Se encuentran las reacciones en los apoyos

$$\sum M = 0$$

$$(0.93) \cdot (12,945.03) + 5.23 \cdot (12,945.03) + 9.53 \cdot (3,124.66) - R_b \cdot (10.00) = 0$$

$$29,788.00 - R_b \cdot (10.00) = 0$$

$$99,023.90 / 10.00 = R_b$$

$$R_b = 9,902.39$$

$$R_a = 3,124.66 + 12,945.03 + 12,945.03 - R_b$$

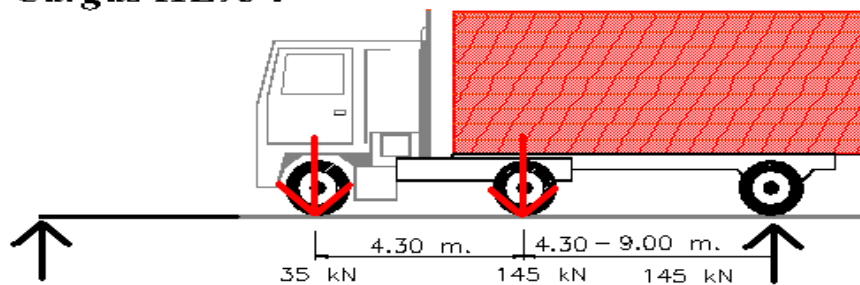
$$R_a = 29,014.72 - 9,902.39$$

$$R_a = 19,112.33$$

Para el momento máximo, se hace un corte en la sección donde se aplica la carga mayor y se hace el análisis del momento.

Figura 6. Diagrama de cargas para obtener momentos máximos

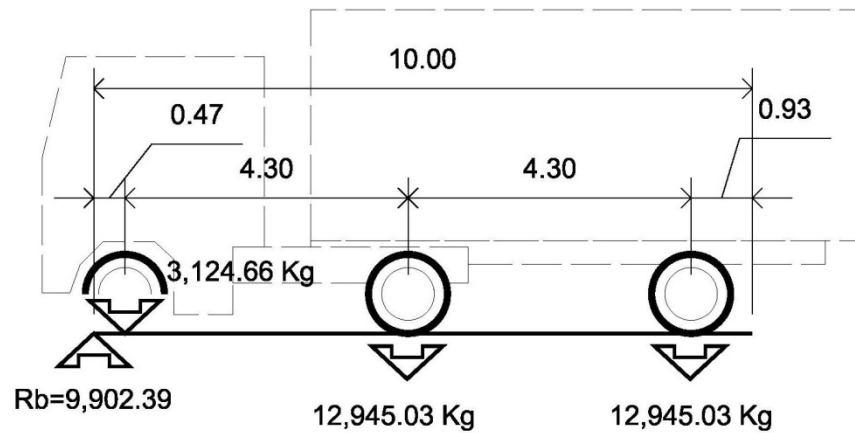
Cargas HL93 :



Tomado de "Especificaciones AASHTO LRFD para Puentes" ACI de febrero del 2007

35, KN = 3,569 kg

145 KN = 14,785.88 kg



$$M \text{ máx} = 9,902.39 * 4.77 - 3,124.66 * 4.30$$

$$M \text{ máx} = 47,234.40 - 13,436.08$$

$$M \text{ máx} = 33,798.32$$

14.7.2.2.2 Cálculo del momento por carga muerta

El momento debido a la carga muerta es la sumatoria de los momentos que actúan en la viga.

$$W_{\text{losa}} = 480 \text{ kg / m}$$

$$W_{\text{viga}} = 2,400 * 0.7 * 0.4 = 672 \text{ kg / m}$$

$$W_{\text{cm}} = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{cm}} = 480 + 672 = 1,152 \text{ kg / m}$$

$$W_{\text{cmu}} = 1.4 * 1,152 = 1.612.80 \text{ kg / m}$$

El momento máximo se calcula con base en el siguiente diagrama.

Figura 7. Diagrama de carga muerta



Subsistema 1

Tomado de “Especificaciones AASHTO LRFD para Puentes” ACI de febrero del 2007

$$M_{\text{máx}} = W_{\text{cmu}} * L^2 / 8 = (1,612.80 * 10^2) / 8 = 20,160 \text{ kg} - \text{m}$$

14.7.2.2.3 Cálculo del momento debido al impacto

Del concepto de impacto mencionado anteriormente se tiene:

$$I = 15 / (L + 38) = 15 / (10 + 38) = 0.31 > 0.3, \text{ utilizar } 0.3$$

14.7.2.2.4 Cálculo del momento total

El momento total máximo se obtiene de la siguiente manera:

$$M_{1\text{máx}} = 1.3[M_{\text{cm}} + 5/3(M_{\text{cv}} * I * \text{F.D})]$$

Donde:

I = impacto

F.D = factor de distribución

$$M_{\text{máx}} = 1.3[1,612.80 + 5/3(33,798.32 * 1.3 * 1.03)]$$

$$M_{\text{máx}} = 100, 347.31 \text{ kg} - \text{m}$$

14.7.2.2.5 Cálculo de refuerzo

Para el refuerzo en el centro de la viga se tiene:

$$M = 100, 347.31 \text{ kg} - \text{m}$$

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

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

$$f_c = 280 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Se obtiene:

$$A_s = 49.27 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smín}} = 8.58 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smáx}} = 81 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smín}} < A_s < A_{\text{smáx}} \quad \text{OK.}$$

El armado quedará de la siguiente manera:

Cama Inferior: 8 No.8 + 4 No.6

Cama superior: $33\% * (A_s) = 0.33 * 49.27 = 16.26 \text{ cm}^2$; 4 No.8

Figura 8. Detalle de elevación de viga principal

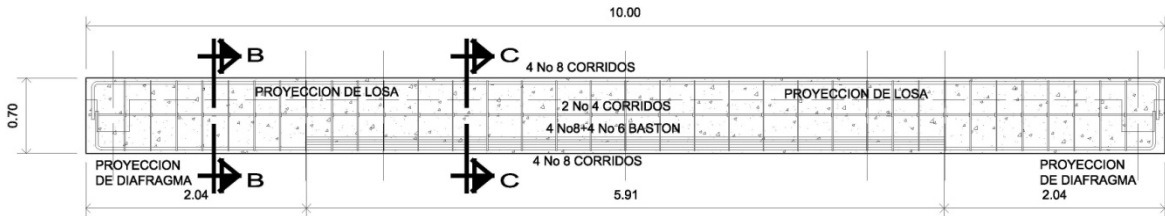
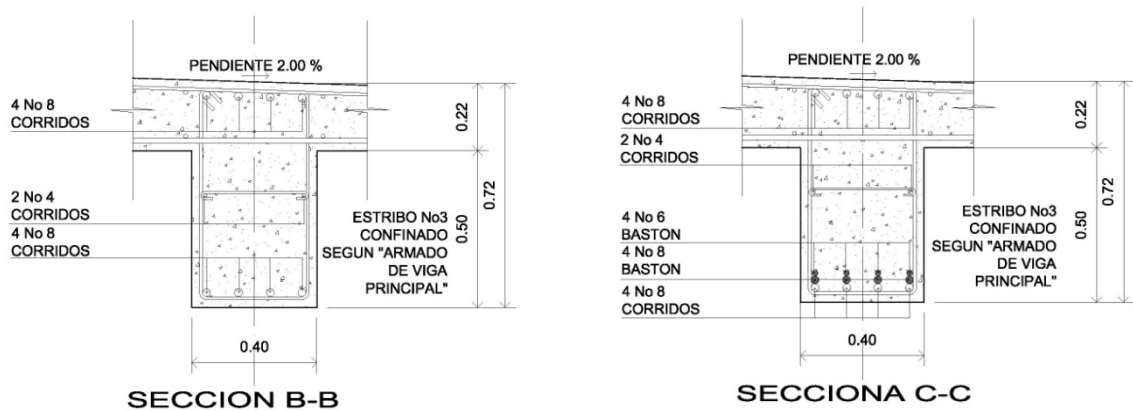


Figura 9. Detalle de sección de la viga



14.7.2.2.6 Diseño a corte

- **Esfuerzo por carga muerta**

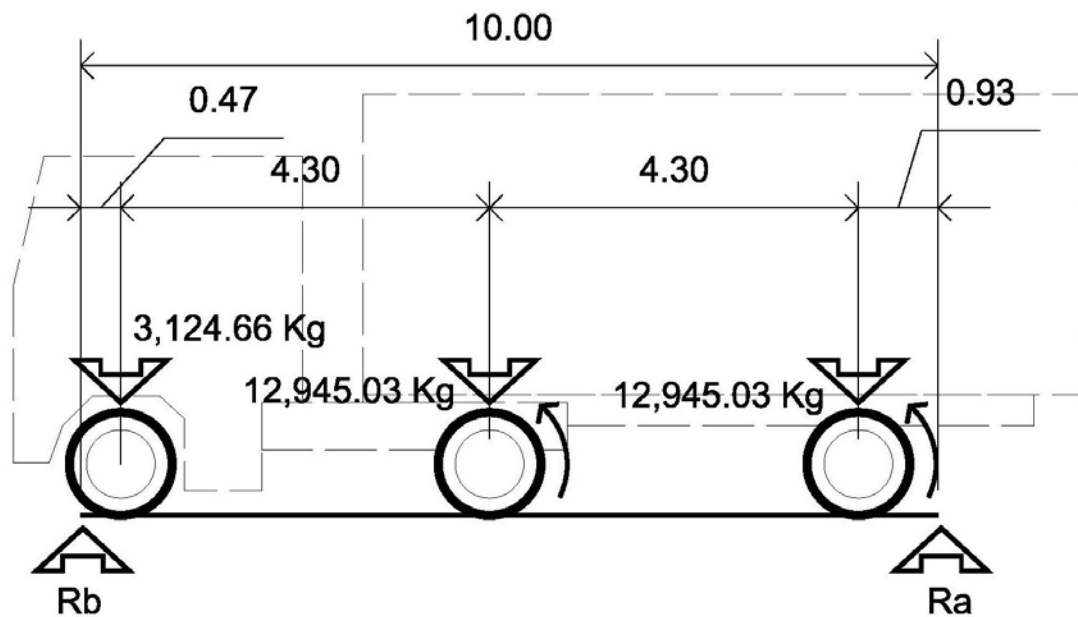
El esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V_{\text{máx}} = W * L / 2 + P = 1,612.8 * 10 / 2 + 324 = 8.388 \text{ kg.}$$

- **Esfuerzo por sobrecarga**

El esfuerzo por sobrecarga se calcula por medio de la reacción que la estructura tiene cuando el camión está ingresando al puente.

Figura 10. Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo



$$R_a * 10 = 12,945.03 * 9.07 + 12,945.03 * 4.77 + 3124.66 * 0.47$$

$$R_a * 10 = 117,411.42 + 61,747.79 + 1,468.48$$

$$R_a * 10 = 180,627.69$$

$$R_a = 180,627.69 / 10$$

$$R_a = V_{\text{máx}} = 18,062.77 \text{ kg}$$

- **Esfuerzos cortantes totales**

$$V_{tm\acute{a}x} = 1.3[V_{cm} + 5/3 (V_{cv} * l)]$$

$$V_{tm\acute{a}x} = 1.3[8,388 + 5/3(18,062.77 * 1.3)]$$

$$V_{tm\acute{a}x} = 61,882.96 \text{ kg}$$

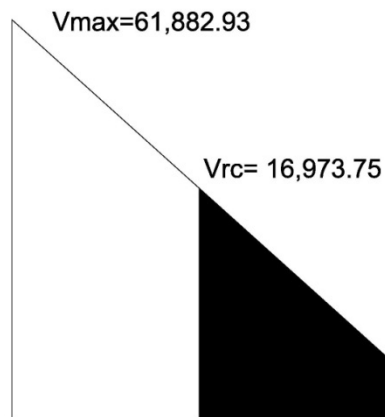
- **Cálculo de refuerzo**

Con base en el diagrama de corte real y con la siguiente fórmula, se calcula la fuerza última de resistencia del concreto a corte:

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 40 * 65 = 16,973.75 \text{ kg}$$

Figura 11. Diagrama de corte de diseño



Por medio del diagrama de corte de diseño, se obtiene el corte máximo ($V_{m\acute{a}x}$). Una vez determinados los esfuerzos: V_{rc} y $V_{m\acute{a}x}$, se calcula el esfuerzo cortante que será absorbido por el acero; el cual se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$V_s = V_{\text{máx}} - V_{rc} = 61,882.96 - 16,973.75 = 44,909.21 \text{ kg}$$

Comprobando límites de espaciamiento:

$$\text{Sí } \Phi * 1.1 * \sqrt{f_c} * b * d < V_s < 2.1 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$S_{\text{máx}} = d / 4$$

$$\text{Pero si } V_s < \Phi * 1.1 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$S_{\text{máx}} = d / 2$$

Calculando:

$$0.85 * 1.1 * \sqrt{210} * 40 * 65 = 35,225.54 \text{ kg}$$

$$2.1 * \sqrt{210} * 40 * 65 = 79,122.92 \text{ kg}$$

$$\text{Como } V_s < \Phi * 1.1 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$S_{\text{máx}} = d / 4 = 65 / 4 = 16.25 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx}} = 16 \text{ cm}$$

- **Cálculo del espaciamiento**

Utilizando varilla No.3

$$S = A_v * f_y * d / V_s = 2 * 0.71 * 4,200 * 65 / 44,909.21 = 8.63 \text{ cm} \sim 9 \text{ cm}$$

$$S = 9 \text{ cm}$$

La distribución de los estribos queda de la siguiente manera:

28 estribos @ 9 cm y 15 estribos @ 32cm. (ver detalle en los planos de apéndice).

14.7.2.3 Diseño de diafragma

La especificación AASHTO 8.12.2 dice que: “en un diafragma intermedio es recomendado en el punto máximo al momento positivo para luces mayores de 40 pies (12.19 m).”

Debido a que la luz del puente es de 10 m, no se utilizará diafragma intermedio, sino sólo externo.

$$\begin{aligned}\text{Diafragma exterior: } \quad h &= 0.5 * h_{\text{viga}} \\ h &= 0.5 * 0.7 = 0.35 \text{ m}\end{aligned}$$

El ancho de los diafragmas es generalmente de 30 cm.

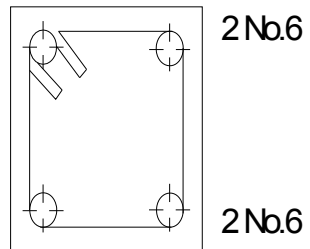
Se tiene:

$$\begin{aligned}\text{peralte} &= 35 \text{ cm} \\ \text{base} &= 30 \text{ cm}\end{aligned}$$

Según especificación de la AASHTO, el refuerzo será equivalente al acero mínimo requerido por la sección, tanto en cama inferior como en superior.

$$A_{\text{smín}} = 14.1 / f_y * b * d = 14.1 / 2,810 * 30 * 35 = 5.27 \text{ cm}^2.$$

Figura 12. Refuerzo de diafragmas



El espaciamiento entre estribos es de $1/2d$.

$$S = 1/2 * 35 = 17.5 \text{ cm}$$

$$S = 17 \text{ cm}$$

14.7.3. Diseño de la subestructura

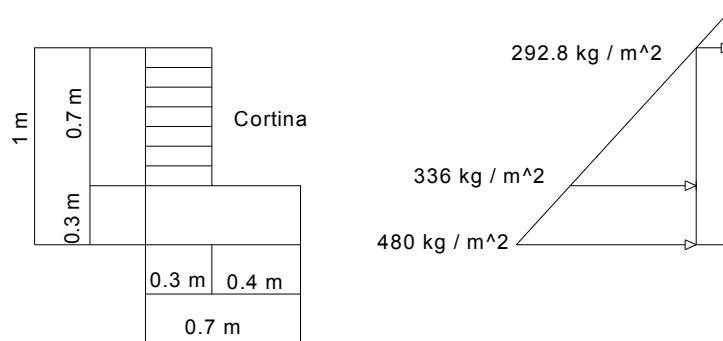
La subestructura está compuesta por cortina, viga de apoyo y estribos.

14.7.3.1. Diseño de la cortina

Según la AASTHO 1.2.22, la cortina está empotrada sobre la viga de apoyo, actuando en ella las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y la fuerza de sismo (EQ).

De acuerdo con la AASTHO 1.1.19, la estructura no debe diseñarse para menos de un equivalente líquido a $480 \text{ kg} / \text{m}^3$.

Figura 13. Geometría de la cortina y viga de apoyo



14.7.3.1.1 Empuje de tierra (E)

Se incrementará la altura del relleno en 0.61 m.

$$E = 292.8 * 0.7 + 336 * 0.7 / 2 = 204.96 + 117.6 = 322.56 \text{ kg / m}$$

14.7.3.1.2 Fuerza longitudinal (FL)

Según AASHTO 1.2.13, FL será el 5% de la carga viva y su centro de gravedad a 1.8 sobre la superficie de rodadura.

$$C_v = 5\% * P_{15} = 0.05 * 15,000 = 750 \text{ kg}$$

$$FL = C_v / L = 750 / 1.8 = 417 \text{ kg / m de ancho}$$

$$\text{El brazo de la F.L: } b = 0.7 \text{ m}$$

14.7.3.1.3 Fuerza de sismo (EQ)

Se utilizará un 8%, según criterio de la Sección de Puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala.

El punto de aplicación se localiza en el centro de gravedad, actuando horizontalmente.

$$W_{\text{propio}} = 2,400 * 0.3 * 0.7 = 504 \text{ kg / m}$$

$$EQ = 0.08 * 504 = 40.32 \text{ kg de ancho}$$

$$\text{Punto de aplicación } b = \frac{1}{2} * 0.7 = 0.35 \text{ m al centro de gravedad.}$$

Para calcular el momento de diseño se utilizan los siguientes grupos de cargas.

Según AASHTO 1.2.22

Grupo I:	esfuerzo	100%	$M = E * b$
Grupo III:	esfuerzo	125%	$M = E * b + FL * b$
Grupo VII:	esfuerzo	133%	$M = E * b + EQ * b$

El momento máximo se determina comparando los tres grupos de cargas.

Grupo I: esfuerzo 100%

$$M = E * b = E_1 * b_1 + E_2 * b_2$$

$$M = 204.96 * 0.7 / 2 + 117.6 * 0.7 / 3$$

$$M = 99.18 \text{ kg - m}$$

Grupo III: esfuerzo 125%

$$M = 1.3 (E + FL)$$

$$M = E = 99.189 \text{ kg} - \text{m}$$

$$FL = 417 * 0.7 = 291.9 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M = 1.3 (99.18 + 291.9) = 508.40 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo VII: esfuerzo 133%

$$M = 1.3 (99.18 + 40.32 * 0.35)$$

$$M = 147.28 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento máximo de los tres grupos calculados, es el del grupo III.

$$M_{\text{máx}} = 508.40 \text{ kg} - \text{m}$$

14.7.3.1.4 Cálculo de refuerzo

Datos:

$$M = 508.40 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$d = 67.5 \text{ cm}$$

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

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

Se obtiene:

$$A_s = 0.29 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 10.16 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 30.38 \text{ cm}^2$$

Como $A_s < A_{s\text{mín}}$ utilizar $A_{s\text{mín}} = 10.16 \text{ cm}^2$

Proponiendo armado: 8 No.4

14.7.3.1.5 Refuerzo por corte

Grupo III:

$$V = 1.3 (E + FL)$$

$$V = 1.3 (322.56 + 417)$$

$$V = 961.43 \text{ kg}$$

Grupo VII:

$$V = 1.3 (E + EQ) = 1.3 (322.56 + 40.32)$$

$$V = 471.74 \text{ kg}$$

Tomando el mayor de los grupos, o sea el grupo II

$$V_{\text{máx}} = 961.43 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 67.5$$

$$V_{rc} = 13,219.94 \text{ kg}$$

Como $V_{rc} > V_{\text{máx}}$, el concreto resiste

$$S_{\text{máx}} = d / 2 = 67.5 / 2 = 33.75 \text{ cm}$$

$$S = 33 \text{ cm}$$

Utilizar: No.3 @ 33 cm

14.7.3.2 Diseño de la viga de apoyo

Refuerzo longitudinal

- Acero por temperatura

$$A_{\text{stem}} = 0.002 * b * h = 0.002 * 70 * 30 = 4.2 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado 2 No.5 + 1 No.3

- Acero transversal

Para el refuerzo transversal se colocan estribos de acero corrugados a no menos de $h / 2$.

$$S = 30 / 2 = 15 \text{ cm}$$

Proponiendo armado No.3 @ 15 cm

14.7.3.3 Diseño del estribo

El estribo que se va a diseñar será de concreto ciclópeo; este es el proceso más simple, ya que consiste en asumir su sección y luego verificar tres condiciones: deslizamiento, volteo y presiones.

Figura 14. Geometría y diagrama de presiones del estribo

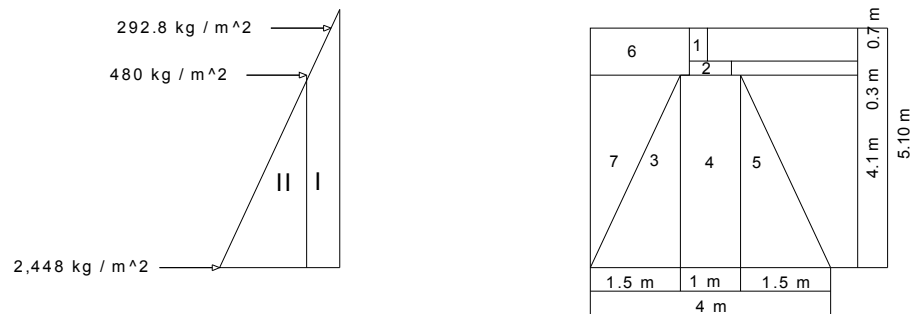
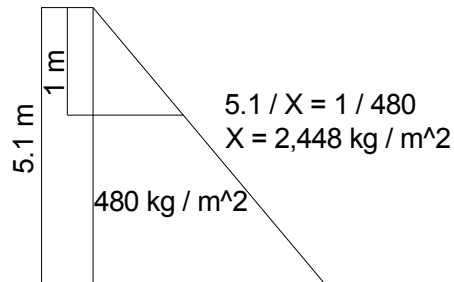


Figura 15. Relación de triángulos para obtener la presión en la cota de cimentación



14.7.3.3.1 Cálculo del momento de volteo

El momento de volteo es producto del empuje de la tierra sobre el estribo y se determina de la siguiente manera:

Sección I:

Empuje = presión * altura

Empuje = $292.8 * 5.10 = 1,493.28 \text{ kg - m}$

B.P = $5.10 / 2 = 2.55 \text{ m}$

Momento = E * B.P

$M = 1,493.28 * 2.55 = 3,807.86 \text{ kg - m}$

Para la sección II se tiene:

Tabla VI. Cálculo del momento de volteo

Sección	Altura	Presión	Empuje	B.P	Momento
I	5.1	292.8	1,493.28	2.55	3,807.86
II	2.55	2448	6,242.40	1.7	10,612.08
		E =	7,735.68	MV =	14,419.94

14.7.3.3.2 Cálculo del momento estabilizante

Es producido por el peso de la estructura y el relleno; para la sección I se tiene:

Tabla VII. Cálculo del momento estabilizante

Sección	Área	Peso	B.P	Momento
1	0.21	504.0	2.2	1,108.80
2	0.21	504.0	2	1,008.00
3	3.08	7,700.0	3	23,100.00
4	4.1	10,250.0	2	20,500.00
5	3.08	7,700.0	1	7,700.00
6	1.65	3,135.0	3.18	9,969.30
7	3.08	5,852.0	3.5	20,482.00
W =		35,645.0	ME =	83,868.10

14.7.3.3.3. Revisión del muro sin superestructura

Se harán las verificaciones para un muro de contención por gravedad:

$$\text{Volteo} = V = ME / MV > 1.5$$

$$\text{Deslizamiento} = D = 0.5 * W / E > 1.5$$

$$\text{Presiones} = P = W / A * [1 \pm (6 * e / b)] < V_s$$
$$> 0$$

En donde.

MV = momento de volteo

ME = momento estabilizante

W = peso propio de la estructura

E = empuje

A = área

e = excentricidad = $b / 2 - a$

$a = (ME - MV) / W$

b = base

- **Revisión de volteo**

$$ME / MV = 83,868.10 / 14,419.94 = 5.82 > 1.5 \quad \text{OK}$$

- **Revisión de deslizamiento**

$$D = 0.5 * W / E = 0.5 * 35,645 / 7,735.68 = 2.30 > 1.5 \quad \text{Ok}$$

- **Revisión de presiones**

$$a = (ME - MV) / W = (83,868.10 - 14) \quad e = b/2 - a = 4/2 - 1.95 = 0.05 \text{ m}$$

$$P_{\text{máx}} = 35,645 / (4 * 1) * [1 + (6 * 0.05) / 4] = 9,579.59 \text{ kg} / \text{m}^2 < 20,000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

OK

$$P_{\text{mín}} = 35,645 / (4 * 1) * [1 - (6 * 0.05) / 4] = 8,242.91 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0 \quad \text{OK}$$

14.7.3.3.4 Revisión del muro con superestructura y carga viva

Este chequeo se realiza para verificar si el muro resiste al agregarle el peso de las estructuras que tendrá que soportar.

- **Carga muerta y viva**

La carga muerta y viva es la misma que se calculó para la viga de apoyo.

$$C_m = 1.4 * 9,048 = 12,667.20 \text{ kg}$$

$$C_v = 1.7 * 5,832.82 = 9,915.79 \text{ kg}$$

$$C_m + C_v = 12,667.20 + 9,915.79 = 22,582.99 \text{ kg}$$

Brazo = 2 m (punto medio de la base)

$$ME_2 = (CM + Cv) * \text{brazo}$$

$$ME_2 = 22,582.99 * 2 = 45,165.98 \text{ kg} - \text{m}$$

$$ME_T = ME_2 + ME$$

$$ME_T = 22,582.99 + 83,868.10 = 129,034.08 \text{ kg} - \text{m}$$

- **Revisión de presiones**

$$a = (ME_T - MV) / (Cm + Cv + W)$$

$$a = (129,034.08 - 14,419.94) / (22,582.99 + 35,645) = 1.97 \text{ m}$$

$$e = 2 - 1.97 = 0.03 \text{ m}$$

$$P_{\text{máx}} = (W + Cm + Cv) / A * (1 + 6 * e / b)$$

$$P_{\text{máx}} = (35,645 + 22,582.99) / (4 * 1) * (1 + 6 * 0.03 / 4)$$

$$P_{\text{máx}} = 15,212.84 \text{ kg} / \text{m}^2 < 20,000 \text{ kg} / \text{m}^2 \quad \text{OK}$$

$$P_{\text{mín}} = 13,902.65 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0 \quad \text{OK}$$

La estructura sí resiste las presiones.

14.7.3.3.5. Revisión del muro con sismo (sin carga viva)

Para esta revisión se toman los momentos de volteo en el sentido horizontal.

$$W_2 = W + Cm$$

$$W_2 = 35,645 + 12,667.20 = 48,312.2 \text{ kg}$$

$$ME_3 = ME + (Cm * \text{brazo})$$

$$ME_3 = 83,868.10 + (12,667.20 * 2)$$

$$ME_3 = 109,202.50 \text{ Kg.} - \text{m}$$

Fuerza horizontal:

$$FH = 1.08 * E * 0.08 * W_2$$

$$FH = 1.08 * 7,735.68 * + 0.08 * 48,312.20$$

$$FH = 12,219.51 \text{ kg}$$

Tabla VIII. Cálculo de momento de volteo sentido horizontal

Sección	Peso	B.P	Momento
1	504	4.8	2,394.00
2	504	4.3	2,142.00
3	7,700	1.4	10,549.00
4	10,250	2.1	21,012.50
5	7,700	1.4	10,549.00
6	3,135	4.6	14,421.00
7	5,852	2.7	15,975.96

$$MV_2 = 77,043.46$$

$$MEQ = 0.08 * MV_2$$

$$MEQ = 0.08 * 77,043.46 = 6,163.48 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MV_3 = (1.08 * MV) + (Cm * 0.08 * h) + MEQ$$

$$MV_3 = (1.08 * 14,419.94) + (12,667.20 * 0.08 * 4.4 + 6,163.48$$

$$MV_3 = 26,195.87 \text{ kg} - \text{m}$$

Chequeo de volteo

$$V = ME_3 / MV_3 = 109,202.50 / 26,195.87 = 4.17 > 1.5 \text{ OK}$$

Chequeo por deslizamiento

$$D = 0.5 * W_2 / FH = 0.5 * 48,312.2 / 12,219.51$$

$$D = 1.98 > 1.5 \quad \text{OK}$$

Chequeo de presión

$$a = (ME_3 - MV_3) / W_2$$

$$a = (109,202.50 - 26,195.87) / 48,312.2 = 1.72 \text{ m}$$

$$e = 4 / 2 - 1.72 = 0.28$$

$$P_{\text{máx}} = W_2 / A * [1 + (6 * e) / b]$$

$$P_{\text{máx}} = 48,312.2 / (4 * 1) * [1 + (6 * 0.28) / 4]$$

$$P_{\text{máx}} = 17,150.83 \text{ kg} / \text{m}^2 < 20,000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\text{mín}} = 7,005.27 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0 \quad \text{OK}$$

Como ambas presiones están dentro de los parámetros de diseño, la estructura sí resiste las presiones.

15. PRESUPUESTO

En la integración del presupuesto del puente vehicular de la aldea Chicoy se consideraron los siguientes aspectos:

- a. **Materiales:** para el efecto se tomaron como base los precios que se manejan en la región.
- b. **Mano de obra:** en este renglón se consideró la mano de obra calificada y no calificada, aplicando un promedio de los salarios que se pagan en la región.
- c. **Costo indirecto:** es la suma de todos los gastos técnico-administrativos necesarios, para la correcta realización de cualquier proceso constructivo.
- d. **Imprevistos:** en este renglón se tomaron en cuenta las posibles variaciones de precios de materiales.

Presupuesto
Construcción de puente de acceso a
las aldeas Choctún Basilá y Chicoy
Cobán, Alta Verapaz

FECHA

No	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Parcial	Precio Total
1	Preliminares					Q 8,311.76
1.01	Demolición de construcción Existente	39.5	m2	Q 183.69	Q 7,255.76	
1.02	Trazo y estaqueado	50	ml	Q 21.12	Q 1,056.00	
2	Excavación y rellenos					Q 109,580.99
2.01	Excavación	296.24	m3	Q 95.06	Q 28,160.57	
2.02	Relleno estructural	266.62	m3	Q 305.38	Q 81,420.42	
3	Muros de estribos					Q 510,940.32
3.01	Concreto ciclópeo	211.86	m3	Q 2,338.14	Q495,358.34	
3.02	Vigas de apoyo	2	Unidad	Q 7,790.99	Q 15,581.98	
4	Super-estructura					Q 123,754.71
4.01	Vigas principales de 1.15X0.50	2	Unidad	Q 22,342.61	Q 44,685.22	
4.02	Diafragma externo de 0.60X0.30	2	Unidad	Q 2,315.84	Q 4,631.68	
4.03	Losa de rodadura	1	Unidad	Q 51,401.83	Q 51,401.83	
4.04	Losa de banqueteta	2	Unidad	Q 9,385.31	Q 18,770.62	
4.05	Drenajes para losa	6	Unidad	Q 280.36	Q 1,682.16	
4.06	Junta de construcción	10	ml	Q 258.32	Q 2,583.20	
5	Poste					Q 24,870.73
5.01	Poste	14	Global	Q 362.31	Q 5,072.34	
5.02	Pasamanos de tubería H.G. Ø 2"	1	Unidad	Q 19,798.39	Q 19,798.39	

Precio Total de la obra

Q 777,458.51

Cronograma de Avance Físico
Construcción de puente de acceso a
las aldeas Choctún Basilá y Chicoy
Cobán, Alta Verapaz

		Tiempo de ejecución estimado en meses			
		1	2	3	4
No	Renglones				
1	Preliminares				
1,1	Demolición de construcción Existente	xxxxxxxxxxxxx			
1,2	Trazo y estaqueado		xxxx		
2	Excavación y rellenos		xxxxxxxxxxxxxxxxx		
2,1	Excavación		xxxxxxx		
2,2	Relleno estructural		xxxxxxx		
3	Muros de estribos			xxxxxxx	
3,1	Concreto ciclópeo			xxxxxxx	
3,2	Vigas de apoyo			xxxxxxx	
4	Super-estructura			xxxxxxxxxxxxxxxxx	
4,1	Vigas principales de 1.15X0.50			xxxxxxxxxxxxxxxxx	
4,2	Diafragma externo de 0.60X0.30				xxxxxxxxxxx
4,3	Losa de rodadura				xxxxxxxxxxxxxxxxx
4,4	Losa de banqueteta				xxxxxxxxxxx
4,5	Drenajes para losa				xxxxx
4,6	Junta de construcción				xxxxx
5	Poste				xxx
5,1	Poste				xxx
5,2	Pasamanos de tubería H.G. Ø 2"				xx

CONCLUSIONES

1. Con la realización de los dos proyectos, se tendrá más beneficios en el municipio, colaborando con el desarrollo socio-económico del lugar, generando empleo para los habitantes de las aldeas Chicoy y Choctún.
2. Para la aldea Chicoy es tan necesario la construcción del puente, ya actualmente existe un puente construido de madera, pero con el paso de los años el puente se ha deteriorado.
3. Los estudios realizados para la elaboración de estos diseños (Carretera y puente) dan la seguridad que estos dos proyectos funcionarán eficientemente, como se ha previsto en un futuro, el estudio y posterior ejecución contribuirá al desarrollo de las aldeas Chicoy y Choctún y por consiguiente al municipio de Cobán.
4. El tipo de sección típica que se adaptó para el diseño de la carretera es tipo E, 3er orden de balasto, la topográfica del terreno es semi - plano, de acuerdo con las especificaciones de la Dirección General de Caminos, ya que permite: la pendiente máxima 21% y un ancho de calzada de 6.00 metros.

RECOMENDACIONES

1. Preparar una comisión o un comité encargado para darle mantenimiento al puente, para que la estructura perdure el período para el cual está diseñado, de la misma manera al tramo carretero carretera.
2. Debido a que no se contó con los recursos suficientes, no se realizó un sondeo dinámico en el área donde se colocará la estructura de apoyo, cerca del lecho del río, por lo que es necesario tomar en cuenta de realizar el mismo, ya que con esto puede indicar un estrato más resistente.
4. Las personas responsables de la ejecución de la obra, se deben apegar a las especificaciones dadas y se deben respetar las especificaciones de sobrecarga indicada.
5. Garantizar la supervisión técnica durante la ejecución del balastado, para que se cumplan con todas las normas y especificaciones establecidas en el estudio y diseño, en beneficio directo de las comunidades

BIBLIOGRAFÍA

1. Campos Avalos, Ricardo David. Diseño de puente vehicular que comunica a la aldea el Capulín. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, USAC, 2007.
2. Dirección General de Caminos. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.** Guatemala. Cámara Guatemalteca de la construcción, 2001 Libro Azul.
3. Nilson, Arthur H. **Diseño de estructuras de concreto preesforzado** 2ª edición. México: Compañía Editorial Continental. 1984.
4. Paiz Morales, Byron René. **Guía de cálculo para carreteras. 1995.**
5. Pérez Augusto. Metodología de actividades para diseño de carreteras. Trabajo de graduación, de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, USAC.
6. Rivera Méndez, José Pablo. Diseño de puentes Vehiculares de la aldea Paraxaj y Panham, San Juan Comalapa departamento de Chimaltenango. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, USAC 2007.
7. Rozak, John y Joachin F. Leppmann. **Ingeniería de Puentes.** División de Estructuras, Berkeley, California. 1992.
8. **Standard Specifications for Highway Bridges** 16ª edición. Estados Unidos de Norte América: Adoptado y publicado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1996.

9.



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



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0202 S.S.

O.T.: 23,376

INTERESADO: Byron Orlando Juarez Cajbón

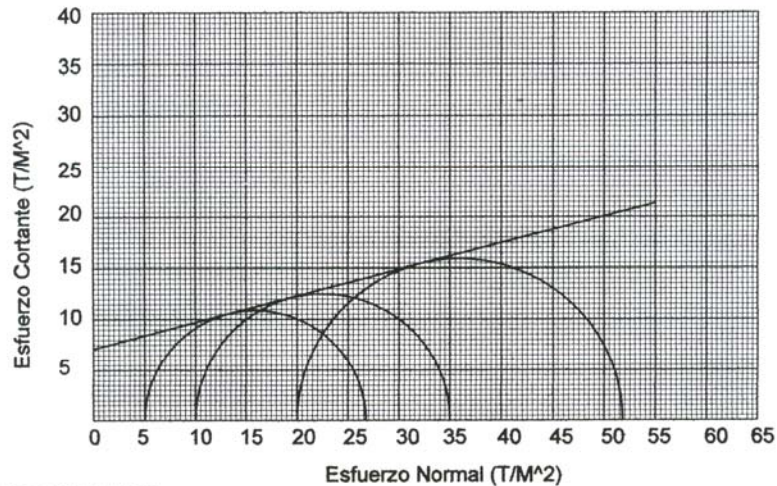
PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS

UBICACIÓN: Aldea Chicoy, Cobán Alta Verapaz

Fecha: 11 junio del 2008

pozo: 1 Profundidad: 2.50 m

Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 14.54^\circ$

COHESIÓN: $C_u = 7.1 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla consolidada color Café

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

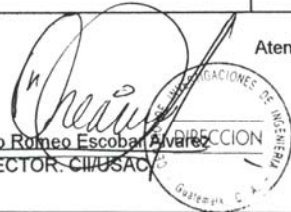
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	21.74	25.89	31.80
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA E_r (%)	3.0	4.5	6.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.14	1.14	1.14
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.79	1.79	1.79
HUMEDAD (%)	43.6	43.6	43.6

Atentamente,

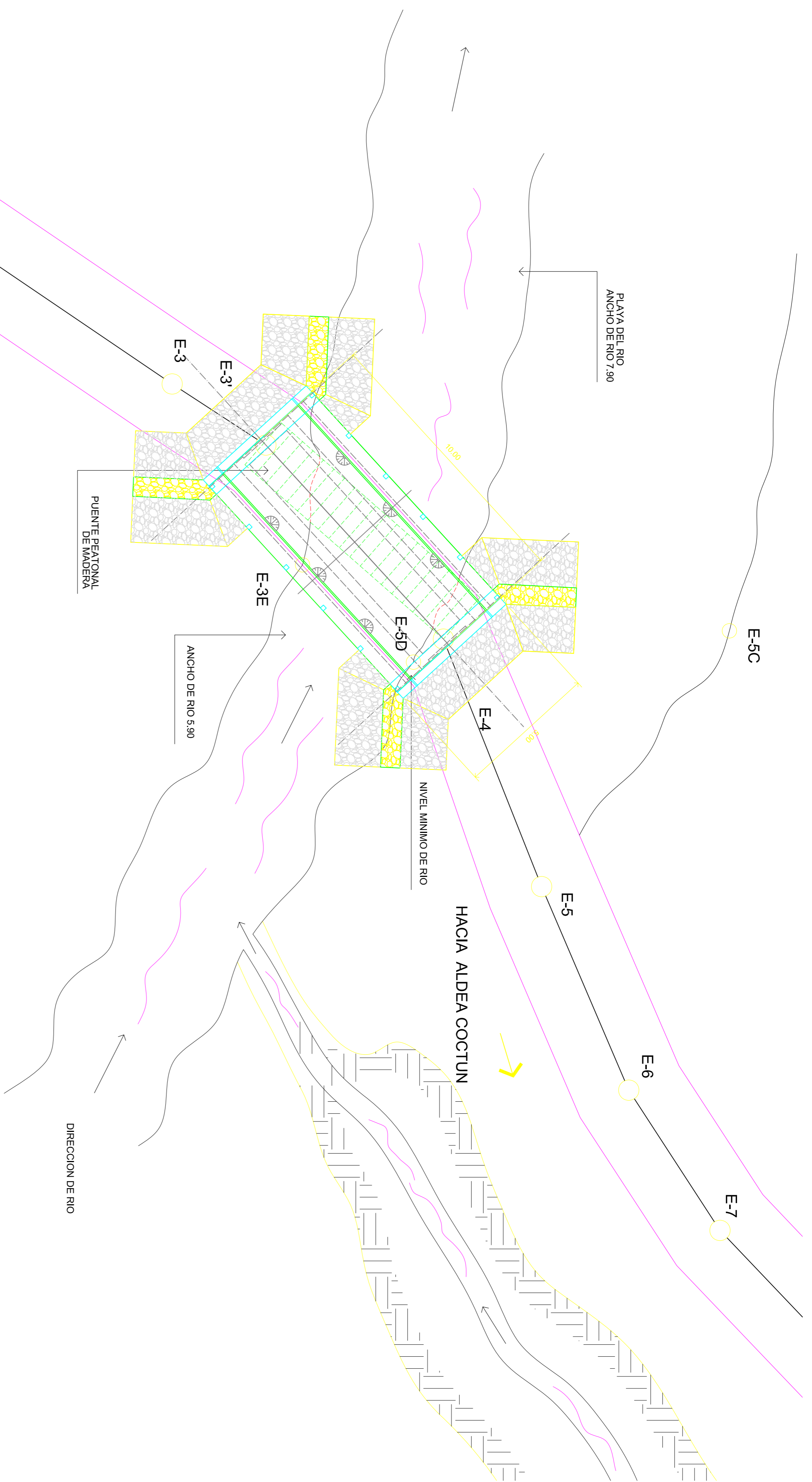
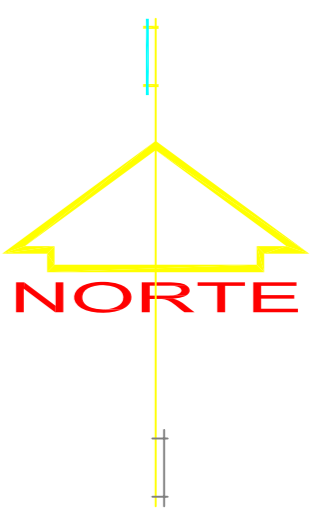
Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR. CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

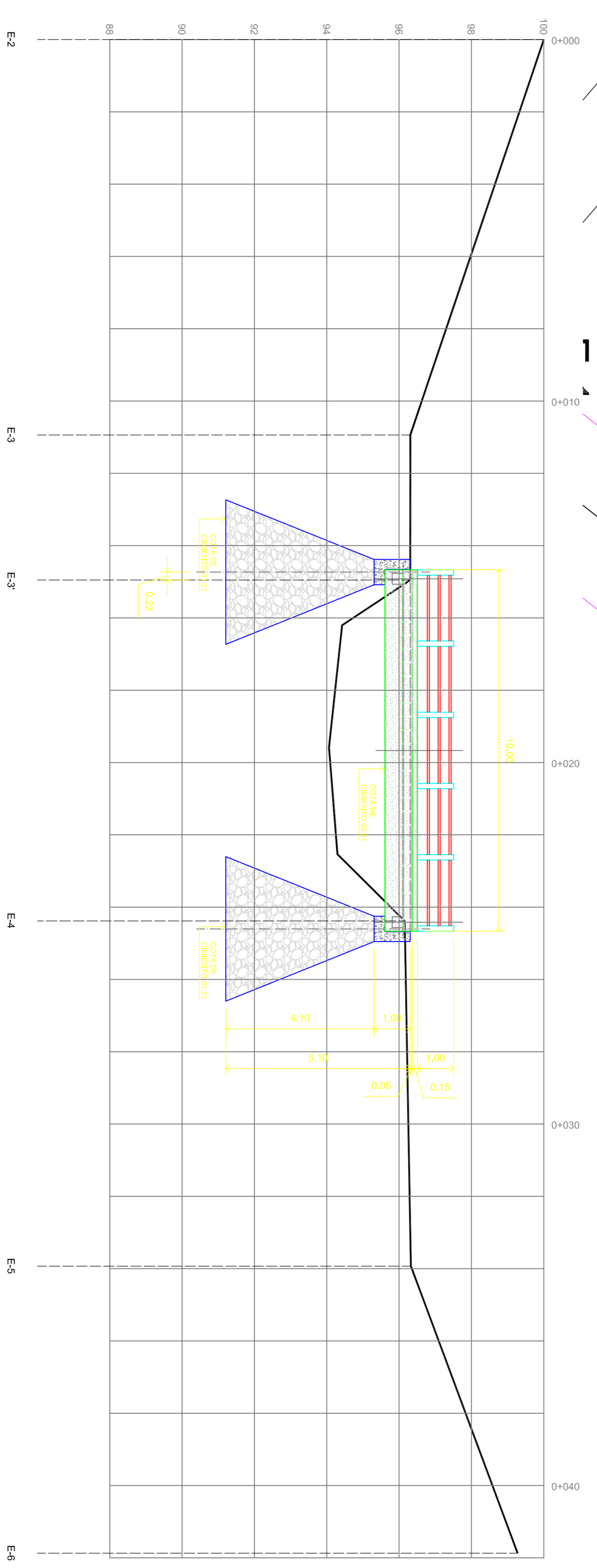




AL CENTRO DE LA ALDEA CHICOY

PLANTA TOPOGRAFICA

ESCALA 1:100



PERFIL TOPOGRAFICA

ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100

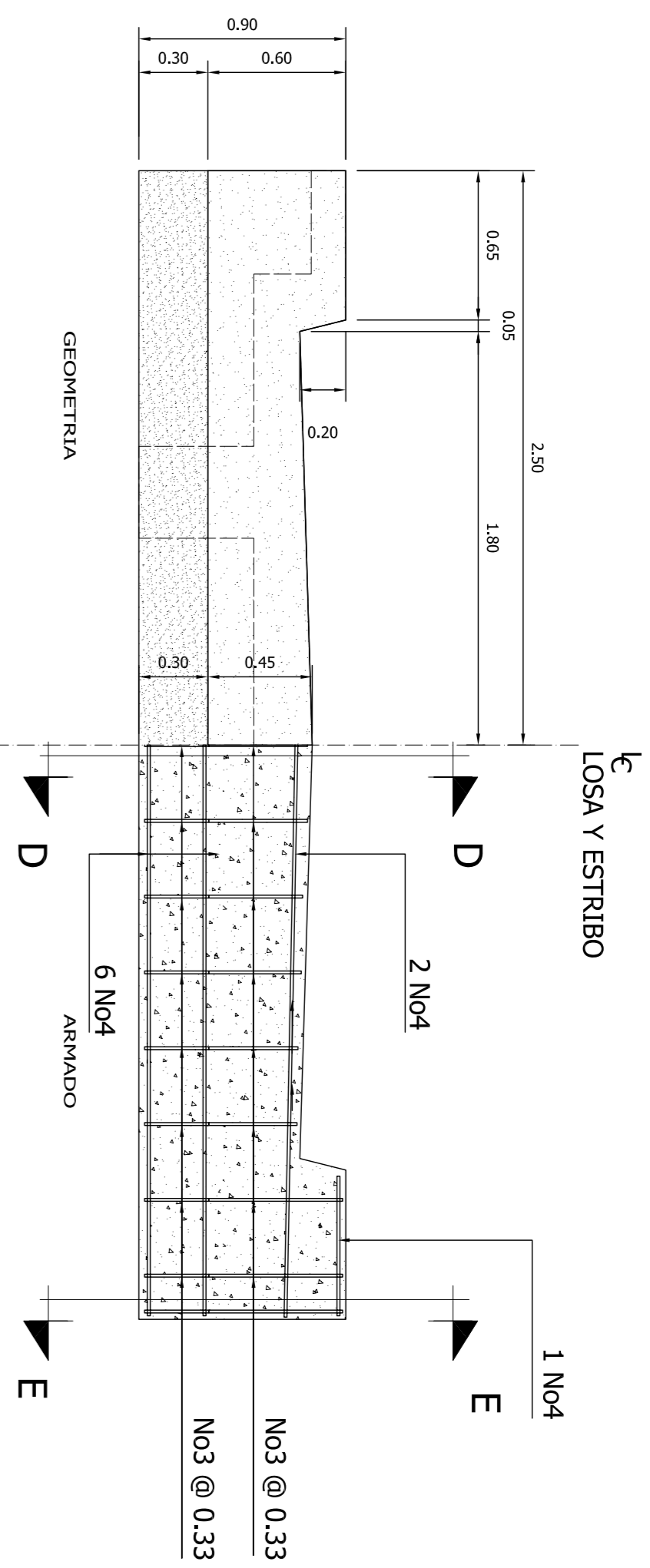
PLANO	CONTENIDO
01	PLANTA Y PERFIL DE TOPOGRAFICA DE SUPERESTRUCTURA DE 10.00 MTS
02	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MUROS DE ESTRIOS
03	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LOSA DE SUPERESTRUCTURA
04	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE SUPERESTRUCTURA DE 10.00 MTS


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA

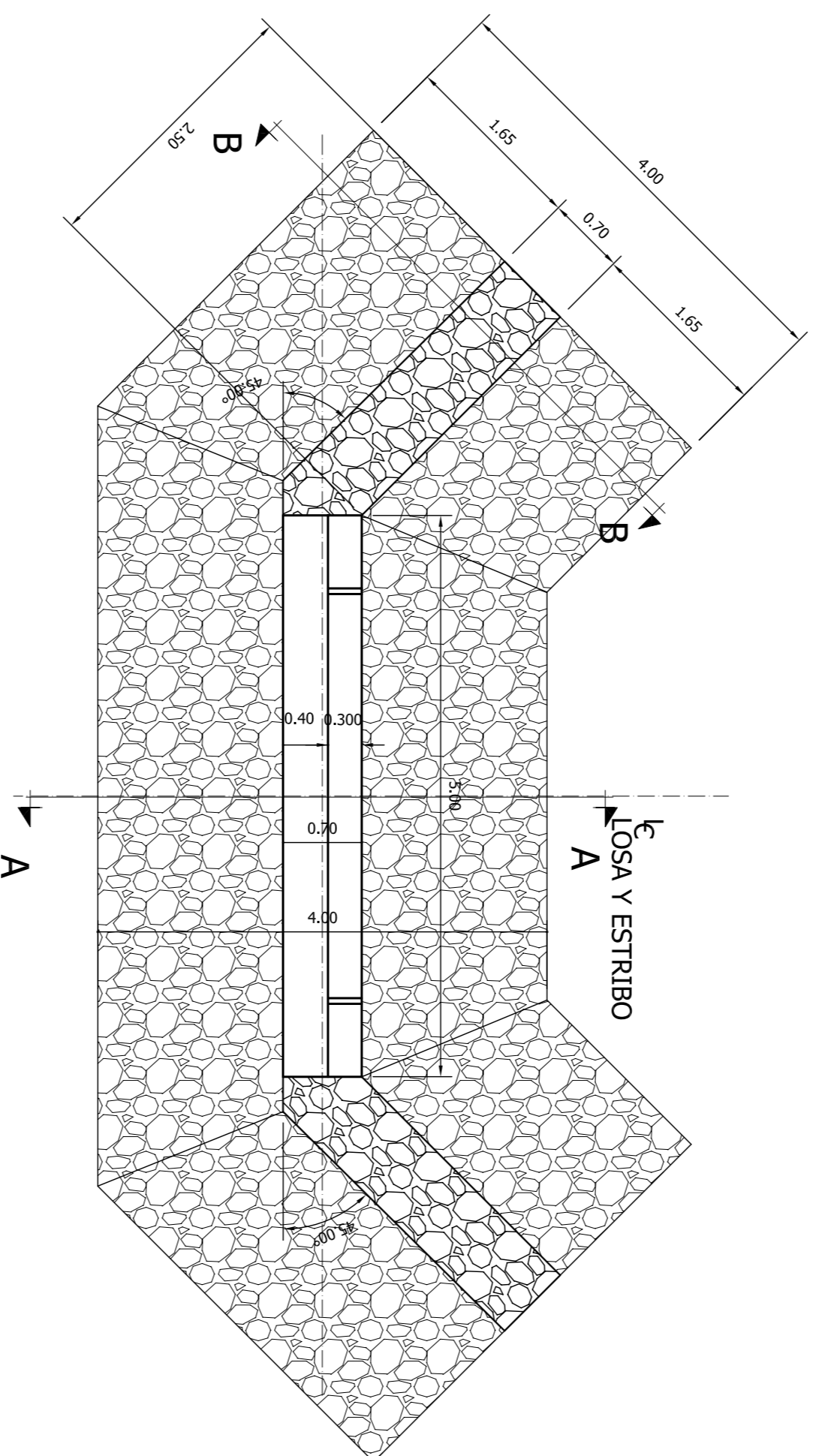
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTUN BASILA Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBAN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO 2.008 DIBUJADOR: DIBUJADOR
--	--

DISEÑO:	PLANIFICO:	ASESOR:	CALCULO:
BAYRON ORLANDO JUAREZ CABRON	MUNICIPALIDAD DE COBAN, ALTA VERAPAZ	Ing. OSCAR ARGUETA	BAYRON ORLANDO JUAREZ CABRON
Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO

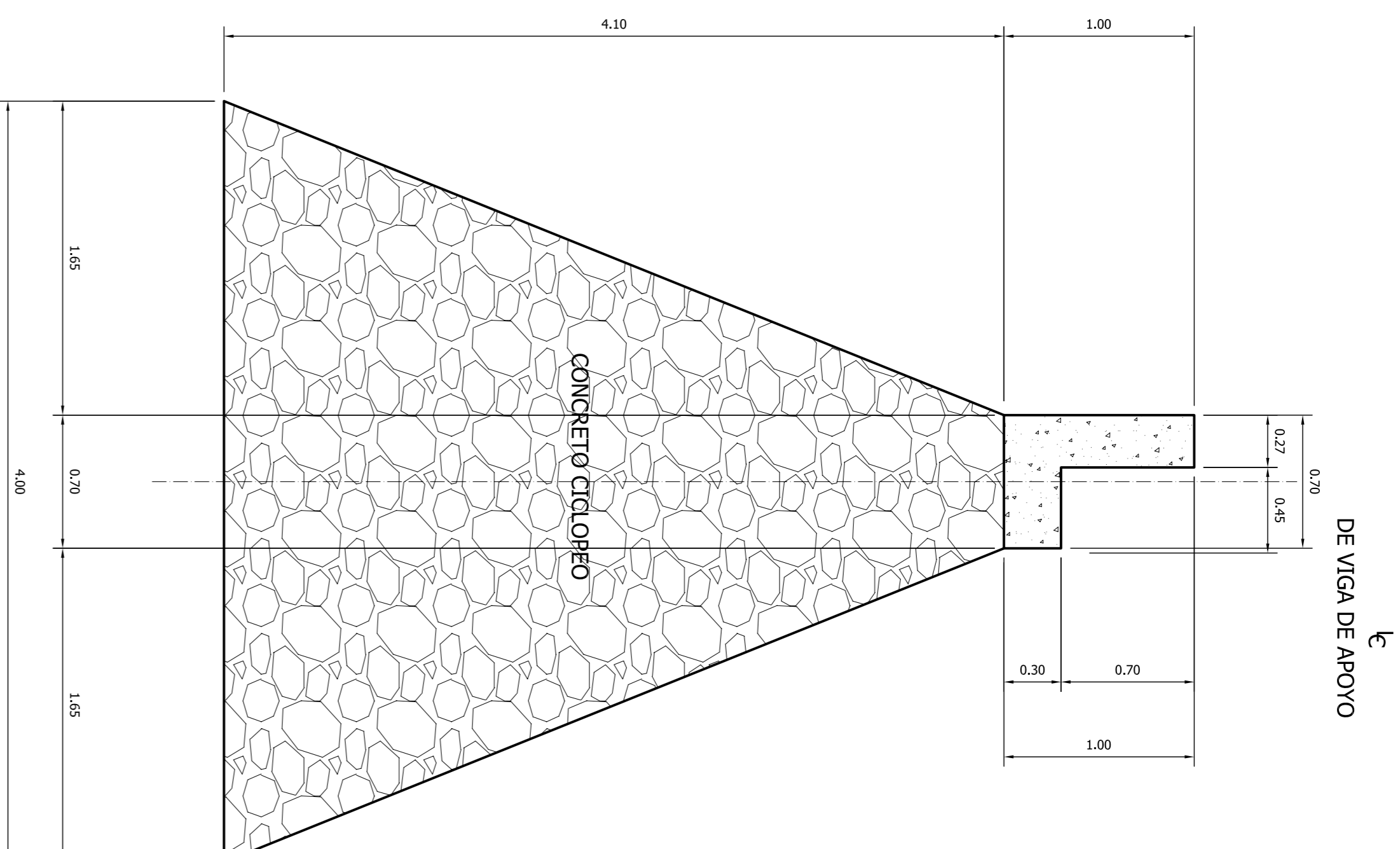
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICA DE SUPERESTRUCTURA DE 10.00 MTS	HOLA: 01/04
--	-------------



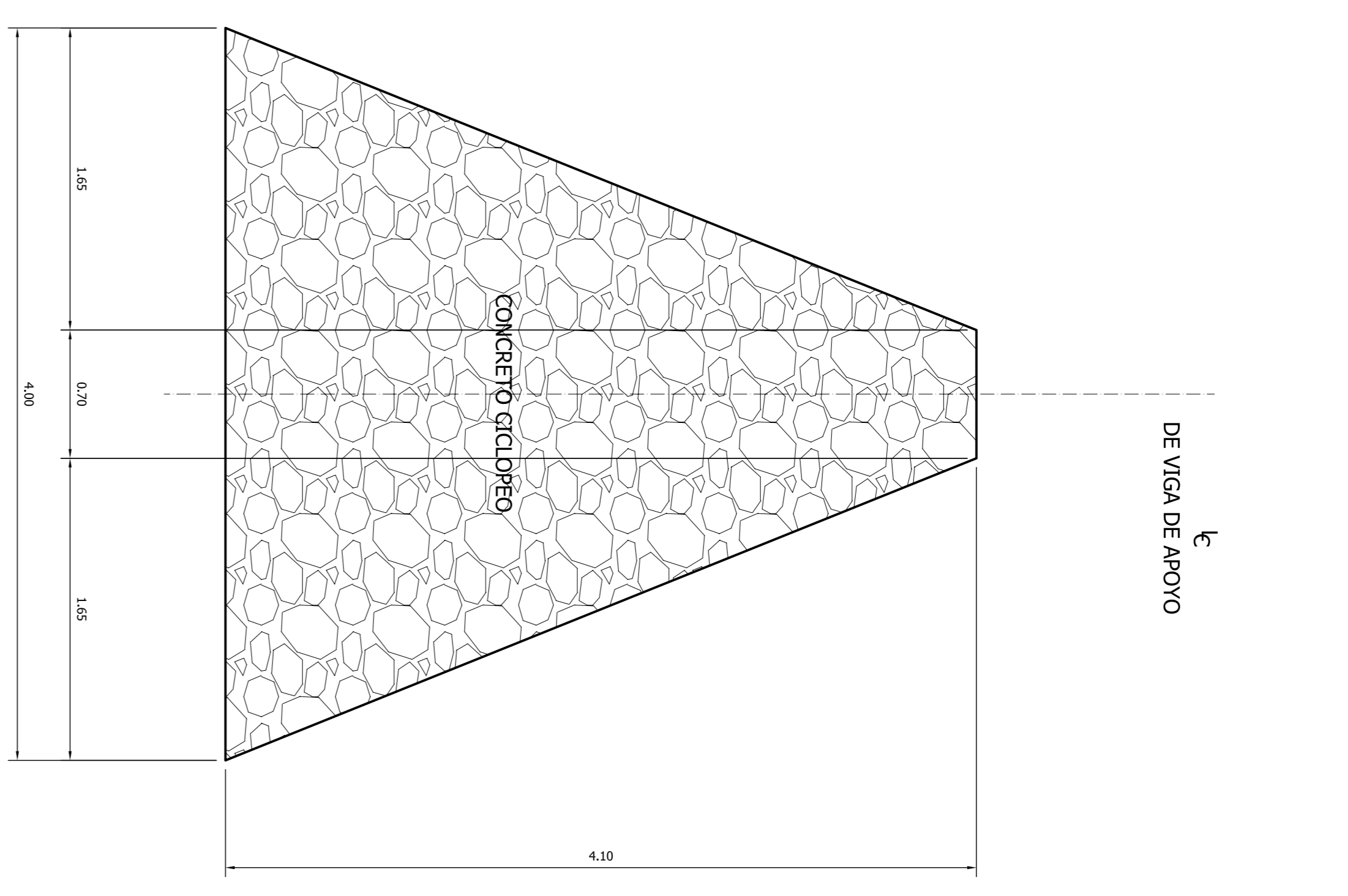
DETALLE DE VIGA DE APOYO
ESCALA 1:25



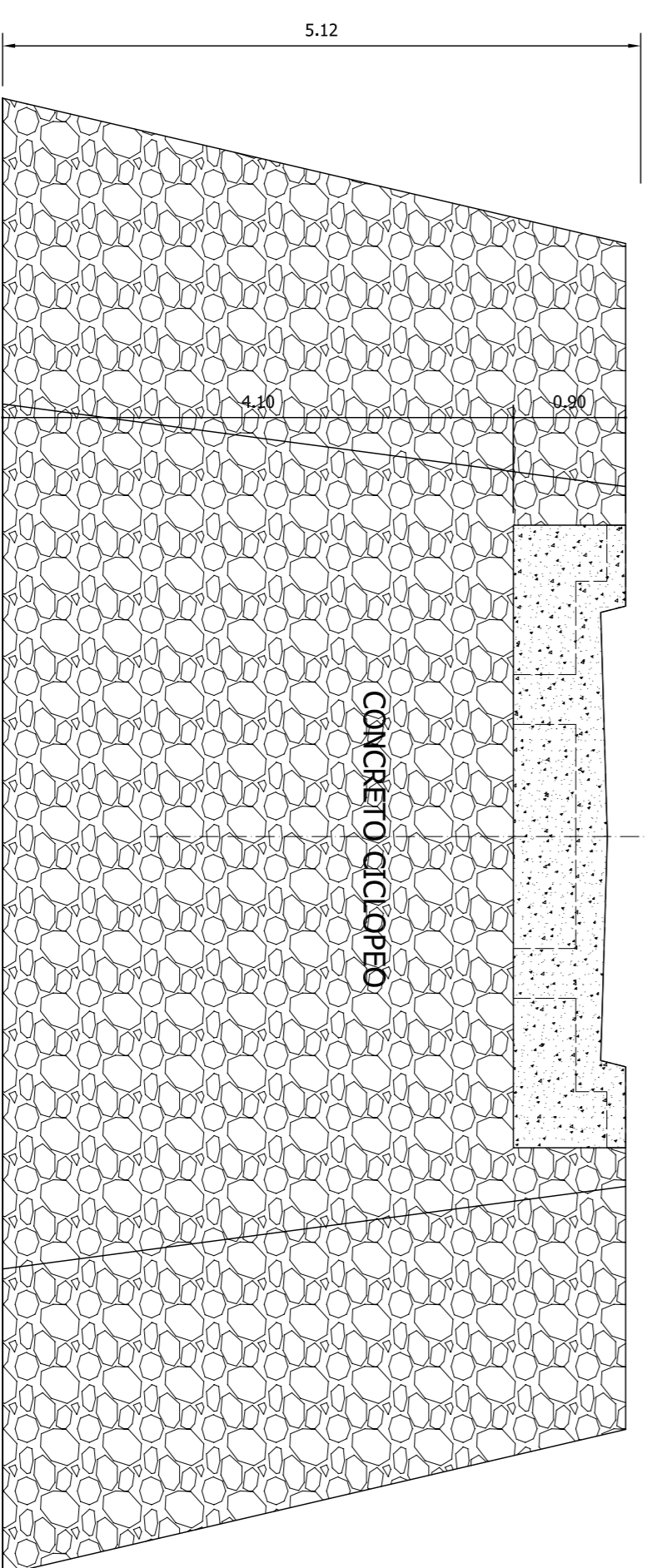
PLANATA DE ESTRIBO
ESCALA 1:50



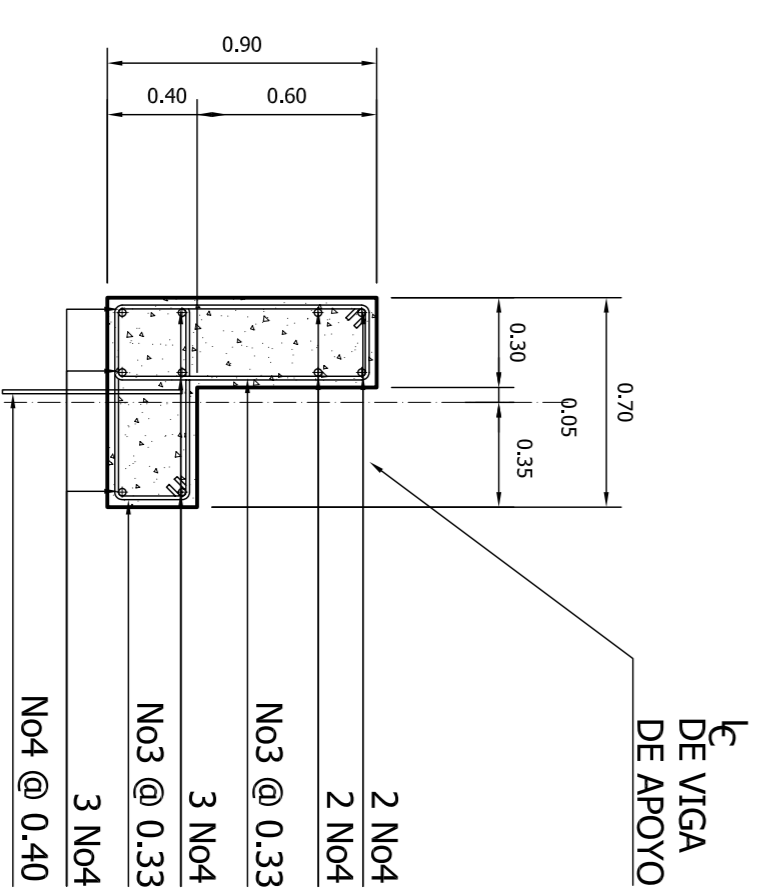
SECCION A-A
ESCALA 1:50



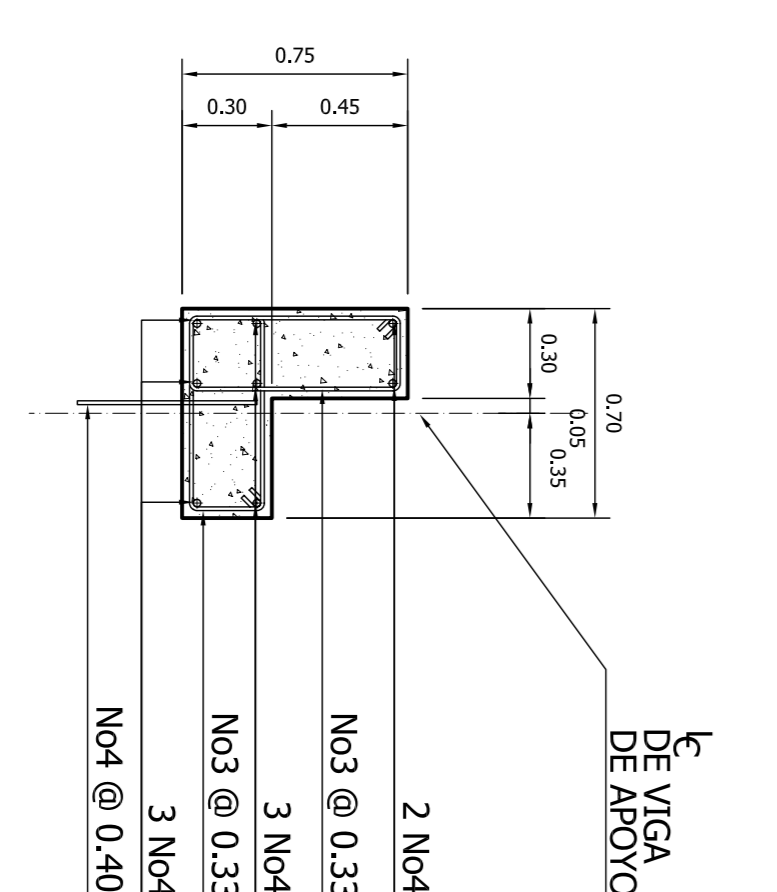
SECCION B-B
ESCALA 1:50



ELEVACION FRONTAL DE ESTRIBO
ESCALA 1:50



SECCION E-E
ESCALA 1:25



SECCION D-D
ESCALA 1:25

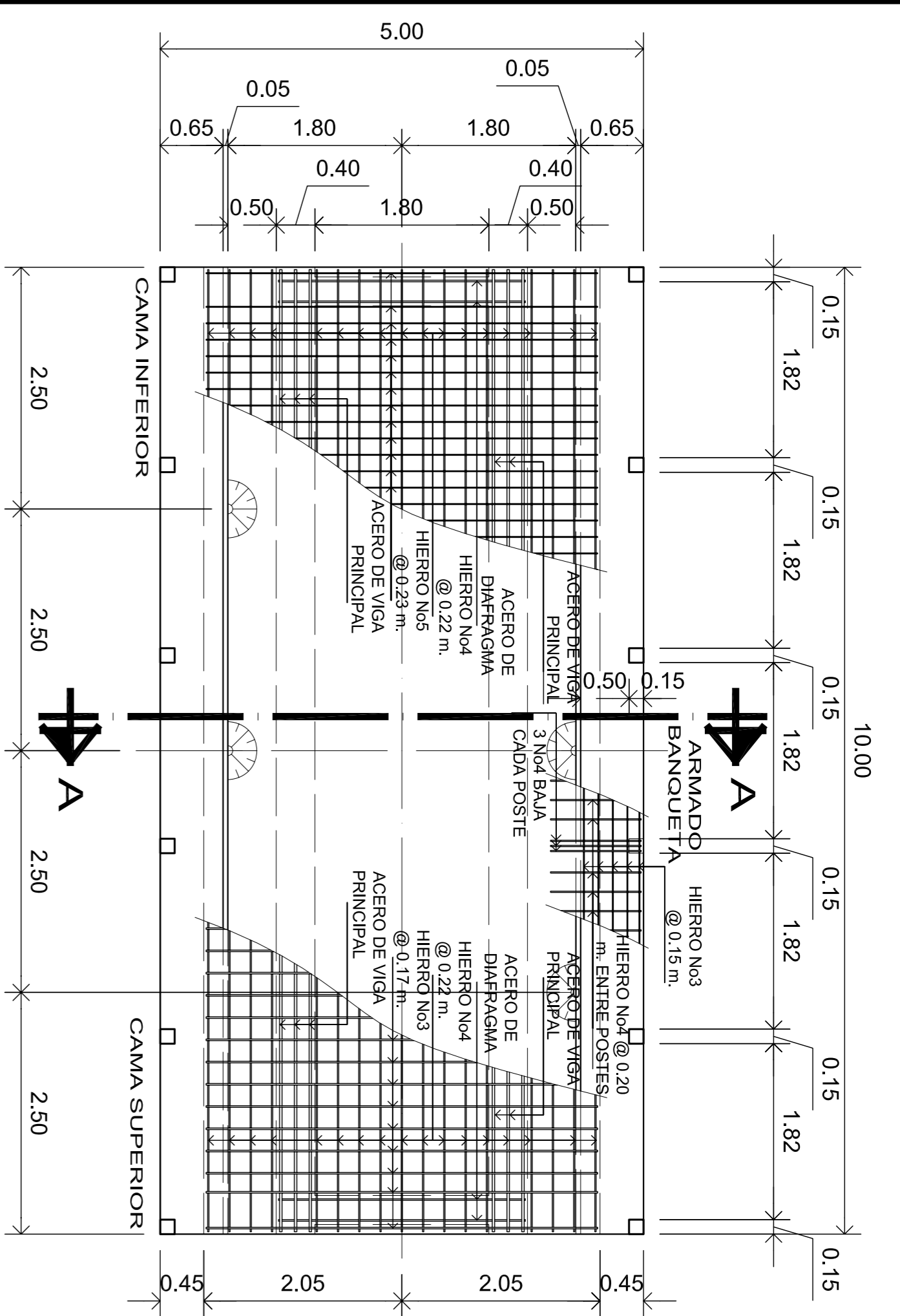


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA

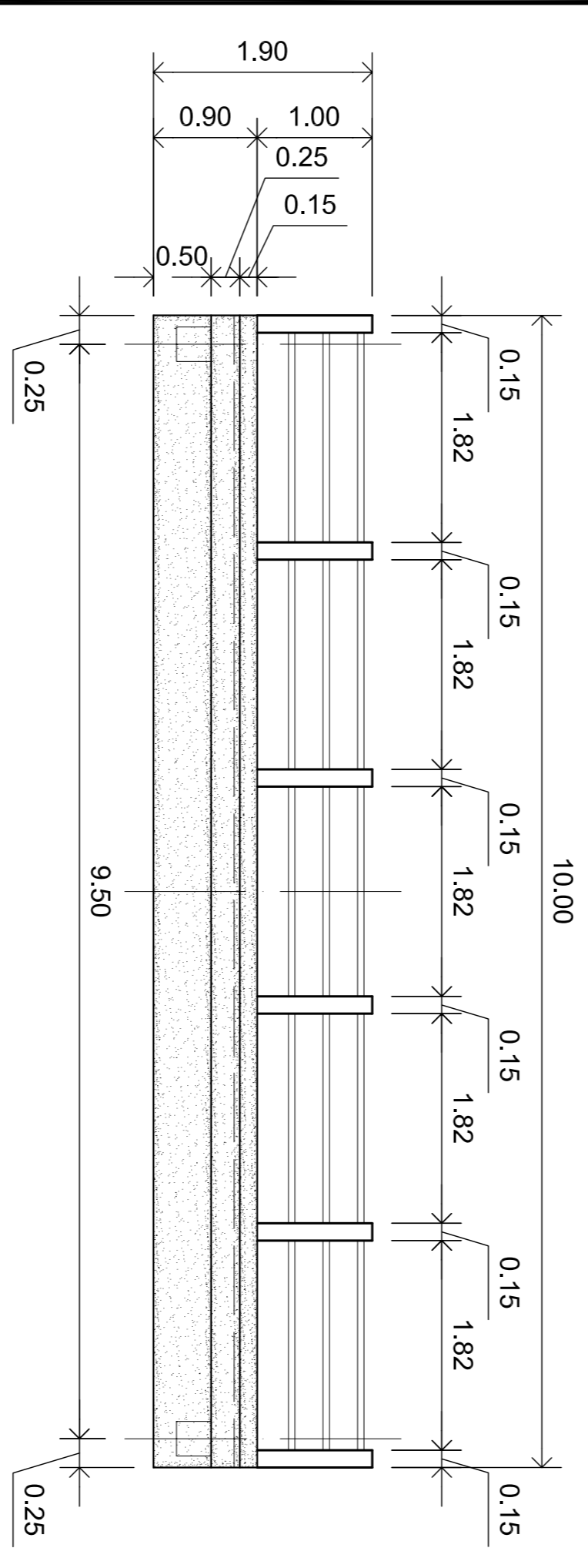
PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTUN BASILIA Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBAN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.	ESCALA:	INDICADA
FECHA:	FEBRERO 2,008	DIBUJOS:	BOIC

DISEÑO:	PLANIFICADO:	ASESOR:	CALCULO:
BARON ORLANDO JUAREZ CARBON	MUNICIPALIDAD DE COBAN, ALTA VERAPAZ	Ing. OSCAR ARGUETA	BARON ORLANDO JUAREZ CARBON
Va. Bº AUTORIZADO	Va. Bº AUTORIZADO	Va. Bº AUTORIZADO	Va. Bº AUTORIZADO

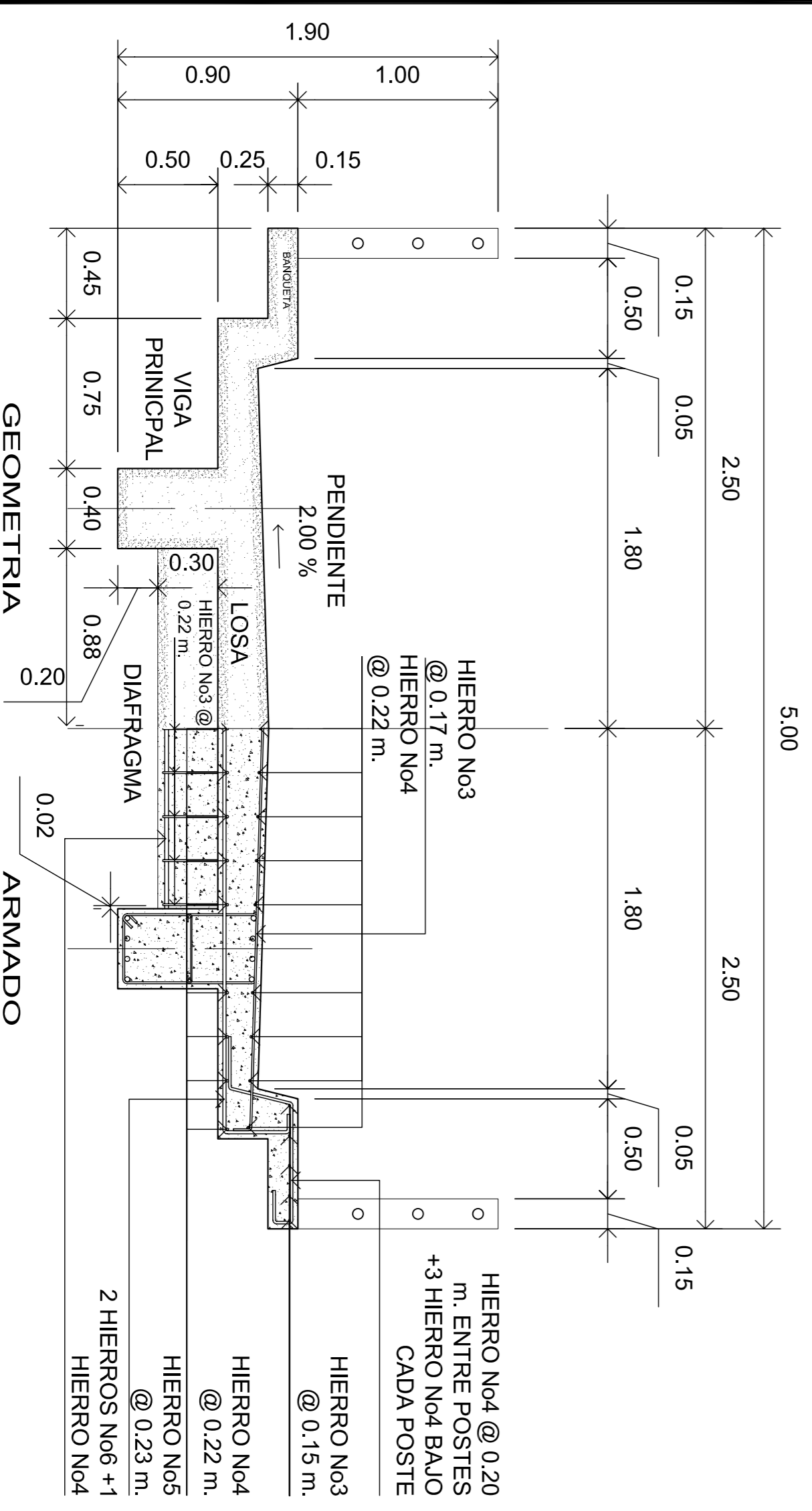
CONTENIDO:	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MUROS DE ESTRIBOS	H0A:	02/04
------------	---	------	-------



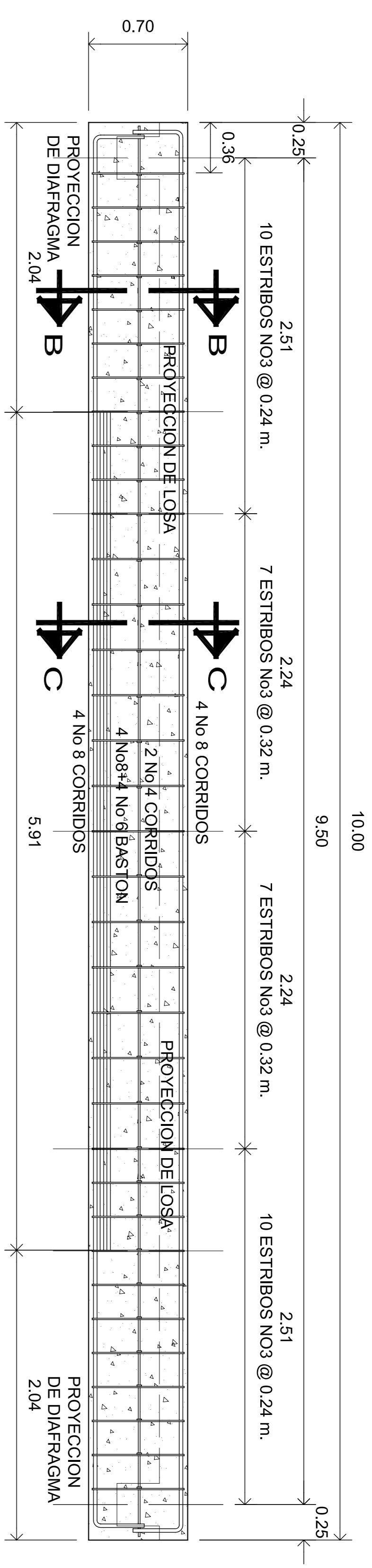
PLANTA DE ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:30



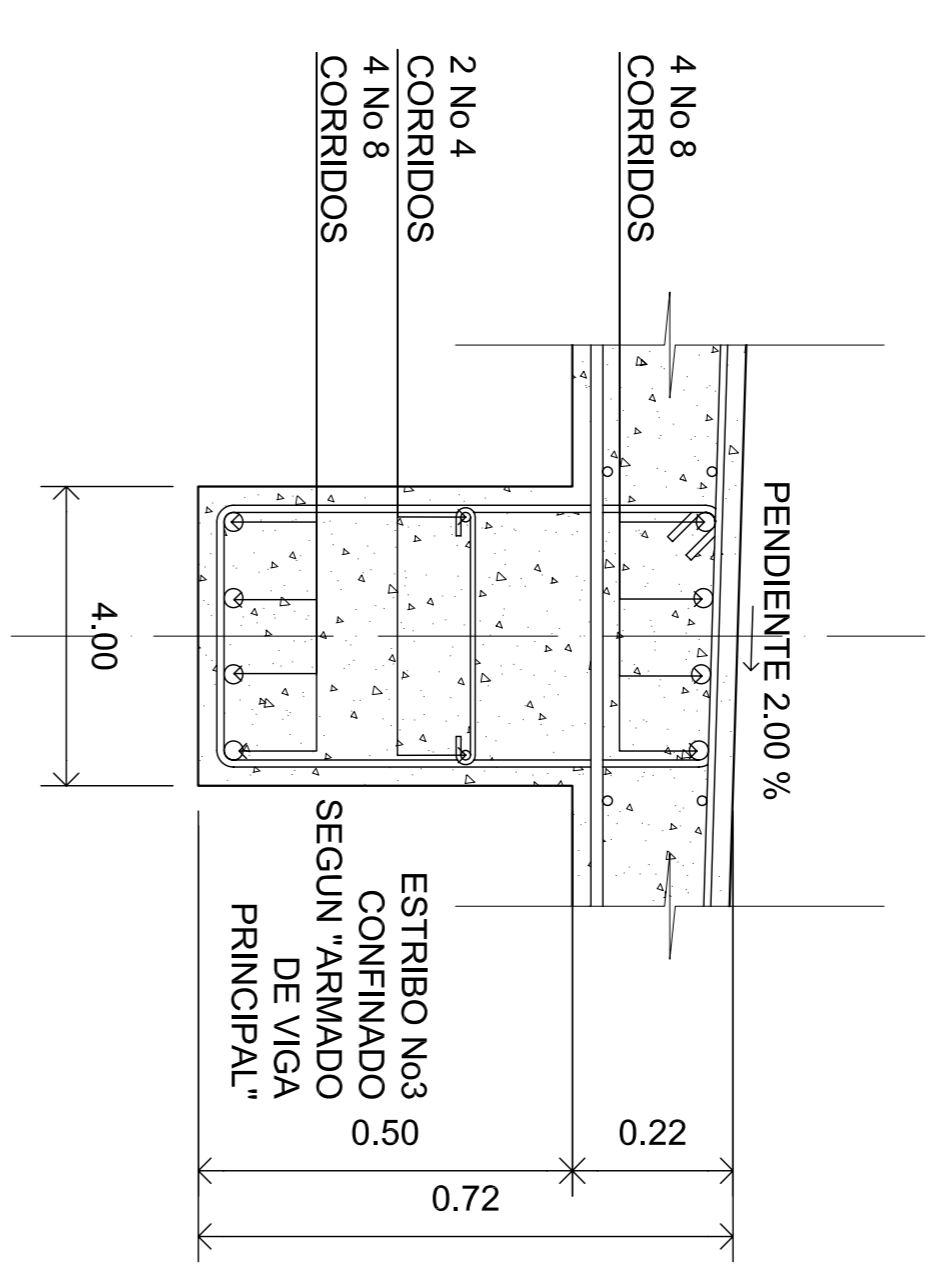
ELEVACION
ESCALA 1:50



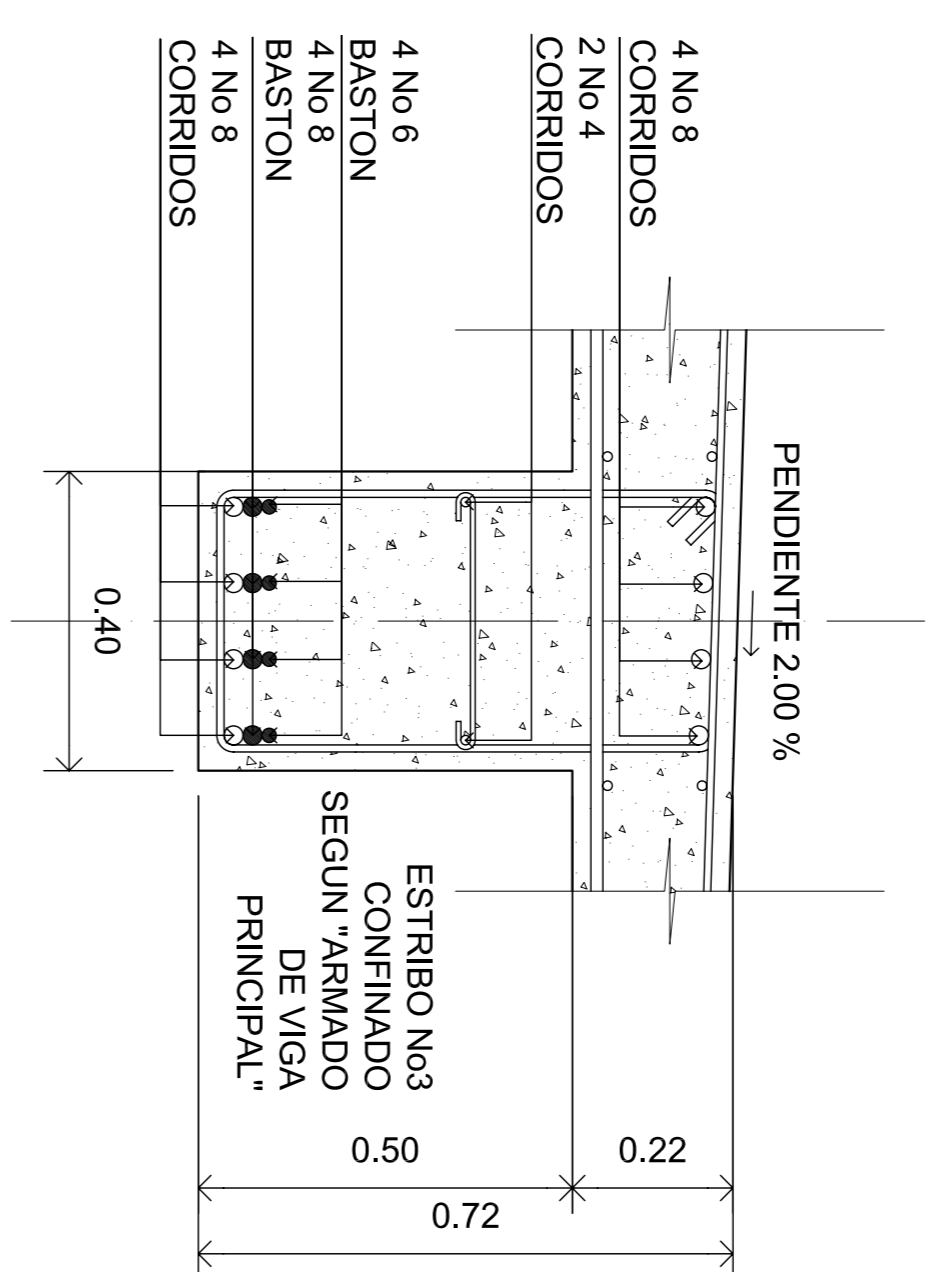
SECCION A-A
ESCALA 1:25



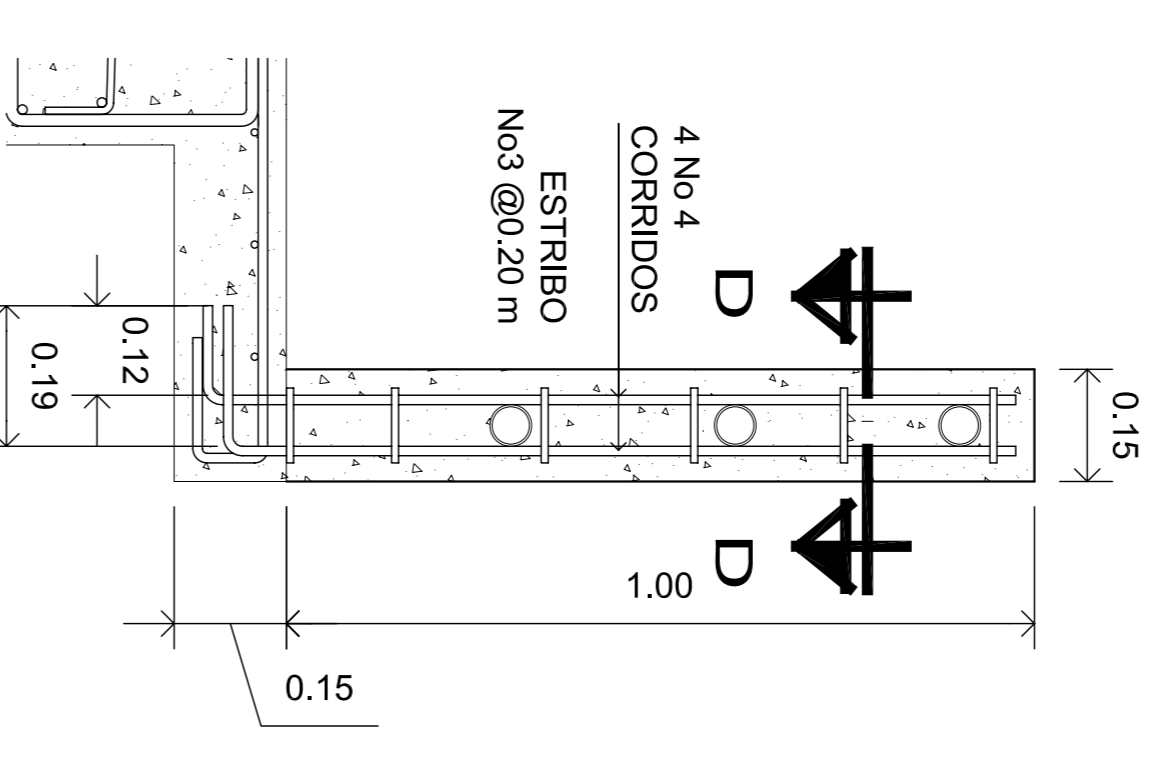
ARMADO DE VIGA PRINCIPAL
ESCALA 1:25



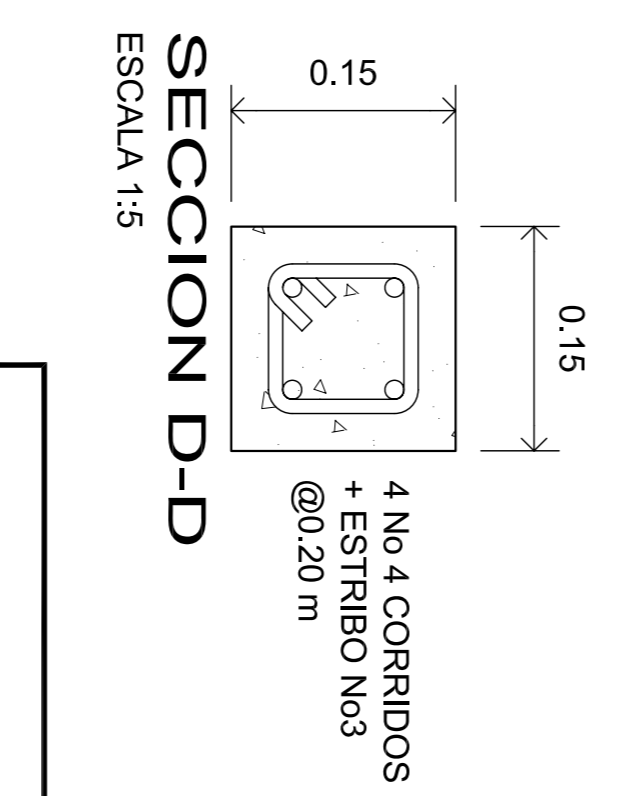
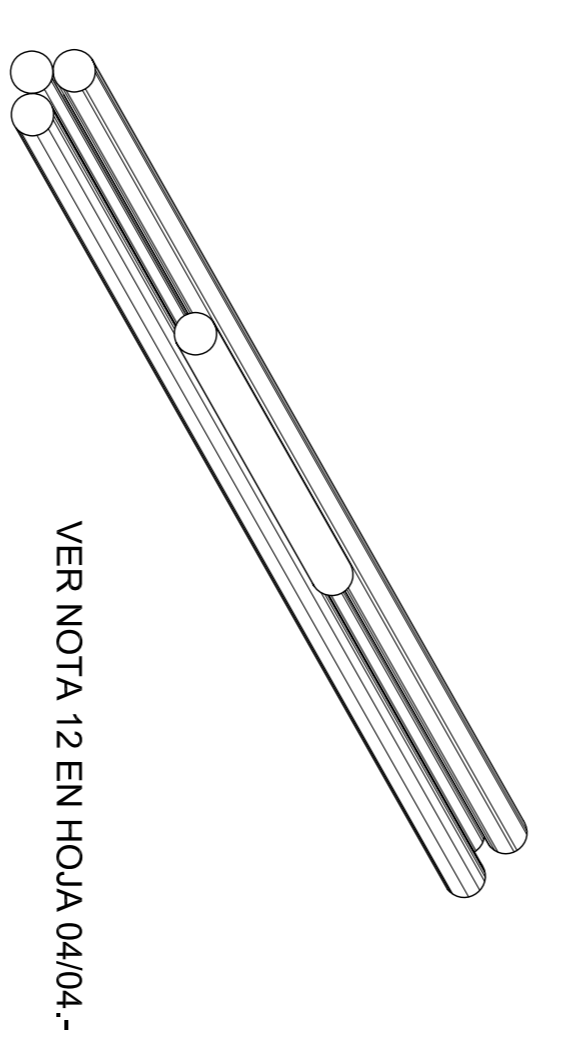
SECCION B-B
ESCALA 1:10



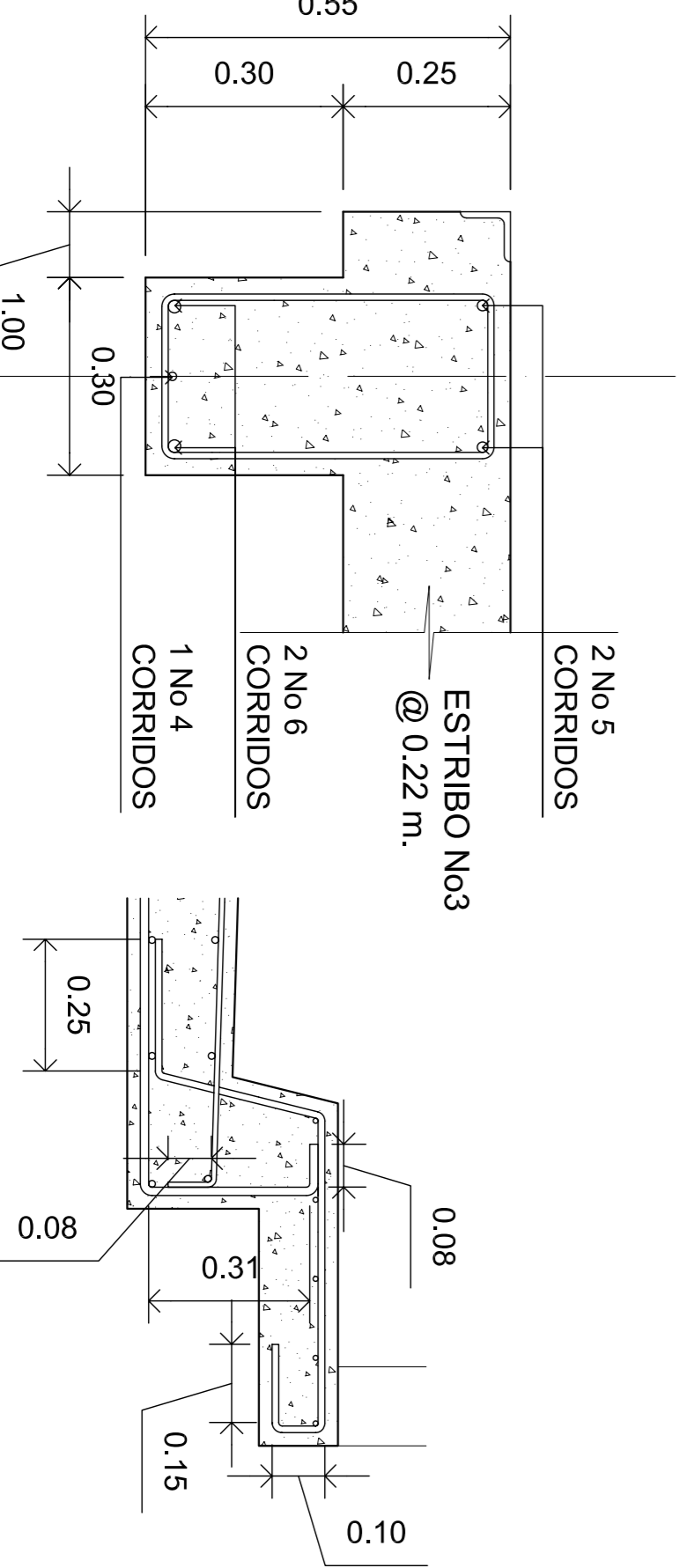
SECCION C-C
ESCALA 1:10



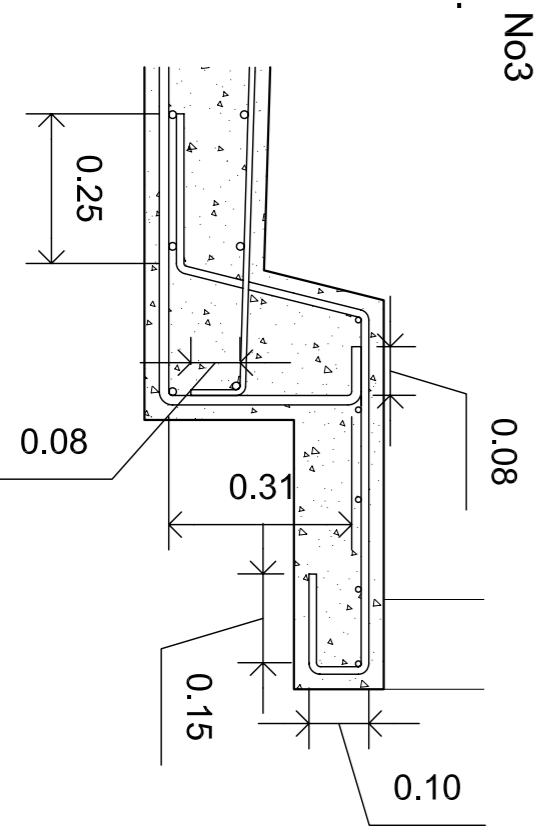
ARMADO DE POSTE DE BARANDAL
ESCALA 1:10



SECCION D-D
ESCALA 1:5



DETALLE DE TRASLAPE
SIN ESCALA



ARMADO DE DIAPHRAGMA (DIAPHRAGM REINFORCEMENT)
ESCALA 1:10

DETALLE DE LARGO DE ANCLAJES (ANCHORAGE LENGTH DETAIL)
ESCALA 1:12.5



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTUN BASILA Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBAN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.

ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2.008
DIBUJO:BOUC

DISEÑO:	PLANIFICO:	ASESOR:	CALCULO:
BAYRON ORLANDO JUAREZ CABON	MUNICIPALIDAD DE COBAN, ALTA VERAPAZ	Ing. OSCAR ARGUETA	BAYRON ORLANDO JUAREZ CABON
Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO	Vo. Bo AUTORIZADO

CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LOSA DE SUPERESTRUCTURA

HOJA: **03/04**

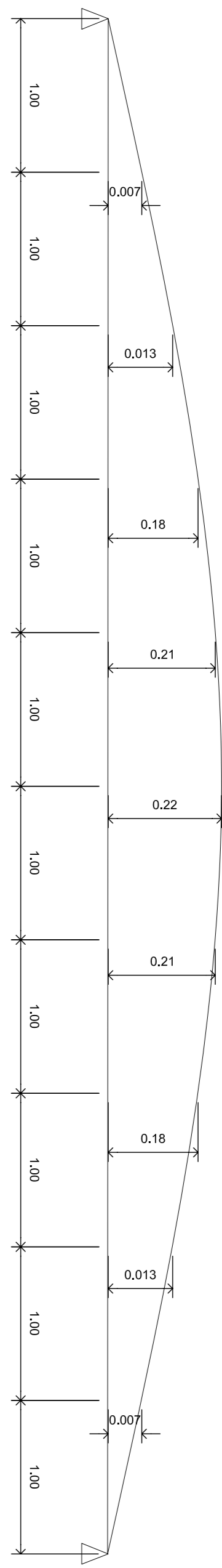
ESPECIFICACIONES

NOTAS GENERALES

- DISEÑOS ESTANDAR SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OF STATE HIGH WAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) FOURTH EDITION 1977.
- CONTRUCCION ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y FUENTES DE LA D.G.C. (ESP.D.G.C) EDICION 1975.
- CARGA VIVA H5-15.44(AASHTO)
- CONCRETOS: (SECCION 504 Y 507 DE LAS ESP DE LA D.G.C.)
4.1 CONCRETO CLASE 3.000 (210) SE USARA CONCRETO CLASE 3.000 CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 KG/CM2 (3.000 LBS/IN2) A DIAS
- ACEROS DE REFUERZO (SECCION 509 ESP. DE LA D.G.C.) SE USARA ACERO DE REFUERZO DE GRADO 40 EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS, DE ACUERDO CON LAS ULTIMAS ESP. LA AASHTO Y ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

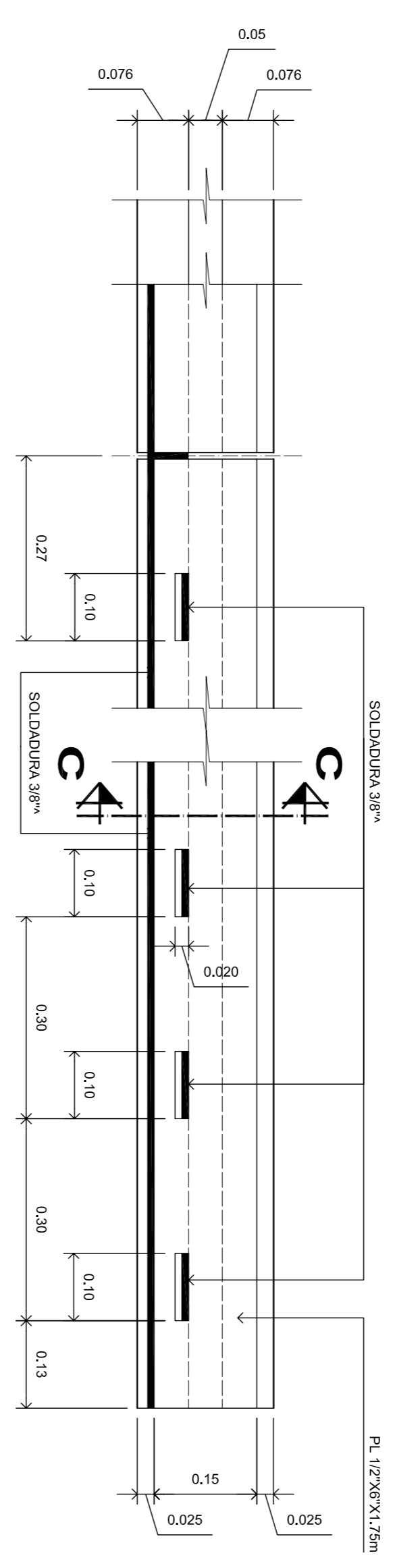
VARIOS

- (SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA SE USARA EL SIGUIENTE RECURRIMIENTO EN LAS BARRAS DE REFUERZO: PARA LAS LOSAS 4 CMS. EN LA SUPERFICIE DE RODADURA Y 2,5 CMS EN LOS DEMAS CASOS. PARA VIGAS Y DIAFRAGMAS 5 CMS. EL RECURRIMIENTO SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO
- TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS DEBERAN BISELADAS 2 CMTS. A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA COSA.
- LAS FORMALETAS SE HARAN SEGUN LA SECCION 505.04 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C. EL ACABADO DE CONCRETO SE HARAN SEGUN LA SECCION 504.14 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- LOS GANCHOS SE DOBLARAN SEGUN LA SECCION 509.06 ESP. DE LA D.G.C. PARA EL EFECTO. CONSULTAR EL PLANO TIPO T10-401. ESPECIFICACIONES PARA REFUERZO.
- SE USARAN JUNTAS DE CONSTRUCCION SOLO DONDE LO INDUQUEN LOS PLANOS
- AL O AUTORISE EL DELEGADO RESIDENTE
- LOS TRASLAPES (ARTICULO 509.08 ESP D.G.C SERAN DE 24 DIAMETROS. SALVO QUE LOS PLANOS Y DISPOSICIONES INDUQUEN OTRA COSA.
- LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS SALVO QUE LO INDIQUE OTRA COSA. EN NINGUN CASO SE PERMITIRA LA DESTRUCCION DE LOS BANCOS NATURALES.
- PARA EL EFECTO. LAS EXCAVACIONES ESTRUCTURALES NUNCA REBASARAN LAS LINEAS DE PAGO Y EN DONDE EL TERRENO LO PERMITA, SE HARAN DEL TAMAÑO DE LAS ESTRUCTURAS QUE SE VAN A COMODAR.
- CUALQUIER MODIFICACION QUE QUIERA HACERSE A ESTOS PLANOS DEBERA CONSULTARSE PREVIAMENTE AL DEPARTAMENTO DE PUENTES DE LA D.G.C. PUES DE LO CONTRARIO EL MISMO NO SE HARA RESPONSABLE DE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS.



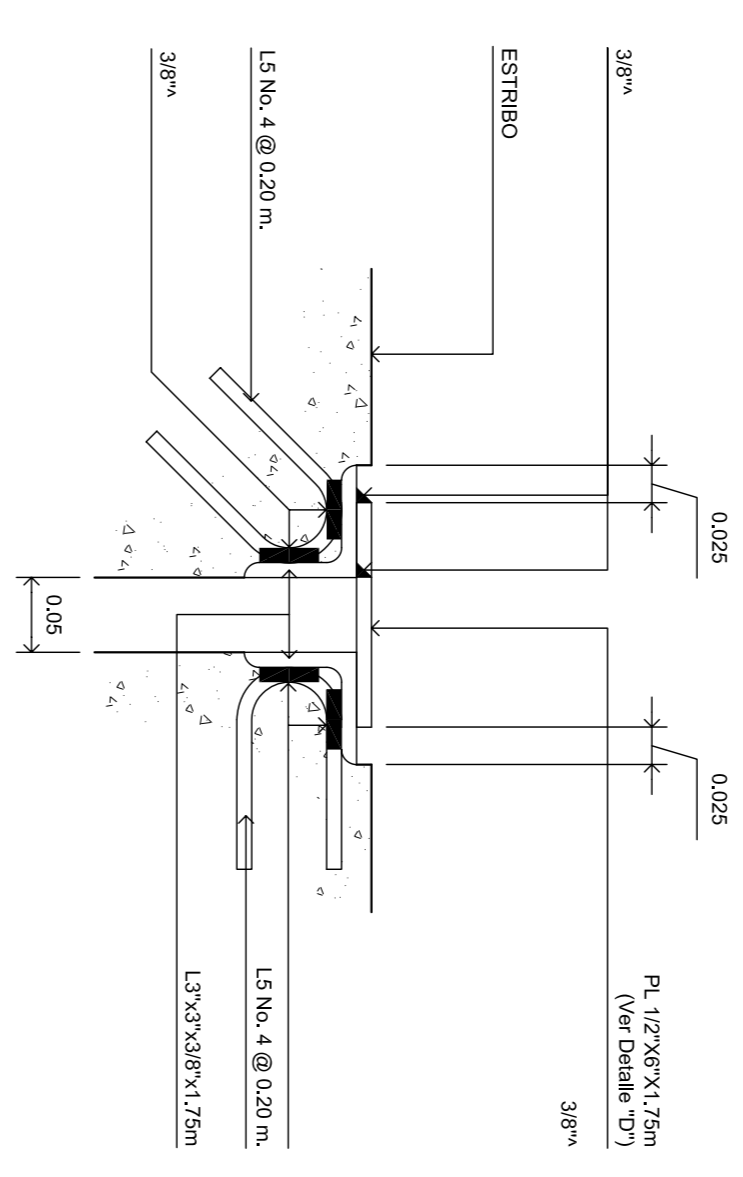
DETALLE DE CONTRAFLECHA

ESCALA 1:30



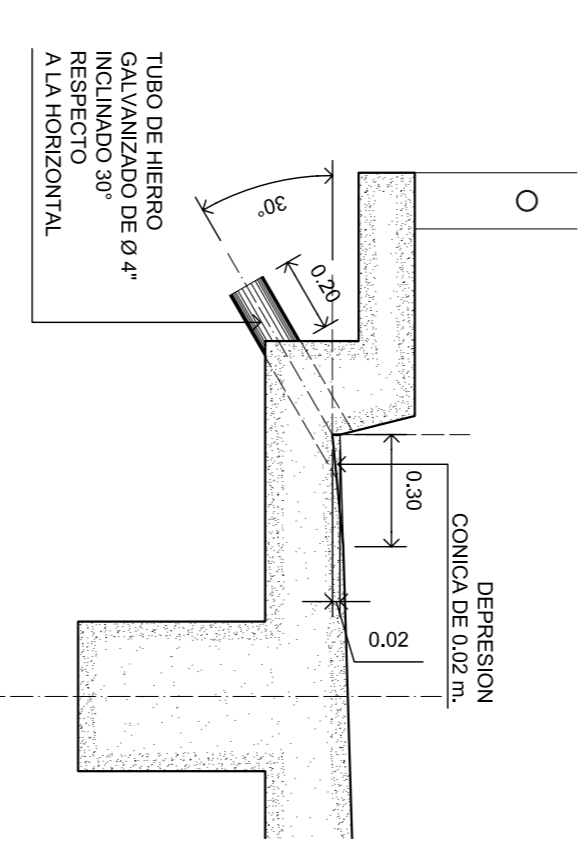
PLANTA DISTRIBUCION DE LOS AGUJEROS PARA SOLDADURA DETALLE "D"

ESCALA 1:7,5



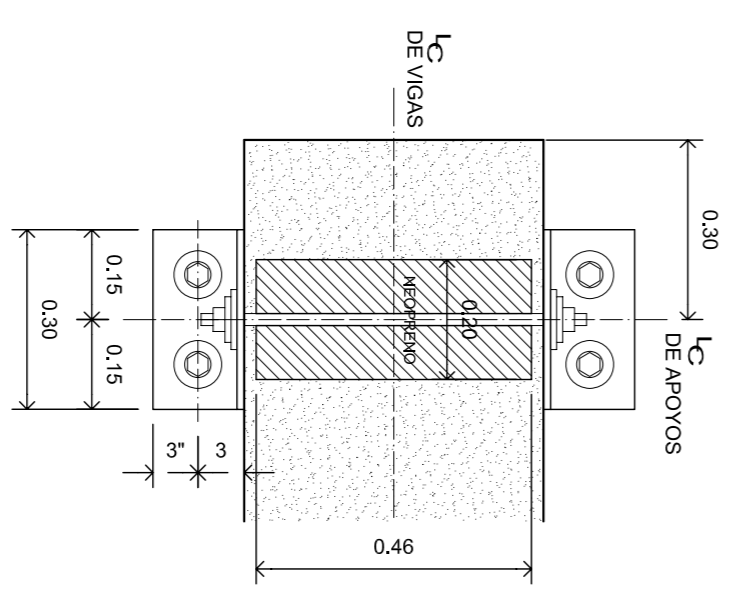
SECCION C-C

ESCALA 1:5



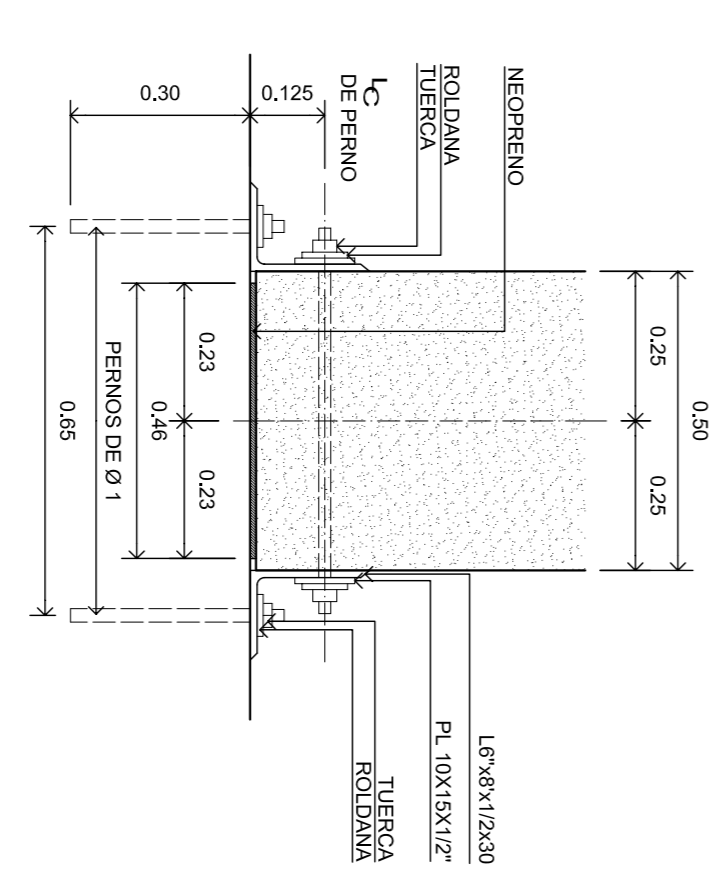
DETALLE DE DRENAJE

ESCALA 1:20



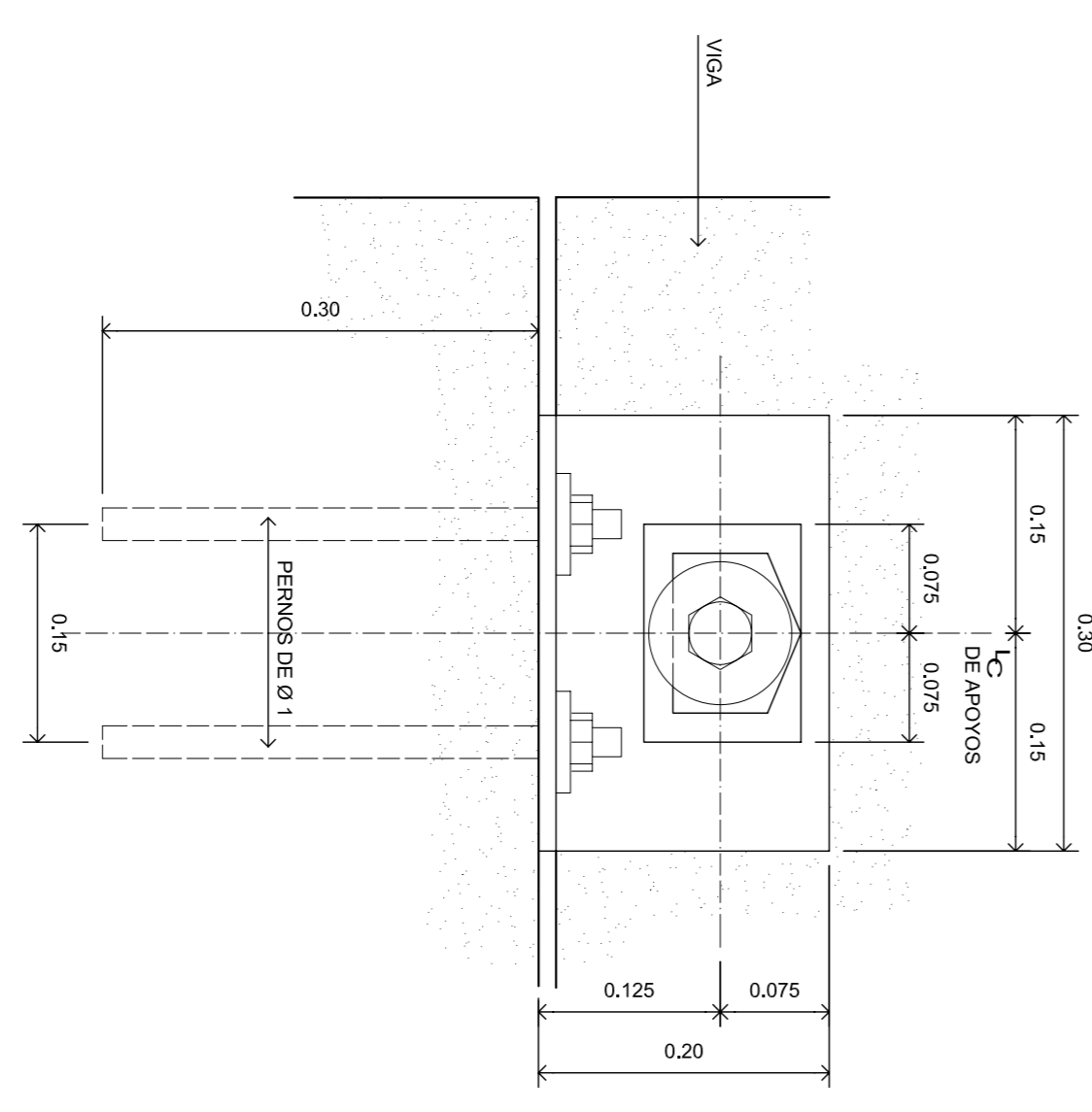
PLANTA DE APOYO Y SUJECION DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1:12,5



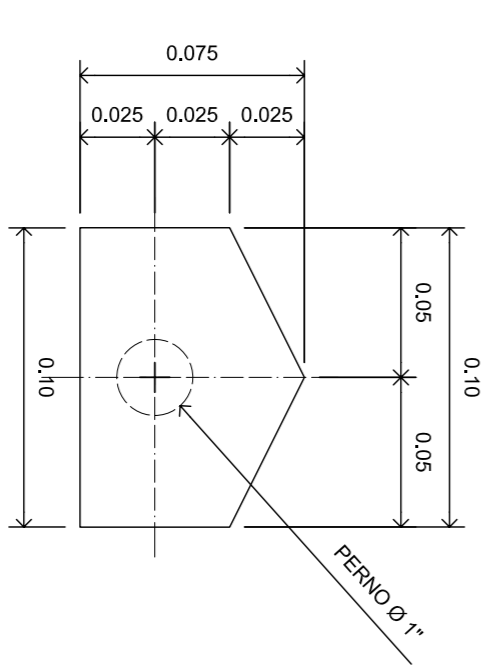
ELEVACION FRONTAL DE APOYO Y SUJECION DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1:12,5



ELEVACION LATERAL DE APOYO Y SUJECION DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1:5



DETALLE DE AGUJERO EN ANGULAR

ESCALA 1:25



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA Y PUENTE DE ACCESO A LAS ALDEAS DE CHOCTUN, BASILA Y CHICOY DEL MUNICIPIO DE COBAN, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.	ESCALA: INDICADA
	FECHA: FEBRERO 2.008
	DIBUJADOR:

DISEÑO:	PLANIFICADO:	ASESOR:	CALCULO:
BAVRON ORLANDO JUAREZ CABRON	MUNICIPALIDAD DE COBAN, ALTA VERAPAZ	Ing. OSCAR ARGUETA JUAREZ CABRON	BAVRON ORLANDO JUAREZ CABRON
Va. Bv. AUTORIZADO	Va. Bv. AUTORIZADO	Va. Bv. AUTORIZADO	Va. Bv. AUTORIZADO

CONTENIDO:	HOLA:
DETALLES CONSTRUCTIVOS DE SUPERESTRUCTURA DE 10.00 MTS	04/04