



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

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO
EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA**

Sindy Vera Lucía Urízar Martínez

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO
EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SINDY VERA LUCÍA URÍZAR MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA 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

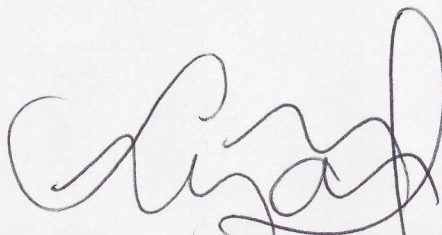
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO
EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de febrero de 2006.



Sindy Vera Lucía Urizar Martínez



Ref.EPS.SUMAAO.0022.2007
Guatemala,
2 de agosto de 2007

Ingeniera
Norma I. Sarmiento de Serrano
Directora de la
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ingeniera de Serrano.

Por medio de la presente, envié a usted el informe final correspondiente a la Práctica de Ejercicio Profesional Supervisado titulado: **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA.**

Este Trabajo lo desarrollo la estudiante universitaria **SINDY VERA LUCÍA URÍZAR MARTÍNEZ** quien fue asesorado y supervisado por el suscrito.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Ingeniero Civil
Supervisor de Ingeniería Civil





FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 6 de agosto de 2007
Ref. EPS. C. 469.08.07

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

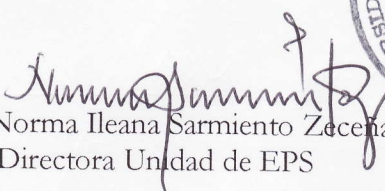
Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

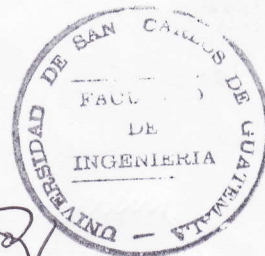
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **SINDY VERA LUCÍA URÍZAR MARTÍNEZ**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 Zecena
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm



Guatemala,
30 de septiembre de 2008

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 PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Sindy Vera Lucía Urízar Martínez, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación de la estudiante Sindy Vera Lucía Urizar Martínez, titulado DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2008.

/bbdeb.



Ref. DTG.407.08

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 PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA**, presentado por la estudiante universitaria **Sindy Vera Lucía Urizar Martínez**, autoriza la impresión del mismo

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2008

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por estar conmigo en todo momento, por protegerme, darme sabiduría, fortaleza y por permitirme lograr este triunfo.
Mis padres	Por guiar mis pasos y hacerme una persona de bien, por el apoyo incondicional que con tanto amor y dedicación me brindaron.
Fam. Burgos Mejía	Por el cariño y apoyo que me han dado.
Ing. Alfredo Arrvillaga	Por su colaboración y apoyo, como asesor y supervisor.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas del saber para formarme profesionalmente.
Municipalidad de El Progreso, Jutiapa	Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Con infinita gratitud.
- Mis padres** Con mucho amor, respeto, admiración y agradecimiento.
- Mis hermanas y sobrinas** Con el amor y respeto que nos une.
- Mi familia** Con cariño y agradecimiento por su apoyo.
- Mis amigos y compañeros** Con afecto.
- Mi patria Guatemala**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA	01
1.1. Aspectos geográficos del municipio y la comunidad	01
1.1.1. Límites y localización	01
1.1.2. Vías de comunicación	02
1.1.3. Topografía	03
1.1.4. Aspectos climáticos	04
1.1.5. Tipos de suelo	04
1.1.6. Hidrografía	04
1.2. Aspectos socioculturales	06
1.2.1. Población	06
1.2.2. Idioma	07
1.2.3. Religión	07
1.3. Investigación sobre servicios básicos y de infraestructura	08
1.3.1. Educación	08
1.3.2. Salud	09
1.3.3. Vivienda	09
1.4. Aspectos económicos	10
1.4.1. Producción agrícola	10

1.4.2. Producción artesanal	11
1.4.3. Producción ganadera	11
1.4.4. Producción agroindustrial	11
2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA	13
2.1. Descripción del proyecto	13
2.2. Estudios preliminares	13
2.2.1. Levantamiento topográfico	13
2.2.2. Evaluación de la calidad del suelo	13
2.2.3. Cálculo de caudal máximo	14
2.3. Análisis y diseño estructural del puente vehicular	15
2.3.1. Especificaciones y parámetros de diseño	15
2.3.2. Análisis y diseño de superestructura	16
2.3.2.1. Análisis y diseño de losa	16
2.3.2.1.1. Espesor de losa	17
2.3.2.1.2. Momentos en losa	18
2.3.2.1.3. Acero de refuerzo	24
2.3.2.2. Análisis y diseño de diafragmas	28
2.3.2.2.1. Análisis por líneas de influencia	29
2.3.2.2.2. Diafragma interior	30
2.3.2.2.2.1. Momentos	30
2.3.2.2.2.2. Corte	31
2.3.2.2.2.3. Acero de refuerzo	31
2.3.2.2.3. Diafragma exterior	34
2.3.2.2.3.1. Momentos	34
2.3.2.2.3.2. Corte	34
2.3.2.2.3.3. Acero de refuerzo	35
2.3.2.3. Análisis y diseño de vigas	37
2.3.2.3.1. Flexión	38
2.3.2.3.1.1. Análisis por líneas	

	de influencia	39
	2.3.2.3.1.2. Refuerzo a tensión	43
	2.3.2.3.2. Corte	44
	2.3.2.3.2.1. Análisis por líneas de influencia	44
	2.3.2.3.2.2. Refuerzo a corte	45
	2.3.2.4. Análisis y diseño de barandal	49
	2.3.2.4.1. Diseño de postes	49
	2.3.2.4.2. Diseño de pasamanos	52
2.3.3.	Análisis y diseño de subestructura	55
2.3.3.1.	Análisis y diseño de cortina	55
	2.3.3.1.1. Momento máximo	57
	2.3.3.1.2. Refuerzo a flexión	57
	2.3.3.1.3. Cortante máximo	58
	2.3.3.1.4. Refuerzo a corte	59
2.3.3.2.	Análisis y diseño de viga de apoyo	59
	2.3.3.2.1. Cargas	60
	2.3.3.2.2. Refuerzo longitudinal	60
	2.3.3.2.3. Refuerzo a corte	61
2.3.3.3.	Análisis y diseño de estribos	62
	2.3.3.3.1. Momentos	63
	2.3.3.3.2. Chequeo de estribo sin superestructura	64
	2.3.3.3.3. Chequeo de estribo con superestructura y carga viva	66
	2.3.3.3.4. Chequeo de estribo por efectos de sismo sin carga viva	67
2.3.3.4.	Análisis y diseño de pila	70
	2.3.3.4.1. Cargas actuantes	71

2.3.3.4.2.	Análisis estructural	72
2.3.3.4.3.	Diseño estructural	73
2.3.3.4.3.1.	Diseño de viga	73
2.3.3.4.3.2.	Diseño de columnas	75
2.3.3.4.3.3.	Análisis y diseño de cimiento combinado	77
2.3.3.5.	Diseño de apoyos de neopreno	81
2.3.3.6.	Propuesta de juntas de expansión	84
2.4.	Mantenimiento de puente vehicular	87
2.4.1.	Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas	88
2.4.2.	Mantenimiento rutinario	92
2.4.3.	Reparaciones	94
2.4.4.	Reforzamientos	97
2.5.	Planos	99
2.6.	Presupuesto	104
3.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	105
3.1.	Riesgo de impacto ambiental	105
3.2.	Vulnerabilidad del entorno	105
3.2.1.	Evaluación rápida	105
3.2.1.1.	Información sobre el proyecto	105
3.2.1.2.	Tipo de proyecto	106
3.2.1.3.	Consideraciones especiales	106
3.2.1.4.	Consideraciones sobre áreas protegidas	106
3.2.1.5.	Consideraciones sobre ecosistemas naturales	106
3.2.1.6.	Otras consideraciones	107
3.2.1.7.	Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción	107
3.2.1.8.	Impactos ambientales negativos	

identificados durante la operación	108
3.2.1.9. Impactos, medidas de mitigación y relación con la etapa del proyecto.	108
3.2.1.10. Costos de aplicación de las medidas de mitigación	110
3.3. Recomendaciones de la evaluación, viabilidad ambiental del proyecto	111
3.4. Aspectos a considerar para no causar daños	111
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación geográfica del municipio	01
2	Municipio de El Progreso	02
3	Mapa de cuencas hidrográficas	05
4	Área de influencia	14
5	Sección del puente	17
6	Modelo matemático para el análisis de losa	18
7	Área de carga para vigas	18
8	Aplicación de carga en voladizo	20
9	Diagramas de carga, corte y momento en losa	23
10	Detalle de armado de losa	28
11	Posiciones de carga para efectos máximos de corte y momento	29
12	Detalle de armado de diafragma interior	33
13	Detalle de armado de diafragma exterior	37
14	Distribución de carga viva producida por el camión	39
15	Aplicación de carga de camión	40
16	Diagrama de carga para viga exterior	41
17	Diagrama de cargas para esfuerzo cortante máximo	44
18	Diagramas de carga, corte y momento en viga	47
19	Detalle de armado de viga	48
20	Esquema de fuerzas actuantes en barandal	49
21	Diagrama de falla balanceada	51
22	Esquema de pasamanos	53
23	Geometría de poste para barandal	53

24	Dimensionamiento de cortina	55
25	Diagrama de presiones en cortina	55
26	Dimensionamiento de viga de apoyo	60
27	Detalle de armado de viga de apoyo y cortina	62
28	Sección de estribo y diagrama de presiones	62
29	Brazo de aplicación de las cargas	63
30	Predimensionamiento de pila	71
31	Diagrama de momentos	72
32	Diagrama de interacción del ACI	76
33	Cargas actuantes	78
34	Cimiento combinado simétrico	78
35	Dimensiones de cimiento combinado simétrico	79
36	Detalle de armado de cimiento combinado simétrico	80
37	Apoyos de neopreno	83
38	Junta ahogada	84
39	Plano de detalle de losa	99
40	Plano de geometría de puente y estribo	100
41	Plano de vigas y diafragmas	101
42	Plano de pila central	102
43	Plano de cimentación	103

TABLAS

I	Parámetros de diseño	15
II	Carga muerta en voladizo	19
III	Carga muerta entre vigas	21
IV	Cargas que soportan las vigas	38

V	Momento de volteo	63
VI	Momento estabilizante	64
VII	Momento de volteo	68
VIII	Presupuesto del puente	104
IX	Impactos ambientales negativos generados durante la ejecución	107
X	Impactos ambientales negativos generados durante la operación	108
XI	Medidas de mitigación en la ejecución y operación	109
XII	Aplicación de costos de las medidas de mitigación	110

LISTA DE SÍMBOLOS

ACI	American Concrete Institute
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
As	Área o cuantía de acero
B	Base de un elemento
comp	Compresión
d	Peralte efectivo de un elemento
DGC	Dirección General de Caminos
Dh	Distancia horizontal
e	Excentricidad
E	Empuje
EQ	Carga sísmica
Esp	Espaciamiento
F	Fuerza
f_c	Esfuerzo de fluencia del concreto
f_y	Esfuerzo de fluencia del acero
h	Altura total
Ha	Hectárea
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
Kg/m²	Kilogramos sobre metro cuadrado
L, S	Claro o luz considerada a rostro de los elementos
Lat	Latitud
lb/pie²	Libras sobre pie cuadrado

Long	Longitud
m³/seg	Metros cúbicos por segundo
Max	Máximo
Min	Mínimo
ml	Metro lineal
mm/hh	Milímetros por hora
MPH	Millas por hora
prest	Prestaciones
PSI	Libras sobre pulgada cuadrada
PU	Precio unitario
plg	Pulgada
q	Carga admisible del suelo
R	Reacción
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
SNM	Sobre el nivel del mar
t	Peralte total de un elemento
T, Ton	Toneladas
T/m²	Toneladas sobre metro cuadrado
tem	Temperatura
u	Último
W	Carga
ŷ	Centroide
@	Indica “a cada”
∅	Diámetro

GLOSARIO

Alas, aleros	Unidades destinadas a contener el relleno de la carretera.
Bombeo	Pendiente dada, para evacuar el agua pluvial.
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, directamente al suelo.
Cota de cimentación	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
Cota rasante	Altura por donde circulan los vehículos en la capa de rodadura, referida a un nivel determinado.
Cuenca	Territorio rodeado de alturas cuyas aguas afluyen al mismo río, lago o mar.
Diafragmas	Unidades usadas para evitar la deformación de vigas de la superestructura.

Estribo	Estructura en extremos del puente que recibe las cargas de la superestructura y la transmite a la cimentación.
Impacto ambiental	Conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente debido a una modificación del entorno natural, como consecuencia de la ejecución de una obra u otra actividad.
Losa	Elemento estructural plano, que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
Losa en voladizo	Elemento estructural que soporta directamente las cargas y las transmite a un solo apoyo.
Luz	Longitud entre apoyos de un puente.
Medida de mitigación	Acción de reducir, disminuir o atenuar los impactos en el ambiente.
Neopreno	Material natural o artificial con propiedades similares a las del caucho, utilizado en apoyos de puentes.
Precipitación	Son todas las aguas meteóricas que caen a la superficie de la tierra, en forma líquida o sólida.
Presión	Fuerza o carga por unidad de área.

Socavación	Efecto producido en taludes, en el cual parte de los taludes es minado por el agua de abajo hacia arriba.
Subestructura	Conjunto de elementos diseñados para soportar la superestructura y transmitir las cargas al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos, diseñados para soportar las cargas de diseño y transmitir las a la subestructura.
Talud	Superficie inclinada respecto a la horizontal, que es adoptada en forma permanente.
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.
Volteo	Es el momento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.

RESUMEN

El presente documento contiene una investigación sobre diversos aspectos que caracterizan a la aldea El Ovejero, ubicada en el municipio de El Progreso del departamento de Jutiapa, de la cual se obtuvo la información necesaria para realizar el diseño de un puente vehicular proyectado sobre el río Ovejero.

Como se mencionó, se tomaron en cuenta aspectos geográficos, socioculturales y económicos de los cuales se derivó la necesidad desarrollar el proceso técnico de análisis y diseño estructural del puente; previo a esto último, se realizaron estudios que incluyeron un estudio topográfico, hidrológico, hidráulico y evaluación de la calidad del suelo, que sirven para determinar las condiciones críticas en el emplazamiento de la estructura, sin dejar por un lado las consideraciones adecuadas con respecto al medio ambiente.

Con base en los resultados obtenidos de los estudios preliminares, se determinó que el tipo de estructura adecuada sería de concreto reforzado.

Como parte del informe se presentan los planos constructivos, la cantidad de materiales, mano de obra, tiempo y costo. También se integran las especificaciones para la construcción y recomendaciones para el mantenimiento.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un puente vehicular que proporcione una solución viable, segura y económica al aislamiento de las comunidades próximas a la aldea El Ovejero.

ESPECÍFICOS

1. Desarrollar una investigación monográfica y diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio, y de la comunidad en la cual se realizará el proyecto.
2. Realizar los estudios necesarios y correctos para la determinación de la estructura adecuada del puente tomando en cuenta funcionalidad y costo.
3. Contribuir con el desarrollo de las comunidades, proporcionando una solución adecuada a sus problemas de transporte y comunicación por vía terrestre.

INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación terrestre son uno de los principales mecanismos que fortalecen el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades. Para lograr que las carreteras sean funcionales, sin interrupción, se requiere de la construcción de puentes, a fin de salvar obstáculos como: ríos, barrancos, cañones o carreteras existentes.

El municipio de El Progreso, Jutiapa tiene una población aproximada de 19,308 habitantes, la aldea El Ovejero dista a 12 kilómetros de la cabecera municipal sobre la RN-19 que conduce al departamento de Jalapa, esta aldea es eminentemente agrícola y colinda con la Laguna de Retana que es el área de mayor producción agrícola del departamento de Jutiapa.

Después de una exhaustiva investigación y observación de las necesidades de las comunidades, se concluyó que es necesaria la construcción de un puente vehicular de dos vías que constará de un total de 30 m de longitud con dos luces de 15 metros y un ancho de rodadura de 6.10 m, compuesto de una sección de viga y losa, simplemente apoyada, viga de apoyo, estribos de concreto ciclópeo, pila intermedia y barandales de protección.

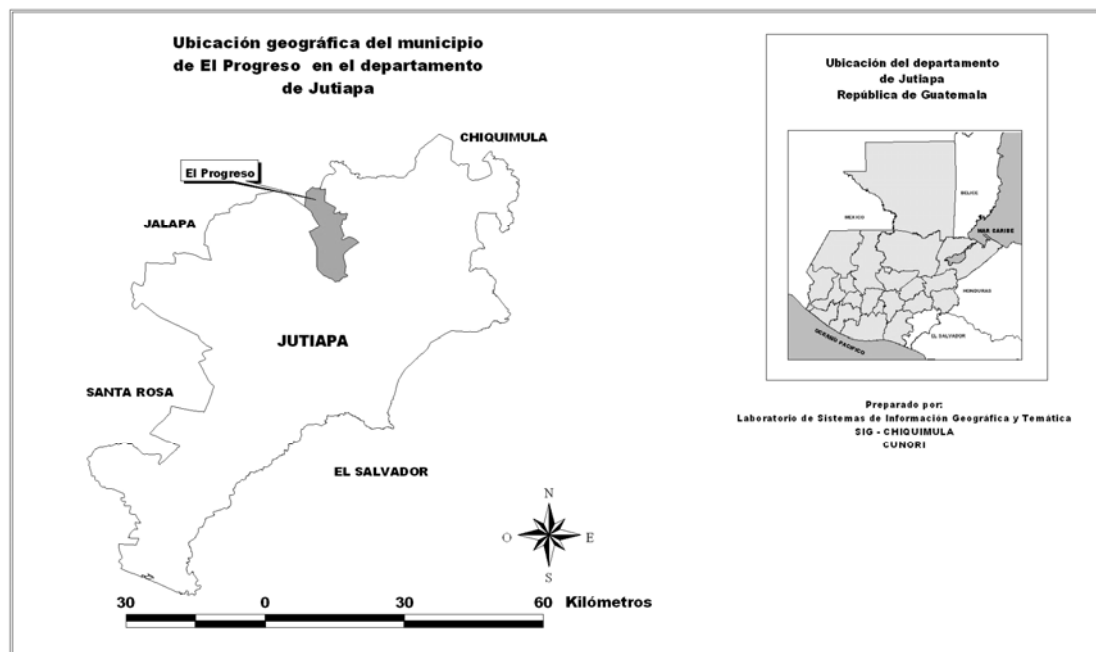
1. MONOGRAFÍA

1.1. Aspectos geográficos del municipio y la comunidad

1.1.1. Límites y localización

El municipio El Progreso, situado al oriente del país, conforma uno de los diecisiete municipios del departamento de Jutiapa, dista 128 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala y 11 de la cabecera departamental de Jutiapa. Colinda al norte con el municipio de Monjas, departamento de Jalapa; al sur y oeste con el municipio de Jutiapa, al este con los municipios de Santa Catarina Mita y Asunción Mita del departamento de Jutiapa. Se encuentra a una altura de 969 metros sobre el nivel del mar, en latitud norte $14^{\circ} 21' 18''$ y longitud oeste de $89^{\circ} 50' 56''$.

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA.
Instituto Nacional de Estadística, INE.

De acuerdo con la Ley de Regionalización, el departamento de Jutiapa y el municipio El Progreso forman parte de la Región IV de la República, denominada Región Sur-Oriental.

El Progreso cuenta con una extensión territorial de 68 Km² y está conformado por ocho aldeas, seis caseríos, cinco fincas, un parcelamiento y un paraje. La aldea El Ovejero se encuentra a 12 kms de la cabecera municipal sobre la carretera RN-19 q conduce al departamento de Jalapa.

Figura 2. Municipio de El Progreso



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA.
Instituto Nacional de Estadística, INE.

1.1.2. Vías de comunicación

Las vías de comunicación terrestre del municipio y que conducen a él se encuentran en buen estado, las vías principales se encuentran asfaltadas y los caminos de terracería transitables en toda época del año hacia las diferentes aldeas y caseríos del mismo.

Carretera CA-1 Oriente, llamada también ruta Interamericana o carretera Panamericana, que comunica a la ciudad capital con El Salvador, en su recorrido pasa por la cabecera departamental de Jutiapa y a un costado del municipio El Progreso.

Carretera RN-19, entronca con la carretera CA-1 Oriente, une El Progreso con el departamento de Jalapa. Esta carretera favorece la comercialización y el desplazamiento de personas, lo que beneficia al sector turístico y principalmente al sector agrícola.

El Municipio cuenta con los siguientes caminos de acceso:

JUT-07 aldea Las Flores – aldea El Ovejero 16 kms.

JUT-04 El Progreso – aldea Horcones (Jutiapa) 12 kms.

CR El Progreso – Río Morán 7.3 kms

CR aldea El Porvenir – El Progreso.

La cabecera municipal de El Progreso es atravesada por la carretera Internacional del Pacífico CA-2 totalmente asfaltada contando además , con acceso al resto de comunidades del área rural, pero con caminos de terracería, que en general, se encuentra en regulares condiciones para el tránsito de vehículos todo el año.

1.1.3. Topografía

La comunidad se caracteriza por terrenos planos y por terrenos semi-inclinados de tipo pedregosos con pendientes que oscilan entre 10 y 30 % y ciertas áreas regularmente planas, como es el caso del área central de la aldea El Ovejero y el casco urbano. La superficie que cubren los cerros conlleva a pendientes arriba del 60 %.

1.1.4. Aspectos climáticos

Por su altura moderada de 969 metros sobre el nivel del mar, el municipio de El Progreso tiene un clima agradable con una temperatura media anual de 19 a 24 grados centígrados. Es ligeramente baja en los meses de noviembre a febrero y cálida de marzo a junio, aspecto muy importante que le permite la adaptación de variados cultivos. La estación lluviosa abarca los meses de mayo a octubre. En algunas ocasiones tiene inviernos con poca precipitación, o bien, períodos secos prolongados, dentro de éstos, los vientos son de norte a suroeste, y los fuertes se hacen sentir en períodos discontinuos y especialmente en los meses de noviembre a marzo.

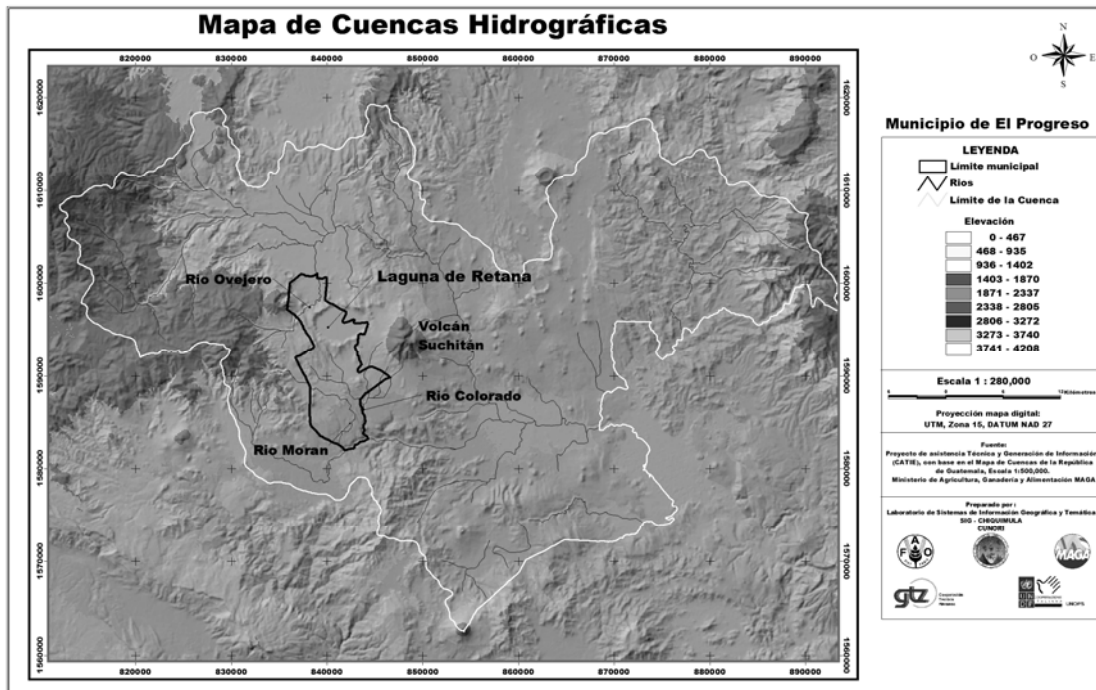
1.1.5. Tipos de suelo

Se enmarcan los suelos de El Progreso en la categoría de la altiplanicie central. Generalmente quebrados, con pendientes que oscilan entre 10 y 30 % y ciertas áreas regularmente planas, como es el caso del área central de la aldea El Ovejero y el casco urbano. La superficie que cubren los cerros conlleva a pendientes arriba del 60 %. La gran mayoría de suelos son pedregosos. En general son suelos arcillosos. Existen áreas con significativa proporción de arena o limo.

1.1.6. Hidrografía

El Municipio se encuentra dentro de la subcuenca del Lago Guija, específicamente en la cuenca Ostúa-Guija.

Figura 3. Mapa de cuencas hidrograficas



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA.
Instituto Nacional de Estadística, INE.

Dentro del municipio El Progreso, departamento de Jutiapa se localizan los siguientes ríos: Chiquito y El Ovejero al norte, Colorado al este y Moran al oeste y sur. La vertiente hidrográfica que recorre el Municipio está en el valle de drenaje del río Lempa, que desemboca en el océano Pacífico. Además se localizan las quebradas, Las Uvas, de La Cueva, San Jerónimo, Honda y El Zope.

El caudal de los ríos ha disminuido debido al uso intensivo de los recursos forestales, en las partes altas de las cuencas hidrográficas, por los fenómenos climáticos y a la fuerte presión que se ejercen sobre ellos, para la utilización en los sistemas de riego de los diferentes cultivos existentes en el área. Otro recurso hidrográfico importante del municipio, lo constituye la laguna de Retana,

que en la época lluviosa, acumula o capta grandes cantidades de agua que son utilizadas en la época seca para el riego de cultivos agrícolas.

1.2. Aspectos socioculturales

1.2.1. Población

En la actualidad en el municipio la población que predomina es la población ladina.

Según los censos nacionales XI de población y VI de habitación realizado en el año 2002, la distribución de la población en el municipio y principalmente en las áreas urbana y rural es el siguiente:

En el Municipio, la población total de hombres y mujeres asciende a 18,194 habitantes para el año 2002, El 60% (10,953) se encuentra concentrada en el área rural y el 40% (7,241) en el área urbana, esto obedece a que gran parte de la economía de esta región depende de la agricultura, por lo que los habitantes necesitan vivir cerca de su lugar de trabajo. El crecimiento ínter censal para el municipio, es a una tasa geométrica anual de 1.73%.

En el municipio de El Progreso el 54% de la población se concentra en el sexo femenino, con dominancia plena en las áreas urbana y rural, esto puede estar influenciado directamente por la emigración de los hombres en busca de mejoras económicas.

La densidad poblacional está definida por el número de personas que viven en una superficie determinada, que puede ser por terreno cultivable o kilómetro cuadrado.

Con base a lo anterior y conforme a la población estimada para el año 2002, se puede establecer que en el municipio El Progreso existe una relación de 267 habitantes/km², lo que evidencia una alta concentración de población en comparación con la media reportada para el departamento de Jutiapa, cuya densidad es considerablemente baja, con una cantidad estimada de 121 habitantes/km².

Según censos realizados se estima que la aldea El Ovejero cuenta con el 9.63%, aproximadamente, de la población total del municipio, registrando una población de 1752 habitantes.

1.2.2. Idioma

En el municipio de El Progreso, la población aborígen eran pipiles, que abarcaban el departamento de Jutiapa, Escuintla y El Salvador, estas etnias fueron desapareciendo gradualmente, latinizándose, al extremo de olvidar su idioma y abandonar su traje regional. En la actualidad en el municipio la población que predomina es la población ladina y su idioma es el español.

1.2.3. Religión

En el municipio El Progreso existen varios templos religiosos en los cuales profesan la religión católica, entre ellos la iglesia de la Cabecera Municipal, así como capillas y otras instalaciones en diferentes comunidades. Las iglesias protestantes han crecido en los últimos años, se cuenta con más de 10 iglesias en la cabecera y diferentes centros poblados. La importancia social y económica radica en el desarrollo de eventos religiosos como misa de la feria patronal, bodas y bautizos.

1.3. Investigación sobre servicios básicos y de infraestructura

1.3.1. Educación

Conforme datos estadísticos proporcionados por la supervisión departamental del Ministerio de Educación, el municipio cuenta con varios centros educativos públicos y privados, que atienden a la población escolar desde el nivel pre-primario hasta el nivel universitario, De conformidad con los datos obtenidos, por el X Censo de Población del Instituto Nacional de Estadística de 1994, se estableció que la tasa de analfabetismo asciende a un 23.92%. Debido a que se da más importancia a la integración temprana a la fuerza laboral, que a la formación cultural y social de los habitantes.

En lo que respecta al nivel primario, el municipio cuenta con un total de 18 establecimientos educativos, de los cuales 15 son públicos y 3 privados. Se estableció que el 69% del total de la población inscrita, está concentrada en este nivel escolar, esto debido a la idiosincrasia que prevalece en el área rural, que considera que la educación primaria es suficiente, debido a que los padres de familia prefieren que su hijos se integren a la fuerza laboral y no toman en cuenta los anteriores y posteriores niveles educativos pues no lo creen necesario.

Respecto al nivel básico, el municipio cuenta con un total de 5 establecimientos educativos, de los cuales 2 son por cooperativa, 1 público y 2 privados, Esto implica que la educación en este nivel, está concentrada en la cabecera municipal, así como únicamente el 4% de la población total, recibe educación en este nivel.

Para la atención de la educación a nivel diversificado, el Municipio cuenta con dos instituciones que atienden a la población escolar, uno de carácter público y el otro privado, ambos ubicados en la cabecera municipal. El Municipio cuenta con una extensión de la Universidad Rural.

De lo antes mencionado cabe resaltar que la aldea El Ovejero cuenta con establecimientos públicos para educación pre-primaria, primaria y nivel básico.

1.3.2. Salud

Los servicios de salud en el municipio son prestados a través de cuatro médicos privados en una clínica cada uno, y solamente uno del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, quien se apoya de una enfermera graduada y cinco enfermeras auxiliares, en un Centro de Salud tipo “B” ubicado en la cabecera municipal y dos Puestos de Salud: uno en la aldea Acequia y otro en aldea El Ovejero.

Las principales causas de morbilidad de la población son en un su orden de importancia: parasitismo intestinal, neurosis, enfermedad péptica, infecciones urinarias, enfermedades de la piel y diarrea; mientras que la mortalidad es causada por neumonía, bronconeumonía, infarto, diabetes, insuficiencia cardiaca y heridas por arma de fuego.

En el municipio de El Progreso existe baja cobertura en salud, ya que los pobladores, principalmente del área rural, se encuentran con grandes dificultades debido a que los horarios de atención coinciden con las jornadas de trabajo y además, en su mayoría, tienen que acudir a la cabecera municipal para poder disponer del servicio de salud.

1.3.3. Vivienda

Las viviendas existentes en el Municipio, de conformidad a la información obtenida y la observación de campo, son construcciones formales en buen estado. En el 88% de los casos los habitantes son propietarios de la vivienda, el 10% alquilan y el 2% restante refleja una tenencia de vivienda de propiedad en usufructo.

En lo que a la estructura y materiales se refiere, predomina el material de block en un 46%, de ladrillo el 21%, de adobe el 31% y lámina u otros el 2%.

Así mismo en el techo, del total de hogares el 70% lo conforma de lámina de zinc, terraza el 15%, teja 13% y otros materiales el 2%. En lo que respecta a tipo de piso utilizado, predomina el de cemento líquido y de granito, en menor escala el piso cerámico, de barro y de tierra.

1.4. Aspectos económicos

1.4.1. Producción agrícola

La producción agrícola es uno de los sectores de la actividad productiva que tiene importante participación dentro de la economía del Municipio, en la cual influyen activamente el clima y sus suelos, características esenciales, que favorecen el desarrollo de dicha actividad.

El mayor porcentaje de la población económicamente activa de sexo masculino, se dedica a la agricultura, desarrollando los cultivos de tomate, cebolla, maíz, frijol, chile pimiento y arroz; productos que generan mayores recursos económicos por volumen de producción y por área cultivada y otros menos importantes como el tabaco y brócoli.

La mayor riqueza en la agricultura está concentrada en la Laguna de Retana, debido a la humedad que mantiene el suelo durante todo el año.

En relación a producción, el tomate es el que tiene el mayor volumen, en vista que este producto en su totalidad es para la venta. Por consiguiente, los productores se benefician al obtener mejores ingresos y la población por la generación de empleo. Otros productos cuentan con menor producción, dentro de éstos se pueden mencionar: chile pimiento, arroz y frijol, lo que incide en la extensión de manzanas cultivadas. El maíz se cultiva en mayor número de

manzanas, debido a que aproximadamente el 90% de ésta se destina al autoconsumo y la diferencia a la venta.

1.4.2. Producción artesanal

En el Municipio existen pequeños talleres artesanales, tales como: Sastrerías, talleres de estructuras metálicas, fábricas de ladrillo y block, talabartería, cohetería, carpinterías, zapaterías, vidrierías y panaderías. Actualmente, ha tenido mayor auge la panadería, estructuras metálicas, fábrica de ladrillo y block y diversos trabajos en mármol, que cubren el mercado con productos artesanales de buena calidad, tanto en el área urbana como en la rural.

1.4.3. Producción ganadera

Esta actividad productiva es de gran importancia en el municipio El Progreso, en donde resalta principalmente la crianza de ganado bovino para la venta en pie; que se desarrolla en fincas con terneros de hasta un año de edad, luego son trasladados a otros departamentos donde la pastura se mantiene por las condiciones de clima. También se da la crianza de ganado bovino para el esquilmo.

Por otro lado, existe en menor escala la crianza de ganado porcino y aviar para el autoconsumo.

1.4.4. Producción agroindustrial

Esta actividad en el municipio El Progreso se concentra en la producción de arroz, porque el clima del mismo presenta las condiciones favorables para el secado a un costo bajo, que no existe en otra parte de la República, en virtud que en este municipio se procesa aproximadamente el 80% del consumo nacional, sin descuidar la demanda internacional.

La infraestructura instalada para esta producción, en la actualidad la integran catorce beneficios de arroz, con una capacidad procesadora de 65,000 quintales anuales cada uno, que se encargan de transformar, tanto el arroz producido en el área como el que proviene de otras zonas arroceras del país; y para realizar dicha actividad utilizan mano de obra local que contribuye a incrementar el nivel de empleo.

2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO OVEJERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, JUTIAPA

2.1. Descripción del proyecto.

El puente vehicular se compone de dos vías, un total de 30 m de longitud con dos luces de 15 metros y un ancho de rodadura de 6.10 m, compuesto de una sección de viga y losa, simplemente apoyada, viga de apoyo, estribos de concreto ciclópeo, pila intermedia y barandales de protección.

2.2. Estudios preliminares

2.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es una herramienta indispensable en el diseño de puentes, ya que esto 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 trigonométrica

2.2.2. Evaluación de la calidad del suelo

Se recurrió a realizar perforaciones en ambos extremos del cauce del río donde se encontró un estrato de 0.50mts de arena y roca de canto rodado, luego se encontró arcilla limo arenosa color café, y con base a esto se asume un valor soporte de 20 ton. / m².

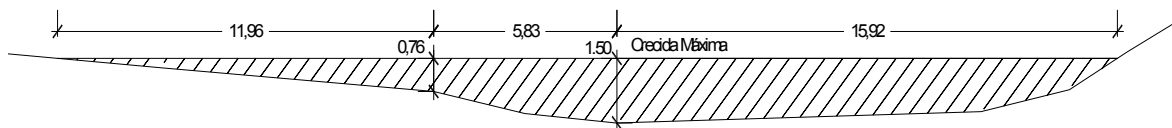
2.2.3. Cálculo de caudal máximo

Se utilizó el método sección – pendiente debido a no fue posible recabar información suficiente para calcular el caudal por otro método mas exacto.

Para obtener los datos de la crecida máxima se procedió a realizar una evaluación visual en el área y a consultar a los habitantes del lugar, además de consultar archivos o crónicas locales.

Calculo del área de influencia

Figura 4. Área de influencia



$$A1 = (d1/2 + d2/2)h1$$

$$A2 = (d2/2 + d3/2)h2$$

$$At = A1 + A2$$

$$A1 = (11.96/2 + 5.83/2) * 0.76 = 6.76$$

$$A2 = (5.83/2 + 15.92/2) * 1.50 = 16.31$$

$$At = 6.76 + 16.31 = 23.07m^2$$

Se calcula la velocidad V por medio de la fórmula de Manning:

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

Donde:

V= velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente (se obtiene del levantamiento topográfico) = 1%

n = coeficiente de rugosidad = 0.04

$$R = A / PM = 23.07 / 33.88 = 0.68m$$

$$V = 1/0.04 * 0.68^{2/3} * 0.01^{1/2} = 1.92m / s$$

$$Q = V * A = 1.92 * 23.07 = 44.29m^3 / s$$

La superestructura del puente se ubicará a 2.50m del punto más bajo del lecho del río.

2.3. Análisis y diseño estructural del puente vehicular

2.3.1. Especificaciones y parámetros de diseño

Para dimensionar cada elemento del puente y para el diseño estructural de los mismos, se utilizaron especificaciones dadas por la American Association of State Highway and Transportations Official (AASHTO), el código de diseño del American Concrete Institute (ACI) y por la Dirección General de Caminos.

Tabla I. Parámetros de diseño

Luz total	30m
Luz cada tramo	15 m
Ancho de rodadura	6.10m
Espesor de capa de rodadura	0.05m
Sobrecarga	HS 20-44
Peso concreto armado	2400kg/m³

Continúa

Peso concreto ciclópeo	2700kg/m³
Peso capa de rodadura	2100kg/m³
Peso del suelo	2250kg/m³
Capacidad soporte	20 ton/m²
F'c (4000 PSI)	281kg/cm²
Fy (40000 PSI)	2810kg/cm²
Fy (60000 PSI)	4200kg/cm²

2.3.2. Análisis y diseño de super-estructura

La super-estructura de un puente está compuesta por la losa, vigas, barandal y andén. Se diseña como simplemente apoyado y de sección de viga y losa de concreto reforzado en dos luces de 15 metros cada una, esto debido a la luz total que tiene que es de 30 metros y generalmente se puede dar una solución factible y económica para luces entre 12 y 25 metros.

2.3.2.1. Análisis y diseño de losa

El análisis de una losa depende del tipo de sección del puente y de la posición que tendrá el refuerzo principal, ya sea en sentido transversal o longitudinal.

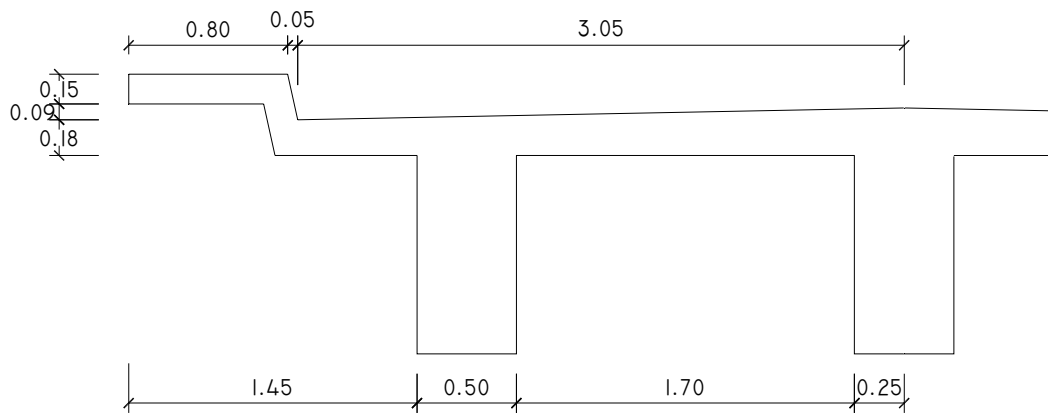
En este caso se tiene un puente de tipo viga y losa con refuerzo principal colocado en sentido transversal a la dirección del tránsito. La luz de la losa será de forma continua en el sentido transversal ya que se apoyará sobre tres vigas.

Estas consideraciones son las más utilizadas, ya que este tipo de puente es menos complicado de analizar y el diseño, generalmente, se estandariza para determinadas secciones y longitudes.

2.3.2.1.1. Espesor de losa (AASHTO 8.9.2)

El espesor de la losa se elige de tal manera que se eviten deflexiones y la pérdida de resistencia debida al trafico y las condiciones del ambiente. Según la tabla 8.9.2 de la AASHTO, se recomienda que el espesor no sea menor a 0.174 metros

Figura 5. Sección del puente



$$t = \frac{(L + 3.05)}{30} \geq 0.174m \text{ para luces continuas.}$$

t = espesor en metros

L = luz a rostro de vigas en metros

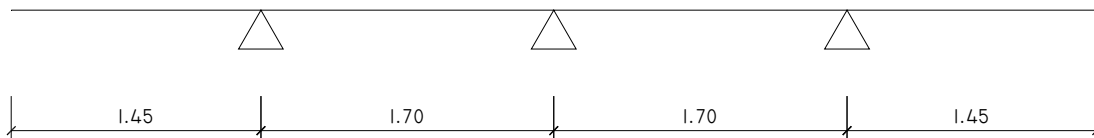
$$t = \frac{1.70 + 3.05}{30} = 0.158m$$

Este valor es menor al mínimo que indican las recomendaciones, por lo que se elige utilizar **t = 0.18m**.

2.3.2.1.2. Momentos en losa

Se deben analizar los tramos en los que la losa se encuentra en voladizo y entre las vigas de apoyo.

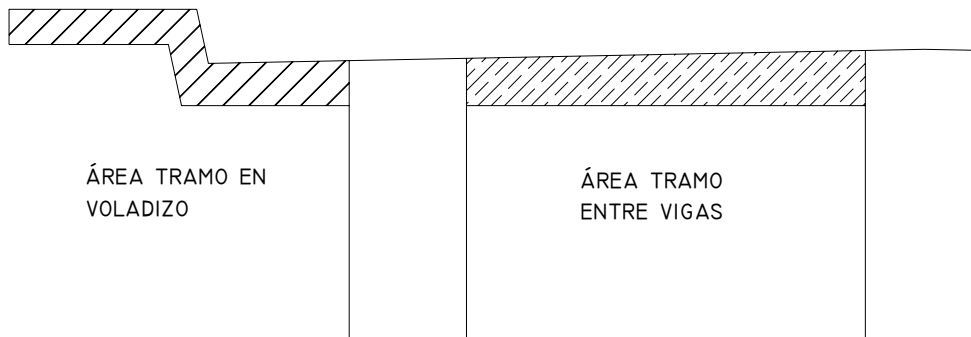
Figura 6. Modelo matemático para el análisis de la losa



Momento por carga muerta

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

Figura 7. Área de carga para vigas



Momento por carga muerta en voladizo:

Carga Muerta:

Tabla II. Carga muerta en voladizo

	<i>Área</i> (<i>m</i> ²)	<i>Wc</i> (<i>kg/m</i> ³)	<i>W</i> (<i>kg/m</i>)
Losa	0.27	2400.00	657.60
Carpeta de rodadura	0.03	2100.00	63.00
Barandal			62.00
Wd			782.60

Carga para 1m longitudinal $782.60\text{kg} / \text{m} * 1\text{m} = 782.60\text{kg}$

Momento:

$$M_D = \frac{PL}{2}$$

P = carga en voladizo

L = longitud del voladizo

$$M_D = \frac{782.60 * 1.45}{2} = 567.38\text{kg} - \text{m}$$

Momento por carga viva en voladizo (AASHTO 3.24.5.1.1):

El momento por carga viva en voladizo se determina de acuerdo a la AASHTO 3.24.5.1.1 de la siguiente manera:

$$M_L = \frac{PX}{E}$$

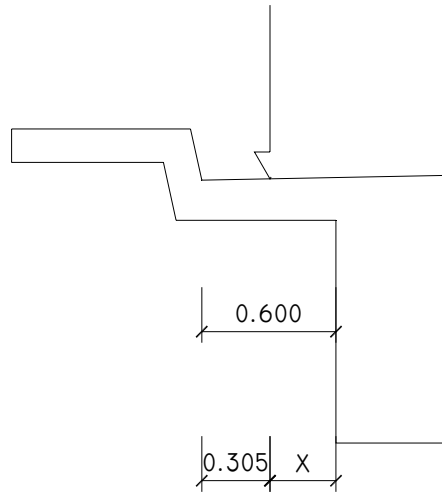
X = distancia entre rostro de viga y eje de carga

E = distribución de cada carga por rueda sobre la losa

P = carga de medio eje de camión 7258 kg

La carga se aplica a 0.305 metros (1 ft) del guardarruedas.

Figura 8. Aplicación de carga en voladizo



$$X = 0.295 \text{ m}$$

$$E = 0.8X + 1.143$$

$$E = 0.8(0.295) + 1.143 = 1.379 \text{ m}$$

$$P = 7258 \text{ Kg. (HS 20-44)}$$

Momento

$$M_L = \frac{7258 * 0.295}{1.379} = 1552.65 \text{ kg} - \text{m}$$

Impacto (AASHTO 3.8.2.1)

El momento producido por la carga viva se debe incrementar por impacto, según AASHTO 3.8.2.1 no debe incrementarse en más del 30%, de la siguiente manera:

$$I = \frac{15.24}{L + 38} * 100 \leq 30\%$$

I = impacto en %

L = luz a rostro de viga

$$I = \frac{15.24}{1.45 + 38} * 100 = 38.63\%$$

Utilizar $I = 30\%$

$$M_{L+I} = 1.30 * 1552.65 = 2018.45 \text{ kg} - m$$

Momento último en voladizo:

El momento último se determina aplicando factores de seguridad ACI

$$M_u = 1.3[M_D + 5/3(M_{L+I})]$$

$$M_u = 1.3[567.38 + 5/3(2018.45)] = 5110.90 \text{ kg} - m$$

Momento por carga muerta entre vigas:

Carga muerta:

Tabla III. Carga muerta entre vigas

	Área (m²)	Wc (kg/m³)	W (kg/m)
Losa	0.37	2400.00	890.88
Carpeta de rodadura	0.09	2100.00	178.50
		Wd	1069.38

$$\text{Carga para 1m longitudinal} \quad 1069.38 \text{ kg} / m * 1m = 1069.38 \text{ kg}$$

Momento

$$M_D = \frac{PL}{10}$$

P = carga para un metro lineal

L = luz a rostro de vigas

$$M_D = \frac{1069.38 * 1.70}{10} = 181.79 \text{ kg} - m$$

Momento por carga viva entre vigas (AASHTO 3.24.3):

Se calcula de acuerdo a AASHTO 3.24.3

$$M_L = \frac{(L + .61) * P}{9.74}$$

P = carga de medio eje de camión

L = luz a rostro de vigas

$$M_L = \frac{(1.7 + 0.61) * 7258}{9.74} = 1721.35 \text{ kg} - m$$

Impacto = 30%

$$M_{L+I} = 1.30 * (1721.35) = 2237.76 \text{ kg} - m$$

En losas continuas sobre tres o más apoyos usar factor de 0.8 por continuidad según AASHTO 3.24.3.1

$$0.8M_{L+I} = 0.8(2237.76) = 1790.21 \text{ kg} - m$$

Momento último entre vigas

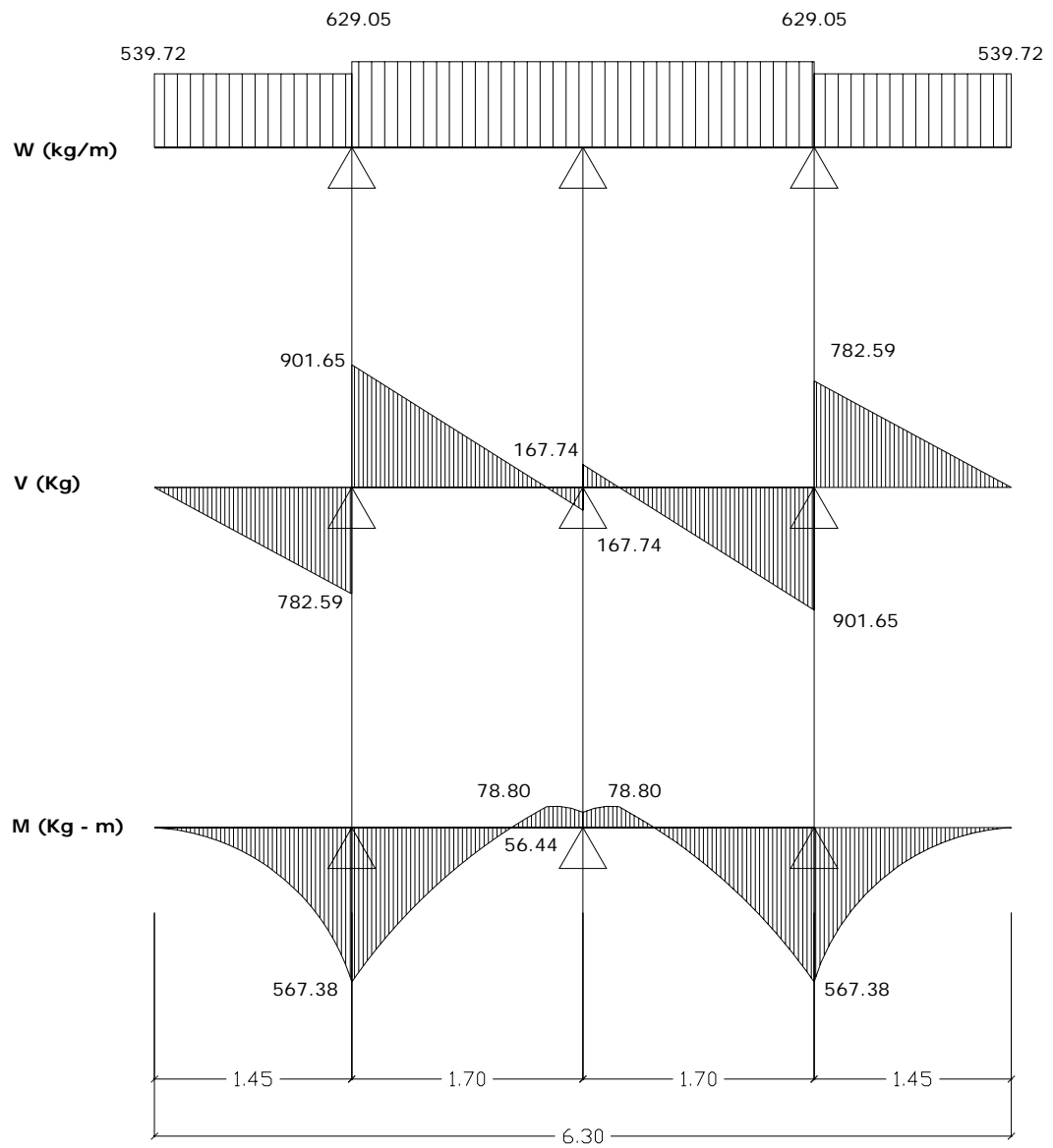
$$M_u = 1.3[M_D + 5/3(M_{L+I})]$$

$$M_u = 1.3[181.79 + 5/3(1790.21)] = 4115.11 \text{ kg} - m$$

Elegir el momento último mayor para refuerzo, usar momento último en voladizo:

$$M_u = 5110.90 \text{ kg} - m$$

Figura 9. Diagramas de carga, corte y momento en losa



2.3.2.1.3. Acero de refuerzo

Refuerzo transversal

De los valores de momento último que se encontraron en los dos casos analizados se escoge el mayor y con éste se calcula el acero de refuerzo por flexión.

Cama inferior

$$A_s = \frac{0.85 f'_c b d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{0.85 \phi f'_c b d^2}} \right)$$

Datos

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

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

$$M_u = 5110.90 \text{ kg-m} = 511090 \text{ kg-cm}$$

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

$$\text{Rec} = 4 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

$$\text{Peralte efectivo} = d = t - \text{rec} = 18 - 4 = 14 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0.85(281)(100)(14)}{2810} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(511090)}{0.85(0.9)(100)(281)(14)^2}} \right)$$

$$A_s = 15.44 \text{ cm}^2$$

Es necesario verificar que el área de acero encontrada se encuentre entre los límites recomendados por el ACI.

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{2810} (100)(14) = 7.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5 \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \beta^2 \left(\frac{0.003}{\frac{f_y}{\epsilon_s} + 0.003} \right) \left(\frac{f'c}{f_y} \right) = 0.85^2 \left(\frac{0.003}{\frac{2810}{2.9E6} + 0.003} \right) \left(\frac{281}{2810} \right) = 0.055$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5(0.055)(100)(14) = 38.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} \leq A_s \leq A_{s_{\max}} \Rightarrow OK$$

El área de acero encontrada cumple con los requerimientos, por lo que la losa se reforzará para soportar los esfuerzos a flexión con 11.62 cm^2 para cada metro de longitud.

Usar varilla #5 $\phi = 1.59 \text{ cm}$. $A = 1.98 \text{ cm}^2$

Distribución de varillas

Espaciamiento máximo $S = 2t = 2(18) = 36 \text{ cm}$.

$$15.44 \text{ cm}^2 \quad 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \quad X$$

$$X = 13 \text{ cm}$$

Colocar varillas #5 @ 0.13m

Cama superior (por temperatura)

$$A_{s_{temp}} = 0.002bt = 0.002(100)(18) = 3.6cm^2$$

usar varilla #4

$$\phi = 1.27 \text{ cm.}$$

$$A = 1.27 \text{ cm}^2$$

Distribución de varillas

$$3.6 \text{ cm}^2 \quad 100\text{cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \quad X$$

$$X = 35 \text{ cm}$$

Colocar varillas #4 @ 0.35m

Refuerzo longitudinal (AASHTO 3.24.10)

Es necesario proporcionar rigidez adecuada a los elementos estructurales en un puente para moderar las deflexiones y deformaciones que puedan influir negativamente en la capacidad de resistencia al ser aplicadas las cargas. Por esta razón se debe colocar refuerzo de acero en sentido longitudinal o paralelo al tránsito.

Cama inferior

Se calcula como un porcentaje del refuerzo transversal para distribuir lateralmente la carga viva concentrada según AASHTO 3.24.10

$$A_{s_{long}} = \% \text{repartición} * A_{s_{trans}}$$

$$\% \text{repartición} = \frac{1.21}{\sqrt{L}} * 100 \leq 67\%$$

L = longitud entre ejes de vigas

$$\% \text{repartición} = \frac{1.21}{\sqrt{2.2}} * 100 = 81.58\%$$

Usar 67%

$$A_{s_{long}} = 0.67 * 15.44 = 10.34 \text{ cm}^2$$

Usar varilla #5 $\phi = 1.59 \text{ cm}$ $A = 1.98 \text{ cm}^2$

Distribución de varillas

$$10.34 \text{ cm}^2 \quad 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \quad X$$

$$X = 20 \text{ cm}$$

Colocar varillas #5 @ 0.20m

Cama superior (AASHTO 8.20.1)

Colocar como mínimo 2.64 cm² por cada metro de longitud, debido al refuerzo de temperatura y retracción del fraguado. Según AASHTO 8.20.1

Usar varilla #3

$\phi = 0.95\text{cm}$

$A = 0.71\text{ cm}^2$

Distribución de varillas

2.64 cm^2 100cm

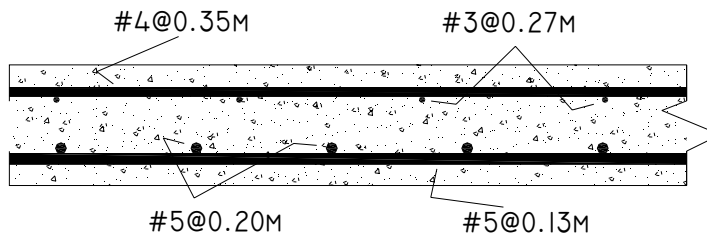
0.71 cm^2 X

$X = 27\text{ cm}$

Colocar varillas #3 @ 0.27m

Cuando la losa se diseña para momentos de flexión no es necesario hacer revisión por corte y adherencia según AASHTO 3.24.4

Figura 10. Detalle de armado de losa



2.3.2.2. Análisis y diseño de diafragmas

Los diafragmas se utilizan para darle rigidez a la estructura y evitar la deformación. Se busca con ello, evitar la torsión en sentido transversal al puente y que las cargas transversales producidas por sismos y viento se distribuyan.

Se deben colocar diafragmas intermedios para luces mayores a 12 metros. Es necesario predimensionar las vigas principales ya que las dimensiones de los diafragmas dependes de éstas.

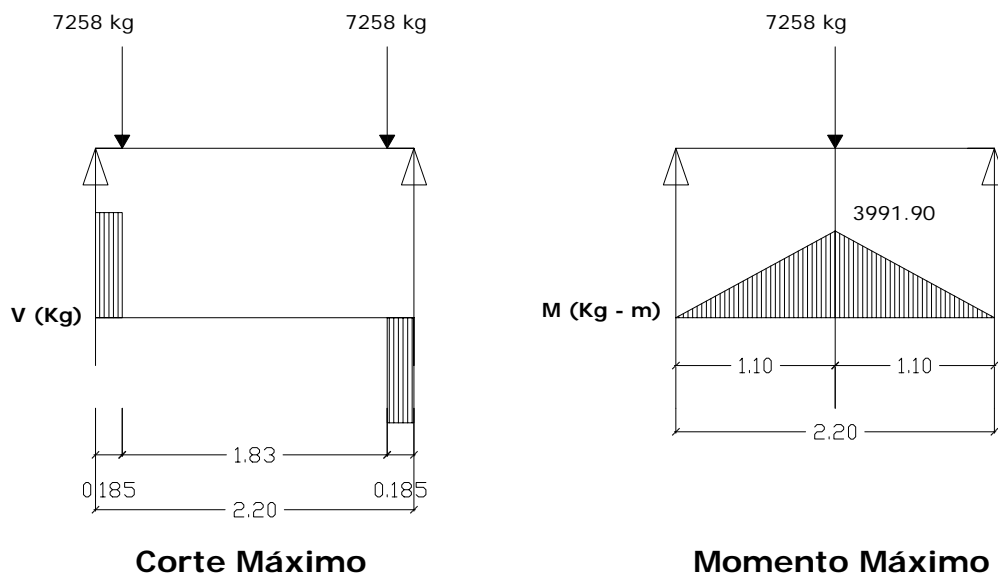
Predimensionamiento de viga

$$H_{viga} = \frac{L}{16} = \frac{15}{16} = 0.94m \Rightarrow 0.95m$$

2.3.2.2.1. Análisis por líneas de influencia

Para el diseño de los diafragmas se hace necesario realizar un análisis de la influencia que tiene la carga viva sobre esta estructura, determinando la posición de la carga producida por el camión sobre el estribo para establecer el valor de cortante y momento máximo.

Figura 11. Posiciones de carga para efectos máximos de corte y momento



2.3.2.2.2. Diafragma interior

Peralte

$$H = \frac{3}{4}H_{viga} = \frac{3}{4}(95) = 71.25cm \text{ usar } H = 0.75m$$

La base no debe ser menor a 0.30m

usar $B = 0.30m$

2.3.2.2.2.1. Momentos

Momento por carga muerta

$$W_d = (0.75m)(0.30m)(2400kg/m^3) = 540kg/m$$

$$M_d = \frac{W_d L^2}{10} = \frac{720(2.2)^2}{10} = 261.36kg - m$$

Momento por carga viva

Este valor se determina en base a la posición de la carga que produce los efectos máximos

$$P_l = 7258kg$$

$$P_{l+l} = 1.30(7258) = 9435.4kg$$

$$M_{l+l} = \frac{PL}{4} = \frac{9435.4(2.2)}{4} = 5189.47kg - m$$

Aplicar 0.80 por continuidad para el valor de momento e impacto

$$0.80M_{l+l} = 0.80(5189.47) = 4151.58kg - m$$

Momento último

$$Mu = 1.30 \left[M_d + \frac{5}{3}(M_{l+l}) \right] = 1.30 \left[261.36 + \frac{5}{3}(4151.58) \right]$$

$$Mu = 9334.85 \text{ kg} - m$$

2.3.2.2.2. Corte

Corte por carga muerta

$$V_d = \frac{W_d L}{2} = \frac{540(2.2)}{2} = 594 \text{ kg}$$

Corte por carga viva

$$V_l = P_l = 7258 \text{ kg}$$

Aplicar el 30% por impacto

$$V_{l+i} = 1.30V_l = 1.30(7258) = 9435.4 \text{ kg}$$

Corte último

$$Vu = 1.30 \left[V_d + \frac{5}{3} (V_{l+i}) \right] = 1.30 \left[594 + \frac{5}{3} (9435.4) \right]$$

$$Vu = 21215.57 \text{ kg}$$

2.3.2.2.3. Acero de refuerzo

Refuerzo longitudinal

$$As = \frac{0.85 f'c b d}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 \phi f'c b d^2}} \right)$$

Datos

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

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$Mu = 9334.85 \text{ kg-m} = 933485 \text{ kg-cm}$$

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

$$\text{Rec} = 4 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

Peralte efectivo = $d = H - \text{recubrimiento} = 75 - 4 = 71\text{cm}$

$$A_s = \frac{0.85(281)(30)(71)}{2810} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(933485)}{0.85(0.9)(30)(281)(71)^2}} \right)$$

$$A_s = 5.28\text{cm}^2$$

Es necesario verificar que el área de acero encontrada se encuentre entre los límites recomendados por el ACI

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{2810} (30)(71) = 10.69\text{cm}^2$$

El área de acero encontrada es menor al área de acero mínima por lo que se utilizará esta última.

Usar **$A_s = A_{s_{\min}} = 10.69\text{cm}^2$** en cama inferior

En la cama superior se debe utilizar $\frac{1}{4} A_s$

$$\frac{1}{4} A_s = \frac{1}{4} (10.69) = 2.67 \text{ cm}^2$$

Refuerzo a corte

Espaciamiento de estribos #3

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

$A_v = 2$ veces el área de la varilla (para estribo cuadrado)

$V_n =$ esfuerzo de corte nominal

$V_c =$ esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#3}) = 2(0.71) = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{21215.57}{0.85} = 24959.49 \text{ kg}$$

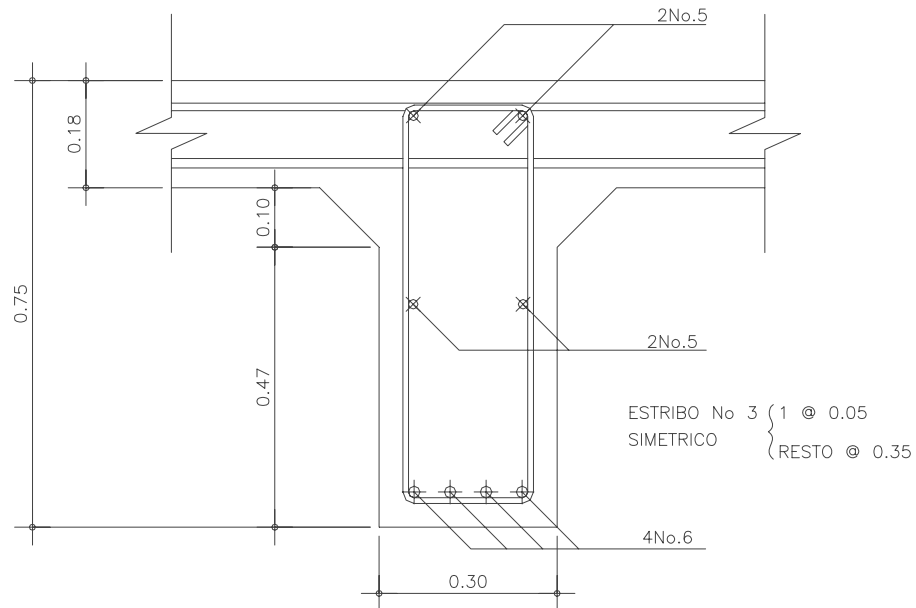
$$V_u = 0.53 \sqrt{f' c} b d = 0.53 \sqrt{281(30)(71)} = 18923.81 \text{ kg}$$

$$S = \frac{1.42 * 2810 * 71}{24959.49 - 18923.81} = 46.94 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{71}{2} = 35.5 \text{ cm}$$

Colocar estribos #3 @ 0.35m

Figura 12. Detalle de armado de diafragma interior



2.3.2.2.3. Diafragma exterior

Peralte

$$H = \frac{1}{2}H_{viga} = \frac{1}{2}(95) = 47.5cm \quad \text{usar } H = 0.50m$$

$$\text{Base} > 0.30m \quad \text{usar } B = 0.30m$$

2.3.2.2.3.1. Momentos

Momento por carga muerta

$$W_d = (0.50m)(0.30m)(2400kg/m^3) = 360kg/m$$

$$M_d = \frac{W_d L^2}{10} = \frac{360(2.2)^2}{10} = 174.24kg - m$$

Momento por carga viva

$$P_l = 7258kg$$

$$P_{l+l} = 1.30(7258) = 9435.4kg$$

$$M_{l+l} = \frac{PL}{4} = \frac{9435.4(2.2)}{4} = 5189.47kg - m$$

aplicar 0.80 por continuidad

$$0.80M_{l+l} = 0.80(5189.47) = 4151.58kg - m$$

Momento último

$$Mu = 1.30 \left[M_d + \frac{5}{3}(M_{l+l}) \right] = 1.30 \left[174.24 + \frac{5}{3}(4151.58) \right]$$

$$Mu = 9221.60kg - m$$

2.3.2.2.3.2. Corte

Corte por carga muerta

$$V_d = \frac{W_d L}{2} = \frac{360(2.2)}{2} = 396kg$$

Corte por carga viva

$$V_l = P_l = 7258kg$$

$$V_{l+l} = 1.30V_l = 1.30(7258) = 9435.4kg$$

Corte último

$$Vu = 1.30 \left[V_d + \frac{5}{3}(V_{l+l}) \right] = 1.30 \left[396 + \frac{5}{3}(9435.4) \right]$$

$$Vu = 20958.17kg$$

2.3.2.2.3.3. Acero de refuerzo

Refuerzo longitudinal

$$As = \frac{0.85 f'c b d}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 \phi f'c b d^2}} \right)$$

Datos

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

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$Mu = 9221.60 \text{ kg-m} = 922160 \text{ kg-cm}$$

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

$$\text{Rec} = 4 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

$$\text{Peralte efectivo} = d = H - \text{recubrimiento} = 50 - 4 = 46 \text{ cm}$$

$$As = \frac{0.85(281)(30)(46)}{2810} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(922160)}{0.85(0.9)(30)(281)(46)^2}} \right)$$

$$As = 8.21 \text{ cm}^2$$

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y}bd = \frac{14.1}{2810}(30)(46) = 6.92\text{cm}^2$$

usar $A_s = 8.21 \text{ cm}^2$ en cama inferior

usar $\frac{1}{4} A_s$ en cama superior

$$\frac{1}{4} A_s = \frac{1}{4} (8.21) = 2.05 \text{ cm}^2$$

Refuerzo a corte

Espaciamiento de estribos #3

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

$A_v = 2$ veces el área de la varilla (para estribo cuadrado)

V_n = esfuerzo de corte nominal

V_c = esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#3}) = 2(0.71) = 1.42\text{cm}^2$$

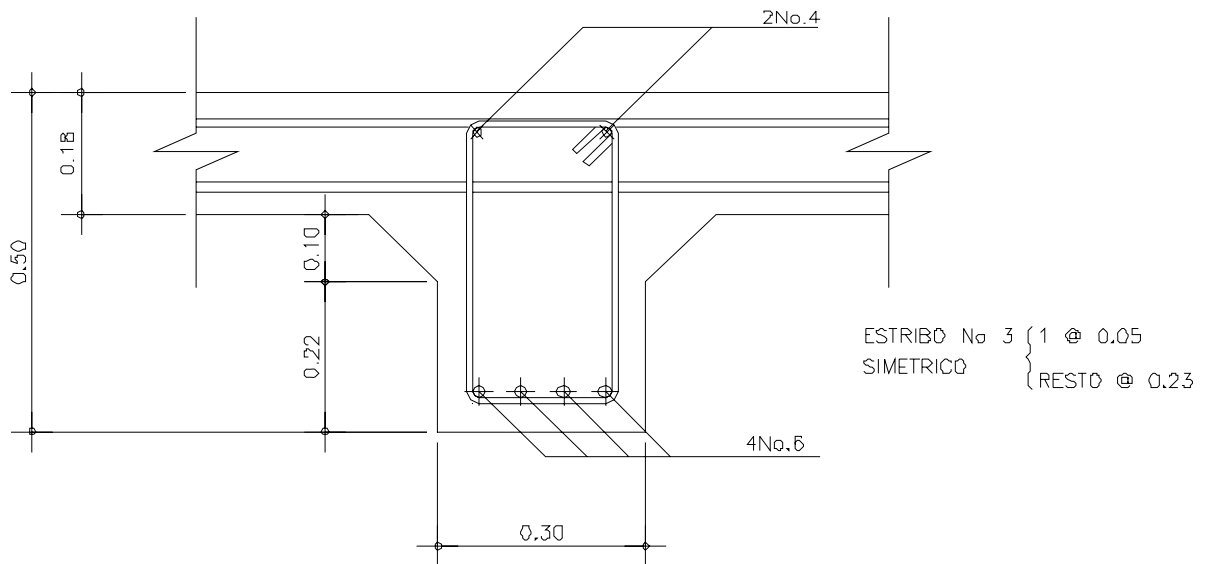
$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{20958.17}{0.85} = 24656.67\text{kg}$$

$$V_u = 0.53\sqrt{f'cbd} = 0.53\sqrt{281(30)(46)} = 12260.49\text{kg}$$

$$S = \frac{1.42 * 2810 * 46}{24656.67 - 12260.49} = 14.81\text{cm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{46}{2} = 23\text{cm}$$

Figura 13. Detalle de armado de diafragma exterior



2.3.2.3. Análisis y diseño de vigas

Al determinar la separación que existirá entre cada viga de apoyo de la losa se debe tomar en cuenta que la separación recomendada entre vigas debe estar comprendida entre 1.5 y 2.4 metros. En este diseño se estipuló usar 3 vigas con una separación de 2.2 metros.

La sección de la viga a utilizar es la siguiente:

Dimensionamiento

Peralte

$$H = \frac{L}{16} = \frac{15}{16} = 0.94m \Rightarrow \text{usar } 0.95m$$

Base

$$b = \frac{1}{2}H = \frac{1}{2}(0.95) = 0.48m \Rightarrow \text{usar } 0.50m$$

2.3.2.3.1. Flexión

Momento por carga muerta

Las vigas soportan la carga equitativamente según AASHTO 3.23.2.2.1. La carga que soportan las tres vigas es igual a la sumatoria de las cargas de cada componente de la superestructura.

Carga muerta

Tabla IV. Cargas que soportan las vigas

	Área (m²)	Wc (kg/m³)	W (kg/m)	# Elem	Luz	P (kg)
Losa	0.65	2400.00	1548.48	2.00	15.00	46454.40
Barandal			62.00	2.00	15.00	1860.00
Carpeta de rodadura	0.12	2100.00	241.50	2.00	15.00	7245.00
Diafragma interior	0.23	2400.00	540.00	2.00	3.40	3672.00
Diafragma exterior	0.15	2400.00	360.00	2.00	3.40	2448.00
Viga	0.48	2400.00	1140.00	3.00	15.00	51300.00
P total						112979.40
P total						0

$$P_T = 112979.40kg$$

$$P_{c/viga} = \frac{P_T}{\#vigas} = \frac{112979.40}{3} = 37659.8kg$$

Carga distribuida para cada viga

$$Wd_{c/viga} = \frac{P_{c/viga}}{luz_{viga}} = \frac{37659.80}{15} = 2510.65 \text{ kg/m}$$

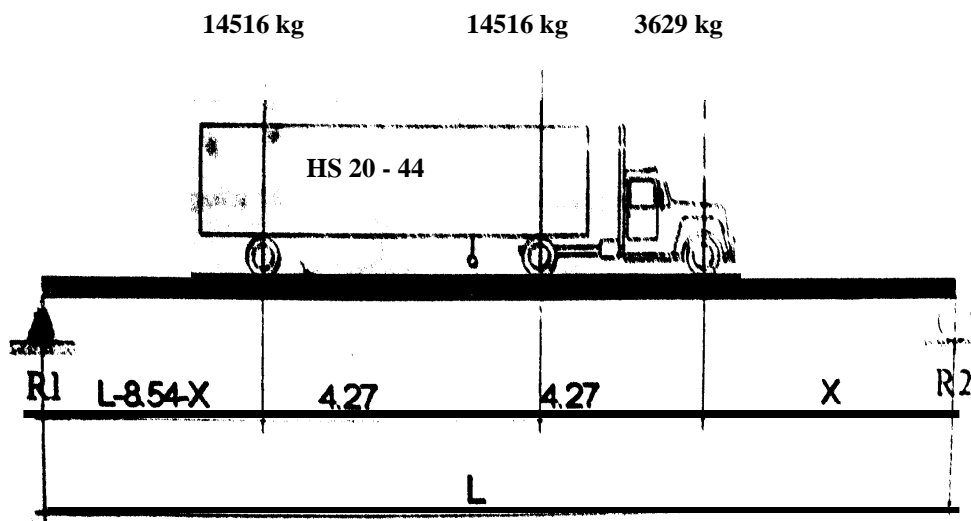
$$M_d = \frac{W_d L^2}{8} = \frac{2510.65(15)^2}{8} = 70612.12 \text{ kg-m}$$

Momento por carga viva

2.3.2.3.1.1. Análisis por líneas de influencia

Se determina la posición de la carga debida al camión que produce el máximo momento.

Figura 14. Distribución de carga viva producida por el camión.



Reacciones en los apoyos

Haciendo sumatoria de momentos en R_2 se obtiene el valor de R_1

$$\sum M_{R_2} = 0$$

$$R_1 = \frac{[14516(3 * 4.27 + 2X) + 3629X] P}{L}$$

Función de influencia para momento máximo

$$M_{\max} = R_1[(L - 8.54 - X) + 4.27] + 14516(4.27)$$

Luego de varias iteraciones se obtiene para $X = 2.52$ m el valor del máximo momento

$$R_1 = \frac{[14516(3 * 4.27 + 2(2.52)) + 3629(2.52)]}{15} = 17883.71kg$$

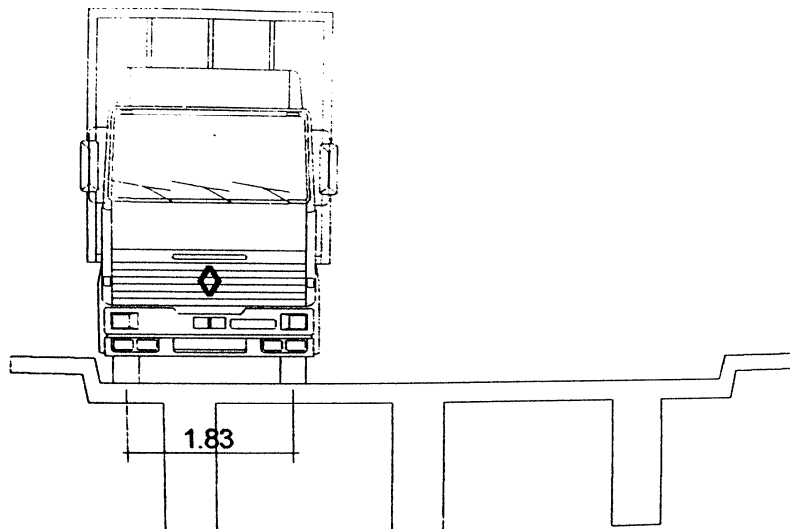
$$M_{\max} = 17883.71[(15 - 8.54 - 2.52) + 4.27] + 14516(4.27) = 84841.96kg - m$$

$$M_{\max} = 84841.96kg - m$$

Aplicar fracción de carga por rueda del camión según AASHTO 3.23.22

Factor de rueda

Figura 15. Aplicación de carga de camión.



Este valor es específicamente para losas sostenidas por vigas de concreto y que cuenten con dos carriles de tránsito.

Para vigas interiores

$$FR = \frac{S}{1.83}$$

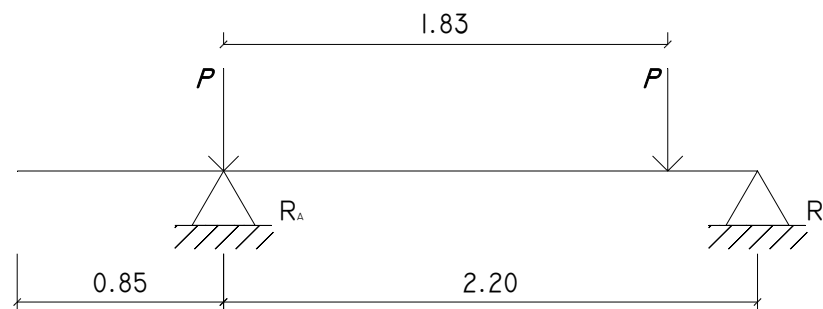
S = distancia entre ejes de vigas

$$FR = \frac{2.2}{1.83} = 1.202$$

Para vigas exteriores

Para vigas exteriores se debe hacer una consideración de carga para obtener el factor de rueda.

Figura 16. Diagrama de carga para viga exterior



Haciendo sumatoria de momentos en el punto B se obtiene la reacción en el punto A.

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{[P(3.05 - 0.85) + P(3.05 - 0.85 - 1.83)]}{2.2}$$

$$R_A = \frac{[6.1P + 2(0.85)P + 1.83P]}{2.2}$$

$$R_A = P \frac{[6.1 + 2(0.85) + 1.83]}{2.2} = P \left(\frac{2.57}{2.2} \right)$$

De esta manera se encuentra el factor de rueda para viga exterior

$$FR = \frac{2.57}{2.2} = 1.17$$

Según AASHTO 3.23.2.3.1.4 una viga exterior no puede tener menor capacidad de carga que una interior, entonces se debe usar

FR = 1.202 para vigas exteriores e interior

Impacto (AASHTO 3.8.2.1)

$$I = \frac{15.24}{L + 38} * 100 = \frac{15.24}{15 + 38} * 100 = 28.75\% \leq 30\%$$

$$M_{L+I} = 1.2875(84841.96) = 109234.02kg - m$$

$$M_{L+I} * FR = (1.202)109234.02 = 131299.29kg - m$$

Momento último

$$Mu = 1.30 \left[M_d + \frac{5}{3} (M_{L+I}) \right] = 1.30 \left[70612.12 + \frac{5}{3} (131299.29) \right]$$

$$Mu = 376277.55kg - m$$

2.3.2.3.1.2. Refuerzo a tensión

$$A_s = \frac{0.85 f'c b d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 \phi f'c b d^2}} \right)$$

Datos

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

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

$$Mu = 37627755 \text{ kg-cm}$$

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

$$H = 95 \text{ cm}$$

$$Rec = 4 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

$$\text{Peralte efectivo} = d = H - rec = 95 - 4 = 91 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0.85(281)(50)(91)}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(37627755)}{0.85(0.9)(50)(281)(91)^2}} \right)$$

$$A_s = 101.39 \text{ cm}^2$$

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{4200} (50)(91) = 15.28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5 \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \beta^2 \left(\frac{0.003}{\frac{f_y}{\epsilon_s} + 0.003} \right) \left(\frac{f'c}{f_y} \right) = 0.85^2 \left(\frac{0.003}{\frac{4200}{2.9E6} + 0.003} \right) \left(\frac{281}{4200} \right) = 0.045$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5(0.045)(50)(91) = 102.65\text{cm}^2$$

Refuerzo en cama superior por efectos de sismo

Se utiliza 1/3 del acero a tensión por efectos de sismo se chequea con el acero mínimo.

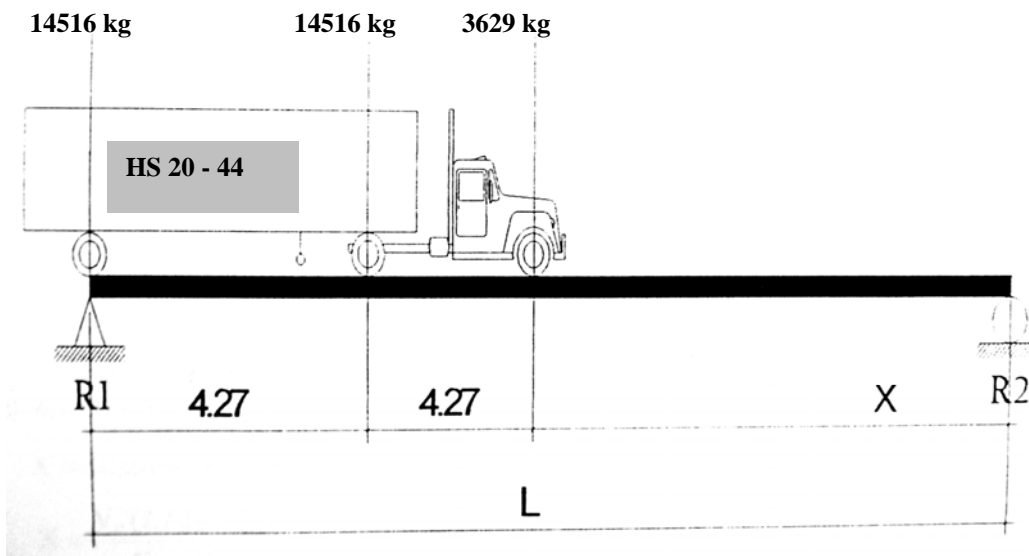
$$A_s = \frac{1}{3} A_{s_T} = \frac{1}{3} (102.65) = 34.22\text{cm}^2$$

2.3.2.3.2. Corte

2.3.2.3.2.1. Análisis por líneas de influencia

Se considera la posición de la carga que produce el máximo esfuerzo a corte

Figura 17. Diagrama de cargas para esfuerzo cortante máximo



Haciendo sumatoria de momentos en R_2 se obtiene el valor de R_1

$$\sum M_{R_2} = 0$$
$$R_1 = \frac{[14516(3 * 4.27 + 2X) + 3629X]}{L}$$

$$\sum M_{R_2} = 0$$
$$R_1 = \frac{14516L + 14516(L - 4.27) + 3629(L - 8.54)}{L}$$

$$R_1 = \frac{32661L - 92974.98}{L}$$

$$R_1 = \frac{32661(15) - 92974.98}{15} = 26462.67kg$$

$$V_{\max} = 26462.67kg$$

Corte por carga muerta

$$V_d = \frac{W_d L}{2} = \frac{2510.65(15)}{2} = 18829.88kg$$

Corte por carga viva

$$V_l = R_1 = V_{\max} = 26462.67kg$$

este valor se debe amplificar por impacto

$$V_{l+I} = 1.2875(26462.67) = 34070.69kg$$

Corte último

$$V_u = 1.30 \left[V_d + \frac{5}{3} (V_{l+I}) \right] = 1.30 \left[18829.88 + \frac{5}{3} (34070.69) \right]$$

$$V_u = 98298.67kg$$

2.3.2.3.2.2. Refuerzo a corte

Espaciamiento de estribos #4

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

$A_v = 2$ veces el área de la varilla (para estribo cuadrado)

V_n = esfuerzo de corte nominal

V_c = esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#4}) = 2(1.27) = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{98298.67}{0.85} = 115645.49 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd = 0.53\sqrt{281}(50)(91) = 40424.11 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2.54 * 4200 * 91}{115645.49 - 40424.11} = 12.90 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{91}{2} = 45.5 \text{ cm}$$

Como el valor encontrado no excede al máximo permitido se utiliza 0.15m por conveniencia.

Colocar estribos #4 @ 0.15 m

Se obtiene la distancia que cubre el concreto por esfuerzos de corte

X = distancia a corte que cubre el concreto

$$X = \frac{V_c \left(\frac{L}{2}\right)}{V_u} = \frac{40424.11 \left(\frac{15}{2}\right)}{98298.67} = 3.08 \text{ m}$$

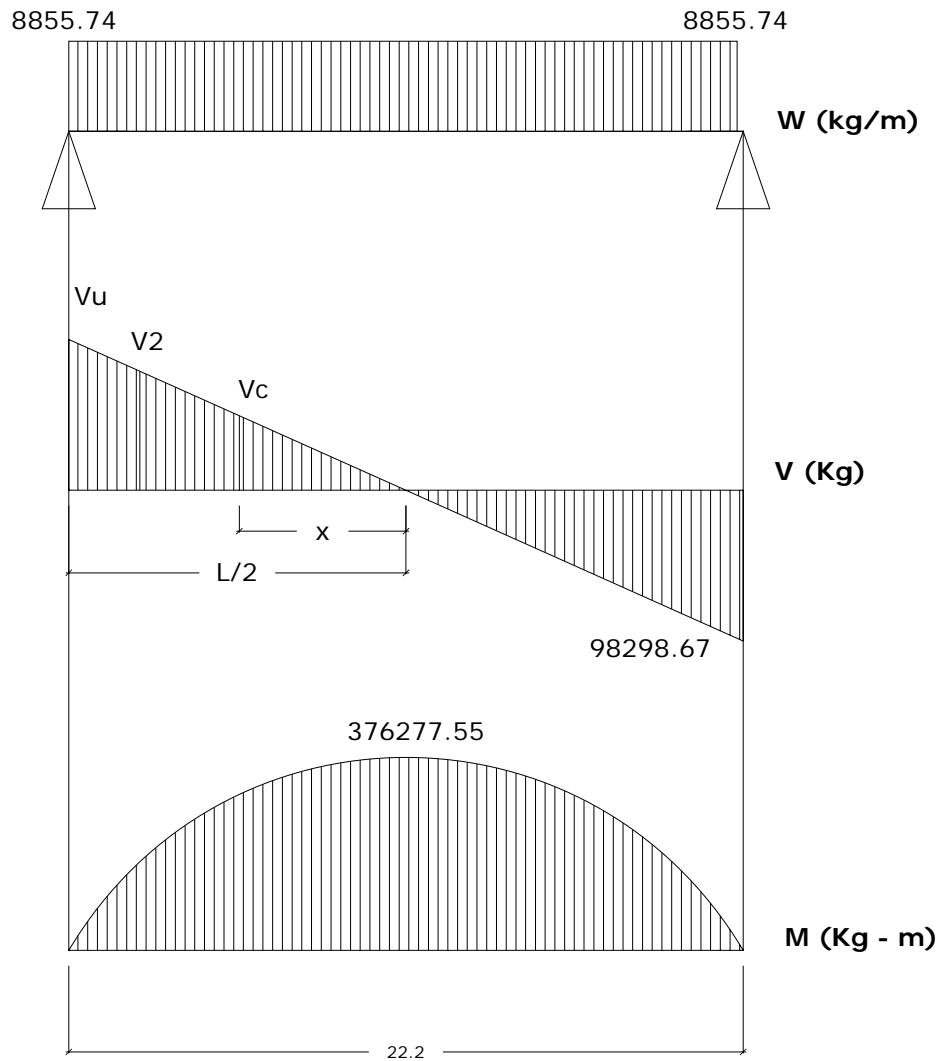
La distancia que falta por cubrir por corte es la siguiente

D = distancia que falta por cubrir

$$D = \frac{L}{2} - X = \frac{15}{2} - 3.08 = 4.42 \text{ m}$$

Primer espaciamiento $S = 15 \text{ cm}$

Figura 18. Diagrama de carga, corte y momento de viga



Colocar primer estribo a $S/2 = 7.5$ cm

Colocando 15 estribos @ 0.15 m se cubre una distancia de 2.25 m

$$X = 7.5 - 2.25 = 5.25m$$

Con esta distancia se encuentra un segundo valor de esfuerzo cortante requerido para encontrar un segundo espaciamiento para los estribos.

Del diagrama de corte se obtiene V_2 por medio de relación de triángulos

$$V_2 = \frac{XV_u}{L/2} = \frac{(5.25)(98298.67)}{7.5} = 68809.07kg$$

$$A_v = 2(A_{\#4}) = 2(1.27) = 2.54cm^2$$

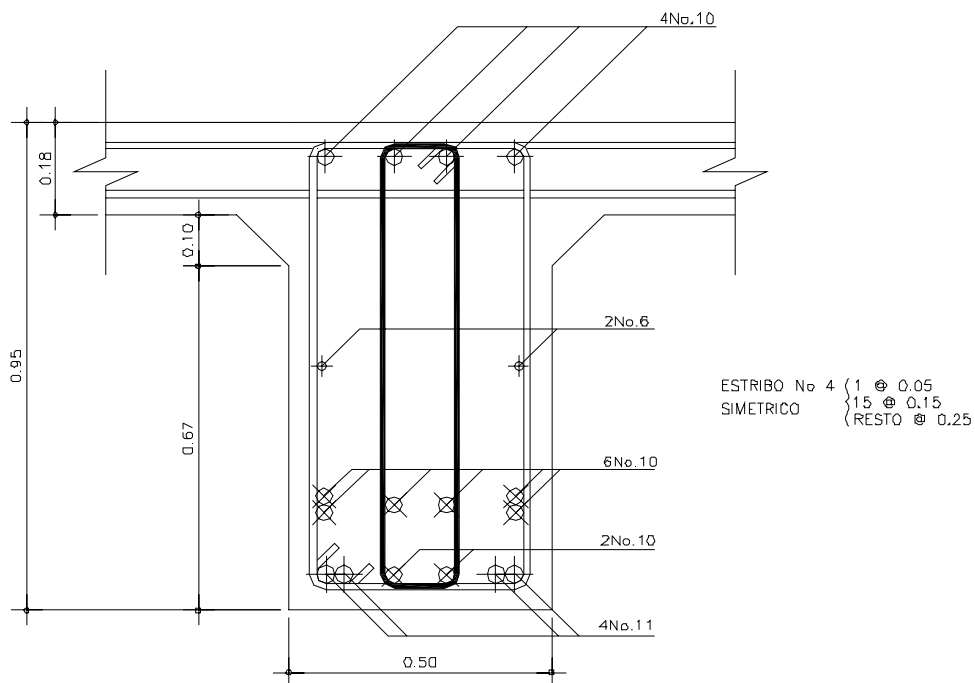
$$V_n = \frac{Vu}{0.85} = \frac{68809.07}{0.85} = 80951.84kg$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'cbd} = 0.53\sqrt{281(50)(91)} = 40424.11kg$$

$$S = \frac{2.54 * 4200 * 91}{80951.84 - 40424.11} = 23.95cm$$

$$S = 25cm$$

Figura 19. Detalle del armado de la viga



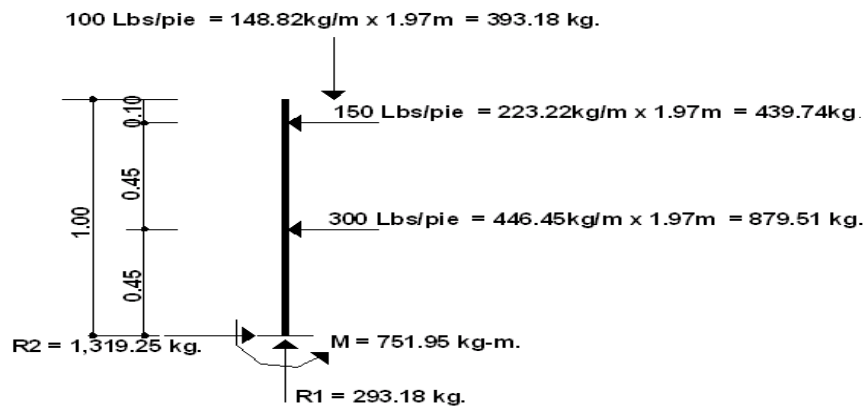
2.3.2.4. Análisis y diseño de barandal

2.3.2.4.1. Diseño de postes.

Estos serán de concreto de sección 0.17m * 0.20 m y se seguirá el procedimiento de ACI para el diseño de columnas a flexo-compresión, calculando primero su esbeltez, luego se harán los cálculos de la columna bajo la carga de compresión y flexión.

Las cargas actuantes se analizan de la siguiente manera:

Figura 20. Esquema de fuerzas actuantes en barandal



i) Chequeo por esbeltez.

La esbeltez se chequea con la siguiente fórmula:

$$E_s = \frac{KLu}{r} < 21$$

Según ACI, si el valor de $E_s < 21$ la columna es corta

Donde:

$$r = 0.3 (b) \quad b < h$$

Es = esbeltez

K = 1, (por estar empotrado solo en un extremo).

r = radio de giro.

Lu = longitud de columna.

$$Es = \frac{1 * 0.78}{0.30 * 0.17} = 15.29 < 21$$

Trabaja como columna corta

ii) Chequeo por compresión.

Realizando un diagrama de interacciones para 4 varillas No 3 (2.85 cm²) se tiene:

Compresión pura = P₁

$$P_1 = \phi_c (A_s f_y + 0.85 f'_c A_g)$$

$$A_g = 17 * 20 = 340 \text{ cm}^2$$

$$P_1 = 0.7(2.85 * 2810 + 0.85 * 210 * 340) = 488088.95 \text{ kg}$$

Compresión pura = P₂ = M

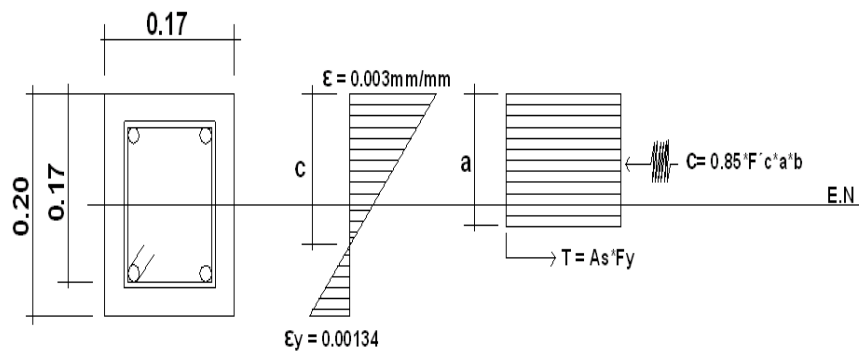
$$P_2 = M = \phi (A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{2 \beta f'_c c b} \right))$$

$$P_2 = M = 0.9(2.85 * 2810 \left(17 - \frac{2.85 * 2810}{2 * 0.85 * 210 * 17} \right))$$

$$P_2 = M = 113019.02 \text{ kg} - \text{cm} = 1130.19 \text{ kg} - \text{m}$$

Por medio del diagrama de falla balanceada, se determinan los siguientes datos:

Figura 21. Diagrama de falla balanceada.



donde:

$$h = 20.0 \text{ cms}$$

$$b = 17.0 \text{ cms}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$F_y = 2,810.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset c = 0.70$$

$$d = 17.0 \text{ cms}$$

$$\epsilon_s = 2.10E+06$$

$$F'c = 210.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{\epsilon_s} = \frac{2810}{2.1E6} = 0.001338$$

Por relación de triángulos, el valor de C:

$$C = \frac{0.003 * 17}{0.001338 + 0.003} = 11.76 \text{ cm}$$

$$a = 0.85 * C = 0.85 * 11.76 = 9.99 \text{ cm}$$

Fuerzas:

$$T = A_s * f_y = 2 * 1.425 * 2810 = 8008.50kg$$

$$C = 0.85 * 210 * 9.99 * 17 = 30314.65kg$$

$$\sum F_x = 0 \quad P_{ext.} = P_{int.}$$

$$P_b = 30314.65 - 8008.50 = 22306.15kg$$

$$P_3 = P_b n = P_b \phi_c = 22306.15 * 0.70 = 15614.30kg$$

$$\sum M = 0 \quad M_{ext.} = M_{int.}$$

$$M_b = 30314.65 \left(0.10 - \frac{0.099}{2} \right) + 8008.50(0.10 - 0.03) = 2091.48kg - m$$

$$P_3 = M_b n = \phi M_b = 0.90 * 2091.48 = 1882.33kg - m$$

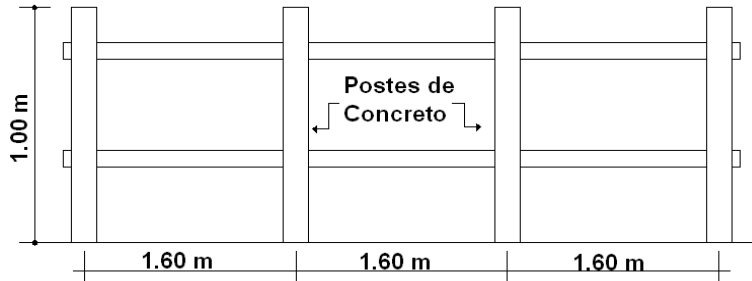
Según resultados $P_1 > P_3$ y $P_3 > P_2$, la sección con el refuerzo propuesto cumple. El refuerzo quedará de la siguiente forma:

4 varillas No.3 + Estribo No.2 @ 0.15 m.

2.3.2.4.2. Diseño de pasamanos

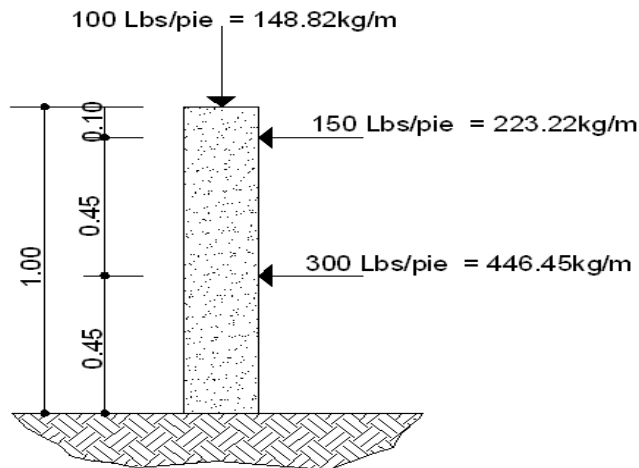
Los barandales de los puentes se clasifican según su uso. Se pueden construir de acero, concreto, o mixtos. Para efectos de este proyecto, las barandas serán de tubo HG de 2 pulgadas de diámetro y los postes de concreto como se muestra a continuación:

Figura 22. Esquema de pasamanos.



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

Figura 23. Geometría de poste para barandal.



Los miembros longitudinales (por esfuerzos de trabajo), se diseñan como vigas continuas, se usará la carga mayor (300.0 Lb/ft). El momento para cada tramo, se calculará utilizando la fórmula:

$$M = \frac{WL^2}{10} \quad \text{por ser tramos continuos.}$$

Usando tubos estándar (según AISC 89)

Para tubos de diámetro de 2 pulgadas, se tienen los siguientes datos:

Separación entre postes (S) = 1.5 m = 4.92 ft.

De = diámetro exterior = 2.375 in

Di = diámetro interno = 2.067 in

I = inercia del tubo = 0.665 in⁴

C = De / 2 = 1.1875 in

S = Modulo de sección = I / C = 0.665 in⁴ / 1.1875 in = 0.56 in³

Calculo del momento que resiste el tubo.

$$M = S * f$$

Donde

$$f = 20,000 \text{ lbs/in}^2$$

$$M = 0.56 * 20000 = 11200 \text{ lb} - \text{in} = 933.33 \text{ lbs} - \text{ft}$$

Cálculo del momento actuante en el tubo, debido a la carga de 300 lb/ft que soporta. (Análisis de tramos continuos).

$$M = \frac{WL^2}{10}$$

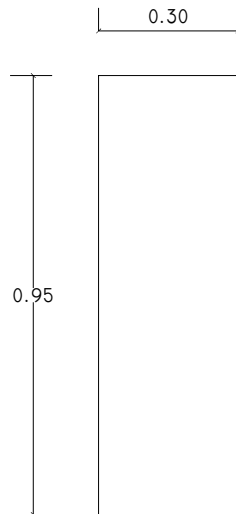
$$M = \frac{300 * 4.92^2}{10} = 726.19 \text{ lbs} - \text{ft}$$

El momento actuante es menor al momento que el tubo puede soportar, por lo tanto el tubo de dos pulgadas es el adecuado para el barandal.

2.3.3. Análisis y diseño de sub-estructura

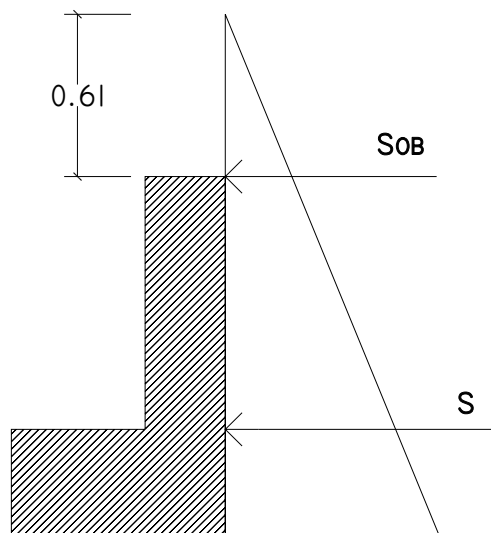
2.3.3.1. Análisis y diseño cortina

Figura 24. Dimensionamiento de cortina



Se considera sobrecarga equivalente liquido= $2'(0.61 \text{ m})$ con presión de 480 kg/m^3 . Según AASHTO el peso del suelo se toma equivalente liquido de 480 kg/m^2

Figura 25. Diagrama de presiones en cortina



Empuje (E)

Empuje debido a sobrecarga

$$E_{sob} = (H_{sob} * 480)H = (0.61 * 480)(0.95) = 278.16kg$$

Empuje debido al suelo

$$E_s = (H * 480) \frac{H}{2} = (0.95 * 480) \left(\frac{0.95}{2} \right) = 216.6kg$$

Empuje total

$$E = E_{sob} + E_s = 278.16 + 216.6$$

$$E = 494.76kg$$

Fuerza longitudinal (FL)

Debe ser el 5% de la carga viva y su centro de gravedad a 1.83m sobre la capa de rodadura según AASHTO 1.2.13

P camión por rueda = 7258 kg

P camión por eje = 2 (7258) = 14516 kg

CV = 5% (P eje) = 0.05 (14516) = 725.8 kg

Calcular la carga por metro de ancho

$$FL = \frac{CV}{1.83} = \frac{725.8}{1.83} = 396.61kg / m$$

Esta fuerza actúa a 1.83 m (6 ft) sobre la cortina

Brazo = 1.83 + H = 1.83 + 0.95 = 2.78 m

Fuerza de sismo (S)

Se aplica un factor de sismo de 12% al centro de la cortina.

CM_{cortina} = 0.30 * 0.95 * 2400 = 684 kg

S = 12% CM = 0.12(684) = 82.08 kg

Brazo = H/2 = 0.95/2 = 0.475 m

2.3.3.1.1. Momento máximo

Grupos de carga (AASHTO 1.2.22)

Para calcular el momento máximo de empotramiento

Grupo I

$$M = E * b$$

$$M = Esob * b + Es * b = Esob(H / 2) + Es(H / 3)$$

$$M = 278.16(0.475) + 216.6(0.317) = 200.79kg - m$$

Grupo III

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

$$M = 1.3(200.79 + 396.61(2.78)) = 1694.38kg - m$$

Grupo VII

$$M = 1.3(E * b + S * b)$$

$$M = 1.3(200.79 + 82.08(0.475)) = 311.71kg - m$$

Momento máximo

$$M \text{ max} = 1694.38kg - m$$

2.3.3.1.2. Refuerzo a flexión

$$As = \frac{0.85 f'c H d}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M \text{ max}}{0.85 \phi f'c H d^2}} \right)$$

Datos

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

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$H = 95 \text{ cm}$$

$$\text{Rec} = 4 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

$$d = 26 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0.85(281)(95)(26)}{2810} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(169438)}{0.85(0.9)(281)(95)(26)^2}} \right)$$
$$A_s = 2.59 \text{ cm}^2$$

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{2810} (95)(26) = 12.39 \text{ cm}^2$$

Usar $A_s = A_{s_{\min}} = 12.39 \text{ cm}^2$, colocar 5# 6 corridas

2.3.3.1.3. Cortante máximo

Encontrar el valor del esfuerzo cortante máximo

Grupo I

$$V = E$$

$$V = 494.76 \text{ kg}$$

Grupo III

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

$$V = 1.3(494.76 + 396.61) = 1158.78 \text{ kg}$$

Grupo VII

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

$$V = 1.3(494.76 + 82.08) = 749.89 \text{ kg}$$

Cortante máximo

$$V_{\max} = 1158.78 \text{ kg}$$

2.3.3.1.4. Refuerzo a corte

Espaciamiento de eslabones #2

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

A_v = 2 veces el área de la varilla

V_n = esfuerzo de corte nominal

V_c = esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#2}) = 2(0.32) = 0.64 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{1158.78}{0.85} = 1363.27 \text{ kg}$$

$$V_u = 0.53 \sqrt{f' c} b d = 0.53 \sqrt{281} (95) (26) = 21944.51 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2.54 * 2810 * 91}{1363.27 - 21944.51} = -31.55 \text{ cm}$$

El espaciamento es negativo debido a que el concreto absorbe todo el esfuerzo a corte, por lo que se debe usar el espaciamento máximo

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ cm}$$

Colocar eslabones #2 @ 0.15 m

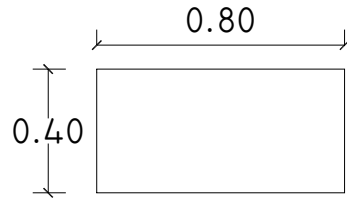
2.3.3.2. Análisis y diseño de viga de apoyo

Base = 0.80m

Altura = 0.40 m

Largo = 6.33 m

Figura 26. Dimensionamiento de viga de apoyo



2.3.3.2.1. Cargas

Carga muerta

$$P_{total} = 112979.40 \text{ kg}$$

$$P_{c/va} = \frac{112979.40}{2} = 56489.70 \text{ kg}$$

$$W_{c/va} = \frac{56489.70}{6.33} = 8924.12 \text{ kg / m}$$

$$W_{cortina} = 0.3(0.95)(2400) = 684 \text{ kg / m}$$

$$W_d = 8924.12 + 684 = 9608.12 \text{ kg / m}$$

Carga viva

$$P = 14516 \text{ kg}$$

$$W_l = \frac{14516}{6.33} = 2293.21 \text{ kg / m}$$

Carga última

$$W_u = 1.3 \left[W_d + \frac{5}{3} W_l \right]$$

$$W_u = 1.3 \left[9608.12 + \frac{5}{3} (2293.21) \right] = 17459.17 \text{ kg / m}$$

2.3.3.2.2. Refuerzo longitudinal

$$b = 80 \text{ cm}$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} bd = \frac{14.1}{2810} (80)(36) = 14.45 \text{ cm}^2$$

Usar 8# 5

2.3.3.2.3. Refuerzo a corte

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

A_v = 2 veces el área de la varilla

V_n = esfuerzo de corte nominal

V_c = esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#2}) = 2(0.32) = 0.64 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{17459.17}{0.85} = 20540.20 \text{ kg}$$

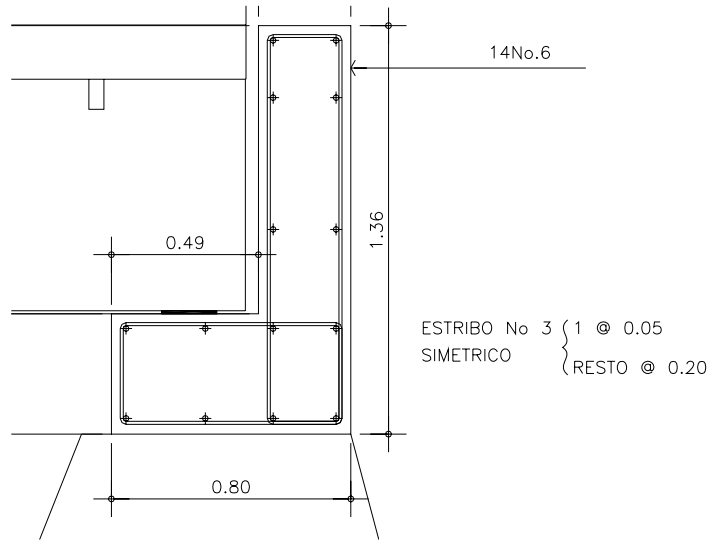
$$V_c = 0.53 \sqrt{f' c} b d = 0.53 \sqrt{281} (80)(36) = 25587.13 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0.64 * 2810 * 36}{20540.20 - 25587.13} = -12.83 \text{ cm}$$

El espaciamiento es negativo debido a que el concreto absorbe todo el esfuerzo a corte, por lo que se debe usar el espaciamiento máximo

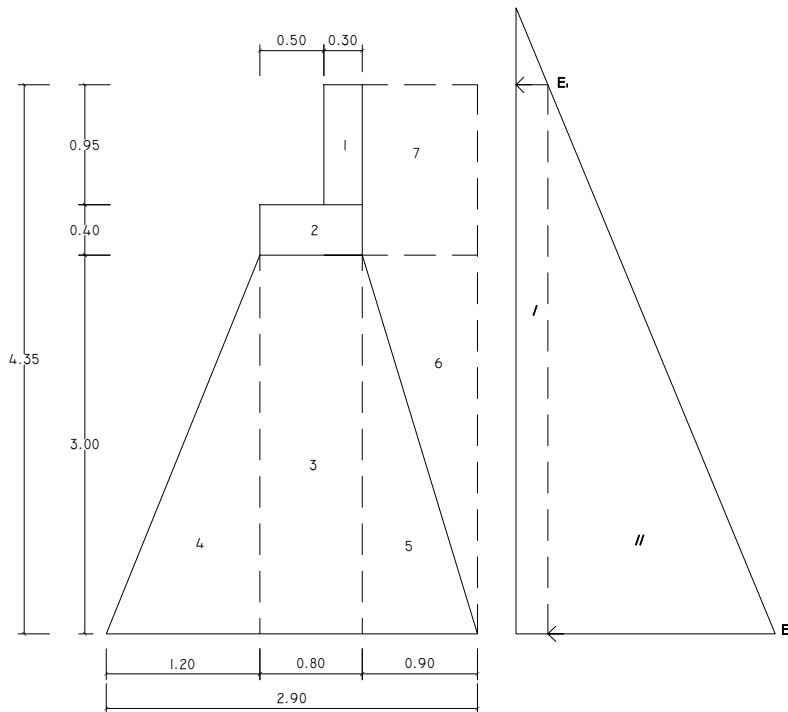
$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

Figura 27. Detalle del armado de la viga de apoyo y cortina



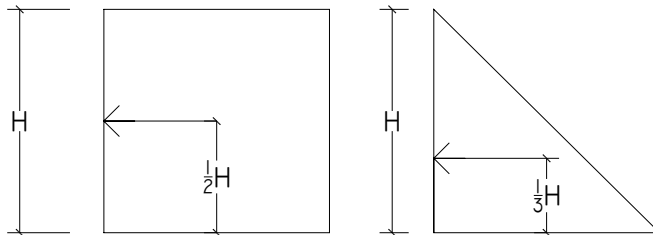
2.3.3.3. Análisis y diseño de Estribos

Figura 28. Sección de estribo y diagrama de presiones.



Para las diferentes figuras que se forman, las cargas tienen un punto de aplicación como se muestra en la siguiente figura:

Figura 29. Brazo de aplicación de cargas



2.3.3.3.1. Momentos

El análisis se hace para un metro de longitud en sentido transversal del puente

Momento de volteo (MV)

Presión

$$E_I = 480 * H_{sobrecarga} = 480 * (0.61) = 292.8 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$E_{II} = 480 * H_{total} = 480 * (4.35) = 2088 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Tabla V. Momento de volteo

sección	altura	presión	empuje	brazo	momento
1	4.35	292.80	1273.68	2.18	2770.25
2	2.18	2088.00	4541.40	1.45	6585.03
		WV	5815.08	MV	9355.28

Momento estabilizante (ME)

Tabla VI. Momento estabilizante

sección	dimensiones	área	Wc	W	brazo	momento	
1	0.30	0.95	0.29	2400	684.00	1.85	1265.40
2	0.40	0.80	0.32	2400	768.00	1.60	1228.80
3	0.80	3.00	2.40	2400	5760.00	1.60	9216.00
4	1.20	3.00	1.80	2400	4320.00	0.80	3456.00
5	0.90	3.00	1.35	2400	3240.00	2.30	7452.00
6	0.90	3.00	1.35	2250	3037.50	2.60	7897.50
7	0.90	1.35	1.22	2250	2733.75	2.45	6697.69
			WE	20543.25	ME	37213.39	

2.3.3.3.2. Chequeo de estribo sin superestructura

Estabilidad al volcamiento

$$\frac{ME}{MV} \geq 1.5$$

$$\frac{37213.39}{9355.28} = 3.98$$

$$3.98 \geq 1.5 \Rightarrow OK$$

Estabilidad al deslizamiento

$$0.5 \left(\frac{We}{Wv} \right) \geq 1.5$$

$$0.5 \left(\frac{20543.25}{5815.08} \right) = 1.77$$

$$1.77 \geq 1.5 \Rightarrow OK$$

Esfuerzos en el terreno menores o iguales que los admisibles del terreno.

$$a = \frac{ME - MV}{We} = \frac{37213.39 - 9355.28}{20543.25} = 1.36$$

$$3a = 3 * 1.36 = 4.07 \geq 2.9 \Rightarrow OK$$

Excentricidad

Distancia del centro del estribo al punto en que la resultante de las fuerzas que actúan se intersectan.

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{2.9}{2} - 1.36 = 0.09$$

Chequeo de presiones

$$P = \frac{We}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right) \leq V_s$$

$$P_{\max} = \frac{20543.25}{2.9 * 1} \left(1 + \frac{6(0.09)}{2.9} \right) = 7215.79 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\min} = \frac{20543.25}{2.9 * 1} \left(1 - \frac{6(0.09)}{2.9} \right) = 6951.97 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$V_s = 20000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\max} \leq V_s \Rightarrow OK$$

$$P_{\min} \leq V_s \Rightarrow OK$$

2.3.3.3.3. Chequeo del estribo con superestructura y carga viva

Convertir la carga viva y muerta en carga distribuida dividiéndola por la longitud de la viga de apoyo (6.33m) para calcular por un metro de largo del estribo.

$$W_2 = \frac{56489.70 + 14516}{6.33} = 11217.33 \text{kg} / m$$

$$\text{brazo} = \frac{\text{base}}{2} = \frac{2.9}{2} = 1.45m$$

Momento estabilizante (ME₂)

$$ME_2 = W_2 * \text{brazo} = 11217.33 * 1.45 = 16265.13 \text{kg} - m$$

$$ME_{total2} = ME + ME_2 = 37213.39 + 116265.13$$

$$ME_{total2} = 53478.52 \text{kg} - m$$

Volteo

$$V = \frac{ME_{total2}}{MV} \geq 1.5$$

$$V = \frac{53478.52}{9355.28} = 5.72 \geq 1.5 \Rightarrow OK$$

Deslizamiento

$$D = 0.5 \left(\frac{W_2 + We}{Wv} \right) \geq 1.5$$

$$D = 0.5 \left(\frac{11217.33 + 20543.25}{5815.08} \right) = 2.73 \geq 1.5 \Rightarrow OK$$

Presiones

$$a = \frac{ME_{total2} - MV}{W_2 - We} = \frac{53478.52 - 9355.28}{11217.33 + 20543.25} = 1.39m$$

$$3a \geq 2.9m \quad 3(1.39) = 4.16m \geq 2.9m \Rightarrow OK$$

Excentricidad

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{2.9}{2} - 1.39 = 0.06$$

$$P = \frac{We + W_2}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right) \leq Vs$$

$$P_{\max} = \frac{20543.25 + 11217.33}{2.9 * 1} \left(1 + \frac{6(0.06)}{2.9} \right) = 12311.47kg / m^2$$

$$P_{\min} = \frac{20543.25 + 11217.33}{2.9 * 1} \left(1 - \frac{6(0.06)}{2.9} \right) = 9592.37kg / m^2$$

$$Vs = 20000kg / m^2$$

$$P_{\max} \leq Vs \Rightarrow OK$$

$$P_{\min} \leq Vs \Rightarrow OK$$

2.3.3.3.4. Chequeo del estribo por efectos de sismo sin carga viva

$$W_{subestructura} = We = 20543.25kg$$

$$W_{supereestructura} = \frac{56489.70}{6.33} * 1 = 8924.12kg$$

$$W_{total3} = W_{sub} + W_{super} = 8924.12 + 20543.25 = 29467.37kg$$

$$brazo = \frac{base}{2} = \frac{2.9}{2} = 1.45m$$

Momento estabilizante (ME₃)

$$ME_3 = W_{super} * brazo = 8924.12 * 1.45 = 12939.97kg - m$$

$$ME_{total3} = ME + ME_3 = 37213.39 + 12939.97$$

$$ME_{total3} = 50153.36kg - m$$

Fuerza horizontal

$$FH = 1.08W_v + 0.08W_{total3}$$

$$FH = 1.08(5815.08) + 0.08(29467.37) = 8637.68kg$$

Momento de volteo (MV)

Tabla VII. Momento de volteo

sección	dimensiones		área	Wc	W	brazo	momento
1	0.30	0.95	0.29	2400	684.00	3.88	2650.50
2	0.40	0.80	0.32	2400	768.00	3.20	2457.60
3	0.80	3.00	2.40	2400	5760.00	1.50	8640.00
4	1.20	3.00	1.80	2400	4320.00	1.00	4320.00
5	0.90	3.00	1.35	2400	3240.00	1.00	3240.00
6	0.90	3.00	1.35	2250	3037.50	2.00	6075.00
7	0.90	1.35	1.22	2250	2733.75	3.68	10046.53
				P	20543.25	MV3	37429.63

$$MS = 0.08MV_3 = 0.08(37429.63) = 2994.37kg - m$$

$$M_{volteo3} = 1.08MV + 0.08W_{super}h'$$

$$h' = H - H_{cortina} = 4.35 - 0.95 = 3.40m$$

$$M_{volteo3} = 1.08(9355.28) + 0.08(8924.12)(3.40) = 12531.06kg - m$$

$$MV_{total3} = MS + M_{volteo3}$$

$$MV_{total3} = 2994.37 + 12531.06 = 15525.43kg - m$$

Volteo

$$V = \frac{ME_{total3}}{MV_{total3}} > 1.5$$

$$V = \frac{50153.36}{15525.43} = 3.23 > 1.5 \Rightarrow OK$$

Deslizamiento

$$D = 0.5 \left(\frac{W_{total3}}{FH} \right) > 1.5$$

$$D = 0.5 \left(\frac{29467.37}{8637.68} \right) = 3.41 > 1.5 \Rightarrow OK$$

Presiones

$$a = \frac{ME_{total3} - MV_{total3}}{W_{total3}} = \frac{50153.36 - 15525.43}{29467.37} = 1.18m$$

$$3a \geq 2.9m \quad 3(1.18) = 3.54m > 2.9m \Rightarrow OK$$

Excentricidad

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{2.9}{2} - 1.18 = 0.27$$

$$P = \frac{W_{total3}}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right) < V_s$$

$$P_{\max} = \frac{29467.37}{2.9 * 1} \left(1 + \frac{6(0.27)}{2.9} \right) = 15837.39 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\min} = \frac{29467.37}{2.9 * 1} \left(1 - \frac{6(0.27)}{2.9} \right) = 4484.93 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$V_s = 20000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\max} < V_s \Rightarrow OK$$

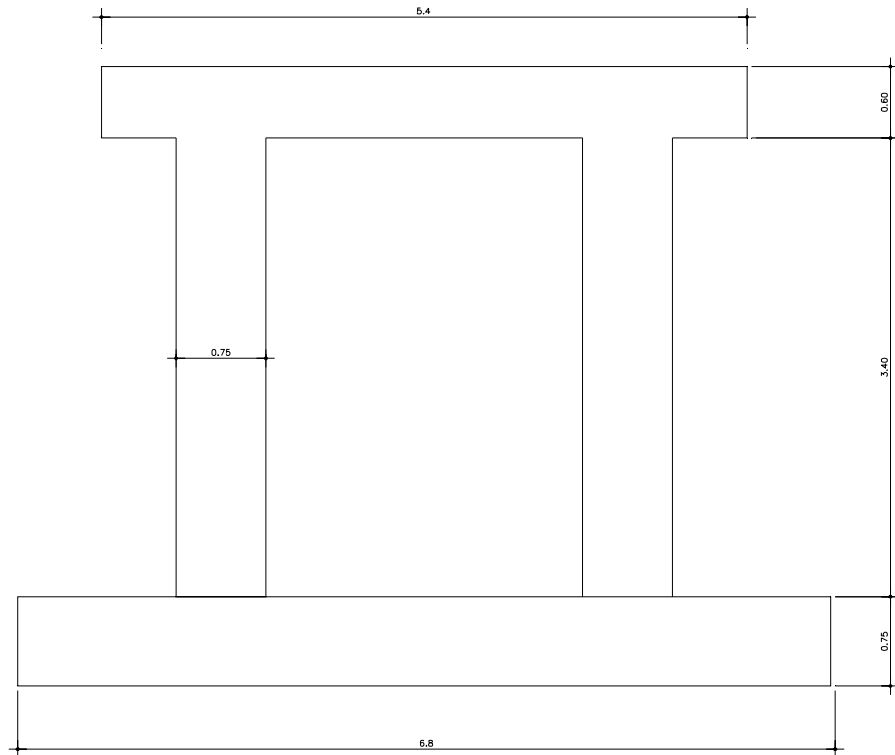
$$P_{\min} < V_s \Rightarrow OK$$

2.3.3.4. Análisis y diseño de pila

Las pilas de puentes sirven para transmitir las cargas de la superestructura propias a la cimentación en los apoyos intermedios, a diferencia de los estribos, estas no retienen rellenos, sin embargo, los dos componentes están sometidos a cargas verticales y horizontales, longitudinales y transversales.

La pila tendrá forma de marco rígido con cimientado combinado simétrico para soportar el tipo de cargas bajo las que actúa.

Figura 30. Predimensionamiento de pila



2.3.3.4.1. Cargas actuantes

Carga muerta:

$$Wd_{pila} = 2400(0.60 * 0.50 * 5.4) + 2400(0.75 * 0.75 * 3.40) + 2400(4 * 6.8 * 0.75)$$

$$Wd_{pila} = 57438kg$$

$$Wd_{super} = 225958.8kg$$

$$Wd_{suelo} = 1600(27.2 * 2 - 0.75 * 0.75 * 2 * 2) = 83400kg$$

Carga viva

$$Wl = 139492.95kg$$

Fuerzas horizontales actuantes debido al impacto sísmico

$$EQ = 0.10(57438 + 225958.8) = 28339.66kg$$

Empujes que actúan sobre la pila

$$presion_{agua} = \frac{K * A * V^2}{g} \gamma_w$$

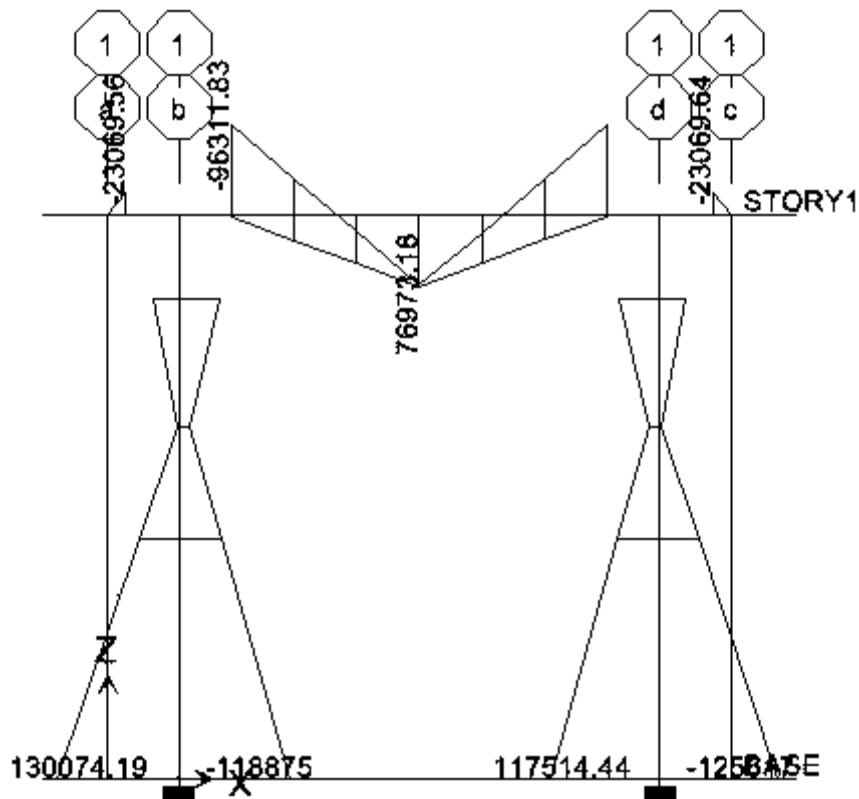
$$presion_{agua} = \frac{1.125(0.75 * 1.50)(1.92)^2}{9.8} 1000 = 476.08 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$Frenado = 0.05 * 139492.95 = 6974.64 \text{ kg}$$

$$Temperatura = 0.25 * 139492.95 = 34873.23 \text{ kg}$$

2.3.3.4.2. Análisis estructural

Figura 31. Diagrama de momentos



2.3.3.4.3. Diseño estructural

2.3.3.4.3.1. Diseño de viga

Refuerzo a flexión

$$A_s = \frac{0.85 f'c H d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{\max}}{0.85 \phi f'c H d^2}} \right)$$

Datos:

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

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

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

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

$$\text{Rec} = 5 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9 \text{ para elementos sometidos a flexión ACI}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

Cama superior

$$A_s = \frac{0.85(281)(50)(55)}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(9631183)}{0.85(0.9)(281)(50)(55)^2}} \right)$$

$$A_s = 56.55 \text{ cm}^2$$

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{4200} (50)(55) = 9.23 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5 \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \beta^2 \left(\frac{0.003}{\frac{f_y}{\epsilon_s} + 0.003} \right) \left(\frac{f'c}{f_y} \right) = 0.85^2 \left(\frac{0.003}{\frac{4200}{2.9E6} + 0.003} \right) \left(\frac{281}{4200} \right) = 0.045$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5(0.045)(50)(55) = 61.88 \text{ cm}^2$$

Cama inferior

$$A_s = \frac{0.85(281)(50)(55)}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(7697318)}{0.85(0.9)(281)(50)(55)^2}} \right)$$
$$A_s = 42.91 \text{ cm}^2$$

Chequeo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} b d = \frac{14.1}{4200} (50)(55) = 9.23 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5 \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \beta^2 \left(\frac{0.003}{\frac{f_y}{\epsilon_s} + 0.003} \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0.85^2 \left(\frac{0.003}{\frac{4200}{2.9E6} + 0.003} \right) \left(\frac{281}{4200} \right) = 0.045$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5(0.045)(50)(55) = 61.88 \text{ cm}^2$$

Refuerzo a corte

Espaciamiento de estribos #4

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_n - V_c}$$

$A_v = 2$ veces el área de la varilla (para estribo cuadrado)

$V_n =$ esfuerzo de corte nominal

$V_c =$ esfuerzo de corte que resiste el concreto

$$A_v = 2(A_{\#4}) = 2(1.27) = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{50034.46}{0.85} = 58864.07 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} c b d = 0.53 \sqrt{281} (50)(55) = 24432.15 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2.54 * 4200 * 55}{58864.07 - 24432.15} = 17.04 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

Como el valor encontrado no excede al máximo permitido se utiliza 0.15m por conveniencia.

Se obtiene la distancia que cubre el concreto por esfuerzos de corte

X = distancia a corte que cubre el concreto

$$X = \frac{V_c \left(\frac{L}{2} \right)}{V_u} = \frac{24432.15 \left(\frac{3.4}{2} \right)}{50034.46} = 0.83 \text{ m}$$

La distancia que falta por cubrir por corte es la siguiente

D = distancia que falta por cubrir

$$D = \frac{L}{2} - X = \frac{3.4}{2} - 0.83 = 0.87 \text{ m}$$

Primer espaciamiento $S = 15 \text{ cm}$

Colocar primer estribo a $S/2 = 7.5 \text{ cm}$

2.3.3.4.3.2. Diseño de columnas

Chequeo de esbeltez

$$E = K \frac{Lu}{r} < 21$$

$$E = 1.2 \frac{(3.4)}{0.3(0.75)} = 18.13$$

Se diseña como columna corta

$$P_u = 324012 \text{ kg} = 714.12 \text{ Klb}$$

$$M_u = 130074.19 \text{ kg-m} = 11283.86 \text{ Klb-in}$$

$$h = 75 \text{ cm} = 29.53 \text{ in}$$

$$h_e = 7 \text{ cm} = 2.75 \text{ in}$$

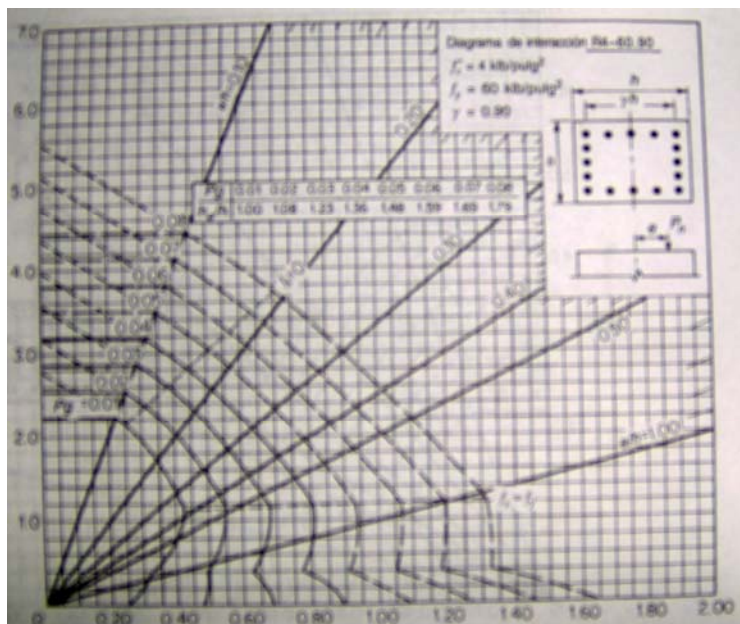
$$A_g = 75\text{cm} \times 75 \text{ cm} = 5625 \text{ cm}^2 = 871.88 \text{ in}^2$$

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{714.12}{871.88} = 0.82 \text{ Klb/in}^2$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = \frac{11283.86}{871.88(29.53)} = 0.44 \text{ Klb/in}^2$$

$$\gamma = \frac{h - h_e}{h} = \frac{29.53 - 2.75}{29.53} = 0.90$$

Figura 32. Diagrama de interacción del ACI



Del diagrama de interacción del ACI

$$\rho = 0.015$$

$$A_s = \rho A_g = 0.015(871.88) = 13.08 \text{ in}^2 = 86.38 \text{ cm}^2$$

El diseño de los estribos transversales se lleva a cabo según las restricciones del ACI, si se utilizan estribos No. 4 con la menor dimensión de la columna de 0.75m, el espaciamiento no puede exceder de:

$$48 * \frac{4}{8} = 24 \text{ in}$$

$$16 * \frac{10}{8} = 20 \text{ in}$$

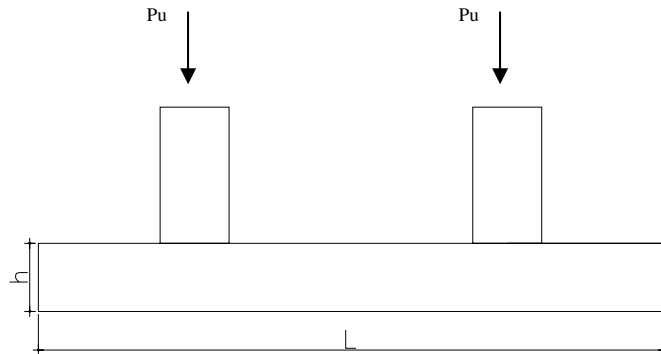
$$b = 29.53 \text{ in}$$

La segunda de las restricciones controla en este caso y se utilizaran entonces estribos No. 4 con un espaciamiento de 0.20m que es menor al espaciamiento máximo permitido.

2.3.3.4.3.3. Análisis y diseño de cimiento combinado simétrico

Se diseña el cimiento combinado para dos columnas que distan 3.40 metros a ejes, no existen restricciones de linderos u obstáculos en el terreno, es necesario tomar en cuenta que previamente se comprobó que trabajando aisladas, las zapatas se traslapan.

Figura 33. Cargas actuantes



Datos:

$$P_u = 324012 \text{ kg} = 324 \text{ ton}$$

$$M_u = 130074.19 \text{ kg-m} = 130 \text{ ton}$$

$$V_s = 20 \text{ ton/m}^2$$

$$\rho_s = 2.25 \text{ ton/m}^3$$

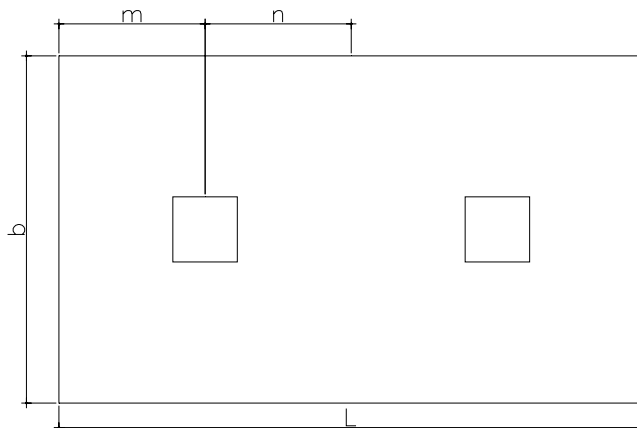
$$F_{cu} = 1.52$$

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

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

$$\rho_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

Figura 34. Cimiento combinado simétrico.



$$n = 1.70 \text{ m}$$

$$m = 1.70 \text{ m}$$

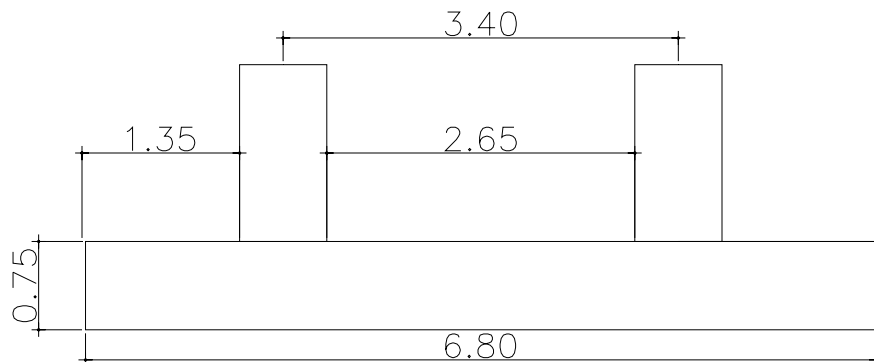
$$P = \frac{Pu}{Fcu} = \frac{324}{1.52} = 213.15 \text{ ton}$$

$$L = 2(m + n) = 4(1.70) = 6.80 \text{ m}$$

$$b = \frac{R}{VsL} = \frac{P1 + P2}{VsL} = \frac{2 * 213.15}{20(6.80)} = 3.13 \text{ m usar 4 metros}$$

$$Az = b * L = 4 * 6.80 = 27.2 \text{ m}^2$$

Figura 35. Dimensiones de cimiento combinado simétrico.



Resultados:

$$q_{\max} = 18.9 \text{ ton / m}^2$$

$$V_a = 135.63 \text{ ton}$$

$$V_r = 148.16 \text{ ton}$$

$$V_{pa} = 298.64 \text{ ton}$$

$$V_{pr} = 367.59 \text{ ton}$$

$$A_s = 68.97 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 65.88 \text{ cm}^2$$

Vigas transversales:

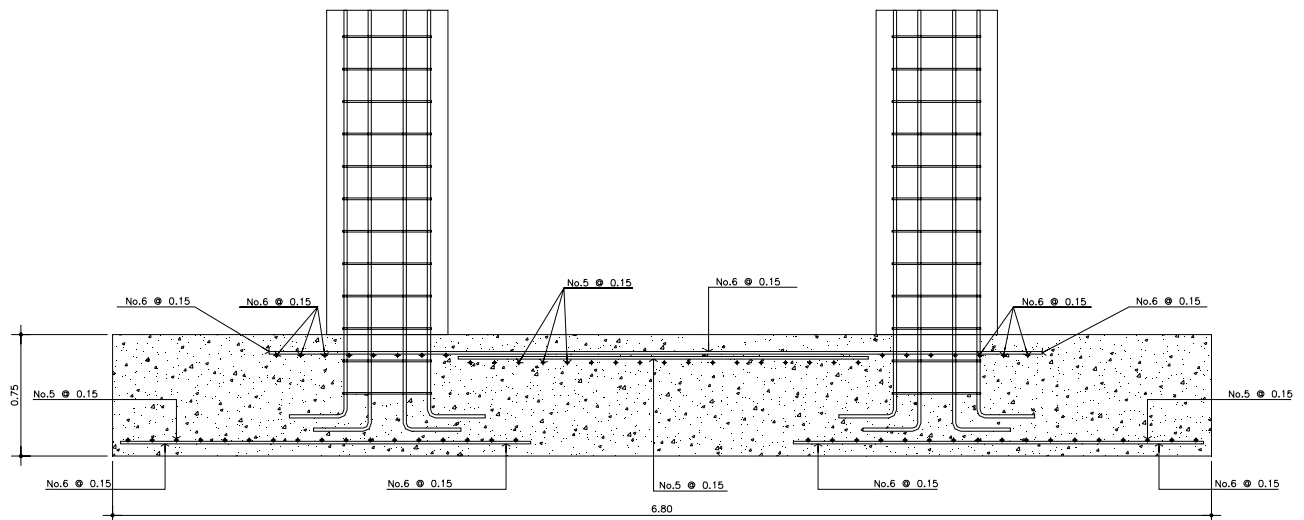
$$V_a = 70.88 \text{ ton}$$

$$V_r = 106.19 \text{ ton}$$

$$A_{s_{min}} = 47.20 \text{ cm}^2$$

Las dimensiones propuestas resisten las fuerzas actuantes, por lo tanto el cimiento estará conformado de la siguiente manera:

Figura 36. Detalle de armado de cimiento combinado simétrico.



2.3.3.5. Diseño de apoyos de neopreno

Los apoyos del puente serán de neopreno de dureza Shore 60 reforzado con placas metálicas. Los detalles se muestran en la figura 37.

El esfuerzo máximo permisible por compresión se obtiene mediante la fórmula:

$$\sigma_P = \frac{8ab}{t(a+b)}$$

$$\frac{\Delta L}{T} < 0.5 \quad \text{apoyos móviles o libremente apoyados.}$$

ΔL = máximo desplazamiento horizontal

a,b = dimensiones del apoyo

σ_f = esfuerzo admisible del acero. (Esfuerzos de trabajo)

σ_P = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

σ_r = esfuerzo a compresión del apoyo

t = espesor de una lámina (1.3 cm)

T = espesor total del elastómero

Los datos para el apoyo son los siguientes

L = 15 mts

a = 50 cm

b = 40 cm

R = 17.88 Ton (por viga)

M_{CM} = 70.61 Ton*m

M_{CV+I} = 131.29 Ton*m

T = 65 mm

Revisar el esfuerzo por compresión

$$\sigma_p = \frac{8ab}{t(a+b)} = \frac{8 * 44 * 40}{1.3(44 + 40)} = 128.94 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_r = \frac{R}{a * b} = \frac{17883.31}{44 * 40} = 10.16 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_r < \sigma_p \Rightarrow OK$$

Apoyo simple o apoyo móvil se debe cumplir $\Delta L/T \leq 0.5$

Cálculo del desplazamiento horizontal $L = 15 \text{ m}$.

Deformación total por esfuerzo.

Se utiliza la ley de Hooke $\sigma_f = 1700 \text{ Kg/cm}^2$

$$\Delta e_T = \frac{\sigma_f}{E} L = \frac{1700}{2.1e6} * 1500 = 1.22 \text{ cm}$$

Deformación por carga muerta.

$$\Delta e_{CM} = \frac{\Delta e_T * M_{cm}}{M_{cm} + M_{cv+i}} = \frac{1.22 * 70.61}{70.61 + 131.29} = 0.43 \text{ cm}$$

Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida

$$\Delta c = 0.000165 * L = 0.000165 * 1500 = 0.2475 \text{ cm}$$

Deformación por temperatura

$$\Delta t = 0.000011 * D^{\circ} * L = 0.000011 * 10 * 1500 = 0.165 \text{ cm}$$

Deformaciones máximas

$$\text{Contracción} = \Delta e_{cm} - (\Delta c + \Delta t) = 0.43 - (0.2475 + 0.165) = 0.17 \text{ cm}$$

$$\text{Dilatación} = (\Delta e_T + \Delta t) - \Delta c = (1.22 + 0.165) - 0.2475 = 1.138 \text{ cm}$$

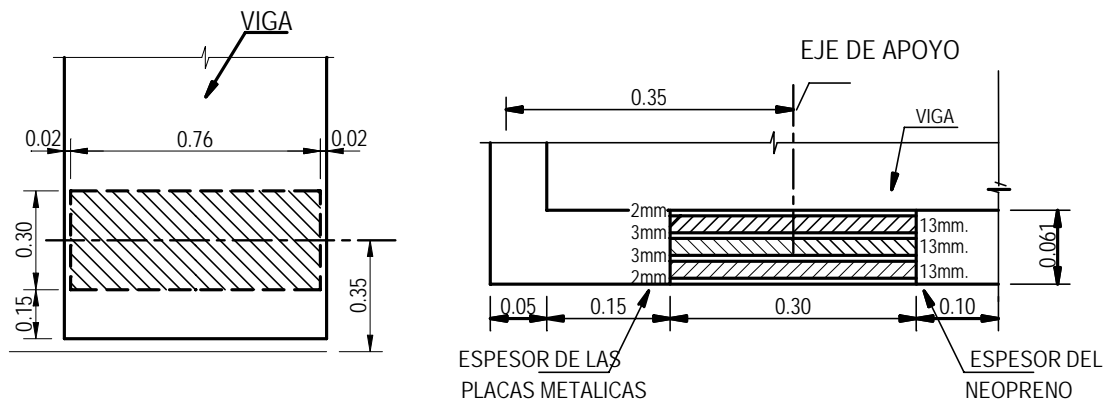
$$\text{Máximo desplazamiento horizontal del apoyo} = \Delta L = 1.138 \text{ cm}$$

Espesor apoyos.

Se usan tres placas de elastómero de 13 mm + dos placas de acero de 2 mm + dos placas de acero de 3mm + envoltura 12 mm = 61 mm = 6.1 cm

$$\frac{\Delta L}{T} = \frac{1.138}{6.1} = 0.19 < 0.5 \Rightarrow OK$$

Figura 37. Apoyos de Neopreno.

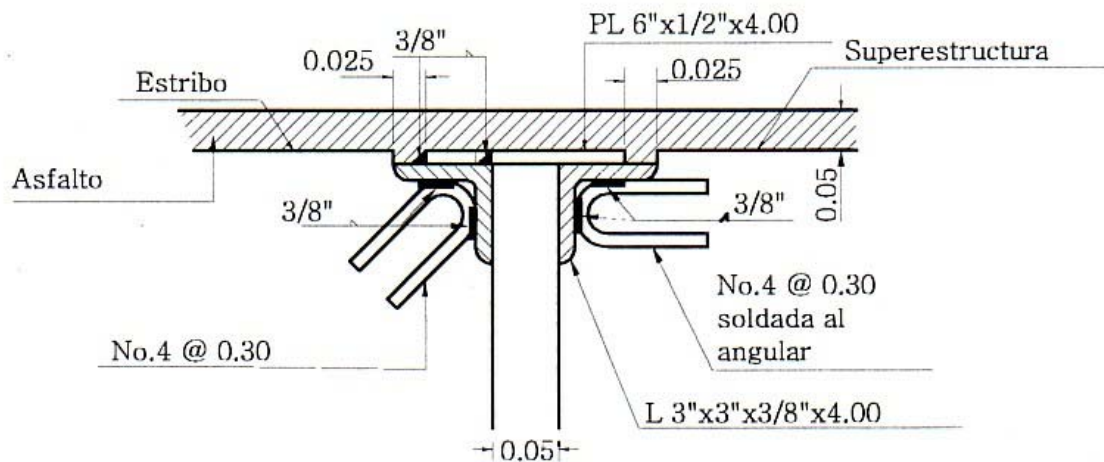


2.3.3.6. Propuesta de juntas de expansión

Juntas ahogadas

Cuando se utiliza una capa de asfalto como superficie de rodadura de los puentes, es usual colocar ésta en forma continua sobre las juntas de expansión. Debido a que en este caso las juntas quedan cubiertas por la capa de asfalto, en algunos países a esta clase de juntas se les conoce como juntas ahogadas. En este tipo de juntas los desplazamientos de los extremos de la superestructura son absorbidos por la deformación del pavimento asfáltico.

Figura 38. Junta ahogada



Junta ahogada estándar de la Dirección General de Caminos

Fuente: Archivo de la Dirección General de Caminos

Estas juntas son usadas ampliamente por las ventajas que presentan como son:

- Se facilita el recapeo, ya que se obtiene una superficie de rodamiento que se puede renovar en lo que respecta a desgaste y resistencia al deslizamiento.
- Se facilita conseguir una buena calidad de rodamiento sobre las juntas de expansión, porque con su utilización se obtiene una superficie de rodamiento lisa y continua, produciéndose el rodamiento de las llantas de los vehículos sin molestias (las juntas ahogadas son el tipo de juntas que tienen la mejor calidad de rodamiento).
- Se puede proteger el concreto estructural por una capa impermeable.
- Se reduce el ruido producido por el rodamiento de las llantas de los vehículos sobre la superficie de concreto (lo cual ocasiona alguna molestia en áreas urbanas).

Factores que afectan a las juntas ahogadas

El comportamiento de las juntas ahogadas, frecuentemente, depende de una compleja combinación de factores y no necesariamente todos los tipos de junta ahogada son afectados por la misma combinación de factores.

Los movimientos que tiene un puente, es un factor muy importante de tomar en cuenta cuando se emplean juntas ahogadas o selladas de alguna forma. Las juntas ahogadas deben estar diseñadas para acomodar los movimientos que se generan en las mismas por la acción del tráfico y por los cambios de temperatura, de manera que la capa de asfalto que se coloca sobre ellas no tenga efectos adversos.

Los movimientos que se producen en las juntas ahogadas debido a la acción del tráfico son influidos por:

- a. rigidez de la superestructura
- b. suma de las cargas de los ejes de los vehículos, sobre las superestructuras adyacentes a la junta
- c. diferencia de altura que hay entre la capa de rodadura y los apoyos de la superestructura posición del eje de rotación de los extremos de la superestructura
- d. tipo y comportamiento de los apoyos de la superestructura
- e. diseño de la junta y materiales de la misma
- f. capa de rodadura sobre la junta
- g. otras restricciones estructurales según el diseño del puente

2.4.Mantenimiento de puente vehicular

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

La falta de mantenimiento adecuado en los puentes da lugar a problemas de funcionalidad y seguridad que pueden ser graves: limitación de cargas, restricciones de paso, riesgo de accidentes, riesgo de interrupciones de la red, y a un importante problema económico por el acortamiento de la vida útil de las obras.

Las causas y razones más comunes por las que es necesario el mantenimiento de un puente son:

- 1) Errores en el proyecto, errores durante la construcción, vigilancia, mantenimiento o reparaciones inexistentes o inadecuadas.
- 2) Materiales inadecuados o deterioro y degradación de los mismos.
- 3) Variación con el tiempo de las condiciones de tráfico (cargas y velocidades).
- 4) Acciones naturales de tipo físico, mecánico o químico (intemperismo).
- 5) Acciones accidentales, terremotos, avalanchas, inundaciones, explosiones, impacto de vehículos con elementos estructurales del puente.

Según la importancia del deterioro observado, las acciones para el mantenimiento un puente se clasifican en tres grupos:

- Mantenimiento rutinario.
- Reparaciones.
- Reforzamientos.

El mantenimiento rutinario es una labor substantiva que debe ampliarse para evitar que crezca el número de puentes con daños.

Con los trabajos de reparación y reforzamiento, se pretende que los puentes recuperen un nivel de servicio similar al de su condición original. Sin embargo, por la evolución del tránsito, a veces no es posible obtener este resultado y se requieren trabajos de refuerzos y ampliaciones.

2.4.1. Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas

Son muchos los problemas que se presentan durante la vida útil de un puente, a continuación trataremos de sintetizar esos problemas y las soluciones que se presentan con más frecuencia.

La presencia de agua por una inadecuada evacuación de la misma da lugar a problemas muy diversos que pueden afectar tanto a los estribos como a las pilas, cabezales, arcos, bóvedas, tableros, vigas, apoyos, terraplenes de acceso, etc. Ya sea por la propia acción directa del agua: erosiones, socavaciones, humedad. Por su acción como vehículo de otros agentes agresivos: corrosión por sales, ataque por sulfatos, disolución de ligantes en mortero, o por jugar un papel predominante en otros fenómenos: reacción árido-álcali.

En las estructuras metálicas resulta evidente la importancia de evitar la presencia permanente en determinadas zonas de humedad, que acabarían siendo origen de fuertes problemas de corrosión.

Los desperfectos originados en las zonas de apoyo y juntas por la humedad que permanentemente se presentan en tales zonas. El mantenimiento de los desagües del tablero es importante.

Las fisuras de flexión son las que se sitúan más generalmente en la zona central del claro, incluyendo las zonas llamadas de "momentos nulos". Nacen en la fibra inferior, cortan el cordón inferior de la viga, suben por el alma, al principio verticalmente, y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos.

Solo pueden existir fisuras inclinadas en el alma, en la cercanía de los apoyos, son fisuras producidas por el esfuerzo cortante.

Estas fisuras son activas, es decir, su abertura varía bajo el efecto diario del gradiente térmico (insolación del tablero) y bajo el de la circulación (vehículos pesados).

Por su proximidad al mar, las altas temperaturas del verano y los vientos dominantes, el puente está sometido a un ambiente altamente agresivo, lo que unido a la deficiente calidad de los materiales y la alta porosidad del concreto puede producir la alta carbonatación del mismo, acelerando la oxidación de las armaduras y el arrancamiento del concreto en muchas zonas.

La oxidación en mayor o menor grado de la armadura activa puede ser extremadamente grave, pues es sabido que la corrosión bajo tensión es un fenómeno que produce su rotura sin previo aviso, poniendo en peligro la estabilidad del puente.

Pérdidas de recubrimiento, oxidación de armaduras, grietas y fisuras generalizadas en todos los elementos del puente, mas a menudo en el tablero y las zonas próximas a las juntas y los drenes.

Despegue del concreto de las péndolas en el tablero y arcos, oxidación de las rotulas metálicas, mal funcionamiento de los drenes del tablero, juntas no estancas y muy deterioradas, muchas veces inexistentes.

A causa de los materiales: concreto fabricado con áridos con elevado contenido del feldespatos (granitos, esquistos, pizarras, etc.), si después tiene un aporte considerable de agua, en este caso este tipo de áridos puede reaccionar con el hidróxido cálcico de la pasta de cemento, produciendo unos nuevos compuestos químicos: ceolitas, productos que son expansivos y que en un plazo más o menos largo producen la destrucción del concreto.

Los procedimientos más usuales para solucionar los problemas más comunes en cada una de las etapas y para los elementos más comunes en los puentes, se sintetizan a continuación:

CAUCES Y CIMENTACIONES

- a) Limpiar, reponer y estabilizar la alineación y la sección transversal del cauce.
- b) Para evitar erosiones y socavaciones: utilizar gaviones o muros de mampostería o de concreto ciclópeo.
- c) Reconstruir los conos de derrame y delantales frente a los apoyos extremos.
- d) Hacer zampeados de mampostería de piedra con dentellones en el fondo del cauce.

- e) Proteger los caballetes con pedraplenes o escolleras instaladas al frente y alrededor.

SUB-ESTRUCTURAS

A) Recimentación de pilas y estribos:

- Utilizando concreto ciclópeo colado bajo el agua.

B) Reparación y refuerzo de pilas y estribos fracturados por socavación, hundimientos e inclinación por cargas.

- Utilizando encamisados de concreto.

- Con el adosamiento de estructuras metálicas.

C) Reparación de pilotes que presentan fractura y exposición del acero de refuerzo.

D) Reforzamiento de corona y cabezales.

E) Inyección de grietas y reposición de concreto degradado.

F) Reconstrucción de coronas y bancos de apoyo.

SUPER-ESTRUCTURAS

De concreto:

A) Reparación de grietas en vigas, diafragmas y losas.

- Inyección de resinas epóxicas.

B) Para reforzar los elementos de la superestructura:

- Adosar soleras metálicas con resinas epóxicas.
- Construir sobrelosas.
- Colocar preesfuerzo longitudinal, transversal y vertical.

C) Alineamiento de superestructuras desplazadas transversalmente por asentamiento de los apoyos o por efectos dinámicos, sismos e impactos de vehículos.

DISPOSITIVOS DE APOYO

Requieren de un programa de limpieza a intervalos regulares y protegerlos con pintura o material galvanizado.

En caso de corrosión severa que impida su funcionamiento, deben reemplazarse.

2.4.2. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario lo comprenden aquellas actividades de mantenimiento en los puentes que pueden ser realizadas por el personal de las residencias de conservación. Dichas actividades son:

- Señalización, pintura, alumbrado, etc.
- Limpieza de acotamientos, drenes, lavaderos y coronas de pilas, estribos, caballetes, etc.

- Limpieza y rehabilitación de conos de derrame incluida su protección, enrocamiento o zampeado.
- Limpieza y rehabilitación del cauce.
- Recapeo de los accesos del puente.
- Protección contra la socavación.
- Reacondicionamiento de parapetos dañados.
- Limpieza o rehabilitación de las juntas de dilatación.
- Limpieza o protección de apoyos.

Las acciones del mantenimiento rutinario más comunes son las siguientes:

Limpieza de drenes, limpieza de juntas, pequeños rellenos en zonas erosionadas en los terraplenes de acceso, limpieza en zona de apoyos, pintura de barandillas, señalamientos, etc. Todas estas operaciones se llevan a cabo por los equipos encargados del mantenimiento ordinario de la carretera.

Barreras de seguridad y barandillas. El mantenimiento y renovación de las barreras de seguridad doble-onda en las estructuras está sujeto a los mismos condicionantes que en el resto de la carretera. Únicamente se da el problema diferencial de la oxidación.

Aceras y canalizaciones. La corrosión de los anclajes que unen las piezas a la estructura, los movimientos diferenciales, los usos de explotación diferentes a los previstos inicialmente, etc. , unidos a los defectos de la colocación inicial, dan lugar a bastantes reparaciones algunas muy costosas y complejas. Además, en ocasiones, el concreto con el que se construyeron estos elementos

es de menor calidad que el empleado en la estructura por lo que en aceras e impostas se dan comparativamente bastantes problemas de deterioro.

El pavimento. Normalmente la vida de las mezclas asfálticas sobre tableros es más dilatada que en pavimentos normales produciéndose la rotura al cabo de los años por cuarteos debidos al propio envejecimiento de la mezcla y el despegue propiciado por el agua que escurre entre el pavimento y la losa.

Por otra parte, es obvia la conveniencia de no reparar el pavimento añadiendo una capa sobre la existente por lo que supone de sobrecarga y en muchos casos la anulación de bordillos, drenes y juntas de dilatación.

Por consiguiente, las acciones de conservación que se llevan acabo sobre el pavimento de los puentes consisten en el sellado de grietas o el extendido de capas finas a base de lechadas asfálticas que regeneran las características superficiales y a la vez que mejoran la impermeabilidad de las losas.

En otros casos, es necesario eliminar el pavimento existente mediante fresado o demolición, y extender una nueva capa de mezcla asfáltica previa renovación o implantación de la correspondiente capa de impermeabilización.

2.4.3. Reparaciones

Reparaciones dentro del mantenimiento se consideran las siguientes acciones:

Sellado de fisuras, inyección de fisuras, saneo de concreto degradado, reposición de concreto, limpieza de armaduras, impermeabilización del tablero, pintura perimetral, recolocación o recalce de apoyos, reparación o reposición de barreras o parapetos, reparación de aceras y canalizaciones de servicios, actuaciones sobre el pavimento y otras actuaciones singulares como, por

ejemplo, arreglo de socavaciones en la cimentación, etc. Estas acciones se llevan a cabo por equipos específicos una vez que se ha decidido su realización.

La reparación de los puentes enmarca las siguientes actividades en los puentes que son realizadas por personal técnico especializado (empresas contratistas):

- Alineamiento vertical y horizontal de tableros de la superestructura.
- Cambio de apoyos.
- Cambio de juntas de dilatación.
- Rehabilitación del concreto degradado.
- Tratamiento de armados expuestos.
- Inyección de grietas en subestructura y superestructura.
- Protección de aceros expuestos en subestructura y superestructura

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

Otro tipo de acciones es la reparación de daños producidos por golpes. Con cierta frecuencia se producen colisiones del tráfico con las obras, especialmente de vehículos que circulan con altura excesiva de carga por pasos inferiores, aunque también dentro de la propia autopista por colisionar contra pilas, etc. Estos daños cuando se producen son reparados aunque no constituyan un

peligro inmediato para el buen funcionamiento de la estructura. La reparación consiste normalmente en la eliminación del concreto roto y su sustitución por un mortero de reparación.

Las acciones que se llevan a cabo mas frecuentemente son:

- Impermeabilización y regeneración del concreto de losas, pilas y estribos, consistente en:

Descubrir la cara superior del tablero y proceder a su inspección y auscultación para descubrir fisuras, zonas huecas, degradación, etc. En pilas y estribos se inspeccionan las partes visibles.

Inyectar las fisuras cuya abertura y profundidad suponga un peligro grave para la durabilidad tanto en la cara superior como inferior, y sellar el resto.

Eliminar, en el caso que existe, el concreto cuarteado, desagregado, o separado en láminas y sustituirlo por un mortero de reparación.

Limpiar el óxido de las armaduras descubiertas y sustituir las en caso que tuvieran una corrosión importante.

Mejorar en sistema de drenaje en los casos en que convenga.

Extender una capa de impermeabilización competente en la cara superior del tablero, regularizando la superficie previamente si es necesario.

Recubrir el concreto visto, cara inferior de las losas, pilas, estribos, alzados, etc. con una pintura antihumedad y anticarbonatación transparente o de color.

Reparación o sustitución de elementos del equipamiento. Componen el equipamiento de un puente: los apoyos, las juntas de dilatación, los sistemas de

impermeabilización y drenaje, el pavimento, las barreras de seguridad, las barandillas, las aceras, las eventuales canalizaciones para servicios, etc.

En la mayoría de los casos, además, del deterioro de estos elementos es más rápido que el de la estructura por lo que normalmente una buena parte de acciones va dirigida a la reparación o renovación de los mismos.

2.4.4. Reforzamientos

Desde el punto de vista estructural se puede considerar que el refuerzo de un puente es debido, en general, a una de las tres razones siguientes:

- a) Necesidad funcional de aumentar la capacidad resistente de un puente.
- b) Corregir fallos detectados que hacen suponer que ha disminuido la capacidad de carga prevista inicialmente.
- c) Saneamiento, reparación y refuerzo de puentes sometidos al deterioro natural del tiempo.

Entre las acciones más comunes dentro del reforzamiento de un puente, están:

- Elevación de rasantes.
- Ampliación de áreas hidráulicas.
- Reforzamiento pasivo (Inyección de grietas con resinas epóxicas y colocación de placas mecánicas adheridas).
- Reforzamiento activo: (Inyección de grietas con resinas epóxicas).
- Reforzamiento externo: longitudinal, transversal y vertical.

Es muy frecuente clasificar los procedimientos utilizados en el refuerzo de estructuras en:

- Procedimientos pasivos.
- Procedimientos activos.

Estos últimos, los activos son aquellos basados en la introducción en la estructura de acciones o deformaciones que modifican su estado tensional favoreciendo su comportamiento resistente.

Entre los procedimientos pasivos más utilizados se pueden citar los siguientes:

- Refuerzo con concreto armado.
- Refuerzo con concreto proyectado.
- Refuerzo con adición de PLACAS y perfiles metálicos.

Entre las aplicaciones del refuerzo con concreto armado se pueden citar:

- a) Refuerzo de pilares mediante recrecido de los mismos.
- b) Refuerzo de tableros mediante recrecido de sus vigas o losa para aumentar su resistencia a la flexión y/o al cortante.

En todos los casos se ha de garantizar el trabajo conjunto del concreto existente y del refuerzo, la limpieza de la superficie de unión, utilización de conectores y la aplicación de una resina especial.

2.5. Planos

Figura 39. Plano de detalle de losa

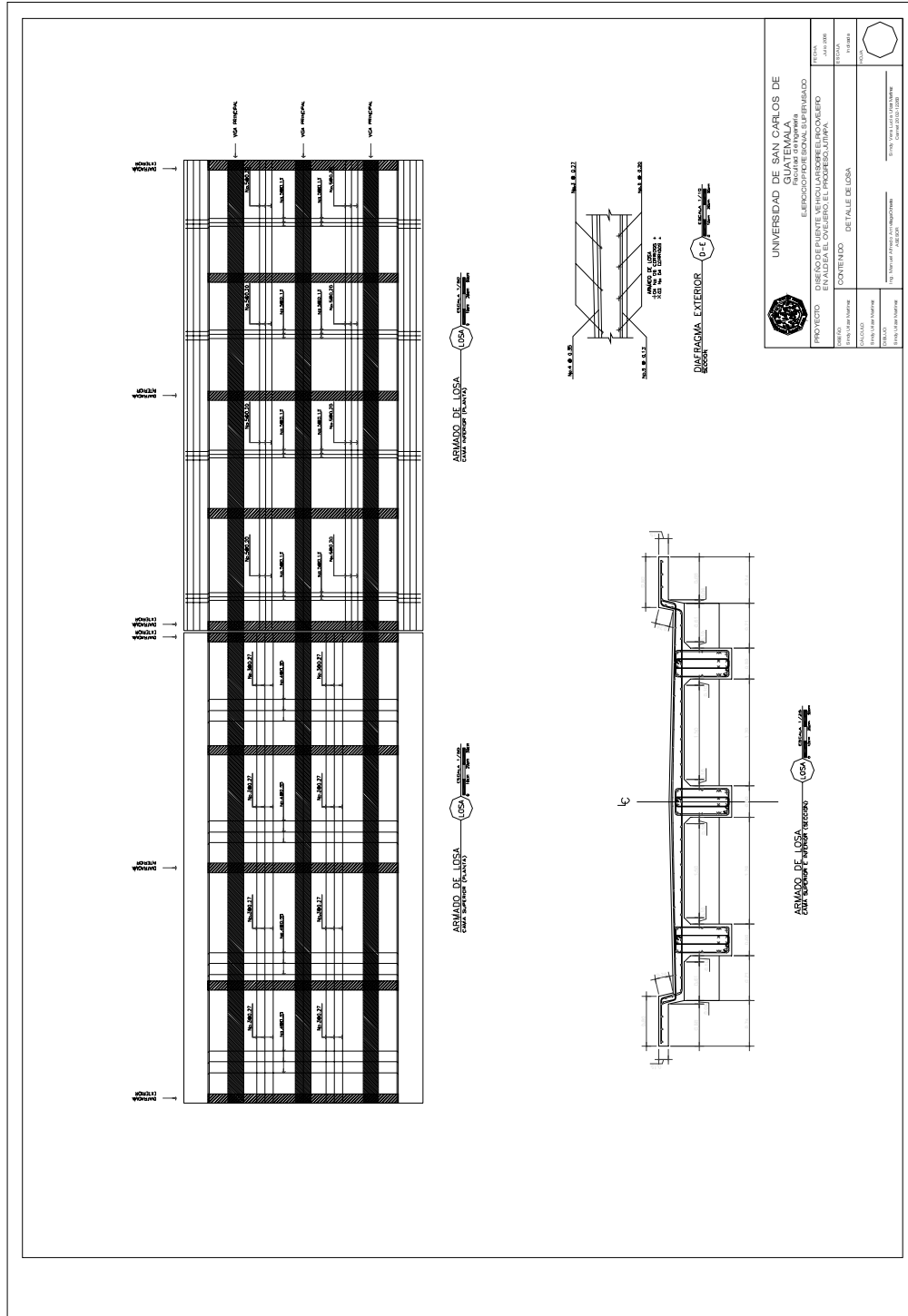


Figura 40. Plano de geometría de puente y estribo

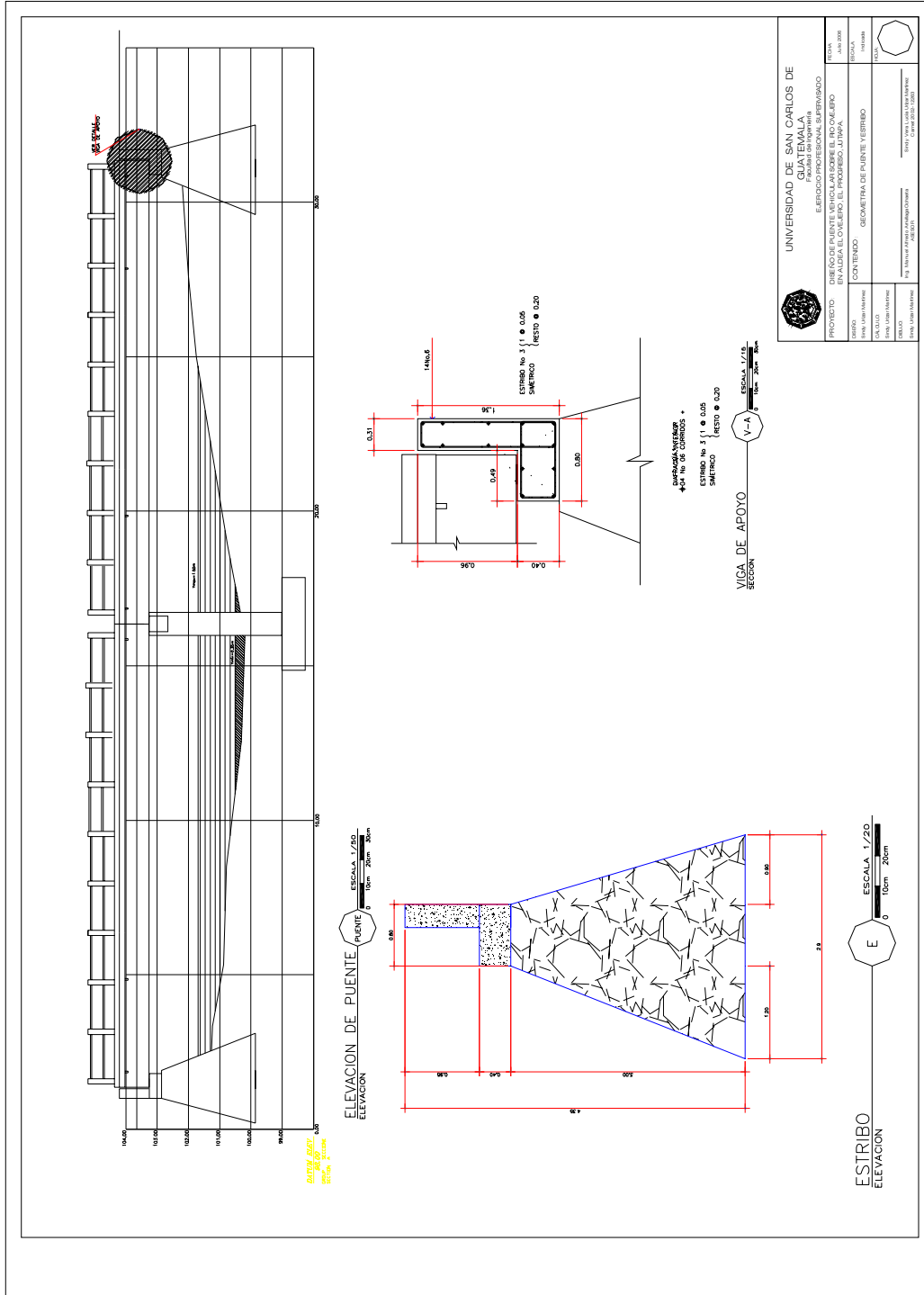
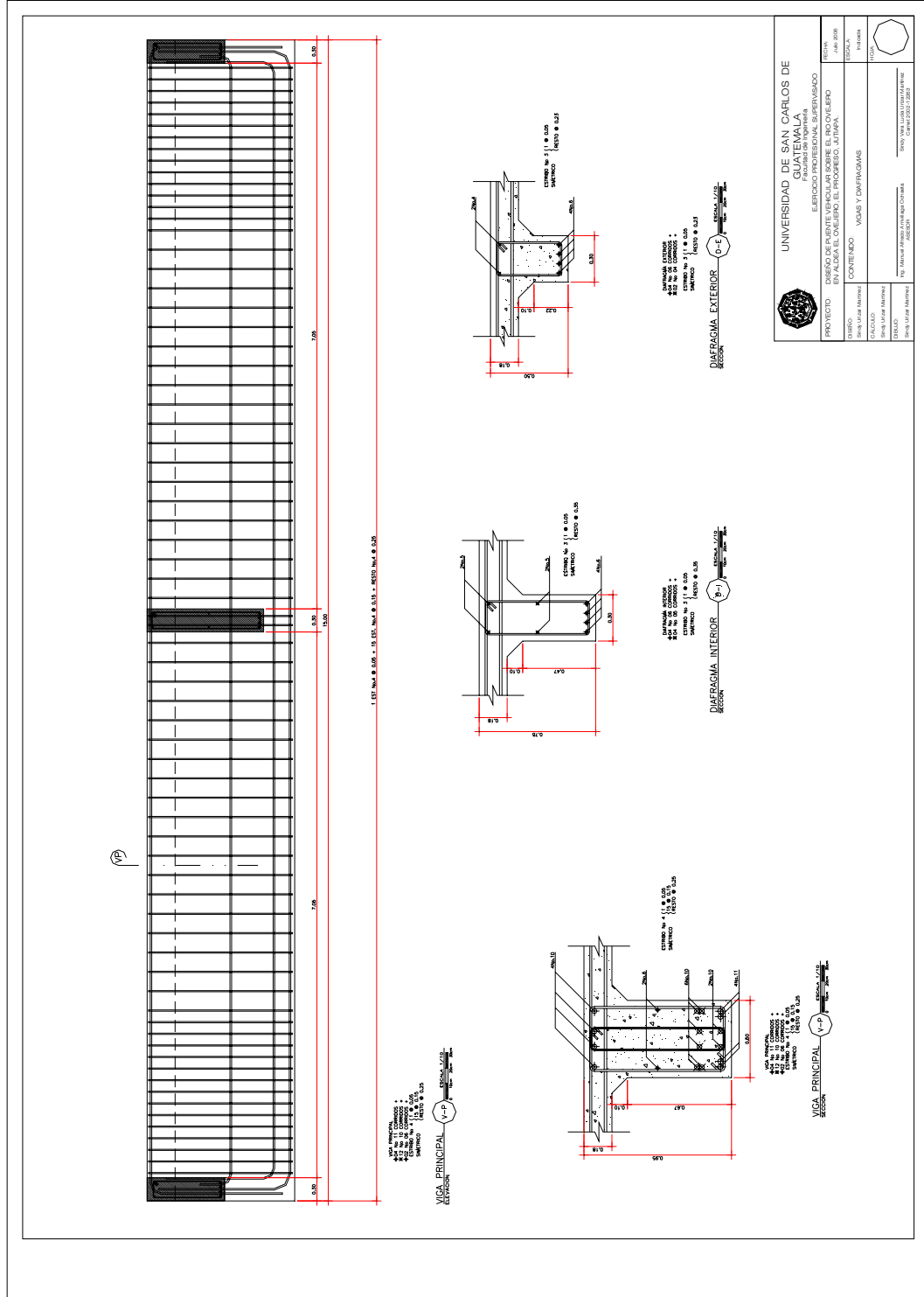


Figura 41. Plano de vigas y diafragmas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Facultad de Ingeniería		
PROYECTO	DISEÑO DE UN PUNTO VINCULANTE SOBRE EL BOCALIZADO EN ALDA EL CAJERO EL PROGRESO JAJAPÁ.	FECHA
DISEÑO	SIMÓN UGAR MARTÍN	JUNIO 2008
PROFESOR	SIMÓN UGAR MARTÍN	ESCALA
CONTENIDO	VIGAS Y DIAFRAGMAS	Hoja 1
DETALLE	No. 10054 PUNTO VINCULANTE	10054 PUNTO VINCULANTE
	No. 10054 PUNTO VINCULANTE	10054 PUNTO VINCULANTE

Figura 42. Plano de pila central

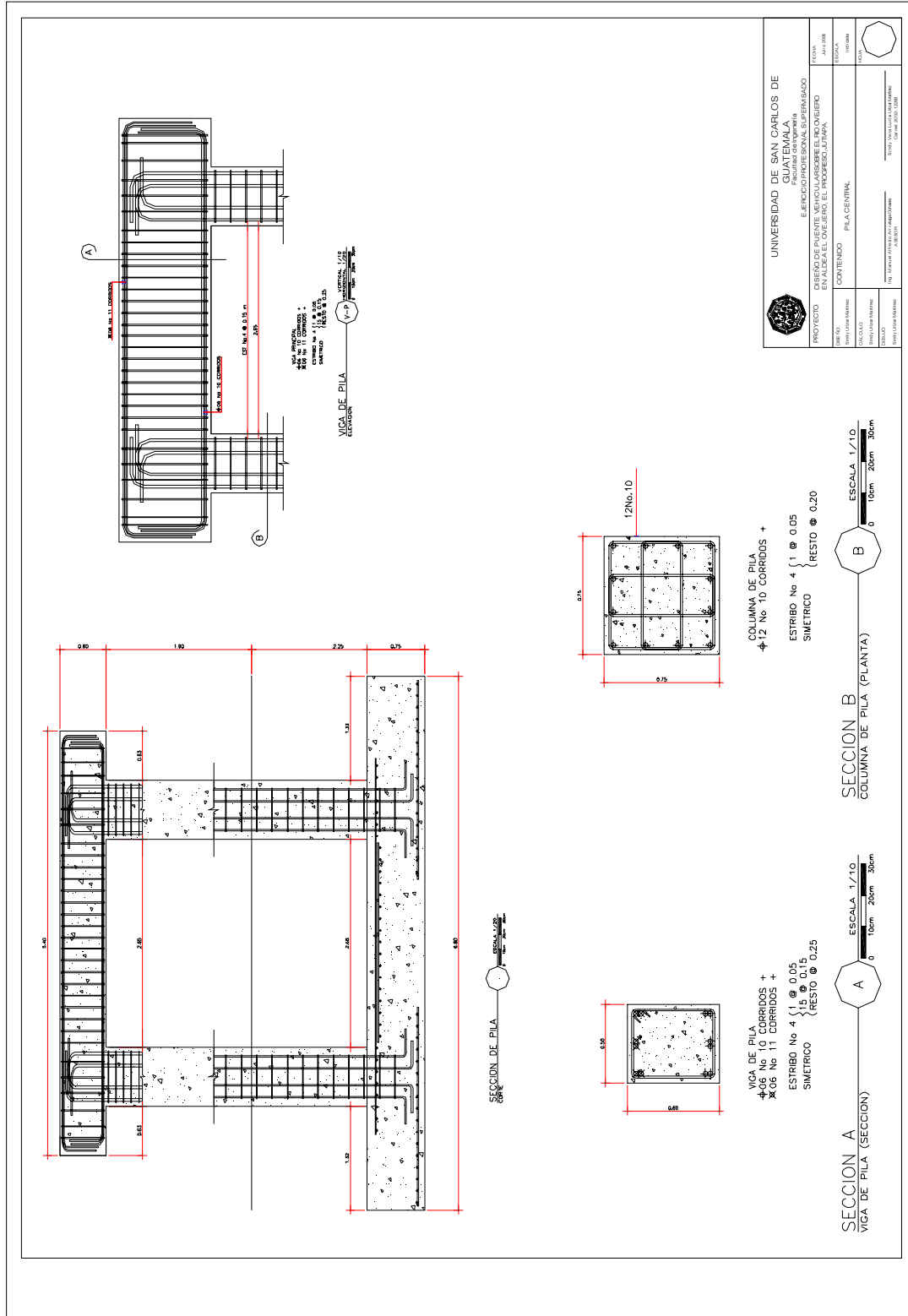
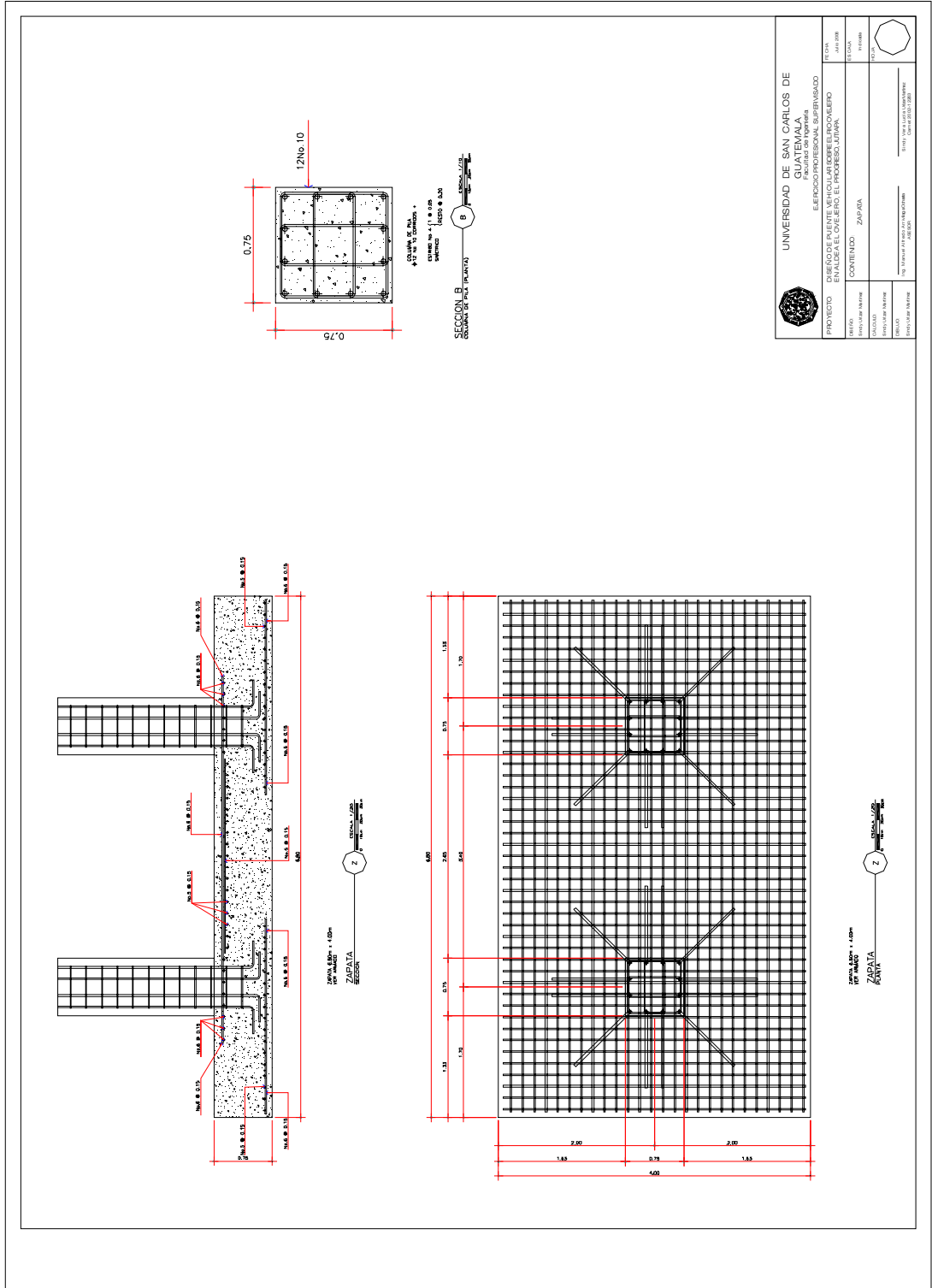


Figura 43. Plano de cimentación.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		FECHA: JUNIO 2008
PROYECTO: OMBRADO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIVERO EN ALDEA EL OVEJERO, EL PROGRESO, UJUMÁ	CONTENIDO: ZAPATA	ESTADIA: PROYECTO
DISEÑO: ... REVISADO: ... APROBADO: ...	(1) TITULO DE INGENIERIA CIVIL (2) TITULO DE INGENIERIA CIVIL	DISEÑO: ... REVISADO: ... APROBADO: ...

2.6. Presupuesto

Tabla VIII. Presupuesto de puente

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Sub Total	Total
1	Trabajos Preliminares					Q 18,837.09
1.1	Preliminares	1.00	global	Q 18,837.09	Q 18,837.09	
2	Sub-estructura					Q 326,989.06
2.1	Estribos	75.64	m3	Q 1,979.68	Q 149,743.00	
2.2	Vigas de Apoyo + Cortinas	12.66	ml	Q 2,659.37	Q 33,667.62	
2.3	Pila Central	1.00	global	Q 143,578.44	Q 143,578.44	
3	Super-estructura					Q 1,081,002.78
3.1	Losa	191.63	m2	Q 1,905.00	Q 365,055.15	
3.2	Diafragmas Internos	26.40	ml	Q 1,988.98	Q 52,509.19	
3.3	Diafragmas Externos	17.60	ml	Q 1,756.32	Q 30,911.23	
3.4	Vigas Principales	90.00	ml	Q 5,723.16	Q 515,084.40	
3.5	Andén + Barandal	60.00	ml	Q 1,957.38	Q 117,442.80	
TOTAL DE LA OBRA					Q 1,426,828.93	
					\$ 186,027.24	

3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

3.1. Riesgo de impacto ambiental

La construcción de puentes, al igual que todas las actividades realizadas por el hombre en la faz de la tierra, genera impacto en todos los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Este impacto puede ser de carácter positivo, negativo irreversible, negativo con posibles mitigaciones o neutro.

3.2. Vulnerabilidad del entorno

Para la construcción de un puente, los impactos generados se consideran poco significativos por lo que se puede realizar una evaluación rápida. Esta evaluación debe contener información básica, establecer con suficiente nivel de detalle los impactos negativos previstos y sus medidas de mitigación propuestas con su respectivo costo.

3.2.1. Evaluación rápida

3.2.1.1. Información sobre el proyecto

- a) Nombre de la comunidad: aldea El Ovejero
- b) Municipio: El Progreso
- c) Departamento: Jutiapa

3.2.1.2. Tipo de proyecto

Puente vehicular de dos vías de concreto armado en camino rural.

3.2.1.3. Consideraciones especiales

Consideraciones identificadas en oficina o durante visita de campo.

3.2.1.4. Consideraciones sobre áreas protegidas

Las áreas que se encuentran incluidas dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP).

- a. ¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida? no
- b. Nombre del área protegida: no aplica.
- c. Categoría de manejo del área protegida: no aplica.
- d. Base legal de la declaratoria del área protegida: no aplica.
- e. Ente administrador del área protegida: no aplica.
- f. Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida: no se encuentra dentro de zonas protegidas.
- g. Por la ubicación del proyecto dentro de áreas del SIGAP: El proyecto no requiere un estudio de impacto ambiental.

3.2.1.5. Consideraciones sobre ecosistemas naturales

- a. ¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural? no
- b. ¿Estado actual del ecosistema? no aplica.

3.2.1.6. Otras consideraciones

Cruza el proyecto alguna de las siguientes zonas:

- a. Zona de alto valor escénico: no
- b. Área turística: no
- c. Sitio ceremonial: no
- d. Sitio arqueológico: no
- e. Área de protección agrícola: no
- f. Área de asentamiento humano: no
- g. Área de producción forestal: no
- h. Área de producción pecuaria: no

3.2.1.7. Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción

Se determina que durante la ejecución del proyecto, se presentarán los siguientes impactos ambientales negativos:

Tabla IX. Impactos ambientales negativos generados durante la ejecución

Impacto ambiental previsto	El presente impacto ambiental negativo requiere de medidas de mitigación específicas que deberán ser implementadas por:		
	Ejecutor	Comunidad	Municipalidad
Actividad			
Deslaves de material	X		
Erosión de cortes	X		
Disposiciones inadecuadas de materiales de desperdicio	X		
Alteración del drenaje superficial	X		
Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción	X		

Continúa

Contaminación del aire por polvo generado en construcción	X		
Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes		X	
Riesgos para la salud de los trabajadores	X		
Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	X		

3.2.1.8. Impactos ambientales negativos identificados durante la operación

Se determina que durante la operación y mantenimiento de proyecto se generarán los siguientes impactos ambientales negativos:

Tabla X. Impactos ambientales negativos generados durante la operación

Impacto ambiental previsto	El presente impacto ambiental negativo requiere de medidas de mitigación específicas que deberán ser implementadas por:		
	Comité Mantenimiento	Comunidad	Municipalidad
Erosión de cortes	X	X	
Accidentes de tránsito	X		
Accidentes a peatones	X		
Reasentamiento involuntario			X

3.2.1.9. Impactos, medidas de mitigación y relación con la etapa del proyecto

Los impactos ambientales negativos, medidas de mitigación, su relación con la etapa del proyecto:

Tabla XI. Medidas de mitigación en la ejecución y la operación

ETAPA PROYECTO	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
	Impacto	Medidas de mitigación	Impacto	Medidas de mitigación
Ambiente físico				
Suelos	Deslaves de materia. Erosión de cortes. Disposición inadecuada de materiales de desperdicio.	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física. Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0.25 m compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	No significativo.	
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial. Disminución de la calidad del agua.	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de ribera de ríos; alteración mínima de corrientes de aguas naturales.	No significativo.	
Calidad del aire	Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción. Contaminación del aire por polvo generado en construcción.	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cause del río. Uso de agua para minimizar la generación de polvo.	No significativo.	
Ambiente biológico				
Hábitat natural	No significativo.		No significativo.	

Fauna y flora	No significativo.		No significativo.	
Ambiente social				
Estética y paisaje	Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.	Limpieza de sitios de construcción.	Erosión de cortes.	Mantenimiento y limpieza en zona de cortes.
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores.	Desarrollar plan de seguridad e higiene.	Accidentes de tránsito. Accidentes peatonales.	Regulación y señalización adecuadas
Comunidades humanas	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra. No significativo.	Hacer sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para su posterior disposición en zona adecuada.	No significativo.	

3.2.1.10. Costos de aplicación de las medidas de mitigación

Tabla XII. Aplicación de costos de las medidas de mitigación

ETAPA PROYECTO	Medidas de mitigación	Costo
Construcción	Prevenición durante la construcción; prevención de erosión usando estabilización física.	Incluido en costo de estabilización de aproches.
	Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0.25 m compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	Incluido en costo de excavación.
	Construcción durante estación seca; minimizar la erosión de ribera de ríos; alteración mínima de corrientes de aguas naturales.	Requiere únicamente de programación de inicio de obra en mes adecuado.
	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.	Incluido en costos administrativos.

	<p>Uso del agua para minimizar la generación de polvo.</p> <p>Limpieza de sitios de construcción.</p> <p>Desarrollar plan de seguridad e higiene.</p> <p>Hacer sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para su posterior disposición en zona adecuada.</p>	<p>Incluido en costo de excavación.</p> <p>Incluido en costos administrativos.</p> <p>Incluido en costos administrativos.</p> <p>Incluido en costos administrativos.</p>
Operación y mantenimiento	<p>Mantenimiento y limpieza en zona de cortes.</p> <p>Regulación y señalización adecuadas.</p>	<p>Variable con fondo para mantenimiento del comité.</p> <p>Variable con fondo para mantenimiento del comité.</p>

3.3. Recomendaciones de la evaluación, viabilidad ambiental del proyecto

Al observar los impactos generados, los no significativos y las medidas de mitigación requeridas se considera el proyecto ambientalmente viable, pues aún en costos, la mayoría están incluidos dentro de los renglones principales de trabajo. Se prevé que habrá impactos sociales de carácter positivo, al mejorar la comunicación entre las comunidades y su municipio.

3.4. Aspectos a considerar para no causar daños

- El movimiento de tierra realizado por cambio de rasante se debe depositar en una zona adecuada fuera del cauce del río; se debe homogenizar, conformar y compactar; posteriormente, se debe colocar una capa de suelo orgánico.
- Los taludes del estribo de entrada y salida se estabilizarán, para evitar erosión y falla en los mismos, que puedan causar turbiedad y contaminación en el agua.

- En zonas adyacentes al área donde se construirá el puente no se debe explotar ningún banco de material, ya que modificará el régimen de aguas que en conjunto con el movimiento de materiales, puede afectar notablemente la capacidad y estabilidad de la estructura.

CONCLUSIONES

1. La agricultura es de las principales actividades económicas del municipio, especialmente en el área de la laguna de Retana, sector que también se verá beneficiado con la construcción del puente por su ubicación respecto de carreteras de mucha importancia. La densidad poblacional de El Progreso, Jutiapa es mayor que la de los otros municipios del departamento, cuenta con todos los servicios básicos, se ofrecen niveles de educación desde preprimaria hasta universitarios, existe poca cobertura en salud y las viviendas, en su mayoría, son construcciones formales que se encuentran en buen estado.
2. La construcción del puente de concreto reforzado es económicamente factible, ya que el monto de la inversión se adapta a los recursos de la Municipalidad y los precios de los materiales calculados se encuentran dentro del rango de los disponibles en el lugar. Tomando en cuenta también los múltiples beneficios, tanto económicos como sociales, que se obtendrán cuando el puente esté terminado.
3. Al igual que todas las actividades realizadas por el hombre, la construcción del puente genera impacto en el medio ambiente, sin embargo, se considera poco significativo; por lo que se deben implementar las medidas de mitigación adecuadas para minimizar los impactos que se produzcan en las etapas de ejecución y de operación, para garantizar que el proyecto sea ambientalmente viable como se concluyó.

RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia que se garantice la supervisión técnica, por parte de un profesional de la ingeniería, para la construcción de tan importante obra, se deben seguir estrictamente las especificaciones técnicas y controlar la calidad de los materiales de construcción.
2. Cuando se realicen las excavaciones para la cimentación se debe verificar las condiciones de los estratos al nivel de desplante, debido a que pudiera tener variación respecto de las muestras tomadas. Si el material fuera de mala calidad se debe analizar la situación para tomar decisiones adecuadas que garanticen la estabilidad de la estructura.
3. Se recomienda realizar mantenimiento rutinario, que comprende todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puente, obras de drenaje menores, muros de retención y actividades afines.
4. El camino en el que se ubicará el proyecto del puente no está completamente concluido, por lo que hay que tomar en cuenta los efectos sobre la movilización al momento de realizar la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

1. **American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO)**. Standard Specifications for highways and bridges. 16^a edición, Estados Unidos, 1996.
2. **Building Code Requirements for Structural Concrete**. American Concrete Institute, ACI 318–99. Michigan, 1999.
3. Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1,994. 178 pp.
4. **Características Generales de Población y Habitación de Jutiapa**. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala, julio 2000, 182 p.p.
5. Castillo Ríos, Aura Josefina. Características Socio-Económicas del Municipio de El Progreso, Departamento de Jutiapa. Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2002.
6. Cujcuy Colaj, Gerson Urias. Diseño del puente vehicular de concreto, en la comunidad Sajcap, municipio de San Martín Jilotepeque. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 169 pp.
7. Crespo Villalaz, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. 4^a edición, Editorial Limusa, México, 1999. 640 pp.
8. Crespo Villalaz, **Vías de comunicación**. 3^a edición, Limusa, Noriega Editores, México, 2002, 715 pp.
9. Itzep Xiloj, Adolfo Estanislao. Diseño de dos puentes vehiculares para el Caserío Pancá y el Paraje Paxamaramac del Municipio de Momostenango, Departamento de Totonicapán. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 106 pp.

10. Nilson, Arthur H. **Diseño de estructuras de concreto**. 12a edición, McGraw–Hill Interamericana S.A., Colombia, 2001. 722 pp.
11. **Normas de evaluación ambiental**. Banco Centroamericano de Integración Económica, Guatemala, 1998.
12. Padilla García, Francisco José. Diseño del puente vehicular y ampliación de la calle de acceso al puente entre las colonias San Isidro y Alta Loma del municipio de Jocotenango, Sacatépequez. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 151 pp.
13. Park, R y T., Paulay. **Estructuras de concreto reforzado**. 1a edición, Editorial Limusa, México, 1997. 796 pp.
14. Simmons, Charles S. Clasificación **de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala**. Ministerio de Agricultura, Guatemala, 1959.