



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE  
COROZAL, EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE  
LA CARRETERA CA-9 NORTE.**

**Rigoberto González Cuyán**

**Asesorado por el Ing. Armando Fuentes Roca.**

Guatemala, noviembre de 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL, EN LA  
REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RIGOBERTO GONZÁLEZ CUYÁN**

ASESORADO POR EL ING. ARMANDO FUENTES ROCA.  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Jorge Alberto Lam Lau
<b>EXAMINADOR</b>	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

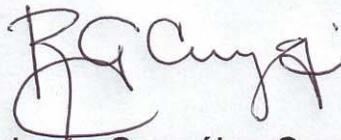


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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:

### **ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL, EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 13 de agosto de 2008.



**Rigoberto González Cuyán**





Guatemala, 14 de octubre de 2008

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de Escuela Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE el cual cumple con los objetivos trazados, desarrollado por el estudiante universitario Rigoberto González Cuyán, de la carrera de ingeniería civil.

Por lo anterior, agradezco de antemano la atención que le sirvan prestar a la presente.

Atentamente,

Ing. Armando Fuentes Roda  
Colegiado No. 2999  
Asesor





Guatemala,  
22 de octubre de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

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

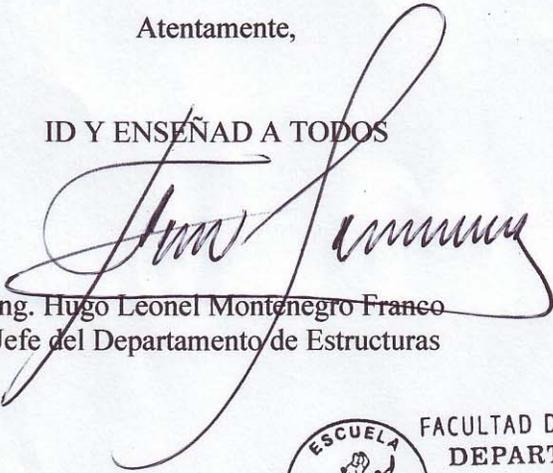
Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rigoberto González Cuyán, quien contó con la asesoría del Ing. Armando Fuentes Roca.

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. Armando Fuentes Roca y del Jefe del Departamento de Estructuras, Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco al trabajo de graduación del estudiante Rigoberto González Cuyán, titulado ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL, EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2008.

/bbdeb.



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.389.2008

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: **ESTRUCTURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE COROZAL, EN LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA-9 NORTE**, presentado por el estudiante universitario **Rigoberto González Cuyán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS** Por otorgarme la sabiduría, el tiempo y las fuerzas para seguir adelante, dándome en el transcurso de mi vida lo necesario.
- LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS** Por ser el Alma Máter de donde adquiero el saber.
- El Señor** Sergio Hernández y familia, por su confianza y el apoyo para llegar a obtener este logro.
- El Ingeniero** Armando Fuentes Roca, por el asesoramiento en la realización de este documento.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Isabel González  
Estela Esperanza Cuyán de González (Q.E.P.D.).
- Mis hermanas** Por el apoyo y cariño mostrado en todo momento.
- Mis sobrinos** Para que sea un testimonio de superación.
- Mis amigos y familiares** Por acompañarme en el transcurso de mi vida; éxitos para cada uno de ellos.
- La familia Lam** Por el apoyo que mostraron, gracias Kimberly, por tu confianza y el amor mostrado.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>

### 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Generalidades	1
1.1.1 Reseña histórica de la rehabilitación y ampliación de la carretera CA-9 Norte.	1
1.1.2 Ubicación geográfica del proyecto	2
1.2 Especificaciones especiales del proyecto	5
1.2.1 Especificaciones para el concreto a utilizar	5
1.2.2 Especificaciones para el acero a utilizar	6
1.3 Modificaciones geométricas del tramo	10
1.3.1 Mejoras y modificaciones especiales debidas a la construcción del puente	10

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Suposiciones de cálculo	13
2.1.1 Tramo más crítico	13
2.1.2 Ancho de la pista	13
2.1.3 Separación de vigas	14
2.1.4 Cargas	14
2.1.4.1 Muerta	14
2.1.4.2 Viva	15
2.1.5 Carga de impacto	16
2.1.6 Combinación de cargas	16
2.1.7 Momento de diseño ( $M_d$ )	17
2.1.8 Corte de diseño ( $V_d$ )	17
2.1.9 Revisión de sección propuesta	17
2.1.9.1 Peralte de viga	17
2.1.9.2 Cálculo de radio de giro	18
2.1.9.3 Relación $h/t$	18
2.1.9.4 Cálculo del momento de inercia respecto a $x$	18
2.1.9.5 Determinación de la flexión	19
2.1.9.6 La viga tiene soporte lateral en sus extremos (L) revisión de pandeo lateral torsional (PLT).	19
2.2 Super-estructura	23
2.2.1 Diseño de losa	23
2.2.2 Diseño de vigas	25
2.2.3 Diseño uniones L/3	31
2.2.4 Revisión fuerza centrífuga	39
2.3 Diseño sub-estructura	43
2.3.1 Cargas	43
2.3.2 Chequeo estabilidad cimiento	49
2.3.3 Diseño de columnas por el programa PCACOL	50

### **3. DERECHO DE VÍA**

3.1 Definición del derecho de vía	57
3.2 Función del derecho de vía	58
3.3 Aplicación del derecho de vía	58
3.4 Formas de adquisición del área de terreno del derecho de vía	58
3.4.1 Por compra	59
3.4.2 Por donación	59
3.4.3 Por expropiación forzosa	60

### **4. PROCESO CONSTRUCTIVO**

4.1 Sub-estructura	65
4.2 Super-estructura	70
4.3 Obras complementarias	71

### **5. CONTROL DE CALIDAD**

5.1 Definición de control de calidad	73
5.2 Control y aseguramiento de calidad	74
5.3 División de control de calidad	75
5.4 Autoridad y obligación sobre el control de calidad	76
5.5 Etapas del control de calidad	76
5.6 Personal de control de calidad	78
5.6.1 Calificación de personal	79
5.7 Equipo para el control de calidad	79
5.8 Ejecución del control de calidad	79
5.8.1 Reportes del control de calidad	80
5.8.2 Frecuencia de ensayos y pruebas de laboratorio	80

5.8.3 Procedimiento de control	80
5.8.4 Muestreo	82
5.9 Pruebas de laboratorio	82
5.10 Registros	83
5.11 Aceptación del Sistema de Control de Calidad	84
5.12 Manejo de los materiales	84
5.13 Estudios de impacto ambiental	84

## **6. SEÑALIZACIÓN**

6.1 Señales viales	87
6.2 Tipos de señalización	88
6.3 Señalización al momento de realizar el proyecto	88
6.4 Uniforme de personal de campo	90
6.5 Señales fijas	91

## **7. MODIFICACIONES DEBIDAS AL PROYECTO**

7.1 Factores que determinaron la construcción del proyecto	93
7.2 Cambios negativos debidos al proyecto	94
7.3 Cambios positivos debido al proyecto	95

## **8. MANTENIMIENTO DE PUENTES**

8.1 Definición y objetivos	97
8.2 Necesidad del mantenimiento de puentes	98
8.3 Inspección del puente	99
8.3.1 Inspección preliminar	101
8.4 Mantenimiento superestructuras	102
8.4.1 Super-estructuras de concreto	102

8.4.2 Super-estructuras metálicas	102
8.5 Mantenimiento de dispositivos de apoyo	103
8.6 El problema de la corrosión	103
8.6.1 Formas de corrosión	104
8.7 Mantenimiento rutinario	107
8.7.1 Acciones más comunes	108
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>115</b>

## **ANEXOS**

<b>Anexo I</b>	<b>Especificaciones AASHTO, utilizadas para el diseño de puentes para carreteras.</b>
<b>Anexo II</b>	<b>Boleta de campo para la evaluación técnica de puentes.</b>
<b>Anexo III</b>	<b>Planos del puente Corozal.</b>
<b>Anexo IV</b>	<b>Planos de predios dentro del derecho de vía.</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Localización del proyecto	3
2. Fotografía aérea del puente existente	4
3. Entronque de la carretera y el puente	11
4. Propuesta de la construcción de túnel	12
5. Diagrama de carga de vehículo de diseño	13
6. Sección propuesta de puente para análisis	14
7. Capacidad máxima del puente	15
8. Capacidad máxima de la sección más crítica	15
9. Diagrama de carga	23
10. Distancia de cuantiílla de acero	24
11. Diagrama de momentos en viga 45 metros	25
12. Detalle de armado de viga 45 metros	27
13. Detalle de secciones	27
14. Diagrama de momentos en tramo de 30 metros	28
15. Detalle de armado de viga 30 metros	30
16. Sección de viga en tramo 30 metros	30
17. Uniones de viga	33
18. Detalle de unión de viga 30 metros	35
19. Planta detalle de unión de viga 30 metros	36
20. Propuesta de sección del puente	41
21. Propuesta de arriostramiento lateral	42
22. Distribuciones de carga sobre pila más crítica	43
23. Diagrama de carga sobre viga	44
24. Carga P en la viga	46
25. Diagrama de carga sobre la pila	47

26. Viviendas aledañas a la salida del puente	62
27. Viviendas que son afectadas	63
28. Planta de pila	66
29. Construcción de pila No. 1	66
30. Encofrado de pila No. 1	68
31. Encofrado de columnas	69
32. Colocación de señales	88
33. Señales restrictivas	89
34. Señales preventivas	91
35. Señales informativas	91
36. Picadura de una estructura de puente	106

## **TABLAS**

I. Datos físicos del Acero A-750 G-50	10
II. Planilla de materiales de pila 1 y 3	68
III. Planilla de materiales de pila 2	68
IV. Planilla de materiales de pila 4	69
V. Planilla de materiales de super-estructura	71
VI. Factores de crecimiento de la demanda de transporte terrestre en los puertos	93
VII. Tasa de crecimiento de transporte de carga	94

## LISTA DE ABREVIATURAS

@	A cada cierta distancia
AT	Área total
AAHSTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte)
ACI	Instituto Americano del Concreto
As	Área de acero
b	Base
d	Peralte
E	Empuje
e	Excentricidad
Ec	Ecuación
Est.	Estación
f'c	Resistencia nominal del concreto
FH	Fuerza horizontal
FL	Fuerza longitudinal
ft	Pies
fy	Resistencia del Acero
h	Altura
Ha.	Hectáreas
I	Impacto
in	Pulgadas
L	Luz entre puntos distintos
m	Metro
Mcm	Momento carga muerta

Mcv	Momento por carga viva
MT	Momento total
Mu	Momento último
N	Norte
P	Presión
S	Luz eficaz entre vigas
s	Pendiente
SNM	Sobre el nivel del mar
t	Espesor de losa
T3-S2-R4	Remolque con eje tándem
Ø	Diámetro de acero
V máx	Corte máximo
Vol.	Volumen
Vrc	Corte nominal del concreto
Vs	Valor soporte de suelo
W	Oeste
Wc	Peso del concreto armado

## GLOSARIO

<b>ALETÓN O ALA</b>	Muro lateral a los estribos, diseñado y construido como muro de protección de los rellenos y el encausamiento del agua.
<b>ANCLAJE:</b>	Dispositivo de anclaje que fija el puntal lateral diagonal al piso. Generalmente, compuesto por una masa de concreto con un dispositivo de ajuste que permite mantener la tensión suficiente para sostener nivelado el puente.
<b>ASIENTO:</b>	Es la parte superior de un estribo, pila, muro o columna sobre la cual se apoya la superestructura.
<b>BANQUETA O ACERA:</b>	Orilla del puente, reservada a los transeúntes.
<b>BARANDAL O PASAMANOS:</b>	Es la parte de la estructura que tiene por objeto servir de protección a los peatones y vehículos que transitan sobre el puente.
<b>COVIAL:</b>	Unidad ejecutora de Conservación Vial.
<b>DERECHO DE VÍA:</b>	El área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.

<b>DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS:</b>	La dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, que tiene a su cargo el planeamiento a su nivel, estudio, diseño, preparación de documentos de licitación, cotización, términos de referencia, construcción, supervisión y mantenimiento de las carreteras de la República.
<b>ESTRIBO:</b>	Es una de las estructuras extremas que sirven de apoyo a la sub-estructura.
<b>JUNTA DE EXPANSIÓN:</b>	Dispositivos que permiten pequeños movimientos a la sub-estructura, sin que se dañe la estructura.
<b>LUZ:</b>	Distancia horizontal interna, entre dos estribos o entre estribos y pila o entre dos pilas.
<b>PATINES:</b>	Los patines de las trabes armadas soldadas estarán constituidos, de preferencia, por una sola placa, y no por dos o más placas super-puestas. La placa única puede estar formada por varios tramos de distintos gruesos o anchos, unidos entre sí por medio de soldadura a tope de penetración completa.
<b>PILA O PILASTRA:</b>	Estructura intermedia que sirve de apoyo a la superestructura.
<b>PISO:</b>	Tablero o losa del puente que soporta directamente el tráfico de los vehículos.
<b>PUENTE:</b>	Obra requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo artificial, por el cual no es posible el tránsito en la dirección de su eje.

- REHABILITACIÓN:** Ejecución de las actividades constructivas necesarias para restablecer las condiciones físicas de la carretera a su situación como fue construida originalmente.
- SIECA:** Secretaria de Integración Económica Centroamericana.
- SUB-ESTRUCTURA:** Parte inferior del puente, formado por las cimentaciones, estribos, pilas y aletones.
- SUPER-ESTRUCTURA:** Parte superior del puente, formado por las vigas, losas y pasamanos.
- TRÁNSITO:** Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras, etc.



## RESUMEN

En este trabajo de graduación se realizó una integración de los temas respecto a la estructuración, para la construcción del puente Corozal en el caserío Agua Caliente del municipio de San Antonio la Paz, del departamento de El Progreso; este puente se construirá para dar seguimiento a la rehabilitación y ampliación de la carretera CA-9 Norte, la cual ya fue iniciada.

La importancia de este puente es el cruce del río Plátano y liberar de carga el puente actual, ya que será construido paralelo al mismo; este puente ya tiene treinta años de construido, y aunque todavía está dentro de su tiempo de vida útil, le han tenido que hacer mejoras para disminuir su deterioro, el nuevo puente tendrá capacidad para cargas mayores que el actual.

En este trabajo se encontrarán las conjeturas para la construcción del puente y la breve síntesis del diseño del mismo, así mismo, el mantenimiento, que es una de las mejores maneras para minimizar los daños en un puente y con ello poseer una red vial con puentes en buenas condiciones.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

Proporcionar a las nuevas generaciones de estudiantes de ingeniería civil, una guía para el diseño y construcción de un puente con forma curva.

### **Específicos:**

1. Recopilación de los trabajos efectuados en el diseño y construcción del puente Corozal.
2. Readecuación del diseño geométrico de la carretera existente para la ampliación de la carretera y la construcción del puente.
3. Mantenimiento de puentes como un enlace para el compromiso futuro y el ahorro de recursos.



## INTRODUCCIÓN

La necesidad de la construcción del puente paralelo nace con la rehabilitación y ampliación de la carretera CA-9 Norte, en el proyecto de ampliación del tramo desde el puente Rodriguitos en el departamento de Guatemala, al Rancho en el departamento de El Progreso, la ampliación de la carretera es una de las fases primordiales de Guatemala para ampliar su comercio; asimismo, está dentro del plan de integración de carreteras centroamericanas, el cual es una de las alternativas para unir Centroamérica por una sólo carretera, conocida esta alternativa como CORREDOR ATLANTICO o alternativa "B" propuesta y estudiada por la SIECA; con esta ampliación se vendrá a reducir los márgenes vehiculares que son muy cargados en el ingreso a la capital por el lado norte, agilizando y eliminando las filas de vehículos; así mismo, se tiene un gran énfasis de proyección futurista la construcción del anillo metropolitano, el cual será utilizado para canalizar el flujo vehicular que pasa por la zona metropolitana.

El puente Corozal, debido a su forma curva, se formará de cinco tramos, teniendo cuatro pilas y dos estribos, el de entrada como el de salida, la longitud total del puente es de ciento ochenta metros, y su estructura combina tanto estructura metálica como concreto armado, también se tratarán temas que van de acuerdo con el tipo de proyecto.



# 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

## 1.1 Generalidades

### 1.1.1 Reseña histórica de la rehabilitación y ampliación de la carretera CA-9 Norte

La carretera CA-9 Norte, tiene dos carriles, uno en cada sentido de tránsito, salvo en los tramos de pendientes superiores al 5%, en los que se tienen dos carriles en sentido de ascenso, ajustándose a la sección típica “B” de la Dirección General de Caminos (7.20 m. de carpeta y hombros de 1.00 m.).

La rehabilitación de la ruta CA-9 Norte, se ha convertido en un problema impostergable, debido a que es la entrada y salida de todo el comercio de importación y exportación que el país genera a través de los puertos ubicados en el Atlántico y que utiliza dicha vía terrestre para su movilización, así mismo sirve de desfogue de todo el tránsito liviano de todos los usuarios que viven en los departamentos del nor-orienté del país, llegando a tener un promedio diario de 40,000 vehículos. Para ello, se han hecho sub-divisiones de tramos, tal es el caso del sub-tramo que hoy nos ocupa: Puente Rodriguitos – Entrada a Palencia, constituye el segundo de los tramos el primero de ellos, Salida Puente Belice – Entrada Puente Rodriguitos.

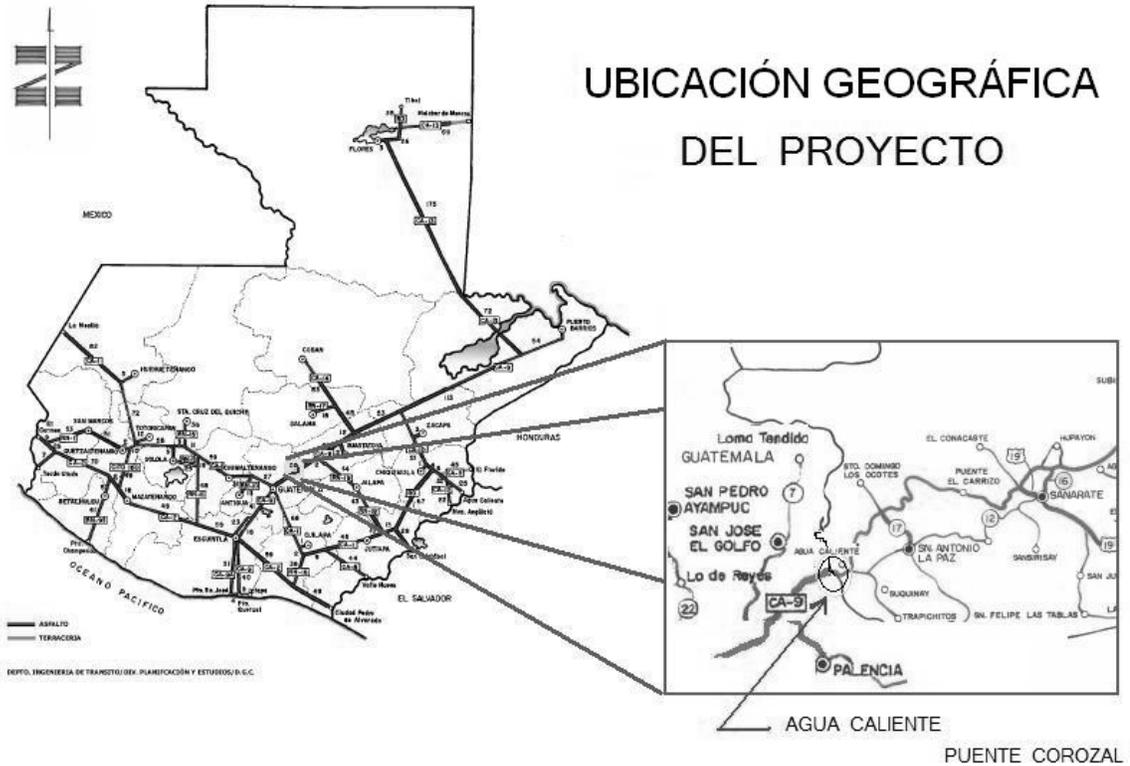
El cual se ejecutó mediante el programa de Plan Luciérnaga, rehabilitando el pavimento existente de los cuatro carriles, en ambos sentidos, este proyecto al igual que el primero de los mencionados, se ejecuta por medio del Fondo Vial bajo la dirección de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial – COVIAL-, el tercer tramo, el Gobierno obtuvo una donación de la República de Taiwán, para llevar a cabo la ampliación a 4 carriles del sub-tramo: Entrada a Palencia – Agua Caliente a cargo de la Dirección General de Caminos DGC.

Los trabajos de ampliación y rehabilitación considerados en este proyecto, consisten en ampliar el ancho de la superficie de rodadura de la carretera llevándola a cuatro carriles (dos en cada sentido con un arríate central de 1 m, y hombros que variarán entre el 1.35 a 1.60 m. de ancho), todo ello de conformidad con la sección típica “A” modificada de la Dirección General de Caminos; en esta ampliación se tendrá en cuenta un tercer carril en la vía de ascenso en los sectores donde la pendiente del terreno supere el 5%, lo que significaría que en ciertos sectores se tendría cinco carriles.

### **1.1.2 Ubicación geográfica del proyecto**

El puente Corozal está ubicado en el km. 29+725 carretera CA-9 Norte entre los departamentos de El Progreso y Guatemala por los municipios de San Antonio la Paz y Palencia, los poblados más cercanos son Aguas Calientes y Azacualpilla, en el extremo de salida se ubica el centro recreativo del IRTRA llamado Agua Caliente; se salvará el paso sobre el río Los Plátanos también llamado Agua Caliente, esta obra será construida paralela al puente existente del mismo nombre; el nuevo puente servirá para el cruce de los vehículos que de Guatemala viajen hacia el nor-oriental del país.

Figura 1. Localización del proyecto



Las coordenadas del puente son: latitud catorce grados cuarenta y cuatro minutos dieciocho segundos norte, ( $14^{\circ}44'18''N$ ) y longitud noventa grados diecinueve minutos cuarenta y seis punto cincuenta y dos segundos oeste ( $90^{\circ}19'46.52''W$ ), con una altitud de 843 metros SNM, el BDM (Banco de marca) más cercano es el de Agua Caliente de San Antonio la Paz, latitud catorce grados cuarenta y cuatro minutos cero segundos norte, ( $14^{\circ}44'00''N$ ) y una longitud de noventa grados diecinueve minutos dieciocho segundos oeste ( $90^{\circ}19'18''W$ ).

**Figura 2. Fotografía aérea del puente existente**



En la fotografía se puede observar parte del proyecto y los puentes que existen el puente Corozal y el puente ferroviario, también se observa la curva que tiene el puente; éste es parte de una gran curvatura en el tramo.

## **1.2 Especificaciones especiales para el proyecto**

### **1.2.1 Especificaciones para el concreto a utilizar**

#### **Cementos**

El cemento debe cumplir con alguna de las siguientes normas:

(a) "Specification for Portland Cement" (ASTM C 150).

(b) "Specification for Blended Hydraulic Cements".

(ASTM C 595), se excluyen los Tipos S y SA ya que no pueden ser empleados como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.

(c) "Specification for Expansive Hydraulic Cement" (ASTM C 845).

(d) "Performance Specification for Hydraulic Cement" (ASTM C 1157).

#### **Agregados:**

"Specification for Concrete Aggregates" (ASTM C 33);

"Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete" (ASTM C 330).

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

(a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a

(b) 1/3 de la altura de la losa, ni a

(c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

## **1.2.2 Especificaciones para el acero a utilizar**

### **Refuerzo corrugado**

Las barras de refuerzo corrugado deben cumplir con los requisitos para barras corrugadas de una de las siguientes normas:

- (a) "Specification for Deformed and Plain Carbon- Steel Bars for Concrete Reinforcement" (ASTM A 615M).
- (b) "Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement" (ASTM A 706M).
- (c) "Specification for Rail-Steel and Axle-Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement" (ASTM A 996M). Las barras de acero provenientes de rieles deben ser del Tipo R.

### **Acero A36**

El acero estructural más comúnmente usado en la actualidad es un acero dulce designado como ASTM A36 teniendo las siguientes propiedades:

Esfuerzo de fluencia:  $F_y = 36000$  PSI

Resistencia en tensión:  $F_u = 58000$  PSI a  $80000$  PSI

El acero A36 es clasificado como un acero simple al carbono y tiene los siguientes componentes (aparte del hierro):

Carbono: 0.26%

Fósforo: 0.04%

Azufre: 0.05%

Estos porcentajes son aproximados: los valores exactos dependen de la forma del producto de acero terminado.

### **Aceros de carbono A572 grado 50**

Resultados de la característica.

Ningunos nombres relacionados del metal.

### **Características del diseño principales**

ASTM A572 cubre la calidad estructural, de alta resistencia, acero poco aleado del columbium-vanadio.

Utilizado para el acero estructural forma en la construcción de puentes, del edificio o de estructuras similares. Puede ser ensamblado clavando, empernándose o soldando con autógena.

La manufacturabilidad de la aleación del grado 50 es justa. Es básicamente como el acero poco aleado de AISI 8615.

Este acero contiene más elementos de aleación que el acero de carbón llano y es así algo más difícil de formar.

Soldable por todos los métodos estándares.

## **Tratamiento térmico**

Este acero se utiliza en la condición “como-proveída”. Sin embargo es posible obtener de alto nivel de la fuerza por la placa de acero apagada y templada especificar según la especificación ASTM A514 de la referencia en la cual llama para calentar no menos F que 1650 y apagar en el agua o el aceite seguido templando.

## **Forja**

Este acero se provee en placa, y formas de la barra. No es forjado posteriormente por el usuario.

## **Funcionamiento caliente**

El funcionamiento caliente se puede hacer en caso de necesidad. Consulte a surtidor de acero para la información.

## **Funcionamiento frío**

El grado 50 es más difícil al trabajo frío que el acero de carbón llano ordinario. Sin embargo, puede estar doblado o ser formado con éxito pero requiere más fuerza que para el acero de carbón llano.

### Otro comentario

Este acero es similar a AISI 1330. Sin embargo, los requisitos del grado 50 están para el ksi 50 y 65 la producción del ksi del mínimo extensible con el alargamiento del 21%. La comprobación y otras características mecánicas son similares al acero 1330.

### Datos físicos:

**Tabla I. datos físicos del acero A-752 G-50**

Densidad (libra/Cu. pulg.)	0.284
Gravedad específica	7.9
Calor específico (Btu/lb/Deg F - [32-212 grados F])	0.107
Punto de fusión (grado F)	2740
Conductividad termal	360
Extensión termal de los coeficientes malos	6.7
Módulo de la tensión de la elasticidad	30
Módulo de la torsión de la elasticidad	11

### **1.3 Modificaciones geométricas del tramo**

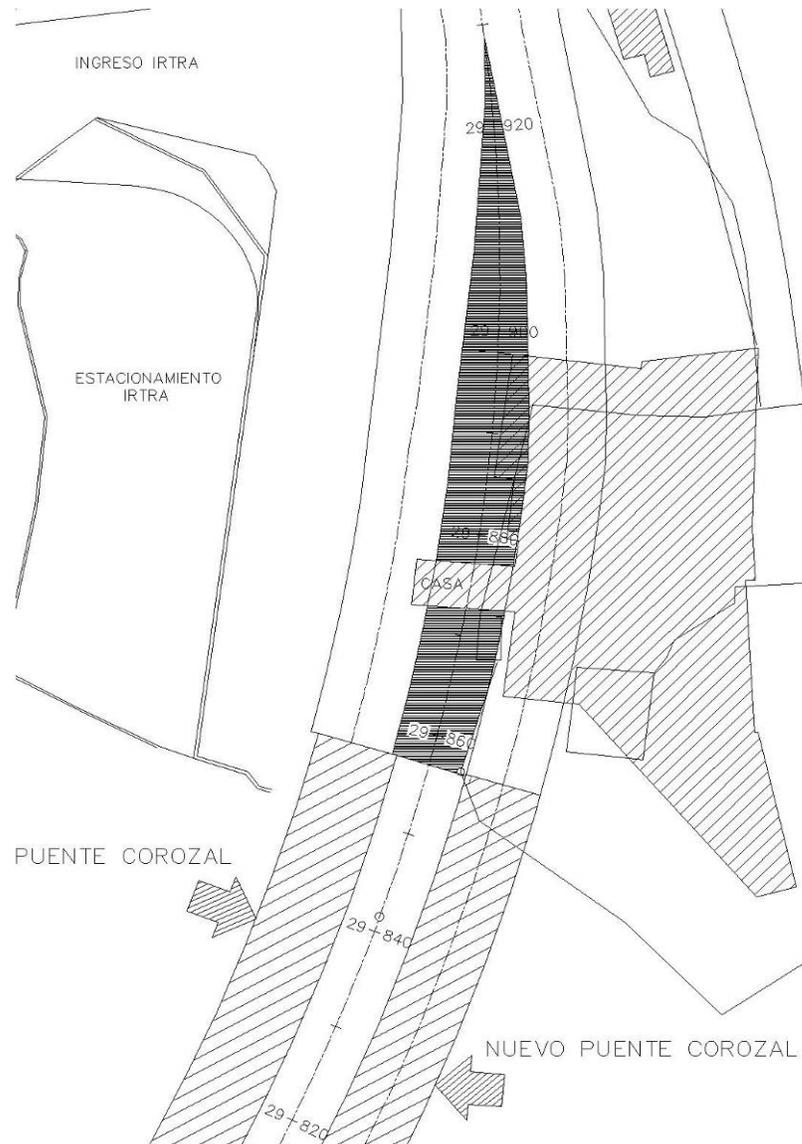
Para realizar la construcción del puente, éste viene amarrado en gran manera con la ampliación, ya que sin esta, no fuera necesaria la construcción del puente.

La modificación que se realizarán será la ampliación a cuatro carriles cambiando con ello la sección típica original de dos carriles y uno adicional en las pendientes pronunciadas que se tenía para cambiar a la nueva que sería la de cuatro carriles y un carril adicional en las pendientes pronunciadas.

#### **1.3.1 Mejoras y modificaciones especiales debidas a la construcción del puente**

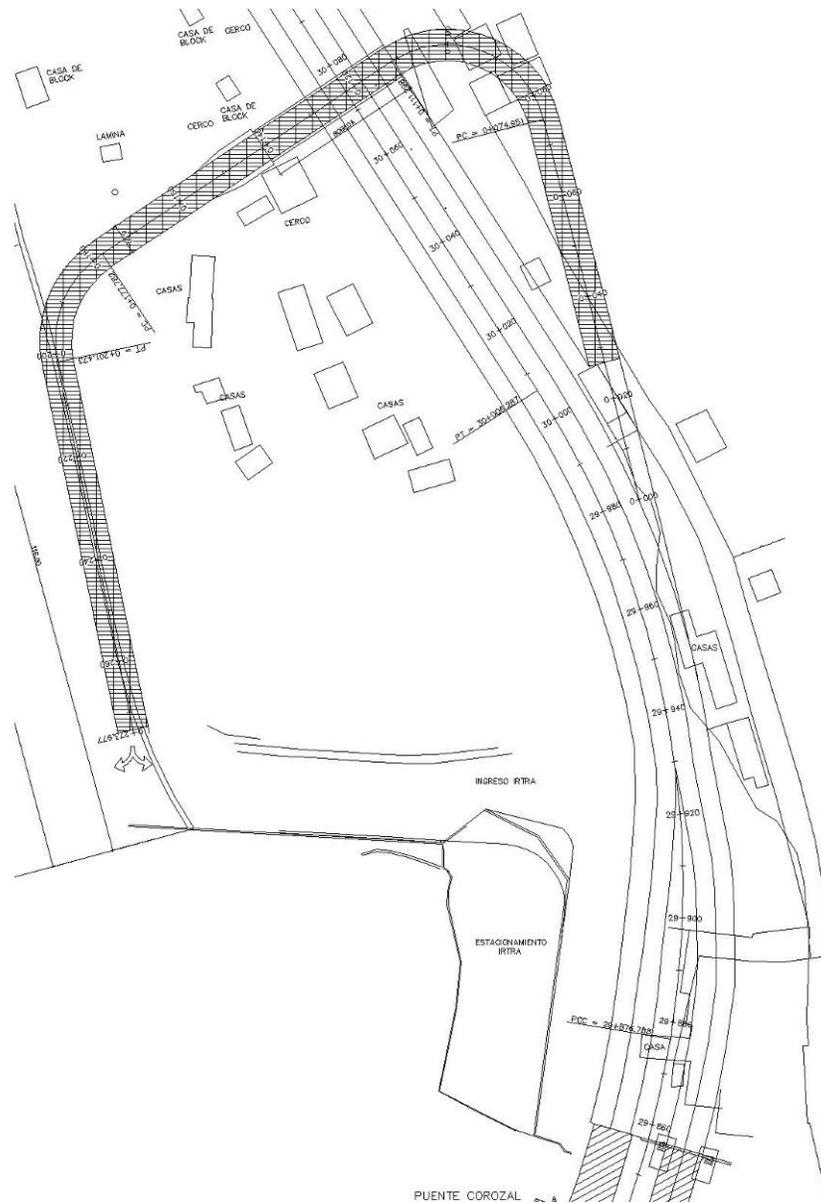
Debido a la construcción del puente, surgió un problema con el ingreso a las instalaciones del IRTRA Agua Caliente, por tener la entrada en el entronque del puente y la carretera; debido a estar en una curva y poseer una pendiente muy pronunciada se convirtió en un problema.

**Figura 3. Entronque de la carretera y el puente**



El entronque de la carretera con la salida del puente, generará una ampliación en el área, lo que ocasiona un problema con las personas que tienen su vivienda en las orillas de la carretera. Asimismo ocasionará problemas para el ingreso al centro recreativo del IRTRA Agua Caliente, pero por la curva que se tiene y la pendiente de 6% del tráfico que viene del Atlántico no es muy recomendable dejar un retorno en el entronque del puente y la carretera.

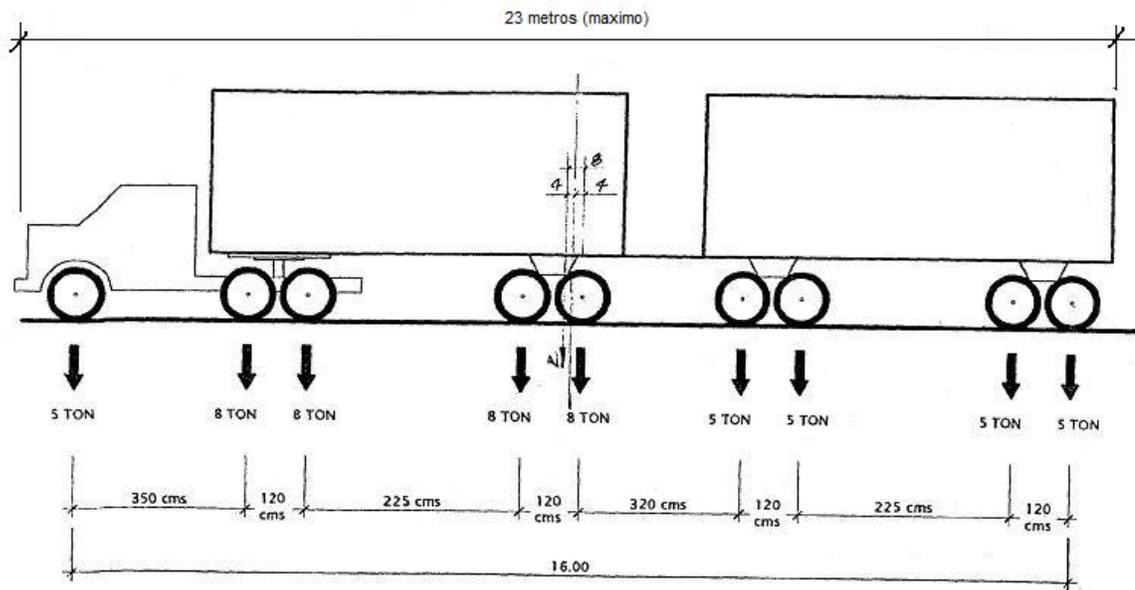
**Figura 4. Propuesta de la construcción de túnel.**



Para aliviar la entrada a centro recreativo se tiene la propuesta de la construcción de un túnel el cual atravesará la carretera como se muestra en la figura, con ello se soluciona el ingreso a dicho centro recreativo y no se pondrían en peligro a los usuarios, la otra propuesta es dejar un retorno a dos kilómetros del entronque del puente en el cual retornarían para el ingreso.

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO PUENTE COROZAL

Figura 5. Diagrama de carga de vehículo de diseño



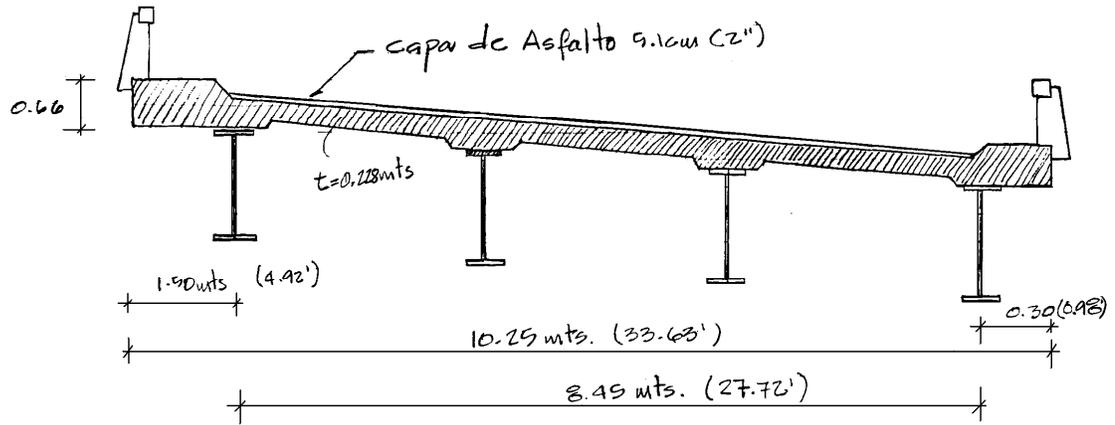
**TREN DE CARGA  
T3-S2-R4  
PESO TOTAL 57 TONELADAS**

### 2.1. Suposiciones de cálculo

2.1.1 Tramo más crítico: 45.00 metros (147.65pies)

2.1.2 Ancho de la pista: 10.25 metros (33.63pies)

**Figura 6. Sección propuesta de puente para análisis**



**2.1.3 Separación de vigas**

$$S=8.45\text{m}/3=2.82\text{m (9.25')}$$

**2.1.4 Cargas**

**2.1. 4.1 Muerta**

Losa:  $150\text{libf}/\text{pie}^3 \times (9''/12)' = 112.5 \text{ libf}/\text{pie}^2 \times 10.25' = 1,153\text{libf}/\text{pie}$

Asfalto:  $110\text{libf}/\text{pie}^3 \times (2''/12)' = 18.3 \text{ libf}/\text{pie}^2 \times 10.25' = 187.6\text{libf}/\text{pie}$

Peso viga: 450libf/pie

Otros: 100libf/pie

-----  
Total: 1,890.6 libf/ft

$$Wt=1.89\text{kip}/\text{pie}$$

### 2.1.4.2 Viva

Figura 7. Capacidad máxima del puente

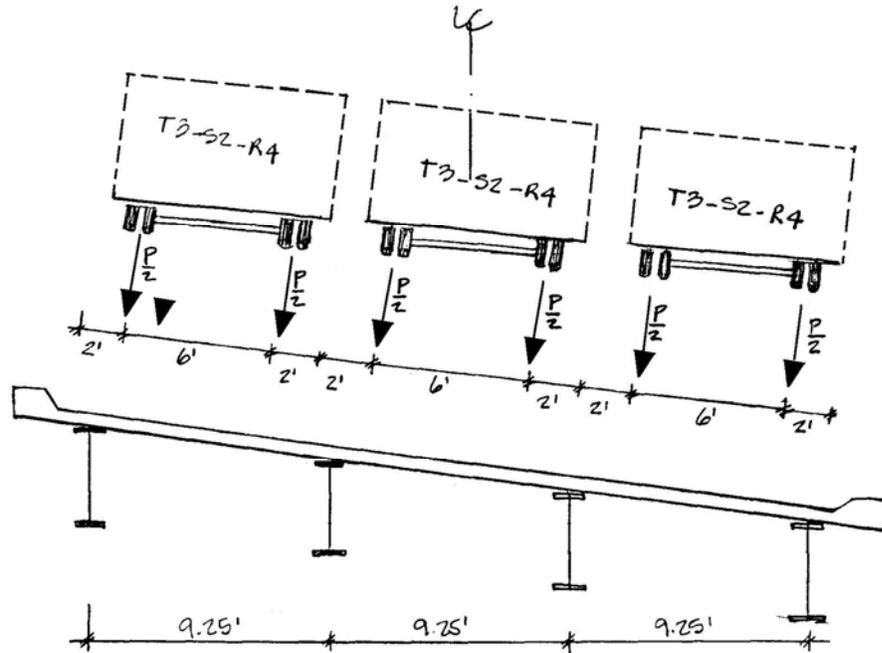
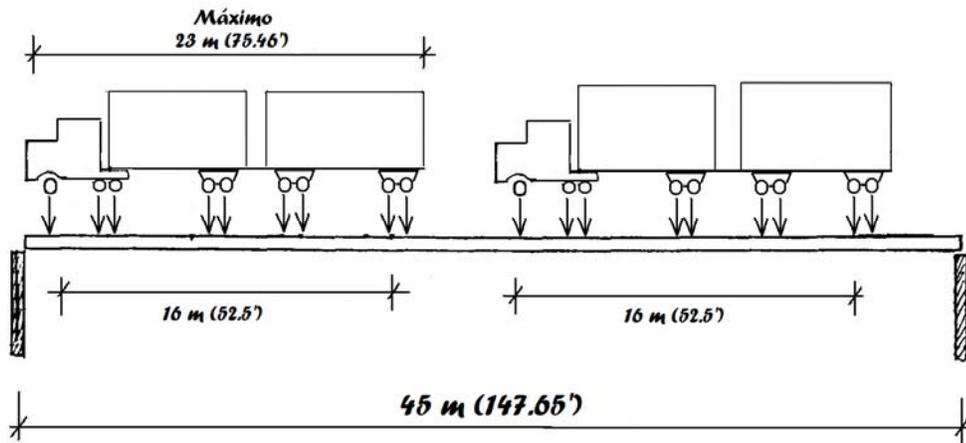


Figura 8. Capacidad máxima de la sección más crítica



De acuerdo a los diagramas anteriores podemos decir:

- a) La carga aplicada será: T3-S2-R4: como 125.5 Kip (57 ton).
- b) A lo ancho de la pista podrán pasar co máximo 3 vehículos, es decir que la pista tiene una capacidad máxima de 3 líneas de carga de 10 pies.
- c) Si consideramos que la carga máxima de un camión HS20-44 es de 72 Kip. y la de un HS15-44 54 Kip podemos hacer la siguiente relación.

$$Factor: \frac{72kip}{54kip} = 1.333$$

Tomando los valores de Momento máximo de las tablas de la AASHTO tenemos.

Para L=100pies M=1,143.00kip-pie (HS15-44)

$$1.143.0 \times 1.333 = 1,524.0 \text{ kip-pie (HS20-44)}$$

- d) Por lo anterior mostrado podemos hacer una relación para un camión T3-S2-R4

$$Factor: \frac{125.5kip}{72.0kip} = 1.743$$

- e) Momento máximo para una línea de 10 pies y un camión T3-S2-R4 es:

$$L=150 \text{ pies } M= 2,475.10\text{kip-pie} \times 1.743=4,314 \text{ kip-pie (T3-S2-R4)}$$

**2.1.5 Carga de impacto**  $L = 45m \cong 147.65 \text{ pies}$

$$I = \frac{50}{147.65 + 125} = 0.183 \leq 0.30$$

**2.1.6 Combinación de cargas**

Se diseñará bajo el criterio ASD

$$ASD = C.M. + C.V. + Imp. \leq 0.55fy$$

### 2.1.7 Momento de diseño (Md)

$$M_{CM} = \frac{(1.89kip / pie) \times (147 pie)^2}{8} = 5,150.37kip - pie$$

$$M_{CV} = 4,314kip - pie$$

$$Md = 5,150.37kip - pie + (1.18 \times 4,314kip - pie) = 10,240.90kip - pie$$

### 2.1.8 Corte de diseño (Vd)

$$V_{CM} = \frac{wl}{2}$$

$$V_{CM} = \frac{1.89 \times 147.65}{2} = 139.53kip$$

$$V_{CV} = (74kip) \times 1.743 = 129kip$$

$$Vd = 139.53kip + ((129kip) \times 1.18) = 292kip$$

### 2.1.9 Revisión de la sección propuesta

a) Diseño preliminar del alma

#### 2.1.9.1 Peralte de viga

$$d = \frac{L}{18}$$

$$d = \frac{45m}{18} = 2.5m \cong 98"$$

Asumimos los valores del patín y del alma

Alma:  $h=96"$   $t_w=1/2"$  ---- 12.70mm

$$\text{Área} = 96 \times 1/2 = 48 \text{pulg}^2 \text{ ----- } 309.68 \text{cm}^2$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{96"}{1/2"} = 192$$

Patín:  $b_f=26"$   $t_f=1 \frac{1}{2}"$

$$\text{Area}_f = 26" \times 1 \frac{1}{2}" = 39 \text{ in}^2 \text{ ----- } 251.61 \text{cm}^2 \quad \frac{b_f}{2t_f} = \frac{26"}{2(1 \frac{1}{2}')} = 8.67$$

### 2.1.9.2 Cálculo de radio de giro

$$r_T = \frac{bf}{\sqrt{12}} \sqrt{1 + \frac{1}{6} \left( \frac{A_w}{A_f} \right)} \quad \therefore I_f = \frac{t_f \times b_f^3}{12} \quad At = b_f \times t_f + \frac{h \times t_w}{6}$$

$$r_T = \frac{26''}{\sqrt{12}} \sqrt{1 + \frac{1}{6} \left( \frac{48}{39} \right)} = 6.82'' \text{ ----- } 173.23\text{mm}$$

### 2.1.9.3 Cálculo del momento de inercia respecto a x

$$I_x = \frac{b_f \times t_f^3}{12} \times 2 + 2A_f \left( \frac{h + t_f}{2} \right)^2 + \frac{t_w \times h^3}{12}$$

$$I_x = \frac{26 \times 1 \frac{1}{2}^3}{12} \times 2 + 2 \times 39 \left( \frac{96 + 1 \frac{1}{2}}{2} \right)^2 + \frac{0.5 \times 96^3}{12} = 222,250.5 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{2 \times I_x}{h + 2t_f} = \frac{2 \times 222,250.5}{96 + 2 \left( 1 \frac{1}{2} \right)} = 4,489.91 \text{ in}^3$$

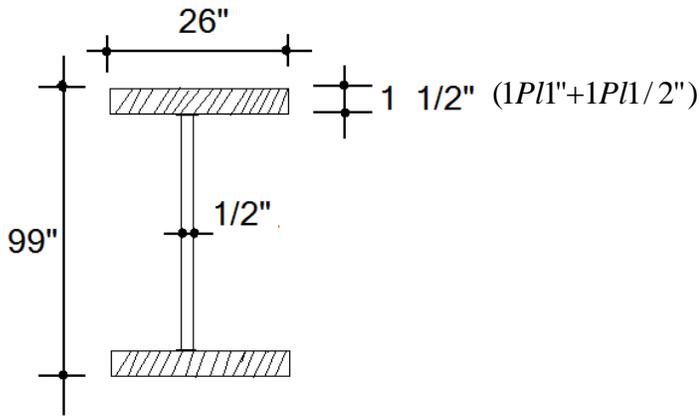
### 2.1.9.4 Relación h/t

$$\frac{h}{t} = \frac{2000}{\sqrt{F_y}}; \frac{2000}{\sqrt{50}} = 282.8 \quad \text{ó} \quad \frac{h}{t} = \frac{14,000}{\sqrt{F_y(F_y + 16.5)}}; \frac{14,000}{\sqrt{50(50 + 16.5)}} = 242.8$$

$$\frac{h}{t} = 242.8 > 192 \quad \text{OK}$$

### 2.1.9.5 Determinación de la flexión

$$\frac{h}{t} \geq \frac{970}{\sqrt{F_y}} = 137 < 192 \text{ OK cumple y es aplicable como trabe armada su diseño}$$



$$I_x = 222,250 \text{ in}^4$$

$$S_x = 4,489 \text{ in}^3$$

### 2.1.9.6 La viga tiene soporte lateral en sus extremos (L) revisión de pandeo lateral torsional (PLT).

$$I_t = \frac{t_f \times b_f^3}{12} = \frac{1 \frac{1}{2} \times 26^3}{12} = 2,197 \text{ in}^4$$

$$A_t = D_f \times t_f + \frac{h \times t_w}{6} = 26 \times 1 \frac{1}{2} + \frac{96 \times \frac{1}{2}}{6} = 47 \text{ in}^2$$

$$r_t = \sqrt{\frac{I_t}{A_t}} = \sqrt{\frac{2,197}{47}} = 6.84 \text{ in}$$

$$\therefore \sqrt{\frac{102 \times 10^3 \times C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_t} \leq \sqrt{\frac{510 \times 10^3 \times C_b}{F_y}}$$

Tomando un factor crítico  $C_b=1$  y  $F_y= 50$  kip

$$\sqrt{\frac{102,000 \times 1}{50}} \leq \frac{L}{r_t} \leq \sqrt{\frac{510,000 \times 1}{50}}$$

$$45.17 \leq \frac{L}{r_t} \leq 101.00 \quad \therefore r_t = 6.84in$$

$$L \leq 101.0 \times 6.84in = 690.84in$$

$$45.17 \times 6.84 \leq L \quad \text{Controlar}$$

$$308 \leq L$$

Colocar arriostramiento

$$L \text{ máximo} = 308in \text{ (25ft) (7.62m)}$$

$$L \text{ mínimo} = 222in \text{ (18.5ft) (5.63m)}$$

7) Diseño de Stiffeners

$$V_{Dis} = 139.53kip + 129kip \times 1.18; \quad V_{Dis} = 292kip \text{ (Máximo)}$$

Asumiendo un espaciamiento  $a = 55''$  (1.40m)

$$\frac{a}{t} = \frac{55in}{96in} = 0.57$$

$$\therefore \frac{a}{t} < 1 \Rightarrow k_v = 4.00 + \frac{5.34}{(a/h)^2}$$

$$k_v = 4.00 + \frac{5.34}{(0.57)^2} = 20.44$$

$$C_v = \frac{45000k_v}{F_y \left( \frac{h}{t_w} \right)}$$

$$C_v = \frac{45000 \times 20.44}{50 \left( \frac{96}{0.5} \right)^2} = 0.5 < 0.8$$

Si  $C_v < 0.8$

$$C_v = \frac{190}{\frac{h}{t_w}} \sqrt{\frac{k_v}{F_y}}$$

Si  $C_v > 0.8$

Esfuerzo de corte permisible ( $F_v$ )

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq \frac{380}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow F_v = 0.4 F_y$$

ó

$$\frac{h}{t_w} > \frac{380}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow F_v = \frac{F_y}{2.89} (C_v) \leq 0.40 F_y$$

$$\therefore 192 > 53.74 \Rightarrow F_v = \frac{50}{2.89} \quad (0.5)$$

$$\frac{96''}{0.5''} = 192 \quad ; \quad \frac{380}{\sqrt{50}} = 53.74$$

$$\underline{F_v = 8.65 \text{ kip/in}^2}$$

Esfuerzo de corte aplicado ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{V_{dis}}{A}$$

$$f_v = \frac{292 \text{ kip}}{(0.5 \times 96 \text{ in})} = 6.08 \text{ kip/in}^2$$

$$\therefore F_v > f_v \Rightarrow \text{ok}$$

Además a máximo = 67"  $\geq$  55" OK

8) Diseño de Stiffeners

$$I_{st} \geq \left(\frac{h}{50}\right)^4 \quad ; \quad \left(\frac{99}{50}\right)^4 = 15.37 \quad b = \text{ancho de stiffener} = 10''$$

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left[ \frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h}\right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] y \times D \times h \times t$$

Donde

y = relación de  $F_y = 1$

t = espesor stiffener (1/2")

D = para Stiffeners colocados en parejas = 1

$$A_{st} = \frac{1-0.5}{2} \left[ \frac{55}{99} - \frac{(0.56)^2}{\sqrt{1+(0.56)^2}} \right] \times 1 \times 1 \times 99 \times 0.5 = 3.60 in^2$$

$$\therefore A = bt = 3.60 in^2$$

$$\therefore b = 10 in$$

$$t = 3/8" \rightarrow 1/2"$$

Utilizar Stiffeners 10" x 1/2" @ 55" (1.40m) ambos lados

$$I = \frac{tb^3}{12} = 15.37$$

$$t = 0.18"$$

## 2.2 Super-estructura

### 2.2.1 Diseño de losa

Carga muerta:

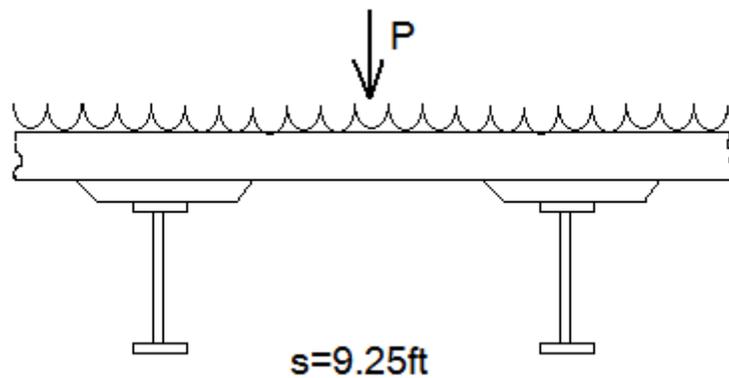
-Peso propio (t=9"):  $150 \text{libf/pe}^3 \times (9/12) \text{pie} = 112.5 \text{libf/ft}^2$

-Asfalto (t=2"):  $110 \text{libf/pe}^3 \times (2/12) \text{ft} = 19 \text{libf/ft}^2$

-Otros:  $15 \text{libf/ft}^2$

$W = 146.5 \text{libf/ft}^2$

Figura 9. Diagrama de carga



Carga viva:

-Tomando el claro máximo  $s = 9.25 \text{ft}$

-La carga se toma la reacción máxima de una rueda del camión T3-S2-R4

$P = 16 \text{ ton.} / 2 = 8 \text{ ton.} \approx 17.61 \text{ kip}$

Impacto:

$$I = \frac{5}{s + 125} = \frac{5}{9.25 + 125} = 0.037 \neq 0.30 \text{ utilizar } 0.30$$

Momento de diseño:

$$M_{cm} = \frac{w \times s^2}{10} = \frac{146.5 \text{libf} / \text{ft}^2 \times 9.25^2}{10} = 1,253.50 \text{libf} - \text{ft} \approx 1.25 \text{kip} - \text{ft}$$

$$M_{cv1} = 0.8 \left( \frac{s + 2}{32} \right) \times p = 0.8 \left( \frac{9.32 + 2}{32} \right) \times 17.61 \text{kip} = 4.95 \text{kip} - \text{ft} \approx 5 \text{kip} - \text{ft}$$

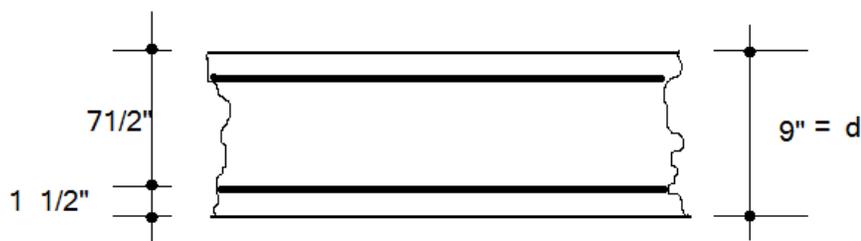
$$M_{cv} = M_{cv1} \times (1 + I) \Rightarrow 5 \times 1.30 = 6.50 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_u = M_{cm} \times 1.4 + M_{cv} \times 1.7$$

$$M_u = 1.25 \text{ kip} - \text{ft} \times 1.4 + 6.50 \text{ kip} - \text{ft} \times 1.7 = 12.80 \text{ kip} - \text{ft} \cong (1,770 \text{ kg} - \text{m})$$

Acero:

### Figura 10. Distancia de cuantiilla de acero



Momento negativo:

$$M_u = A_s \times 0.9 \times F_y \times d \quad \therefore F_y = 40 \text{ kip}$$

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \times F_y \times d} = \frac{12.8 \text{ kip} - \text{ft} \times 12}{0.9 \times 40 \text{ kip} \times 7 \frac{1}{2}"} = 0.57 \text{ in}^2 / \text{ft} \Rightarrow \phi 5/8" @ 15 \text{ cm}$$

Momento positivo:

Se tomara el mismo debido a la distancia y conformación

$$M(+) = 12.80 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$A_s = 0.57 \text{ in}^2 / \text{ft} \Rightarrow \phi 5/8" @ 15 \text{ cm}$$

Refuerzo paralelo al tráfico:

Máximo 50%

$$\% = \frac{100}{\sqrt{s}} = \frac{100}{\sqrt{9.25}} = 32\% \rightarrow A_s = 0.57 \text{ in}^2 / \text{ft} \times 0.32 = 0.19 \text{ in}^2 / \text{ft} \Rightarrow \phi 1/2" @ 30 \text{ cm}$$

*cambiar*

$\phi 1/2" @ 25 \text{ cm}$

Acero por temperatura

$$A_s = \frac{66000 \times x_1}{F_y(x_1 + 100)} \quad x_1 = h = 9" = 22.86\text{cm}$$

$$A_s = \frac{66000 \times 22.86}{2810(22.86 + 100)} = 4.37\text{cm}^2 / \text{m}$$

$$\therefore a_s = \phi 1/2" = 1.29\text{cm}^2$$

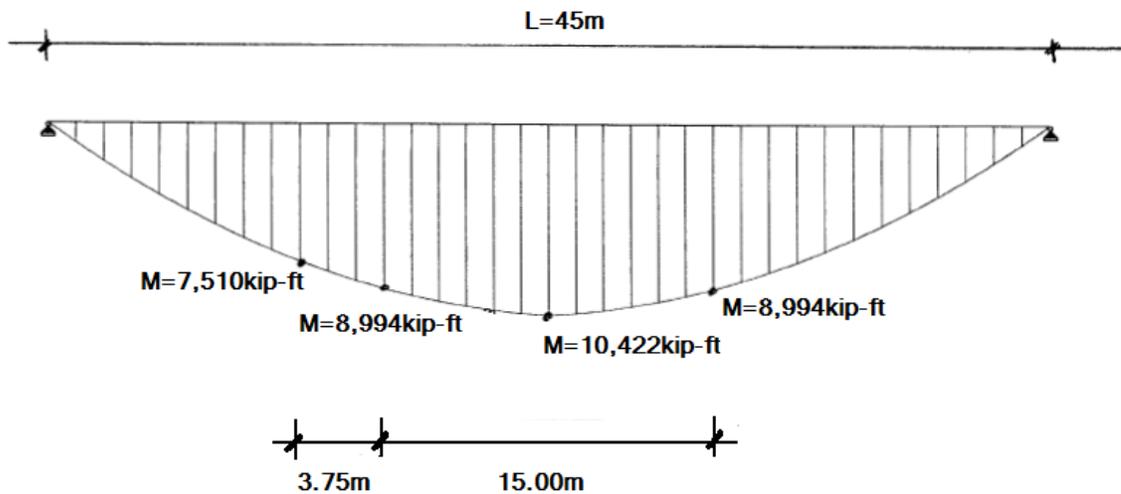
$$s = \frac{100 \times a_s}{A_s} = \frac{100 \times 1.29}{4.37} = 29.5\text{cm} \Rightarrow \text{utilizar} \rightarrow \phi 1/2" @ 30\text{cm}$$

Concreto 3,000 Psi – 21 MPa

## 2.2.2 Diseño de vigas

Figura 11. Diagrama de momentos en viga 45 metros

M máximo = incluye Peso muerto P propio de viga C.V. T3-S2-R4, Impacto



Tramo 45 metros, cambio de sección L/3

$$M_{dis} = 8995\text{kip} - \text{ft}$$

$$F_{bx} = 0.55 \times 50\text{ksi} = 27.5\text{ksi}$$

$$S_x = \frac{8995\text{kip} - \text{ft} \times 12}{27.5\text{ksi}} = 3925\text{in}^3$$

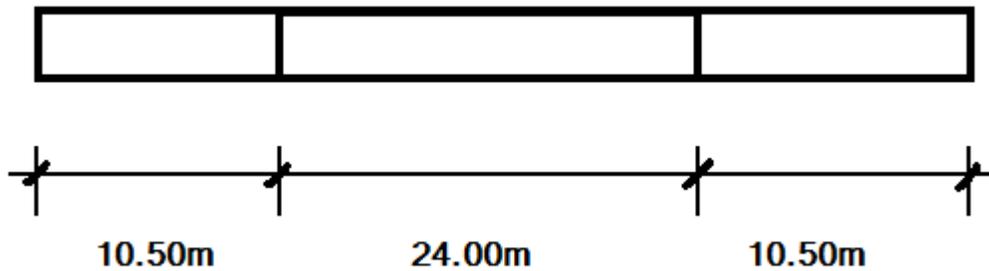
Momento a una distancia de 3.75 metros a lado izquierdo de los 15 metros centrales.

$$M_{dis} = 7510 \text{kip} - \text{ft}$$

$$S_x = \frac{7510 \text{kip} - \text{ft} \times 12}{27.5 \text{ksi}} = 3277 \text{in}^3 \quad \text{OK}$$

$$3277 \text{in}^3 < 3290.6 \text{in}^3$$

Aceptable pero queda muy ajustado



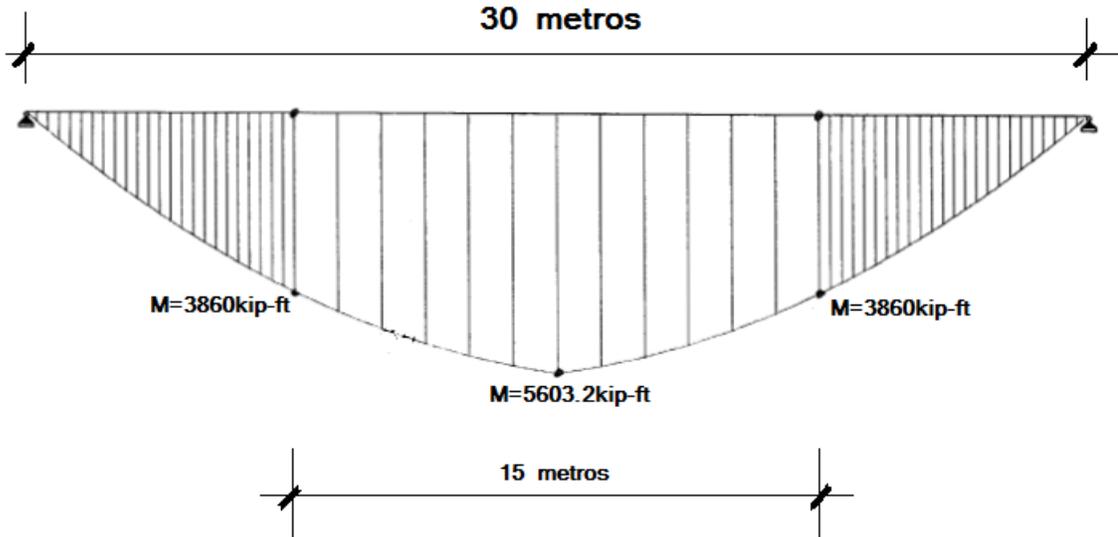
Cambiar combinación L=25 metros





**Figura 14. Diagrama de momentos en tramo de 30 metros**

**M máximo = incluye peso muerto, peso viga, C.V,T-3-S2-R4, Impacto**



Diseño con acero A-36

Tramo  $L=30$  metros (98.43ft)

$$M_{cm} = 2362.5 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_{cv}(HS20 - 44) = 1524 \text{ kip} - \text{pie}$$

para  $\rightarrow T2 - S2 - R4$

$$M_{cm} = 1524 \text{ kip} - \text{ft} \times 1.743 = 2656.33 \text{ kip} - \text{ft}$$

impacto :

OK

$$I = \frac{50}{100 + 125} = 0.22 < 0.3$$

segun ADS

$$M_{dis} = M_{cm} + M_{cv} + I \leq 0.55 F_y$$

$$M_{dis} = 2362.5 + 2656.33 + (2656.33 \times 0.22) = 5,603.22 \text{ kip} - \text{ft}$$

Utilizando lámina patín

$$t = 1/2" \times 120" \times 480"$$

Probando

$$Fbx = 0.55 \times 36 = 19.8 \text{ ksi}$$

$$Sx = \frac{5603.22 \text{ kip} - \text{ft} \times 12}{19.8 \text{ ksi}} = 3,395.8 \text{ in}^3$$

$$si \rightarrow bf = 20''$$

$$Ix = 168,409 \text{ in}^4$$

$$Sx = 3,402 \text{ in}^3$$

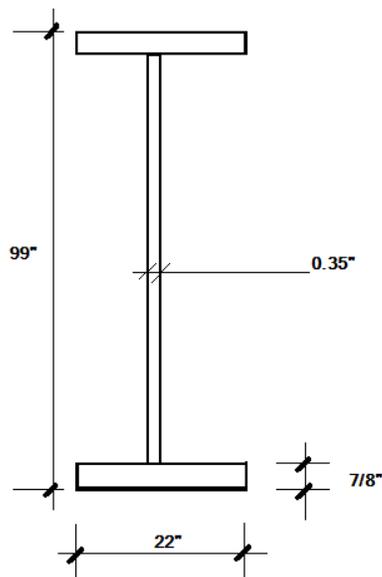
Cambiar  $bf = 24''$

$$Ix = 198,930 \text{ in}^4$$
$$Sx = 3,978 \text{ in}^3$$

Tramo L=30metros cambio de sección

$$Fbx = 0.55 \times 36 \text{ ksi} = 19.8 \text{ ksi}$$

$$Sx = \frac{38.60 \text{ kip} - \text{ft} \times 12}{19.8 \text{ ksi}} = 2,339.40 \text{ in}^3$$



$$Ix = 119,502.9 \text{ in}^4$$

$$Sx = 2,414.2 \text{ in}^3 > 2,339.4 \text{ in}^3$$

OK

Figura 15. Detalle de armado de viga de 30 metros

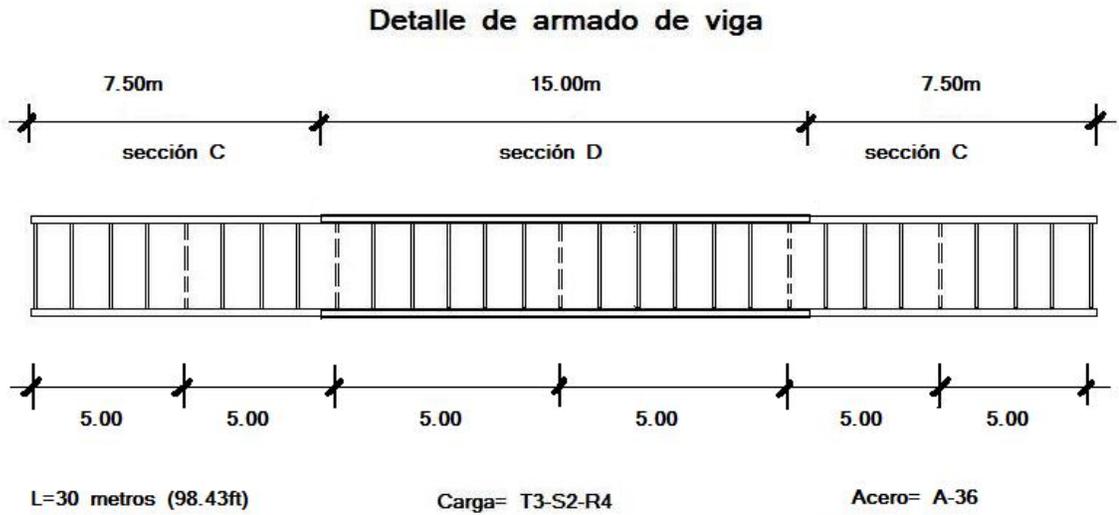
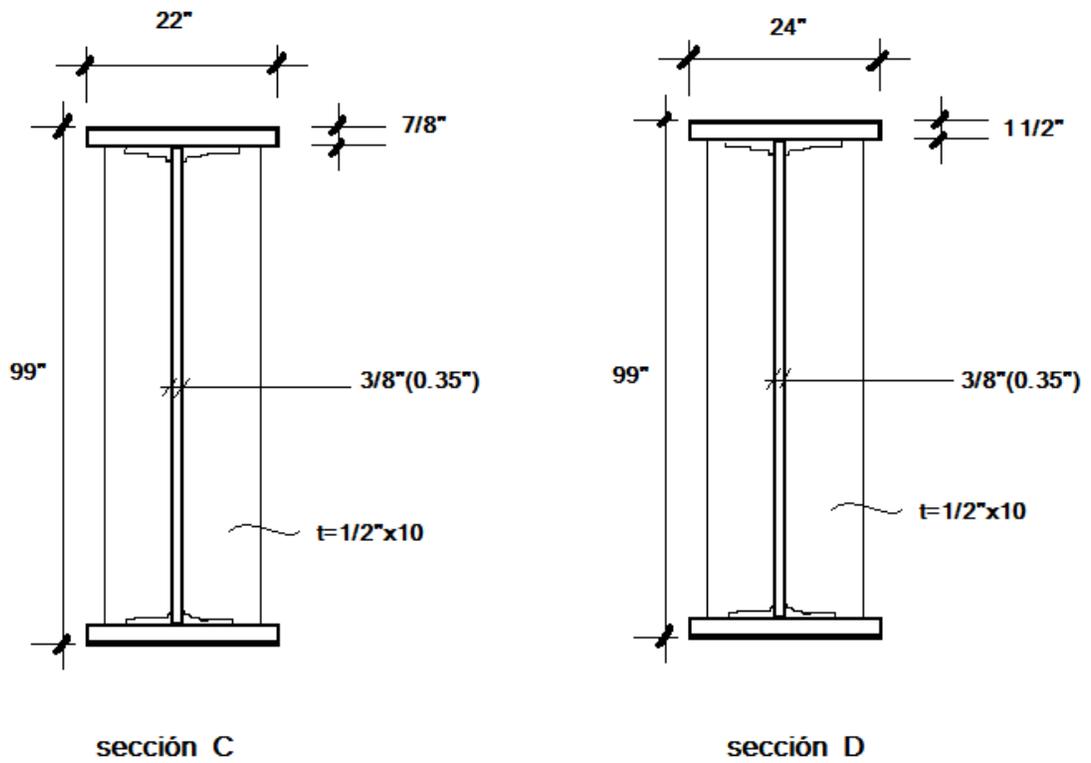


Figura 16. Secciones de viga en tramo 30 metros



### 2.2.3 Diseño uniones L/3

Viga L=45 metros (147.65 ft)

$$M = 8944 \text{kip} - \text{ft}$$

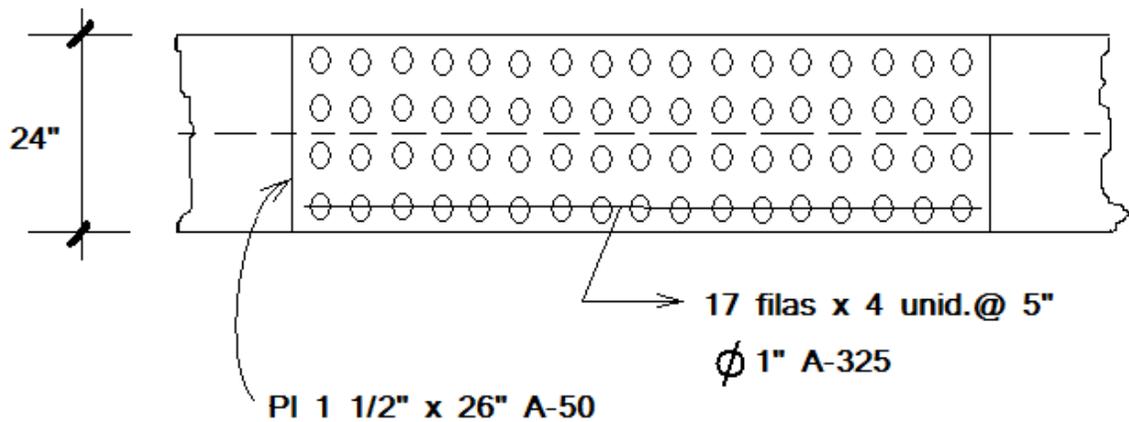
$$\text{factor} = 86\% (p / \text{sacar } V)$$

$$V = 292 \text{kip} \times 0.8 = 204 \text{kip}$$

$$d = 99"$$

$$T = \frac{8944 \text{kip} - \text{ft}}{\left(\frac{99}{12}\right) \text{ft}} = 1090.18 \text{kip}$$

$$\text{num.} - \text{pernos} = \frac{1090.2 \text{kip}}{16.5 \text{kip}} = 68 \text{pernos}$$



$$A_{placa} = \frac{1090 \cdot 18 \text{ kip}}{0.6 \times 50 \text{ ksi}} = 36.34 \text{ in}^2$$

$$\therefore \frac{36.34 \text{ in}^2}{24 \text{ in}} = 1.5 \text{ in}$$

revisión

$$A = 36 \text{ in}^2$$

$$\frac{1090 \cdot 2 \text{ kip}}{0.6 \times 36 \text{ ksi}} = 50.5 \text{ in}^2$$

$$b = \frac{50.5 \text{ in}^2}{1 \frac{1}{2} \text{ in}} = 34 \text{ in} \times 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

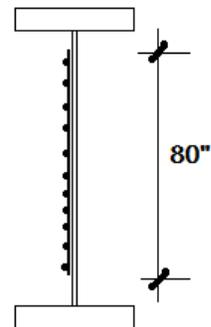
Corte

$$A = \frac{V}{0.4 \times f_y}$$

$$A_p = \frac{200 \text{ kip}}{0.4 \times 50 \text{ ksi}} = \frac{10 \text{ in}^2}{80 \text{ in}} \cong 1/2 \text{ in } A - G50$$

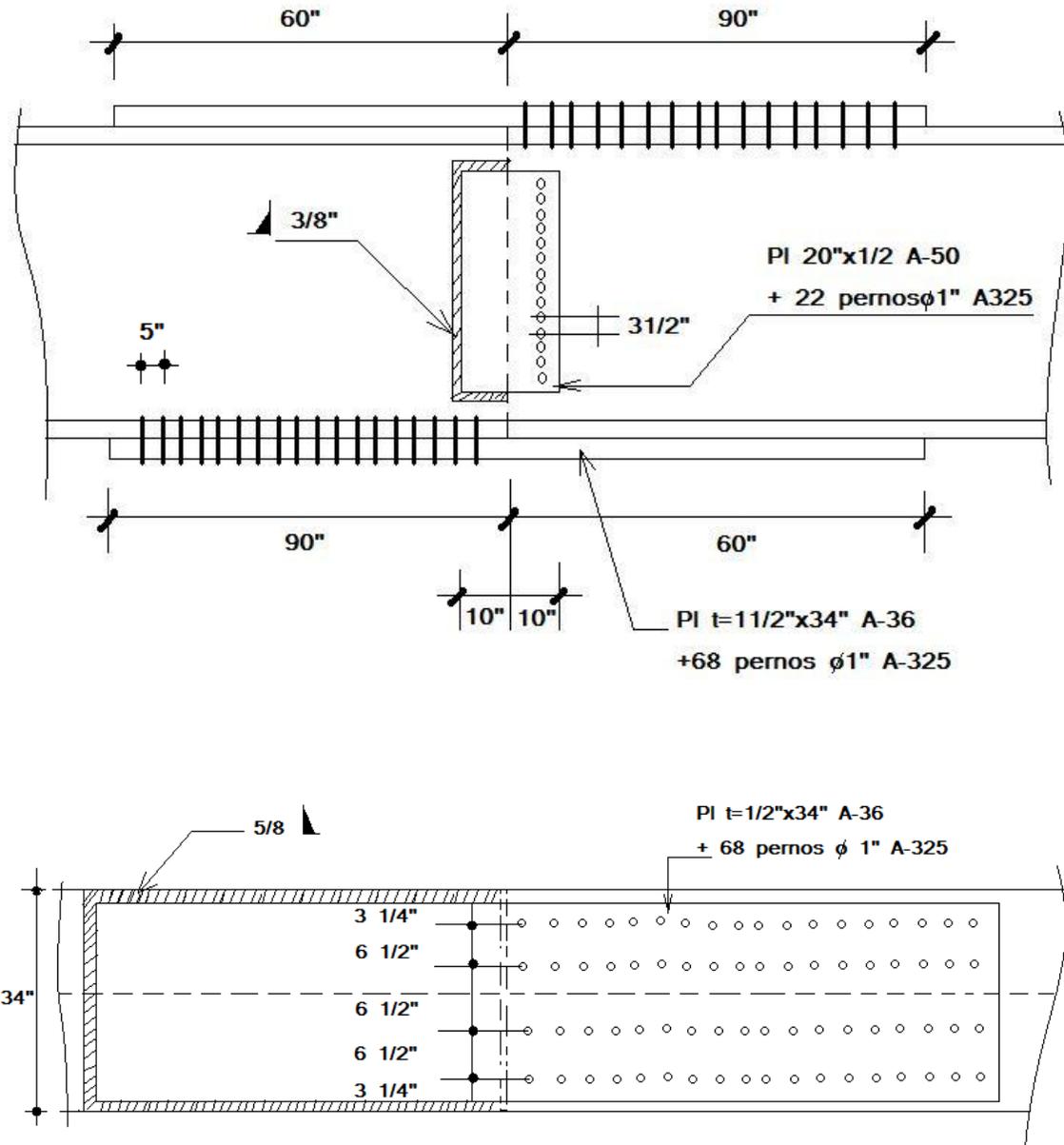
num. Pernos

$$= \frac{200 \text{ kip}}{16.5 \text{ kip}} = 12.2 \text{ unidades} \rightarrow 14 \text{ pernos}$$



22 pernos o 1/2" PI  
1/2" A-50

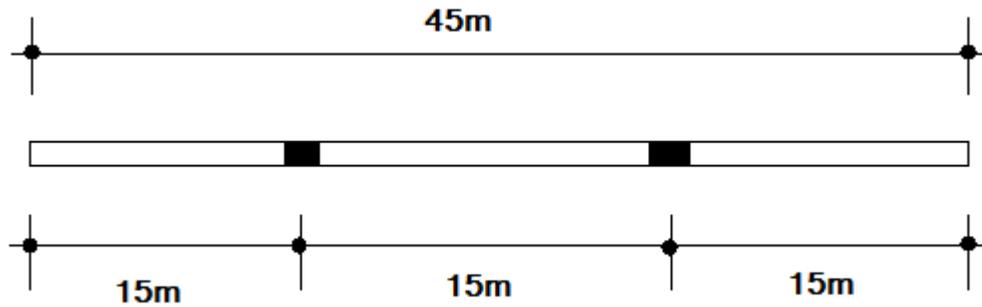
Figura 17. Uniones de viga



Viga L=45m

Distancia de unión 15m (tramo central)

2 uniones por viga



### Viga L=30m

Diseño de unión

$$M_{\max} = 5603.2 \text{kip} - \text{pie}$$

$$M_{\text{dis}} = 3860 \text{kip} - \text{pie}$$

Flange

$$T = C = \frac{3860 \text{kip} - \text{pie}}{\left(\frac{99}{12}\right)} = 468 \text{kip}$$

$$\text{No. pernos} = \frac{470 \text{kip}}{16.5} = 28.48 \cong 30 \text{ pernos}$$

Utilizar 8 filas de 4 pernos para un total de 32 pernos

$$Pl = \frac{470 \text{kip}}{0.60 \times 36 \text{ksi}} = 21.76 \text{in}^2$$

$$t = 22''$$

$$t = \frac{22}{22} = 1''$$

$$Pl = 1'' \times 22'' \text{ A} - 36 + 32 \text{ pernos } \phi 1'' \text{ A} - 325$$

$$\text{Corte cm } \frac{wl^2}{2}$$

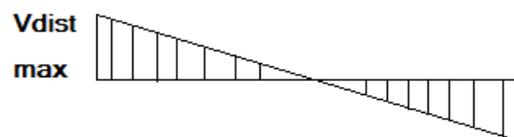
$$V = \frac{1.89 \times 98.43}{2} = 93.003 \text{kip}$$

Corte cv

$$V = 65.3 \text{kip} \times 1.743 = 113.82 \text{kip} + \text{imp}$$

$$= 113.82 \text{kip} \times 1.22 = 138.86 \text{kip}$$

$$V_{\text{dit. max}} = 93.03 + 138.86 = 232 \text{kip}$$



$$V \text{ max} \rightarrow 30m \quad V = \frac{V \text{ max} \cdot x7.50}{30} = \frac{232 \cdot 7.50}{30} = 58kip$$

$$V ?? \rightarrow 7.50m$$

Mejor usar  $\frac{232kip}{1.47} = 160kip$

Alma

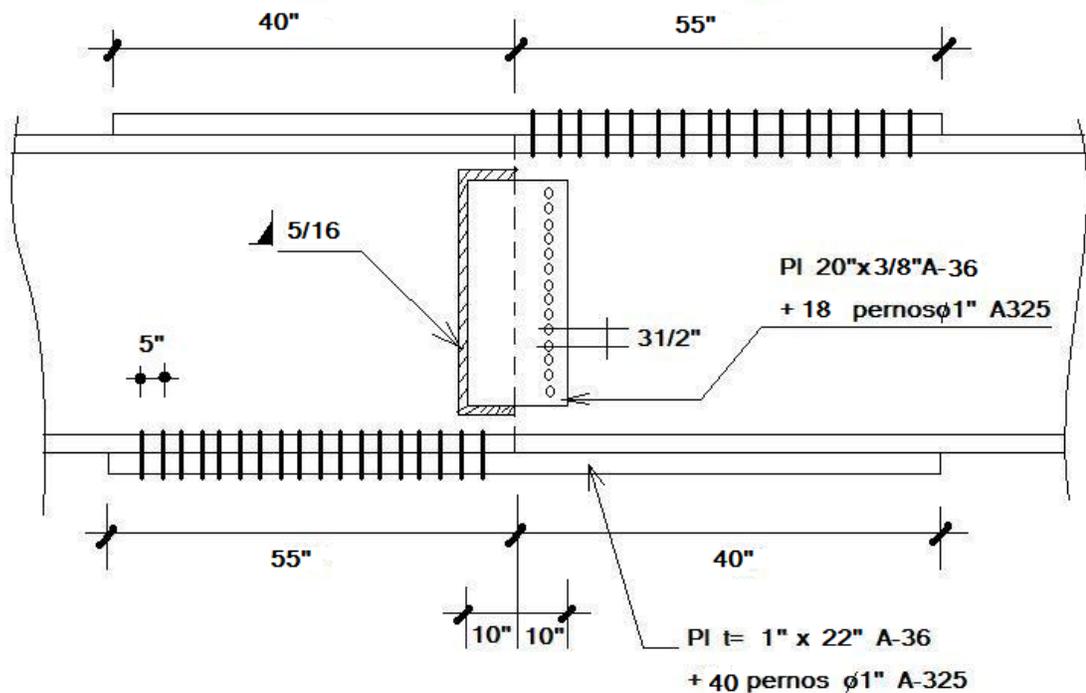
$$A = \frac{V}{0.40 \cdot 36kip} = \frac{160kip}{0.4 \cdot 36} = 11.5in^2$$

$$si \rightarrow h_{pl} = 65" \rightarrow t = \frac{11.5in^2}{65in} = 0.18in \cong 3/8"$$

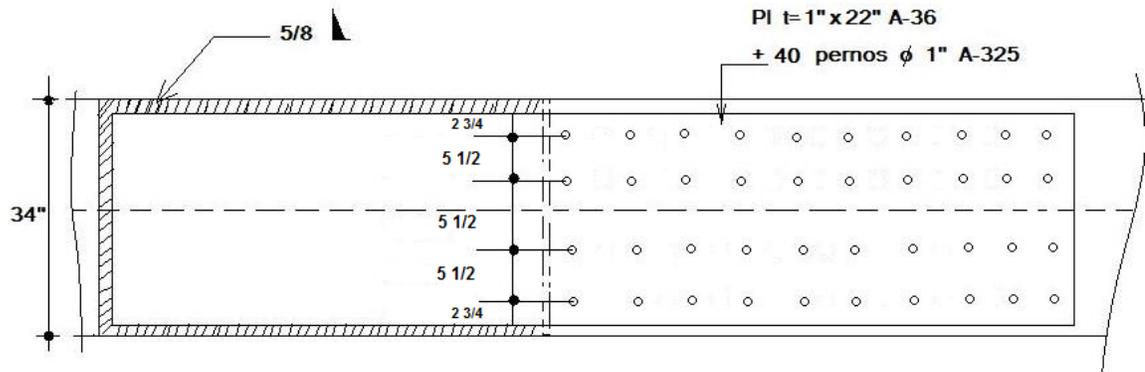
num. de pernos

$$\phi 1" = \frac{160kip}{16.5} = 9.70 \rightarrow 18 \text{ unidades } \phi 1" \text{ A-325}$$

**Figura 18. Detalle de unión de viga 30m**

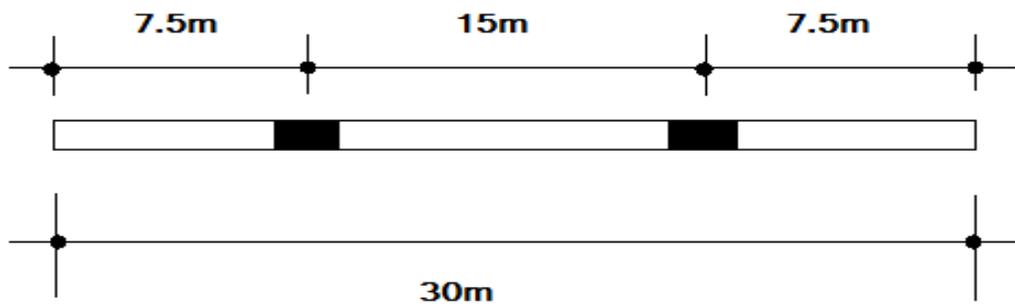


**Figura 19. Planta detalle de unión de viga 30m**



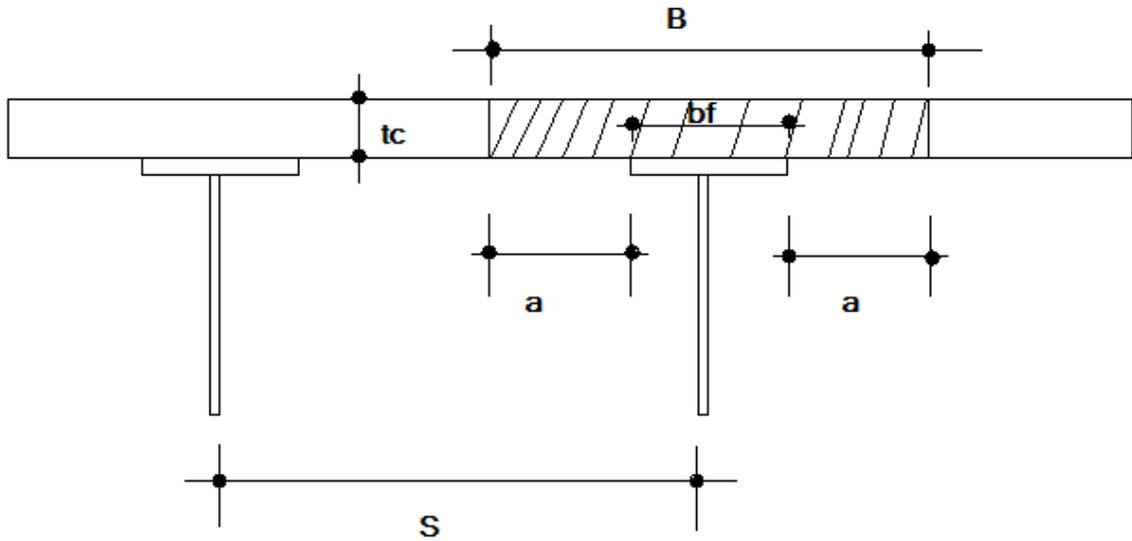
Viga L=30m

Distancia de unión 7.5m 2 uniones por viga.



## Revisión pasadores de corte

Condiciones



$$\begin{aligned}
 bf &= 24'' & tc &= 9'' & L &= 45m \approx 147.65' \cong 1771'' \\
 \therefore S &= 9.25' \cong 111'' & \therefore a &= \frac{111'' - 24''}{2} = 43.5'' & B &= 111''
 \end{aligned}$$

$$1) a \leq 8tc \rightarrow 8 \times 9'' = 72'' \Rightarrow a < 8tc \rightarrow 43 < 72'' \text{ ok}$$

2) Flange efectiva

$$B \leq \frac{1}{4} L(\text{espacio} - \text{apoyos}) \rightarrow \frac{1771}{4} = 443.5'' \therefore B = 2a + bf \rightarrow 2 \times 43.5'' + 24'' = 111''$$

$$111 \leq 443.5 - \text{ok}$$

Ancho transformado de concreto

$$\frac{B}{n} = \frac{111''}{10} = 11.10'' \therefore n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$

### 3) Corte horizontal

$$V_n = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot A_c}{2} \quad \therefore A_c = B \cdot x \cdot t_c$$
$$V_n = \frac{0.85 \cdot (3000) \cdot (111 \cdot x)}{2} = 1273 \text{ kip}$$

$$\therefore A_s = \text{área total de la viga} \quad 24 \cdot 11 \frac{1}{2} \cdot x_2 + 92 \cdot x_1 \frac{1}{2} = 120 \text{ in}^2$$

$$V_n = \frac{A_s \cdot \sigma_y}{2} \rightarrow \frac{120 \text{ in}^2 \cdot 50000}{2} = 3000 \text{ kip}$$

$\therefore$  Utilizar el valor mínimo  $V_n = 1273 \text{ kip}$

Utilizando canales

Probando  $G_n 4"$   
10" de longitud

$$\text{de tabla } q = 4.6w$$
$$q = 4.6 \cdot 1.0 = 4.6 \text{ kip / canal} \quad \therefore w = \text{longitud de canal}$$

núm. de canales

$$n = \frac{V_n}{q} = \frac{1273 \text{ kip}}{4.6} = 28 \text{ canales} \quad \text{por viga } 56 \text{ canales}$$

núm. espacios aproximados:

$$\frac{L_{\text{viga}} / 2}{28} \approx \frac{(147.65' / 2) \cdot 12}{28} = 32"$$

### 2.2.4 Revisión de fuerza centrífuga

$$Fr = CxW$$

$$C = \frac{6.68S^2}{R} \%$$

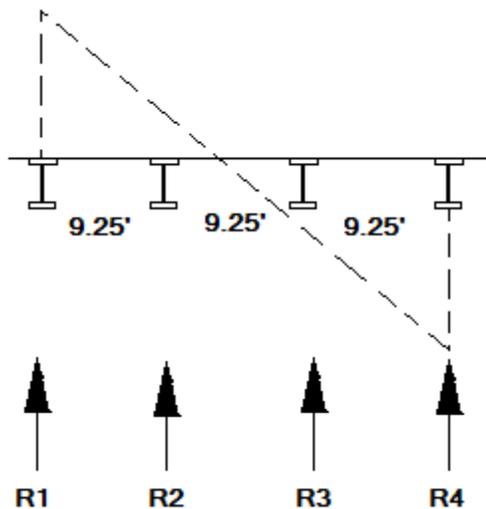
∴ W=carga viva sin impacto S=velocidad (MPH) R=radio curva (pies)

Si R=700pies S=50MPH (80KPH)

$$C = \frac{6.68 \times 50^2}{700} = 23.86\% \cong 24\%$$

W= carga de camión 57 toneladas (T3-S2-R4) asumiendo el efecto de 2 camiones al centro W=114 toneladas.

$$Fr = 0.24 \times 114 \text{Tn.} \times 2.204 = 60.30 \text{kip} \quad Mr = 60.30 \text{kip} \times 6 \text{pies} = 361.80 \text{kip} - \text{pie}$$



Equilibrio

$$27.75R_E + 9.25R_I = 361.8 \text{kip} - \text{pie}$$

$$\therefore \frac{R_I}{4.65'} = \frac{R_E}{13.88'}$$

$$R_I = \frac{R_E}{3}$$

$$27.75R_E + 9.25 \left( \frac{R_E}{3} \right) = 361.8$$

$$R_E = \frac{361.8}{30.83} = 11.75 \text{kip}$$

Momento adicional provocado a la viga por Fr

$$Mr = 11.75kip \cdot x150pie / 4 = 440.63kip - pie$$

Momento total

$$Mtotal = Mo + M$$

$$Mtotal = 10240.90 + 440.63 = 10681.5kip - pie$$

$$Ixx = 222.250in^4$$

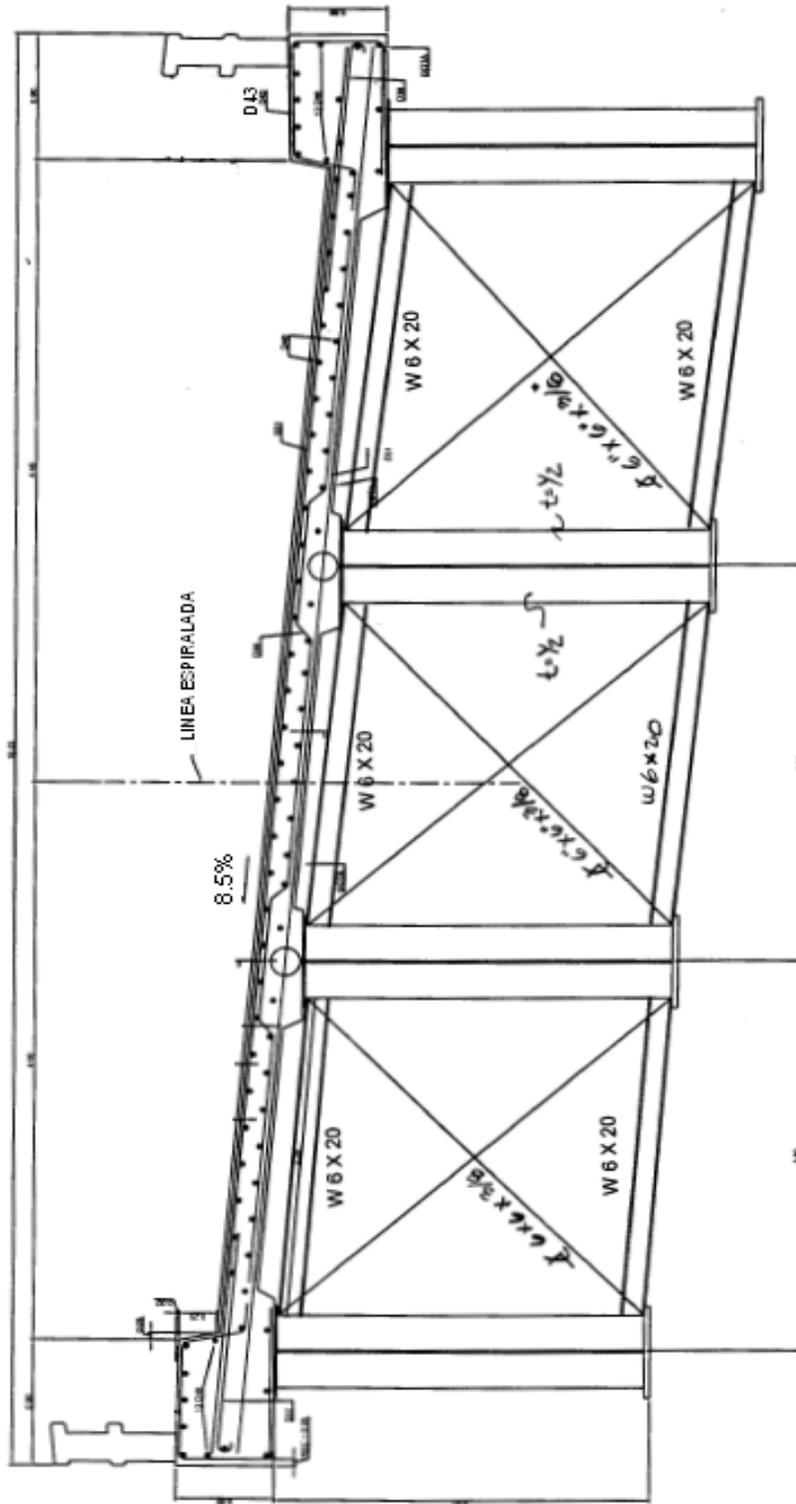
$$Sxx = 4490in^3$$

$$Fb = 0.55 \cdot x50 = 27.5kip$$

$$fbx = \frac{10681.5kip - pie \cdot x12}{4490in^3} = 28.55kip / in^2$$

$$\frac{fbx}{Fb} = \frac{28.55}{27.5} = 1.03 \quad \text{Rango aceptable.}$$

Figura 20. Propuesta de sección del puente.



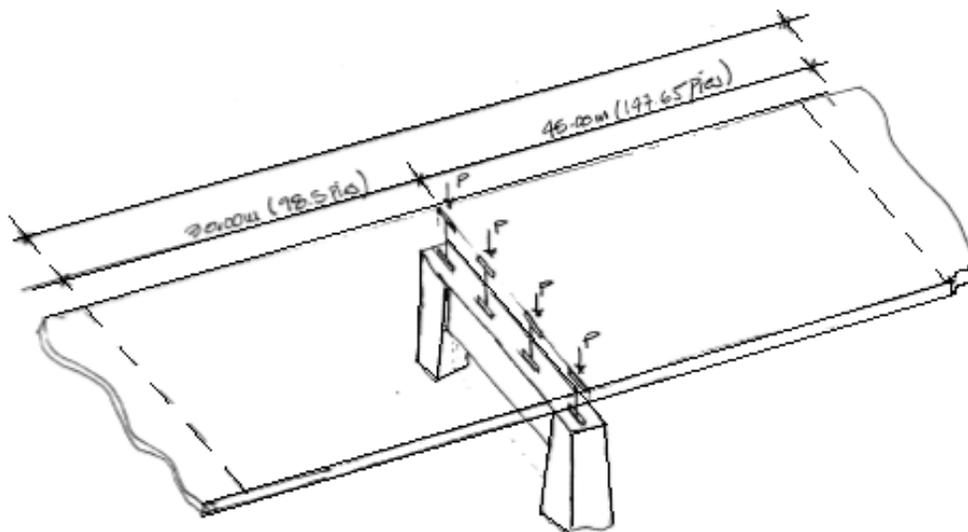
PROPUESTA SECCIÓN DE PUENTE



## 2.3 Diseño sub-estructura

### 2.3.1 Cargas

Figura 22. Distribuciones de cargas sobre pila más crítica



## DISTRIBUCIÓN DE CARGA SOBRE PILA

Reacciones en la viga

Tramo 30metros (98.5ft)

$$C_m = \frac{1.89 \text{kip/ft} \times 98.5 \text{ft}}{2} = 93.10 \text{kip}$$

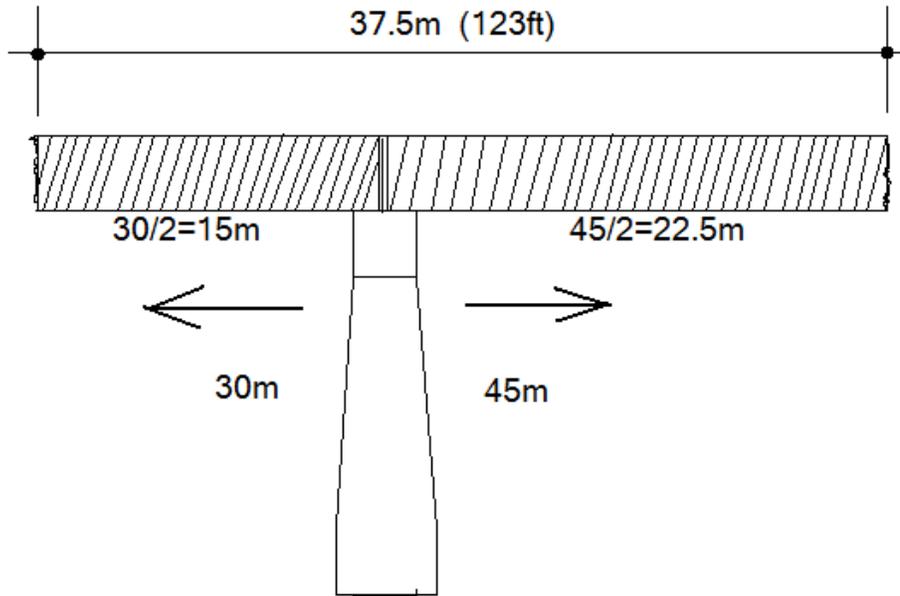
$$C_v = 65.3 \text{kip} \times 1.743 \times 1.22 = 138.9 \text{kip}$$

Tramo 45metros (147.65ft)

$$C_m = \frac{1.89 \text{kip/ft} \times 147.65 \text{ft}}{2} = 139.53 \text{kip}$$

$$C_v = 74 \text{kip} \times 1.743 \times 1.18 = 152.2 \text{kip}$$

**Figura 23. Diagrama de carga sobre viga**



Cálculo de peso muerto (1/2 tramo 30m + 1/2 tramo 45m)

-Losa=	$150\text{libf/ft}^3 \times (9/12) \text{ ft} \times 10.25\text{m} \times 3.28\text{ft} \times 123\text{ft} =$	465,358.6libf
-Asfalto=	$110\text{libf/ft}^3 \times (2/12) \text{ ft} \times 10.25\text{m} \times 3.28\text{ft} \times 123\text{ft} =$	75,836.21libf
-Peso viga=	$450\text{libf/ft} \times 123\text{ft} \times 4 =$	22,140libf
-Arriostres=	$1,890\text{libf} \times 7 =$	13,230libf
-Arriostres laterales=	$1,190\text{libf} \times 7 =$	8,330libf
-Banquetas=	$2.95\text{ft} \times 1.25\text{ft} \times 123\text{ft} \times 2 \times 150\text{libf/ft}^3 =$	136,068.75libf
-Barandales=	$116.2\text{libf/ft} \times 123 \text{ ft} \times 2 =$	28,585.20libf
	$\Sigma =$	948,808.76libf

$$948,808.76\text{libf} \cong 948.8\text{kip}$$

$$c \text{ arg } aP = \frac{948.8\text{kip}}{4} = 237\text{kip}$$

Coeficiente sísmico

$$V = C_s x W$$

$$C_s = \left( \frac{S_{DS}}{R} \right) I_E$$

$$C_s \triangleright \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_E} \right) T} \qquad C_s \triangleleft 0.044 S_{DS} I_E \qquad C_s \triangleleft \frac{0.5 S_1}{\left( \frac{R}{I_E} \right)}$$

$$\therefore S_s = 1.50$$

$$S_1 = 0.60$$

Suelo Clase D

$$\begin{array}{lll} Fa = 1.0 & \therefore S_{MS} = FaxS_s & S_{DS} = 2/3 S_{MS} \\ & = 1.00 x 1.50 & = 2/3 x 1.50 \\ & = 1.50 & = 1.00 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} Fv = 1.50 & \therefore S_{M1} = FvxS_1 & S_{D1} = 2/3 S_{M1} \\ & = 1.50 x 0.60 & = 2/3 x 0.90 \\ & = 0.90 & = 0.60 \end{array}$$

Período

$$T_A = C_t x h n^{3/4} \Rightarrow 0.030 x (22 x 3.281)^{3/4} = 0.742$$

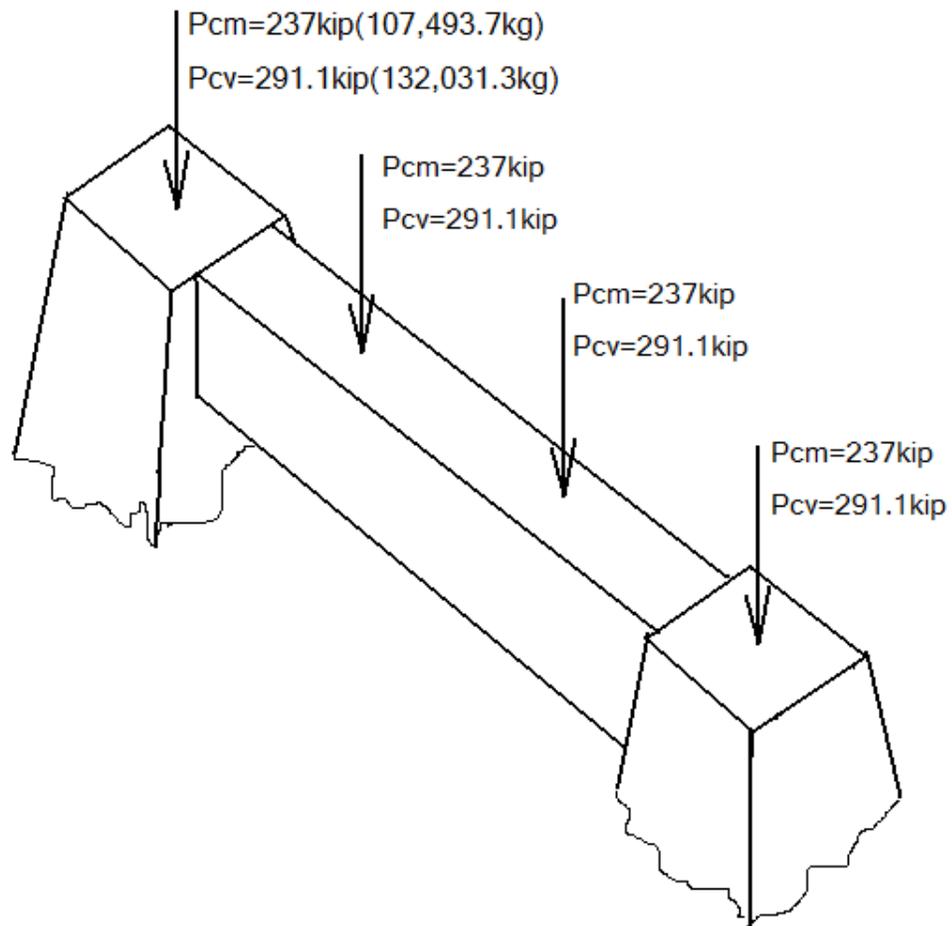
$$\therefore T_B \triangleright 1.30 T_A \qquad \therefore TB \triangleright 1.30 x 0.742 = 0.964$$

$$C_s = \frac{1}{2} x 1 = 0.5$$

$$C_s \triangleright \frac{0.60}{(2/1) x 0.96} = 0.31 \qquad C_s \triangleleft 0.044 x 1 x 1 = 0.044$$

$$C_s \triangleleft \frac{0.50 x 0.60}{(2/1)} = 0.15 \Rightarrow \text{Aceptar y utilizar } \therefore V = 0.25W$$

Figura 24. Cargas P en la viga



Sismo:

$$\begin{aligned}
 WT &= CMT + 0.40CV \\
 &= 948.81\text{kip} + (291 \times 4) \times 0.40 = 1414.41\text{kip} \\
 \therefore F_{sismo} &= C_s \times Wt \\
 \therefore C_s &= 0.25 \\
 F_{sismo} &= 1414.41\text{kip} \times 0.25 \\
 &= 353.60\text{kip} \cong 160.65\text{ton}.
 \end{aligned}$$

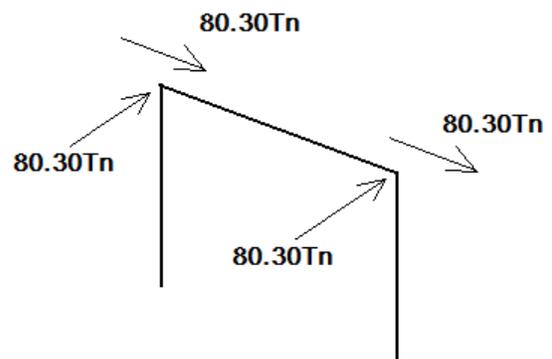
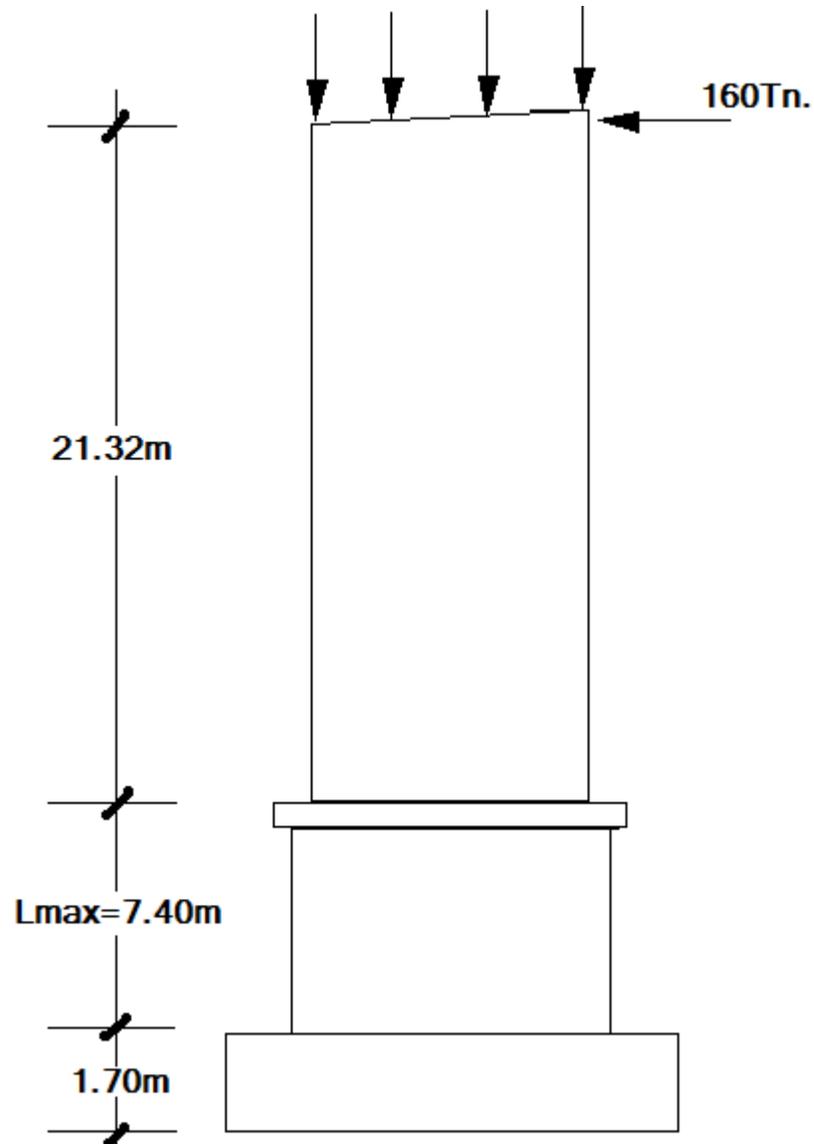


Figura 25. Diagrama de cargas en pila



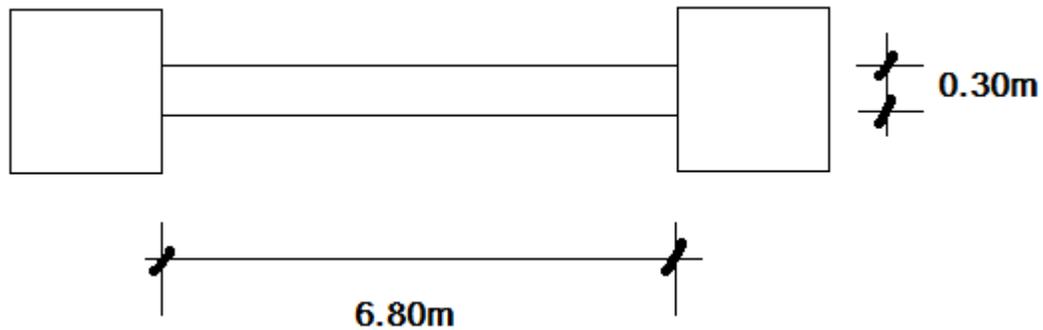
$$M_u = 80\text{ton.} \times 22.22 + 1(\text{ton./m}) \times \frac{22.22^2}{2} = 2024.50\text{ton.} \cdot \text{m}$$

$$\therefore f'c = 35\text{MPa}$$

$$f'y = 420\text{MPa}$$

$$d = 240\text{cm} \rightarrow A_s = 229\text{cm}^2$$

Chequeo de cortina.



$$V_w = 160 \text{ ton.}$$

$$V_w = 2x \frac{160}{1.4} = 130 \text{ ton.}$$

Corte de resistencia del concreto

$$d \cong 0.80 x 680 = 544 \text{ cm}$$

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

$$V_{wc} = 0.85 x 0.53 \sqrt{350} x 30 x \frac{544}{1000} = 138 \text{ ton.}$$

$$\therefore 138 \text{ ton.} \ll 230 \text{ ton}$$

Corte adicional

$$\text{peso} - \text{muro} = 2400 x 0.3 x 7.00 = 5 \text{ ton.}$$

$$\text{peso} - \text{columnas} = 2400 x 2 x 2 x 2 = 20 \text{ ton.}$$

$$\Sigma = 25 \text{ ton.}$$

$$F_s = 25 x 0.25 = 6.25 \text{ ton.}$$

$$V_{wmuro} = 2x \frac{6.25}{1.4} = 9 \text{ ton./m}$$

$$V_{wmuro} = (9 \text{ ton./m}) x 22 \text{ m} = 198 \text{ ton.}$$

### Corte Total

$$VuT = 230ton. + 198ton. = 430ton.$$

$\therefore$  utilizar #6 @ 38cm

Aceptable – usar #6 @ 30cm

### 2.3.2 Revisión estabilidad cimiento

$$Mact = 80ton. \times 32.22m + (1ton./m. \times \frac{32.22^2}{2}) = 3097ton. - m$$

### Pesos

$$- \text{columna} : 83.36m^3 \times 2.4ton./m^3 = 200.06ton.$$

$$- \text{vigas} : 2(1 \times 0.8 \times \frac{6.8}{2} \times 2.4) = 13.06ton$$

$$- \text{viga - A} : (1.20 \times 1.80 \times \frac{6.80}{2} \times 2.4) = 17.63ton.$$

$$- \text{cortina} : \left( \frac{6.8}{2} \times 0.3 \times 22.22 \times 2.4 \right) = 54.4ton.$$

$$- \text{zapata} : 6.70 \times 13.20 \times 1.70 \times \frac{2.4}{2} = 180.40ton.$$

$$- \text{tronco} : 3.60 \times 13.20 \times 8.3 \times \frac{2.4}{2} = 473.3ton.$$

$$- \text{suelo} : (6.70 - 3.60) \times 13.20 \times 1.6 \times \frac{8.30}{2} = 271ton.$$

$$\sum \text{pesos} = 1210ton..$$

$$MR = 1210ton. \times \frac{6.70}{2} = 4053ton. - m$$

### Efecto de suelo (momento)

$$Ms = \left( 3 \times 1.70 \times 7.00 \times \frac{7.00}{2} \times \frac{7.00}{3} \right) \times 6.70 = 1953ton. - m$$

$$F_{sv} = \frac{\sum Mact}{\sum M_R} = \frac{4053 + 1953}{3097} = 1.94 > 1.50 \rightarrow ok$$

### 2.3.3 Diseño de columnas por el programa PCACOL

pcaColumn.v3.64 © Portland Cement Association  
Standalone license. Locking Code: 4-2822E. User: Sigfrido Arrivillaga, SarriviS  
untitled.col

Page 1  
02/26/07  
03:12 PM

```
0000000 00000 00000 00000 00000 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 0000000 00 00 00 00
0000000 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00000 00 00 00000 00000 00000 (TM)
```

=====  
Computer program for the Strength Design of Reinforced Concrete Sections  
=====

Licensee stated above acknowledges that Portland Cement Association (PCA) is not and cannot be responsible for either the accuracy or adequacy of the material supplied as input for processing by the pcaColumn(TM) computer program. Furthermore, PCA neither makes any warranty expressed nor implied with respect to the correctness of the output prepared by the pcaColumn(TM) program. Although PCA has endeavored to produce pcaColumn(TM) error free, the program is not and can't be certified infallible. The final and only responsibility for analysis, design and engineering documents is the licensees. Accordingly, PCA disclaims all responsibility in contract, negligence or other tort for any analysis, design or engineering documents prepared in connection with the use of the pcaColumn(TM) program.

General Information:

-----  
 File Name: untitled.col  
 Project: Puente Corozal  
 Column: Pilas  
 Code: ACI 318-02  
 Engineer: SASEMS  
 Units: English  
 Run Option: Design  
 Run Axis: Y-axis  
 Slenderness: Not considered  
 Column Type: Structural

Material Properties:

-----  
 f'c = 5 ksi  
 Ec = 4030.51 ksi  
 Ultimate strain = 0.003 in/in  
 Beta1 = 0.8  
 fy = 60 ksi  
 Es = 29000 ksi

Section:

-----  
 Rectangular: Width = 80 in  
 Depth = 98 in  
 Gross section area, Ag = 7840 in<sup>2</sup>  
 Ix = 6.27461e+006 in<sup>4</sup>  
 Xc = 0 in  
 Iy = 4.18133e+006 in<sup>4</sup>  
 Yc = 0 in

Reinforcement:

-----  
 Rebar Database: ASTM A615  

Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )
# 3	0.38	0.11	# 4	0.50	0.20	# 5	0.63	0.31
# 6	0.75	0.44	# 7	0.88	0.60	# 8	1.00	0.79
# 9	1.13	1.00	# 10	1.27	1.27	# 11	1.41	1.56
# 14	1.69	2.25	# 18	2.26	4.00			

-----  
 Confinement: Tied: #3 ties with #10 bars, #4 with larger bars.  
 phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

-----  
 Layout: Rectangular  
 Pattern: Equal Bar Spacing (Cover to transverse reinforcement)  
 Total steel area, As = 81.12 in<sup>2</sup> at 1.03%  
 S2 #11 Cover = 4 in

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

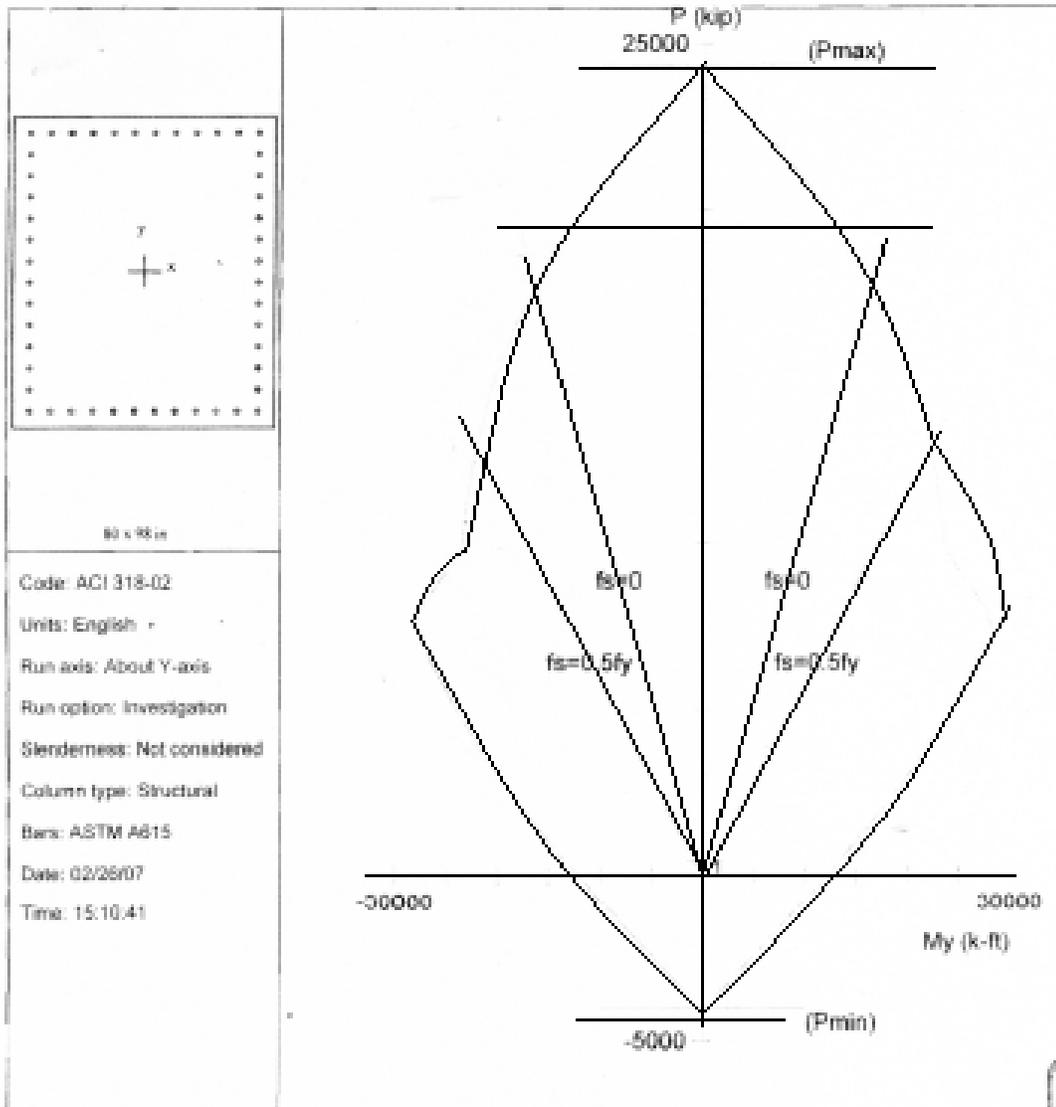
-----

No.	Pu kip	Muy k-ft	fMny k-ft	fMn/Mu
1	462.0	0.0	14334.6	999.999

-----

\*\*\* Program completed as requested! \*\*\*





Code: ACI 318-02  
 Units: English  
 Run axis: About Y-axis  
 Run option: Investigation  
 Slenderness: Not considered  
 Column type: Structural  
 Bars: ASTM A615  
 Date: 02/26/07  
 Time: 15:10:41

pcaColumn v3.64. Standalone license. Locking Code: 4-2622E. User: Sigfrido Arrivillaga, Sarrivis

File: untitled.col

Project: Puente Corozal

Column: Pilas

$f_c = 5$  ksi

$f_y = 60$  ksi

Engineer: SASEMS

$A_g = 7040$  in<sup>2</sup>

48 #11 bars

$E_c = 4031$  ksi

$E_s = 29000$  ksi

$A_s = 74.88$  in<sup>2</sup>

$\rho = 0.96\%$

$i_c = 4.25$  in

$i_s = 4.25$  in

$X_c = 0.00$  in

$I_x = 6.27481e+005$  in<sup>4</sup>

$e_y = 0.003$  in/in

$Y_c = 0.00$  in

$I_y = 4.18133e+005$  in<sup>4</sup>

beta1 = 0.8

Clear height = 4.02 in

Clear width = 4.50 in

*[Handwritten signature]*  
 Sigfrido Arrivillaga  
 SASEMS  
 Sarrivis

General Information:

File Name: untitled.col  
 Project: Puente Corozal  
 Column: Pilas  
 Code: ACI 318-02  
 Engineer: SASEMS  
 Units: English  
 Run Option: Investigation  
 Run Axis: Y-axis  
 Slenderness: Not considered  
 Column Type: Structural

Material Properties:

$f'c$  = 5 ksi  
 $E_c$  = 4030.51 ksi  
 Ultimate strain = 0.003 in/in  
 $\beta_{total}$  = 0.8  
 $f_y$  = 60 ksi  
 $E_s$  = 29000 ksi

Section:

Rectangular: Width = 80 in  
 Depth = 98 in  
 Gross section area,  $A_g$  = 7840 in<sup>2</sup>  
 $I_x$  = 6.27461e+006 in<sup>4</sup>  
 $X_o$  = 0 in  
 $I_y$  = 4.18133e+006 in<sup>4</sup>  
 $Y_o$  = 0 in

Reinforcement:

Rebar Database: ASTM A615

Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )
# 3	0.38	0.11	# 4	0.50	0.20	# 5	0.63	0.31
# 6	0.75	0.44	# 7	0.88	0.60	# 8	1.00	0.79
# 9	1.13	1.00	# 10	1.27	1.27	# 11	1.41	1.56
# 14	1.69	2.25	# 18	2.26	4.00			

Confinement: Tied; #3 ties with #10 bars, #4 with larger bars.  
 $\phi(a)$  = 0.8,  $\phi(b)$  = 0.9,  $\phi(c)$  = 0.65

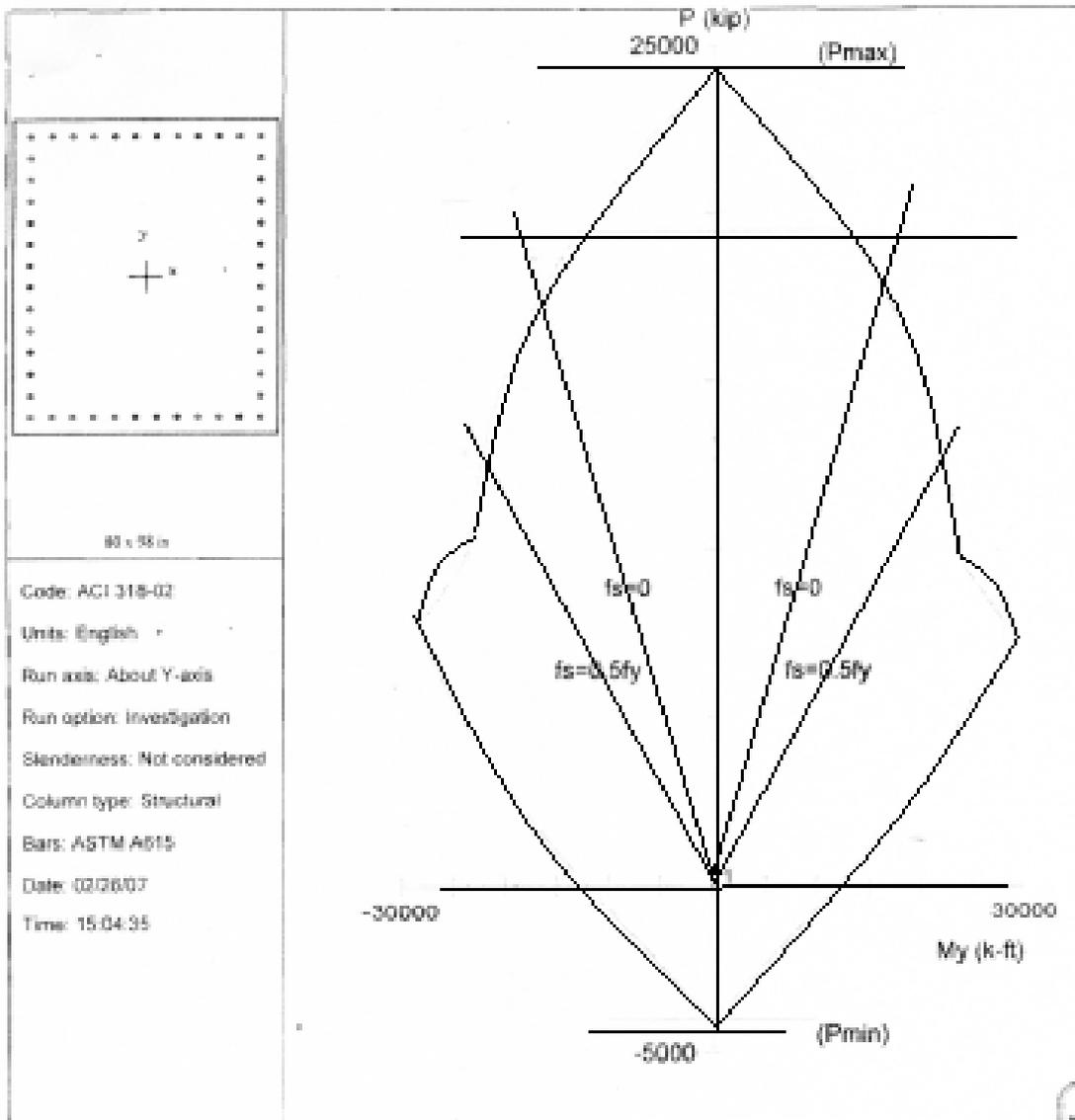
Layout: Rectangular  
 Pattern: Equal Bar Spacing (Cover to transverse reinforcement)  
 Total steel area,  $A_s$  = 74.88 in<sup>2</sup> at 0.96%  
 48 #11 Cover = 4 in

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	$P_u$ kip	$M_{uy}$ k-ft	$f_{Nny}$ k-ft	$\phi M_n / M_u$
1	462.0	0.0	13388.8	999.999

\*\*\* Program completed as requested! \*\*\*





Code: ACI 318-02  
 Units: English  
 Run axis: About Y-axis  
 Run option: Investigation  
 Slenderness: Not considered  
 Column type: Structural  
 Bars: ASTM A615  
 Date: 02/26/07  
 Time: 15:04:35

pcaColumn v3.64. Standalone license. Looking Code: 4-2822E. User: Sifrido Amalaga, SamsilS

File: untitled.col	Engineer: SASEMS
Project: Puente Corozal	Column: Pilas
$f_c = 5 \text{ ksi}$	$f_y = 60 \text{ ksi}$
$E_c = 4031 \text{ ksi}$	$E_s = 29000 \text{ ksi}$
$f_c = 4.25 \text{ ksi}$	$f_c = 4.25 \text{ ksi}$
$e_u = 0.003 \text{ in/in}$	
Ratio 1 = 0.4	
$A_g = 7640 \text{ in}^2$	48 #11 bars
$A_s = 74.88 \text{ in}^2$	$\rho = 0.96\%$
$X_o = 0.00 \text{ in}$	$I_x = 6.27461e+006 \text{ in}^4$
$Y_o = 0.00 \text{ in}$	$I_y = 4.18133e+006 \text{ in}^4$
Clear section = 4.00 in	Clear cover = 4.50 in

*Sifrido Amalaga*  
 Sifrido Amalaga  
 INGENIERO CIVIL  
 INGENIERIA CIVIL

General Information:

File Name: untitled.col  
 Project: Puente Corozal  
 Column: Pilas  
 Code: ACI 318-02  
 Engineer: SASEMS  
 Units: English  
 Run Option: Investigation  
 Run Axis: Y-axis  
 Slenderness: Not considered  
 Column Type: Structural

Material Properties:

$f'_c$  = 4 ksi  
 $E_c$  = 3605 ksi  
 Ultimate strain = 0.003 in/in  
 $\beta_{at}$  = 0.85  
 $f_y$  = 60 ksi  
 $E_s$  = 29000 ksi

Section:

Rectangular: Width = 80 in  
 Depth = 98 in  
 Gross section area,  $A_g$  = 7840 in<sup>2</sup>  
 $I_x$  = 6.27461e+006 in<sup>4</sup>  
 $X_o$  = 0 in  
 $I_y$  = 4.18133e+006 in<sup>4</sup>  
 $Y_o$  = 0 in

Reinforcement:

Rebar Database: ASTM A615

Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )	Size	Diam (in)	Area (in <sup>2</sup> )
# 3	0.38	0.11	# 4	0.50	0.20	# 5	0.63	0.31
# 6	0.75	0.44	# 7	0.88	0.60	# 8	1.00	0.79
# 9	1.13	1.00	# 10	1.27	1.27	# 11	1.41	1.56
# 14	1.69	2.25	# 18	2.26	4.00			

Confinement: Tied; #3 ties with #10 bars, #4 with larger bars.  
 $\phi(a)$  = 0.8,  $\phi(b)$  = 0.9,  $\phi(c)$  = 0.65

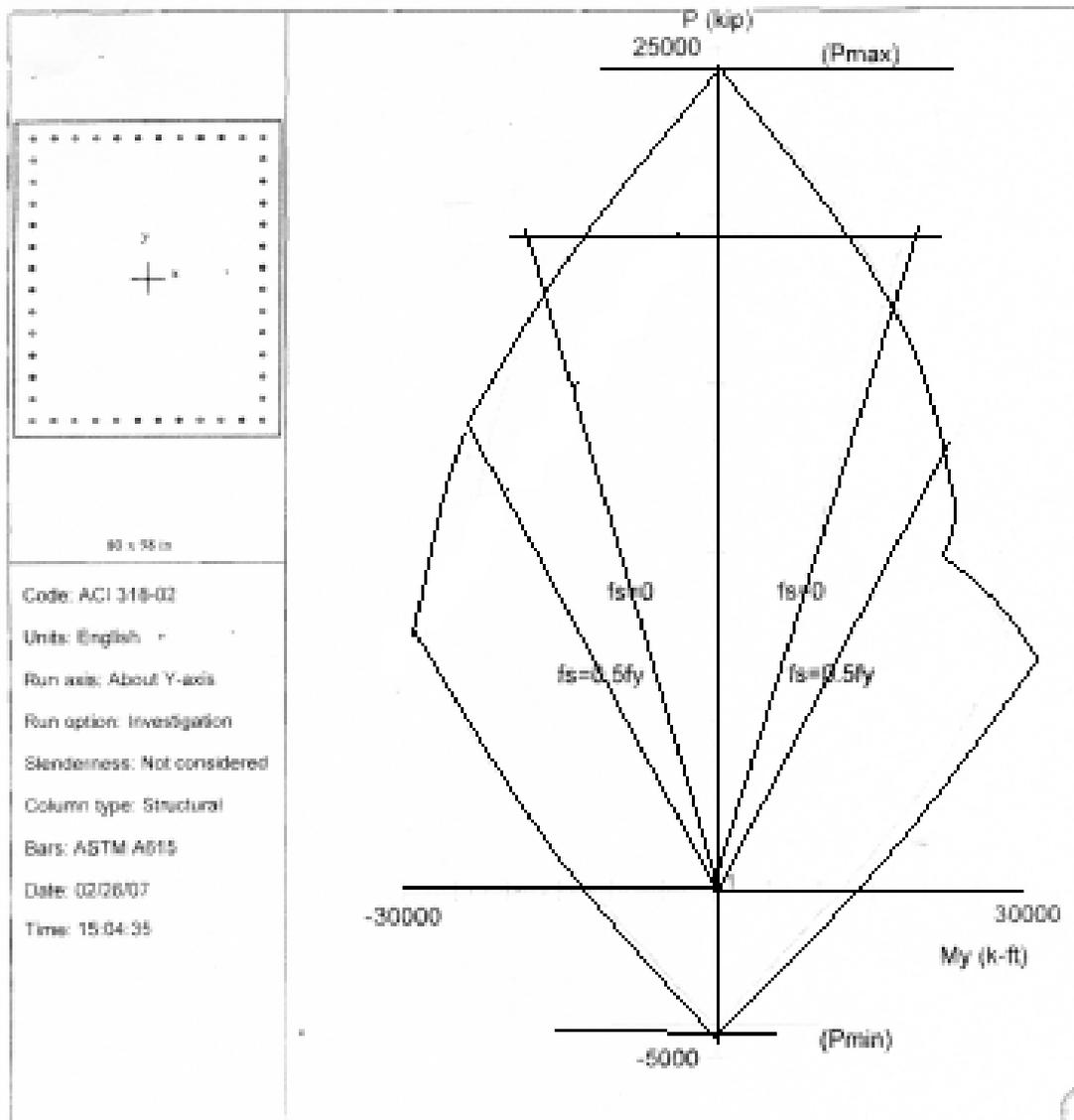
Layout: Rectangular  
 Pattern: Equal Bar Spacing (Cover to transverse reinforcement)  
 Total steel area,  $A_s$  = 74.00 in<sup>2</sup> at 0.90  
 48 #11 Cover = 4 in

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	$P_u$ kip	$M_{uy}$ k-ft	$M_{ny}$ k-ft	$\phi M_n / M_u$
1	462.0	0.0	13221.5	999.999

\*\*\* Program completed as requested! \*\*\*





Code: ACI 318-02  
 Units: English  
 Run axis: About Y-axis  
 Run option: Investigation  
 Slenderness: Not considered  
 Column type: Structural  
 Bars: ASTM A615  
 Date: 02/26/07  
 Time: 15:04:35

pcaColumn v3.64. Standalone license. Locking Code: 4-2822E. User: Sighido Arriavilla, SemivS

File: untitled.col

Project: Puente Corozal

Column: Pilas

$f_c = 5$  ksi

$E_c = 4031$  ksi

$e_c = 4.25$  ksi

$e_{\mu} = 0.003$  in/in

Ratio  $\mu = 0.4$

$f_y = 60$  ksi

$E_s = 29000$  ksi

$f_t = 4.25$  ksi

Engineer: SASEMS

$A_g = 7640$  in<sup>2</sup>

$A_s = 74.88$  in<sup>2</sup>

$X_c = 0.00$  in

$Y_c = 0.00$  in

Clear span  $a = 4.00$  in

48 #11 bars

$Rho = 0.98\%$

$I_x = 6.27481e+006$  in<sup>4</sup>

$I_y = 4.18133e+006$  in<sup>4</sup>

Clear cover  $a_c = 4.00$  in

SIGHIDO ARRIAVILLA  
 CIVIL ENGINEER  
 No. 10.000.000

## **3 DERECHO DE VÍA**

### **3.1 Definición del derecho de vía**

El derecho de vía, es la franja de terreno en la cual están alojados todos los elementos que constituyen la infraestructura de las carreteras, autopistas y puentes y sus futuras ampliaciones pertenecientes al estado; así mismo puede alojar obras e instalaciones de carácter diverso. En virtud de lo anterior, el uso adecuado del derecho de vía y su preservación es cada día más importante.

En la actualidad, las vías generales de comunicación son cada vez más complejas, ya que a las tradicionales obras de vías férreas y carreteras se suman una serie de obras adicionales; tales como tendidos de líneas eléctricas, y telefónicas, fibra óptica, ductos y cableados de muy diversa naturaleza e importancia económica y social.

Adicionalmente, el derecho de vía se puede constituir en una verdadera zona de protección ecológica, ya que con una adecuada forestación, se pueden construir barreras rompevientos que protejan a los campos de cultivo aledaños. La preservación del paisaje y la mejora constante del derecho de vía, permite ir mejorando el ambiente.

### **3.2 Función del derecho de vía**

Una de las funciones más importante del derecho de vía, es la defensa de los lados del camino y el control de los terrenos colindantes que afectan la apariencia o utilidad del mismo.

Técnicamente es deseable que las carreteras no pasen por centros urbanos, pero éstos son los que llegan a asentarse en las orillas de las carreteras, lo que implica problemas al momento de una ampliación o mejoramiento de la misma.

### **3.3 Aplicación del derecho de vía**

La aplicación del derecho de vía por lo tanto es una forma como el Estado da cumplimiento a la garantía constitucional de libre locomoción por medio de la construcción de caminos públicos, debido a la gran importancia que los mismo representan como auxiliares del desarrollo, económico, social y cultural de la nación.

### **3.4 Formas de adquisición del área del derecho de vía**

Las tres formas más comunes de adquirir un terreno por parte del estado son las siguientes:

- 1) Compra
- 2) Donación
- 3) Expropiación forzosa

### **3.4.1 Compra**

Es una forma poco común de obtener la propiedad sobre la franja que afecta el derecho de vía, sin embargo el Estado puede entrar en arreglos con los propietarios de predios por donde se pretende la construcción de la carretera o la colocación de una vía férrea, a efecto de obtener el área necesaria. En este caso, de llegarse a un arreglo, y de conformidad con la mayor o menor necesidad de la vía, puede formalizarse una compra-venta a favor del Estado, pagándose al susodicho propietario del predio, el valor del predio, el valor correspondiente a la superficie que sea necesaria.

### **3.4.2 Donación**

La donación, como medio de adquirir para el Estado la propiedad sobre el área que afecta el derecho de vía, aunque es una forma poco común, se da en algunos casos.

Cuando los propietarios de fincas ven la necesidad de contar con un camino que les facilite la transportación de sus productos a la vez que pueden beneficiarse algunas comunidades cercanas sin afectar en mayor grado sus propios intereses, o por un afán de colaboración hacia sus vecinos, se ponen de acuerdo con la Gobernación Departamental correspondiente y solicitan la construcción de la carretera, ofreciendo donar a favor del Estado el área que se necesite para dicha construcción.

En el caso, de llegarse a un acuerdo, se suscribe la documentación correspondiente y una vez formalizados los trámites, se otorga la escritura pública por los propietarios donantes para transferir la propiedad a favor de la Nación, actuando ante el Escribano de Gobierno, y el Procurador General de la Nación, aceptando para esta donación que se le hace, a efecto de registrar dicha donación como área que afectará el derecho de vía.

También se dan casos de donación, aunque también por frecuentes, en que una vez que se notifique a los propietarios el expediente de expropiación, acuden a evacuar la audiencia respectiva y manifiestan que dado el beneficio que les reportará la construcción de determinada carretera, donan a favor del Estado el área que se les pretende expropiar. Con esto, el trámite se agiliza y la situación termina con el otorgamiento de las escrituras públicas correspondientes y en base al primer testimonio de las mismas se inscribe en el Registro de la Propiedad el área donada para el derecho de vía.

### **3.4.3 Expropiación forzosa**

La expropiación forzosa es la forma más común mediante la cual el Estado obtiene la propiedad sobre el área que comprende el derecho de vía.

Para comprender mejor, diremos que la expropiación consiste en el “Desapoderamiento o privación de la propiedad, por causa de utilidad o interés preferente y a cambio de una indemnización previa”.

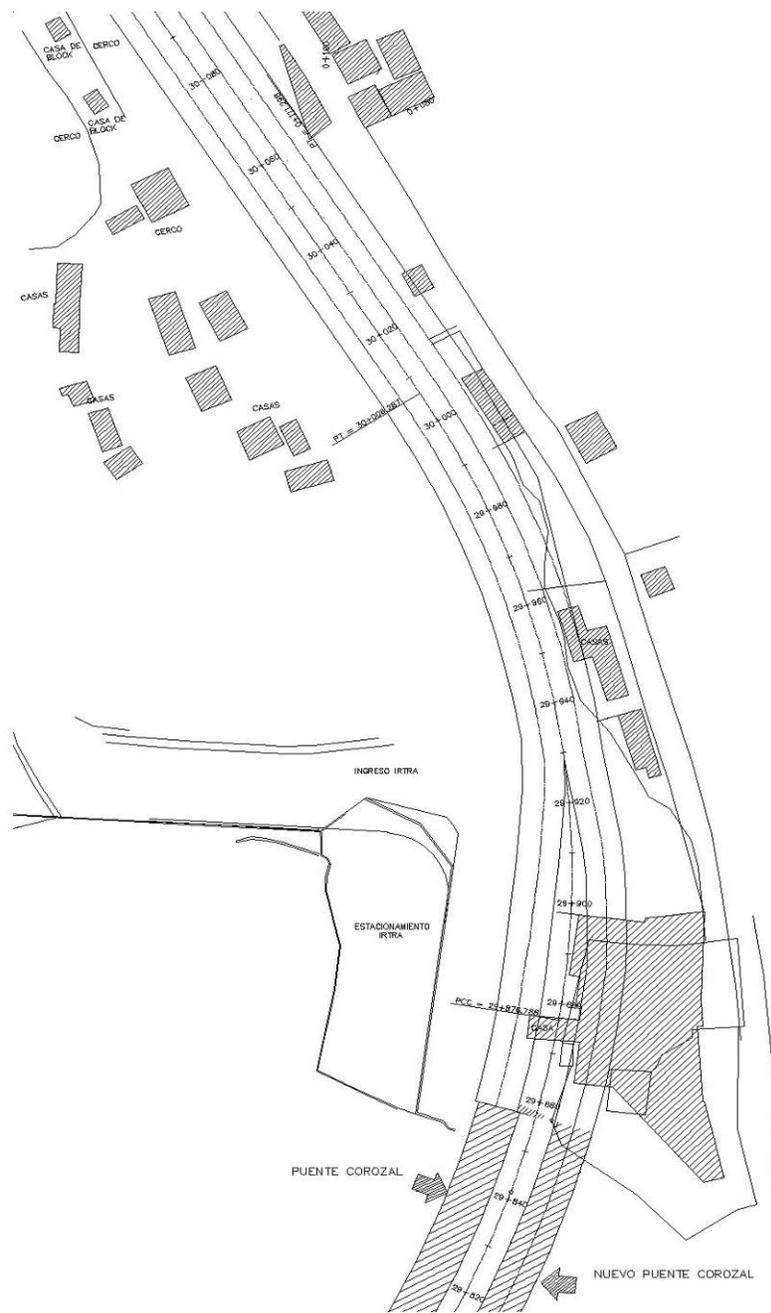
De acuerdo con la anterior definición, el propietario tiene libre disposición de sus bienes, por el derecho de propiedad. Pero este derecho se ve limitado si se le aplica expropiación, lo que conduce a la afirmación de que la expropiación es un acto de imperio unilateral, fundamentado en el artículo 71 de la Constitución de la República.

Por lo tanto podemos decir que la expropiación forzosa es el apoderamiento de la propiedad ajena, que es Estado u otra corporación o entidad pública lleva a cabo por motivos de utilidad general y abonando justa y previa indemnización.

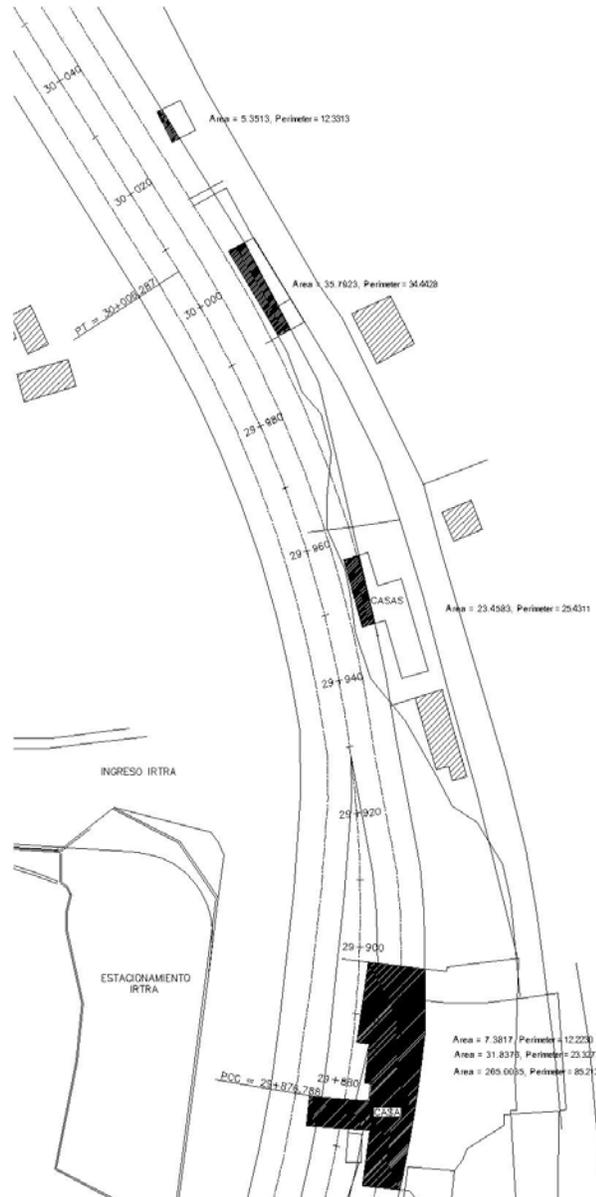
Para el caso de la reclamación de un derecho de vía es la Dirección General de Caminos el ente el cual tramita todos los papeleos correspondientes a este tema por medio del Departamento de Derecho de Vía.

La afectación en el derecho de vía se da en la salida del puente, en el cual se estará demoliendo parte de una vivienda, la cual está dentro de los terrenos pertenecientes al Estado.

**Figura 26. Viviendas aledañas a la salida del puente.**



**Figura 27. Viviendas que son afectadas**



Como se muestra en la figura anterior las viviendas que son afectadas son varias, pero las más perjudiciales son cuatro; las cuales se encuentran dentro del área de derecho de vía, debido a la modificación en el entronque de la carretera con el puente se tendrá que negociar con los propietarios de las áreas que perjudican. En el anexo IV se muestran todos los predios que están dentro del derecho de vía.



## **4 PROCESO CONSTRUCTIVO**

El proceso constructivo es la estructuración en sí de la construcción de la obra, la cual sería paso a paso por un medio cronológico de los trabajos que fueron efectuados.

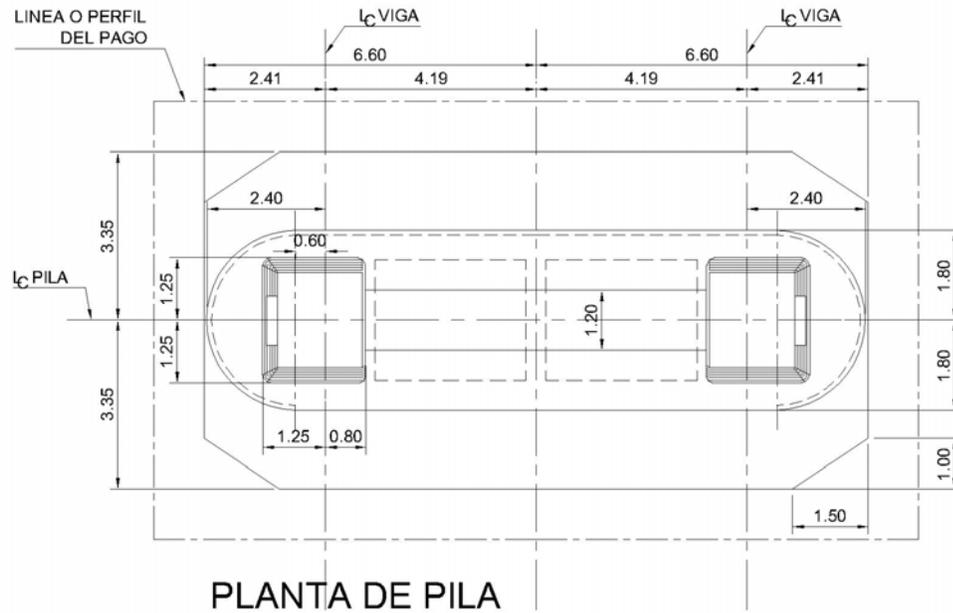
Esta obra se empezó a construir, pero debido a problemas de carácter aleatorio y confidencial no se logró la finalización de la misma, de la cual sólo fueron construidos los estribos de entrada y salida, la base de la primera pila como se mostrará a continuación y es de donde surge el nombre del presente trabajo, Estructuración y Construcción del Puente Corozal, en la Rehabilitación y Ampliación de la carretera CA-9 Norte, en la cual se recopilan datos del proyecto.

### **4.1 Sub-estructura**

Esta la constituye la parte inferior del puente formado por las cimentaciones, estribos, pilas y aletones.

Las cimentaciones: ésta es la parte inicial de la construcción y es auxiliada en todo momento por una cuadrilla de topografía; la cual es la responsable de colocar los puntos bases para el trazo de la excavación, la cual será realizada en nuestro caso por maquinaria pesada por tener dimensiones grandes, el tallado de las orillas será realizado por personal debido a que tiene que estar a plomo y con la mayor precisión.

**Figura 28. Planta de pila.**



**Figura 29. Construcción de pila #1**



Construcción de la pila No.1 y formación del cajón, el cual será llenado de roca; así mismo, se forma la base de las columnas que estarán unidas por una cortina.

**Tabla II. Planilla de materiales de pilas 1 y 3**

<b>PLANTILLA DE MATERIALES PILA No. 1 Y PILA No. 3</b>								
<b>MATERIAL</b>	<b>COLUMNAS</b>	<b>VIGAS</b>	<b>TOPES</b>	<b>TAPADERA SOBRE CAJON</b>	<b>CORTINA Y VIGA</b>	<b>CAJON</b>	<b>ZAPATA</b>	<b>TOTAL</b>
CONCRETO CLASE 5000	172.77m <sup>3</sup>	29.29m <sup>3</sup>	1.87m <sup>3</sup>	43.44m <sup>3</sup>	-----	143.72m <sup>3</sup>	145.25m <sup>3</sup>	565m <sup>3</sup>
BARRAS No. 11	11744kg.	3460kg.	-----	-----	-----	8246kg.	5820kg.	34775kg.
BARRAS No. 8	-----	-----	-----	1017kg.	-----	2376kg.	1901kg.	5294kg.
BARRAS No. 6	-----	425kg.	-----	1068kg.	5505kg.	1714kg.	1314kg.	4521kg.
BARRAS No. 4	4651kg.	405kg.	69kg.	-----	-----	-----	-----	5125kg.
TOTAL DE REFUERZO	16395kg.	4290kg.	69kg.	2085kg.	5505kg.	12336kg.	9035kg.	55220kg.
RELLENO ROCA	-----	-----	-----	-----	-----	60.4m <sup>3</sup>	-----	60.4m <sup>3</sup>

**Tabla III. Planilla de materiales de pilas 2**

<b>PLANTILLA DE MATERIALES PILA No.2</b>								
<b>MATERIAL</b>	<b>COLUMNAS</b>	<b>VIGAS</b>	<b>TOPES</b>	<b>TAPADERA SOBRE CAJON</b>	<b>CORTINA Y VIGA</b>	<b>CAJON</b>	<b>ZAPATA</b>	<b>TOTAL</b>
CONCRETO CLASE 5000	172.77m <sup>3</sup>	29.29m <sup>3</sup>	1.87m <sup>3</sup>	43.44m <sup>3</sup>	-----	217.06m <sup>3</sup>	145.25m <sup>3</sup>	638m <sup>3</sup>
BARRAS No. 11	11744kg.	3460kg.	-----	-----	-----	10420kg.	5820kg.	36945kg.
BARRAS No. 8	-----	-----	-----	1017kg.	-----	3400kg.	1901kg.	6326kg.
BARRAS No. 6	-----	425kg.	-----	1068kg.	5505kg.	2522kg.	1314kg.	5329kg.
BARRAS No. 4	4651kg.	405kg.	69kg.	-----	-----	-----	-----	5125kg.
TOTAL DE REFUERZO	16395kg.	4290kg.	69kg.	2085kg.	5505kg.	16350kg.	9035kg.	59234kg.
RELLENO ROCA	-----	-----	-----	-----	-----	91.2m <sup>3</sup>	-----	91.2m <sup>3</sup>

**Tabla IV. Planilla de materiales de pila 4**

<b>PLANTILLA DE MATERIALES PILA No.4</b>							
	<b>CIMIENTO</b>	<b>PEDESTAL</b>	<b>COLUMNAS</b>	<b>VIGAS</b>	<b>TOPES</b>	<b>CORTINAS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>CONCRETO CLASE 5000</b>	110.18m <sup>3</sup>	47.46m <sup>3</sup>	160.51m <sup>3</sup>	29.33m <sup>3</sup>	1.87m <sup>3</sup>	-----	422.30m <sup>3</sup>
<b>BARRAS No. 11</b>	1133kg.	1585kg.	10412kg.	3460kg.	-----	-----	22095kg
<b>BARRAS No. 9</b>	1081kg.	-----	-----	-----	-----	-----	1081kg.
<b>BARRAS No. 8</b>	886kg.	-----	-----	-----	-----	-----	886kg.
<b>BARRAS No. 6</b>	740kg.	350kg.	-----	425kg.	-----	5505kg.	1515kg.
<b>BARRAS No. 4</b>	-----	-----	4407kg.	405kg.	69kg.	-----	4881kg
<b>TOTAL DE REFUERZO</b>	3840kg.	1935kg.	14819kg.	4290kg.	69kg.	5505kg.	43289kg.

**Figura 30. Encofrado de pila No. 1**



Encofrado del cajón y detalles previos para la fundición de la base.

**Figura 31a. Encofrado de columnas**



**Figura 31b.**

Encofrado de las columnas para la fundición de las mismas.



## 4.2 Super-estructura

Parte superior del puente, formado por las vigas, losas y pasamanos o barandales, es una de las partes más delicadas y peligrosas por tener que trabajar en suspensión; se deben utilizar plumas para elevar las estructuras metálicas que formarán las vigas del puente.

**Tabla V. Planilla de materiales de superestructura**

<b>PLANILLA DE MATERIALES DE SUPERESTRUCTURA</b>									
	CONCRETO	ACERO REFUERZO					ACERO ESTRUCTURAL		TOTAL
	4,000	No. 2	No.4	No.5	No.6	TOTAL	GRADO 50	GRADO 36	
	m <sup>3</sup>	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	
<b>1 TRAMO 30m</b>	115	----- --	3,796	7,005	----- --	5,067	-----	98,133	98,133
<b>1 TRAMO 45m</b>	172	----- --	5,557	10,287	405	7,602	147,169	-----	147,169
<b>5 TRAMOS (3X30+2X45)</b>	688	----- --	22,502	41,589	810	30,405	294,339	294,339	588,677
<b>BARANDA</b>	-----	----- --	-	-	----- --	-----	-----	16,500	-----
<b>TOTAL</b>	688	----- --	22,502	41,589	810	30,405	294,338	310,839	605,177

De la super-estructura no fue construida nada, pero si se tienen los datos relevantes de la misma; así como las cantidades de materiales que se deben utilizar.

### **4.3 Obras complementarias**

Llamaremos obras complementarias a aquellas que no estaban planificadas originalmente; por ejemplo un muro o una cortina para la estabilización de algún talud, éstas obras salen al descubierto al momento de la construcción por lo que no se tiene gran referencia de las mismas, puesto que todos los datos fueron reformulados al momento de detenerse la obra, en los planos fueron modificados con las obras que fueron saliendo en el momento de la construcción.



## **5 CONTROL DE CALIDAD**

### **5.1 Definición de control de calidad**

Tradicionalmente el control de calidad en la construcción de una obra civil se ha asimilado como la vigilancia de la obra y el control de ejecución mediante la realización de ensayos de laboratorio, en cuya validación o aprobación final depende de un tercero.

Se tiene que proveer y mantener un Sistema de Control de Calidad adecuado junto con el personal, equipo, suministros y facilidades necesarias para obtener muestras, realizar pruebas y controlar la calidad del trabajo que se realiza, incluyendo la preparación y fabricación de los materiales proporcionando en cualquier momento que le sea solicitado y se tendrá que tener el cuidado que todos los trabajos concuerden con los planos y especificaciones que se indicaron.

El personal de la Supervisora participará en la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo que se efectúen para el control de calidad.

Tanto el constructor como la empresa supervisora llevarán un control ordenado y adecuado de los ensayos efectuados en laboratorio y en campo, ya sea que los resultados de los mismos sean positivos o negativos, para proporcionar un informe mensual de estos.

## **5.2 Control y aseguramiento de calidad.**

El control de calidad durante el transcurso de la obra será llevado a cabo como se describe a continuación:

(a) Generalidades. Proveer un control de calidad el cual tendrá como respaldo el control de la empresa supervisora.

(b) Funciones del Sistema de Control de Calidad. Los sistemas de control de calidad que se ejecuten deberán cumplir y realizar todos los ensayos y las mediciones necesarias según las especificaciones y no deberán ocasionar ninguna tardanza en el cronograma del proyecto.

El Sistema de Control de Calidad manejará una documentación corriente de las diferentes etapas de trabajo, por medio de la fotografía (incluidas fechas impresas en las fotos) que describirá la situación de los distintos hechos y también eventos especiales, si hubiera, durante la etapa de la ejecución.

(c) Reporte de calidad de la supervisora: El Sistema de Control de Calidad del constructor trabajará en coordinación completa y en estrecho contacto con el Sistema de Aseguramiento de Calidad, representada por la Supervisora.

El reporte a presentar, se hará según los reportes diarios que se realizaran después de cada actividad de control y/o medición, con ello los trabajos podrán continuar con las fases subsiguientes de la ejecución de la obra de acuerdo al orden establecido en el cronograma aprobado para el proyecto.

### 5.3 División de control de calidad

El Sistema de Control de Calidad contendrá 3 divisiones:

- Movimiento de Tierras y Pavimentos.
- Trabajos de Puentes y Estructuras.
- Trabajos varios.

Cada una de las divisiones mencionadas hará su propio control por medio de los siguientes elementos:

(1) Laboratorio autorizado: Este constará de todo el equipo necesario para la ejecución de los ensayos. Además, se deberá contar con la literatura de soporte para consulta y que respalde la correcta ejecución de los trabajos.

(2) Equipos de Topografía: El jefe de éstos demostrará una experiencia profesional de al menos 10 años en trabajos de construcción.

(3) Equipo de Ingenieros y Técnicos de Laboratorio: Mínimo deberá contar con la presencia de dos Ingenieros Jefes de Control de Calidad con experiencia en Supervisión de obras en puentes, movimiento de tierras y pavimentos. Los ingenieros del control de calidad no serán los mismos ingenieros que dirigen la ejecución del proyecto, si no que se agregarán a ellos.

#### **5.4 Autoridad y obligación sobre el Control de Calidad**

El supervisor decidirá sobre todos los problemas que puedan presentarse respecto a la calidad y aceptabilidad de los materiales, el trabajo ejecutado, los procedimientos constructivos empleados y el ritmo de ejecución de la obra. También decidirá todas las dudas que puedan surgir respecto a la interpretación de los planos y especificaciones y todas las interrogantes que se presenten sobre el cumplimiento aceptable de los trabajos.

#### **5.5 Etapas del control de calidad**

Deberá haber dos etapas de control para la calidad:

(a) Controles Previos.

Este control será realizado previo al comienzo de los trabajos de cada etapa. Este control incluirá el examen de control de cantidad a llevar, calidad y disponibilidad de materiales y equipamiento y sus autorizaciones; aseguramiento de los medios a contar para llevar a cabo el control; control de áreas de trabajo y aseguramiento de los trámites previos al comienzo del trabajo. El transcurso del control previo será registrado en los reportes del control de calidad y deberá ser presentado a las autoridades con la aprobación de la supervisora.

(b) Controles corrientes de seguimiento.

Estos controles se realizarán en forma corriente de acuerdo a las exigencias de las Disposiciones Especiales y las mismas incluyen ensayos de laboratorio y otros, hasta completar cada etapa del trabajo. Los reportes corrientes del seguimiento serán parte del reporte de control de calidad.

Los reportes incluirán la siguiente información para toda actividad de trabajo:

(1) Cronograma y diagrama de flujo que contendrá la identificación y descripción de la actividad, fecha de comienzo, fecha de finalización y actividades ya terminadas.

(2) Las etapas de trabajo durante la época de la ejecución del reporte (movimientos de tierra, concretos, etc.).

(3) Etapas del control de calidad (control previo o control corriente de seguimiento), su ubicación y su tipo.

(4) Actividades del control de calidad en plantas fuera del sitio.

(5) Resultados del control incluyendo daños y medidas de reparación, que fueron o que serán tomados ó, cuando los resultados de los ensayos no hayan sido aún recibidos, se señalarán éstos en el reporte junto con la fecha estimada para su recibimiento.

(6) Resultado del control de materiales y equipamiento con su arribo al sitio y antes de ser integrado al trabajo asegurando la correcta entrega, prevención de daños y buen almacenaje.

(7) Instrucciones que fueran recibidas en el sitio por parte del Delgado Residente en todo lo relacionado al control de calidad.

(8) Cumplimiento de las instrucciones de seguridad del trabajo.

El reporte será controlado y firmado por la persona autorizada por el ingeniero en control de calidad.

## **5.6. Personal de control de calidad**

Se deberá tener una lista de los integrantes del equipo de control de calidad, detallando sus habilidades, sus conocimientos, su autoridad y su área de responsabilidad, asignando como jefes del equipo a dos directores de control de calidad de acuerdo al siguiente detalle:

(a) Un ingeniero con experiencia profesional comprobada en supervisión y ejecución de trabajos de movimiento de tierra, capas estructurales, pavimentos, materiales y suelos.

(b) El sistema de ensayos será concentrado por el laboratorista principal poseedor de conocimientos y experiencia comprobada que corresponda con la dirección y ejecución de todo tipo de ensayos en las diferentes etapas del trabajo.

(c) Un especialista profesional ambiental, el cual tendrá a su cargo el control de calidad de las obras para que éstas no alteren el medio ambiente. La responsabilidad de este especialista es implantar las disposiciones ambientales generales y especiales incluidas dentro del plan de manejo y adecuación ambiental que forman parte del contrato de obra. La selección del especialista deberá contar con el visto bueno del departamento de gestión ambiental.

(d) Literatura de apoyo que facilite la consulta y respalde la correcta ejecución de los ensayos.

### **5.6.1. Calificación de personal**

Se deberá documentar el nombre, autoridad, experiencia relevante y la calificación de la persona con la máxima autoridad en el Sistema de Control de Calidad. Se deberá también documentar los nombres, autoridad y experiencia relevante de todo el personal directamente responsable para la inspección y ensayos.

### **5.7 Equipo para el control de calidad**

El equipo de laboratorio dependerá del alcance de la empresa pero esta tiene la obligación de contratar un laboratorio independiente si la misma no tiene el equipo o si no llena los requisitos.

### **5.8 Ejecución del control de calidad**

Todos los ensayos necesarios, se harán por medio del laboratorio(s) autorizado. El laboratorio será equipado de tal forma que pueda realizar todos los ensayos requeridos. Este laboratorio y los demás fuera del sitio, serán parte inseparable del sistema de control del Contratista. No se autorizará el comienzo del trabajo hasta que no esté completamente instalado el laboratorio mencionado. La falta de tal instalación, será vista como el incumplimiento del sistema de control de calidad y el supervisor podrá considerar ejecutar los ensayos en otros entes y/o interrupción del trabajo. Si se encontraran defectos en el proceso del control de calidad que pone en funcionamiento, se tendrán que tomar medidas correctivas. En el caso de falta de respuesta rápida se tendrá que interrumpir todo el trabajo.

### **5.8.1 Reportes del control de calidad**

Al comienzo de cada mes, se deberá entregar un plan de trabajo del mismo mes con todas las actividades programadas. Se entregará un reporte semanal, el cual incluirá el registro de los ensayos generales y ensayos de laboratorio de acuerdo a lo exigido en las especificaciones y disposiciones especiales. Se entregará un resumen de los resultados de los ensayos en formularios; para ello será acompañado por un reporte del ingeniero de control de calidad en el cual demuestre por medio de la presentación de resultados de los ensayos requeridos a entregar está de acuerdo a las condiciones de las especificaciones.

### **5.8.2 Frecuencia de ensayos y pruebas de laboratorio**

Como mínimo, se deberá llevar en la obra los controles, pruebas y ensayos de los materiales y productos terminados, respetando su frecuencia como sus requerimientos, de acuerdo a lo estipulado en estas especificaciones y en las disposiciones especiales.

### **5.8.3 Procedimiento de control**

Se deberá efectuar cada una de las siguientes actividades en cada fase constructiva:

- (a) Fase preparatoria.
  - (1) Revisar todos los requerimientos contractuales.
  - (2) Asegurar el cumplimiento del material a los requerimientos contractuales.

- (3) Coordinar la entrega de documentos incluyendo certificados y permisos.
- (4) Asegurar la capacidad del personal y del equipo para poder corresponder a los requerimientos contractuales.
- (5) Asegurar que los ensayos preliminares fueron ejecutados.
- (6) Coordinar los trabajos de replanteo y topografía.

(b) Fase de inicio.

- (1) Revisar los requerimientos contractuales con el personal que ejecutará el trabajo.
- (2) Inspeccionar el inicio de los trabajos.
- (3) Establecer estándares de mano de obra.
- (4) Proveer capacitación como sea necesario.
- (5) Establecer un cronograma detallado de ensayos con base en el cronograma de producción.

(c) Fase de producción.

- (1) Efectuar inspecciones continuas e intermitentes durante la obra para detectar y corregir deficiencias.
- (2) Inspeccionar la fase completada previa a la aceptación final de la obra.
- (3) Proveer respuestas y cambios al desarrollo del proyecto para prevenir deficiencias recurrentes.

(d) Descripción de registros. Se debe enumerar una lista de todos los registros que serán mantenidos durante la obra.

#### **5.8.4 Muestreo**

A menos que se especifique, el Sistema de Control de Calidad tiene que contener un procedimiento, con base estadística, para obtener muestras al azar que permita que todas las unidades producidas tengan la misma probabilidad de ser escogidas para muestras y pruebas. El personal de la Supervisora debe de presenciar todas las obtenciones de muestras. Se debe tomar muestras y ensayar cualquier material que aparentemente sea distinto del material que se esté usando y que ya haya sido aprobado. Toda la obtención de muestras tiene que estar de acuerdo con los procedimientos de la AASHTO ó ASTM.

#### **5.9 Pruebas de laboratorio**

Todos las pruebas tienen que ser realizadas de acuerdo a los procedimientos de ensayo de la AASHTO o ASTM, y siguiendo con los lineamientos del Sistema de Control de Calidad. Se tienen que suministrar los resultados de las pruebas dentro de los límites de tiempo que requiera la prueba y en formatos aprobados. El supervisor tendrá acceso irrestricto para inspeccionar y revisar los trabajos de control de calidad.

Se realizarán inspecciones para determinar la aceptabilidad de los materiales y de los trabajos mediante un Sistema de Aseguramiento del Control de Calidad y utilizará los resultados de las pruebas para determinar el cumplimiento con las especificaciones. De haber duda en algún resultado, se tomarán muestras y se enviarán a un laboratorio para efectuar las pruebas del caso. De hacerse necesario, se ordenará hacer pruebas de materiales de una parte del trabajo, ya que las pruebas realizadas no ofrecen confiabilidad.

## **5.10 Registros**

Se deberán llevar registros completos de las pruebas de laboratorio, para cada día de trabajo, se deberá preparar un “Registro Diario de la Inspección de las Operaciones de Construcción”. La información contenida en ese registro deberá ser avalada con la firma del jefe del Sistema de Control de Calidad. Todos los resultados de las pruebas deberán ser suministrados diariamente a medida que se lleva a cabo.

Cuando se efectúen pruebas sobre material que esté siendo incorporado al trabajo, los resultados deberán ser entregados dentro de 24 horas. La incorporación del material o el desarrollo del proceso constructivo podrán ser interrumpidos, mientras los resultados de laboratorio no cumplan con las especificaciones. Cuando el registro sea incompleto, erróneo o confuso se devolverá con las correcciones correspondientes. Cuando existan errores u omisiones crónicas, se deberán corregir los procedimientos.

Se llevarán formatos de control donde se identificará el nombre del proyecto y número de contrato, el número de muestra y ensayo, tipo de ensayo, los límites máximos y mínimos permisibles aplicados por las especificaciones a cada parámetro que se revisa y los resultados obtenidos. Se deberán utilizar esos formatos como parte del Sistema de Control de Calidad para documentar la variabilidad del proceso constructivo, identificar problemas de equipo y de producción e identificar ajustes potenciales a los factores de pago.

Los formatos de control deberán ubicarse en una localidad accesible y mantenerlos actualizados. Cuando se encuentren problemas evidentes, se deberán cesar los trabajos hasta la corrección de los mismos.

### **5.11 Aceptación del Sistema de Control de Calidad.**

Los Sistemas de Control de Calidad serán evaluados de acuerdo al control de los materiales basado en la habilidad demostrada del sistema en cumplir con las especificaciones.

### **5.12 Manejo de los materiales**

Aún cuando los materiales hayan sido probados en el lugar de fabricación o de almacenamiento, se cuidará porque éstos sean acarreados o manejados, en tal forma que sus propiedades para el trabajo sean las requeridas por las especificaciones. Deberán ser transportados en vehículos adecuados para los materiales de cada renglón de trabajo y evitar la pérdida de temperatura, segregación, contaminación, etc. de los mismos. Por lo que se deberán realizar ordenar nuevas pruebas en el lugar de colocación de los materiales, para verificar su debido cumplimiento con las especificaciones.

**El control de calidad de la información siempre es llevado a cabo por ingenieros.**

### **5.13 Estudios de impacto ambiental**

#### **Enfoque**

La Construcción de un puente modifica el medio y en consecuencia las condiciones socio – económicas, culturales y ecológicas del ámbito donde se ejecutan; y es allí cuando surge la necesidad de una evaluación bajo un enfoque global ambiental.

Muchas veces, esta modificación es positiva para los objetivos sociales y económicos que se tratan de alcanzar, pero en muchas otras ocasiones la falta de un debido planteamiento en su ubicación, fase de construcción y etapa de operación, puede conducir a serios desajustes debido a la alteración del medio.

La empresa supervisora será la encargada de establecer y conformar el informe ambiental y la mitigación de los perjuicios que se puedan ocasionar; así mismo, la prevención de los problemas que puedan ocasionar la construcción del puente, respaldándose en los reglamentos y leyes ambientales vigentes en el país.



## 6 SEÑALIZACIÓN

### 6.1 Señales viales

El objetivo de las señales viales es prevenir a los usuarios de vehículos la existencia de un peligro, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones en ciertas áreas de la carretera o ciertas prohibiciones que limitan sus movimientos sobre la carretera y también proporcionar la información necesaria par facilitar su recorrido.

Todas las señales viales deben cumplir con ciertos requisitos tales como:

- Satisfacer una necesidad importante
- Llamar la atención
- Transmitir un mensaje claro
- Imponer respeto a los usuarios del camino
- Estar en un lugar apropiado para reaccionar

Existen además otras consideraciones básicas para asegurarse que tales requisitos se cumplan; ellos son protección, ubicación, uniformidad y conservación.

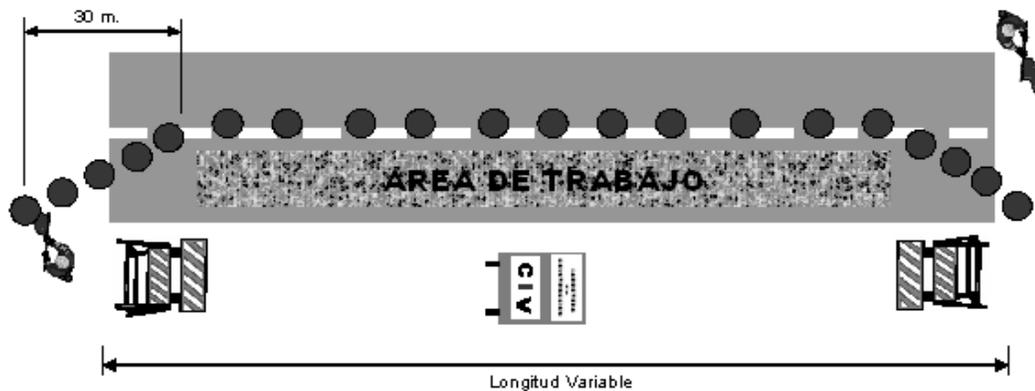
## 6.2 Tipos de señalización

La señalización que tendremos que instalar la dividiremos en dos etapas; la constructiva en la cual se deberá utilizar señales restrictivas las cuales indiquen que en la zona se está llevando a cabo un trabajo; y la otra será la preventiva, la cual quedará fija a lo largo del puente así como su entrada y salida del mismo.

## 6.3 Señalización al momento de realizar el proyecto

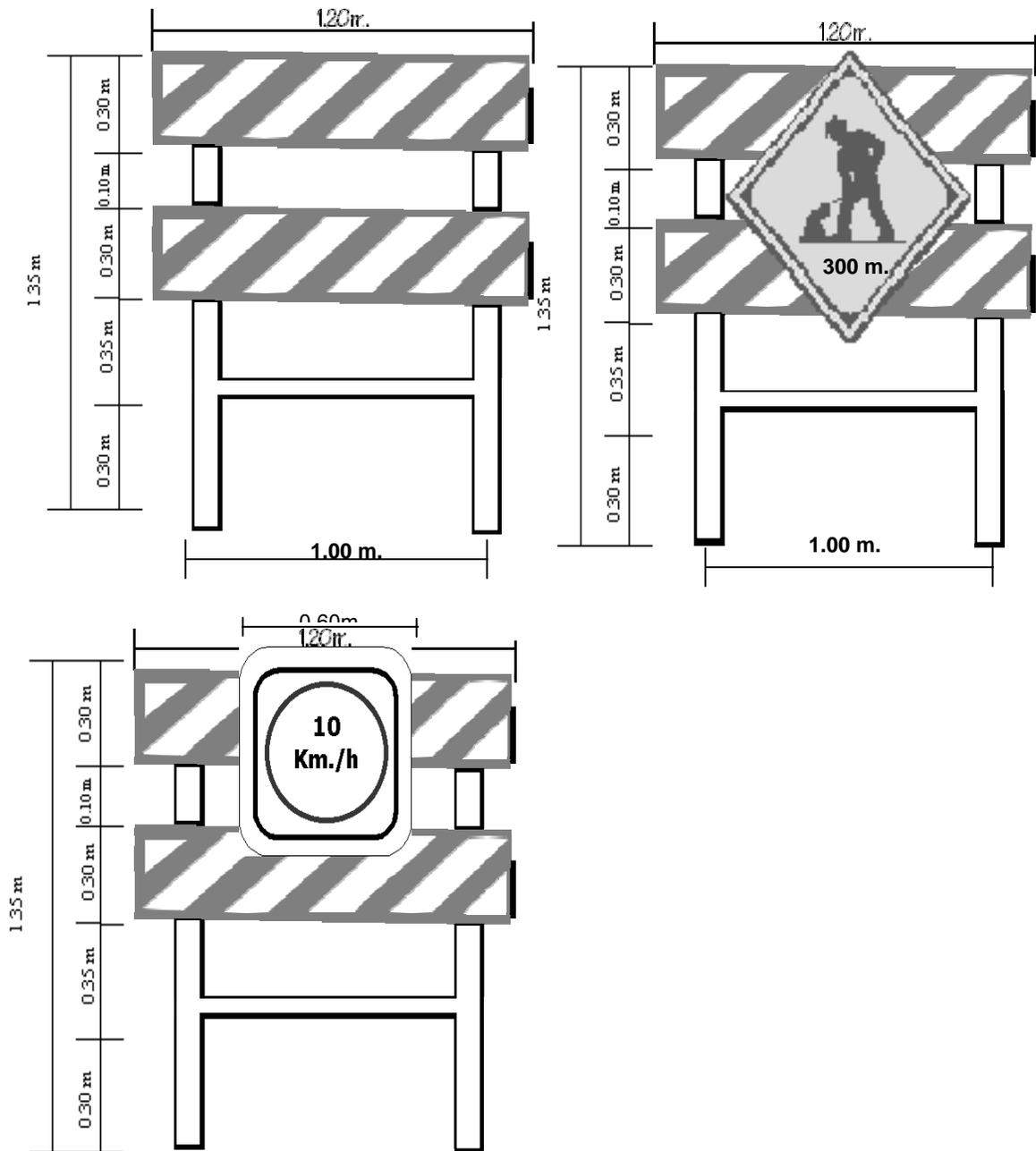
Son aquellas que restringen la circulación a ciertas velocidades o el paso por determinada área. Se deben colocar para reducir el peligro tanto de los trabajadores del proyecto, así como aumentar la seguridad del conductor.

**Figura 32. Colocación de señales**



Este es un esquema de cómo deben colocarse las señales en el área de trabajo para restringir el paso de vehículos.

**Figura 33. Señales preventivas**



Se deben utilizar las señales preventivas para indicar la zona de trabajo y no ocasionar problemas con el tráfico.

## 6.4 Uniforme de personal de campo

El personal que labore en el proyecto tendrá que tener uniforme debido a que así se garantizará la seguridad de las personas que laboren, como especifica la Dirección General de Caminos.

El equipo mínimo obligatorio que debe ser utilizado por el personal que labora dentro de las zonas en construcción o mantenimiento:



Chalecos color naranja con líneas fluorescentes (operadores de maquinaria pesada y personal de campo).



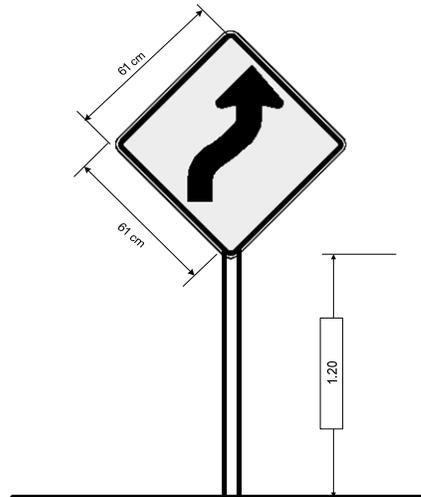
Gorras color naranja (operadores de maquinaria y personal de campo).



Playeras color naranja (Personal de campo)

## 6.5 Señales fijas

Figura 34. Señales preventivas



Serán colocadas donde indiquen los planos, así serán colocados según las especificaciones de la Dirección General de Caminos.

Figura 35. Señales informativas





## 7 MODIFICACIONES DEBIDAS AL PROYECTO

### 7.1 Factores que determinaron la construcción del proyecto

Es trascendental la importancia que tienen las carreteras para el comercio, así también la determinación del Estado para mejorar la infraestructura del país.

**Tabla VI. Factores de crecimiento de la demanda de transporte terrestre en los puertos**

Puertos	1999 - 2010	2010 - 2020
Guatemala	2.2	3.29
Honduras	2.37	3.48
El Salvador	2.10	3.11
Nicaragua	2.32	3.46
Costa Rica	1.47	1.80

Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Estudio Centroamericano de Transporte (ECAT)

Uno de los factores determinantes para la ampliación del tramo es el crecimiento del transporte por ingreso de mercadería en los puertos como lo demuestra la tabla anterior.

**Tabla VII. Tasas de crecimiento del transporte de carga**

<b>País</b>	<b>Tasa de crecimiento promedio anual</b>	
	<b>2000 - 2010</b>	<b>2010 – 2020</b>
<b>Guatemala</b>	6.9%	5.1%
<b>Honduras</b>	5.9%	3.9%
<b>El Salvador</b>	3.6%	3.3%
<b>Nicaragua</b>	5.4%	5.0%
<b>Costa Rica</b>	6.6%	5.5%
Total/tasa global ponderada	6.1%	4.7%

Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Estudio Centroamericano de Transporte (ECAT)

El embarque o desembarque de artículos en los puertos hace crecer también el transporte de carga y si utilizamos las carreteras antiguas, que poseemos el mantenimiento de las mismas generará mucho más gasto a la larga, que la ampliación y rehabilitación de las mismas.

## **7.2 Cambios positivos debidos al proyecto**

Los cambios serán por lo general de establecer en la presencia vehicular la ampliación, como ya se ha planteado vendrá a reducir el tiempo de concurrencia de transporte de los productos que vienen de los puertos tanto del Atlántico como del Pacífico; siendo dos de los puertos más importantes, Puerto Barrios y Puerto Santo Tomás de Castilla, los cuales tienen una gran influencia en la economía guatemalteca, por ser los únicos contactos marítimos en dicho sector.

El puente está capacitado para una carga mucho mayor que los puentes actuales, por su forma y condiciones importantes del mismo, el tren de carga es T3-S2-R4, con una carga total de 57 toneladas con la cual está capacitado para que transiten por él los nuevos vehículos de carga.

### **7.3 Cambios negativos debido al proyecto**

Los cambios negativos principales al efectuar el proyecto será la movilización de la población que tiene sus viviendas, en la orilla de la carretera las cuales afectan el derecho de vía teniendo en cuenta que estos generarán problemas de una u otra manera al tener que efectuar la reacomodación de sus viviendas, como se vió en el capítulo Derecho de Vía la movilización de las viviendas es obligatorio puesto que el entronque de la carretera y el puente debe de realizarse un ensanchamiento de la medianera central.

La intervención legal es de urgencia para evitar conflictos y que la obra tenga que interrumpirse, por problemas de esta índole.

Un problema que se puede evidenciar es el tráfico, para ello se tiene que plantear un programa con el cual se tenga un orden específico de los trabajos a efectuar; en sí la construcción del puente no generará trastornos en el tráfico sino el corte de los taludes, puesto que estos son muy altos, generarán el trabajo peligroso para los usuarios de la carretera.



## **8 MANTENIMIENTO DE PUENTES**

### **8.1 Definición y objetivos**

Se puede definir el término mantenimiento de estructuras como: El conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que una obra se conserve con las características funcionales, resistentes e incluso estéticas con las que fue proyectada y construida. Y se puede dividir éste conjunto de operaciones y trabajos en tres fases: inspección, evaluación y mantenimiento.

Sus objetivos fundamentales son:

- 1.- Garantizar que el mantenimiento de los puentes de la red vial se lleve a cabo de una manera óptima.
- 2.- Jerarquizar las necesidades de los proyectos de rehabilitación y de la ejecución de las obras.
- 3.- Realizar la optimización de los presupuestos anuales.
- 4.- Ejecutar proyecciones de los requerimientos de presupuesto para un período de 5 años.
- 5.- Optimizar los criterios de evaluación para que los proyectos de reparación de los puentes sean lo más próspero posible.

## **8.2 Necesidad del mantenimiento de los puentes**

Numerosos puentes de la red nacional de carreteras presentan daños importantes, como consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales y del crecimiento desmesurado de las cargas.

El deterioro causado por los agentes naturales es común a todas las obras de la ingeniería civil y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento artificial de elaboración de los materiales de construcción y llevarlos nuevamente a su estado original. De esta manera, el concreto, roca artificial formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, por efecto de los cambios de temperatura, el intemperismo y otros agentes, se agrietan y se desconcha y tiende otra vez a convertirse en arena, grava y cemento separados. Así mismo, el acero, formado por hierro con un pequeño agregado de carbono, es un material artificial inexistente en la naturaleza, que por efecto de la oxidación tiende a convertirse en un material más estable.

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 y humedad.

Por su acción como vehículo de otros agentes agresivos: corrosión por sales, ataque por sulfatos, disolución de ligantes en mortero ó 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 acabarán siendo origen de fuertes problemas de corrosión originados principalmente en las zonas de apoyo y juntas por las humedades 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, y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos.

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

### **8.3 Inspección del puente**

La única forma de conocer la condición exacta y evaluar cada uno de los elementos de un puente, es mediante un programa de inspecciones. La inspección es una actividad compleja, que debe realizarse en forma organizada y sistemática, ya que de ella dependen las recomendaciones para corregir los defectos, señalar restricciones de carga y velocidad con ello minimizar la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias que pueden convertirse en daños severos si no son reparados a tiempo.

Para obtener una información satisfactoria, las inspecciones deben llevarse a cabo con una cierta periodicidad.

Se deben hacer, varios tipos de inspección con distintas finalidades:

- 1.- Para trabajos de mantenimiento normal o rutinario.
- 2.- Para evaluación estructural.
- 3.- Para permiso de tránsito de cargas especiales.
- 4.- Por emergencias.

Para programar los trabajos de mantenimiento rutinario, se hacen en forma anual, al efectuarse en inventario de las necesidades de todos los conceptos del camino.

Las inspecciones para evaluación estructural se recomienda realizarlas cada 2 ó 4 años; sin embargo, los puentes por ser de condición más apremiante, se deben vigilar con mayor frecuencia.

Por fenómenos meteóricos, como ciclones, lluvias torrenciales, sismos o por colisiones o impactos provocados, principalmente, por accidentes, se presentan situaciones de emergencia, como asentamientos, erosiones, socavaciones, etc., que deben evaluarse inmediatamente.

### **8.3.1 Inspecciones preliminares**

A realizarse, por lo menos, una vez al año en cada puente por parte de personal local no especializado en puentes, pero si, adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños. La brigada de inspección debe estar formada, por lo menos, por tres técnicos y uno de ellos debe ser ingeniero. El personal contará con un equipo mínimo y la inspección será fundamentalmente visual. La época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilita el acceso bajo las obras y cuando están frescos los indicios de socavación, principal causa de colapsos.

Al término de la inspección preliminar, el jefe de brigada procederá a dar una calificación del estado global de la obra. La escasez de información y de la superficialidad de la inspección, no es posible adoptar un sistema cuantitativo sofisticado de calificación, por lo que en forma práctica se recomienda que las obras se incluyan en alguno de estos tres grupos:

Grupo "A".- Por la gravedad de sus daños requieren atención inmediata.

Grupo "B".- El puente puede presentar daños que deben ser atendidos en un plazo mediano (seis años), porque su situación puede degradarse a la situación "A".

Grupo "C".- El puente sólo presenta daños menores que se pueden corregir con tareas de mantenimiento rutinario a cargo de las brigadas de conservación.

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.

## **8.4 Mantenimiento de super-estructuras**

### **8.4.1 Super-estructuras de concreto:**

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

- Inyección de resinas epoxicas.

B) Para reforzar los elementos de la superestructura:

- Adosar soleras metálicas con resinas epoxicas.
- Incremento del número de trabes.
- 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.

### **8.4.2 Super-estructuras metálicas:**

A) Reparaciones por oxidación y corrosión:

- Sustitución de elementos que han tenido pérdidas del área de su sección transversal.
- Reemplazo de remaches y pernos.

B) Para reforzar los miembros de la superestructura:

- Con cubre placas.
- Con perfiles laminados.
- Incremento del número de trabes.

C) Sustitución de sistemas de piso.

D) Ampliaciones y refuerzo.

### **8.5 Mantenimiento de 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.
- Otros casos típicos de sustitución se presentan con mecedoras de concreto armado que se fisuran ó los apoyos que se deforman.

### **8.6 El problema de la corrosión**

Tomamos en cuenta este tema por tener gran importancia, ya que la armadura del puente depende en gran parte de una estructura metálica, expuesta al medio ambiente en el cual tendrá que soportar un clima húmedo y cálido.

Sin embargo, hay que aclarar que, la corrosión, no es un hecho trivial, sino que, a nivel mundial, viene a ser uno de los fenómenos más trascendentales en la economía de toda sociedad humana. En términos generales de acuerdo con la Secretaría General de La Organización de Los Estados Americanos los perjuicios causados por la corrosión equivalen del 1.5 al 3.5% del Producto Nacional Bruto en numerosos países.

Por lo que se refiere a los perjuicios que el fenómeno de la corrosión ocasiona a la industria de la construcción, cabe mencionar que hoy en día se tiene plena conciencia de que el factor más determinante para la reducción en la durabilidad del concreto estructural es la falta de control de la corrosión en los aceros de refuerzo.

La realidad es que el inicio de la corrosión en las estructuras metálicas es observable con toda claridad y permite tomar medidas oportunas mientras que en las estructuras de concreto el fenómeno permanece encubierto y cuando se descubre el daño, muchas veces, ya es irreparable.

#### **8.6.1 Formas de corrosión.**

Para evaluar los daños producidos por la corrosión es muy conveniente clasificarlos según la forma como se producen ya que la corrosión se puede presentar de varias formas que difieren en apariencia.

**Corrosión general:** La corrosión general es la forma más común y la más importante en términos de pérdidas económicas. Se caracteriza por un ataque más o menos uniforme en toda la superficie expuesta con solamente variaciones mínimas en la profundidad del daño. En las estructuras se pueden usar recubrimientos especiales para minimizar el ataque de la corrosión.

**Corrosión Galvánica:** Se puede producir un daño severo por corrosión cuando dos o más metales distintos se acoplan eléctricamente y resulta por la existencia de una diferencia de potencial entre los metales acoplados que causa un flujo de corriente entre ellos. El metal más activo padece una corrosión más acelerada, mientras que la corrosión en los miembros menos activos se retarda o se elimina.

**Corrosión por hendiduras:** La corrosión por hendiduras es un tipo que se presenta en espacios confinados o hendiduras que se forman cuando los componentes están en contacto estrecho. Para que se presente la corrosión por hendidura, la hendidura debe ser muy cerrada, con dimensiones menores a un milímetro. Aunque no se han definido los límites de la brecha, es conocido que este tipo de corrosión no se presenta en espacios más grandes.

Para que se presente la corrosión por hendiduras no es necesario que las dos superficies de aproximación sean metálicas. También se ha reportado corrosión por hendiduras formadas por varios materiales no metálicos (polímeros, asfaltos, vidrio, neopreno) en contacto con superficies metálicas. El hecho de que esto pueda ocurrir es de una importancia especial en la aplicación y selección de materiales de juntas de dilatación, apoyos, etc.

**Picaduras:** Las picaduras son una parte localizada de corrosión en la que el ataque está confinado a muchas cavidades pequeñas en la superficie del metal. Las cavidades que se forman pueden variar en cantidad, tamaño y forma. Las picaduras pueden contribuir de manera importante a una falla general, en componentes sujetos a esfuerzos muy altos, dando como consecuencia la falla por corrosión bajo tensión.

**Figura 36. Picadura de una estructura de puente**



El picado se puede presentar en varios metales y aleaciones, pero los aceros inoxidables y las aleaciones de aluminio son susceptibles en especial a éste tipo de degradación.

**Agrietamiento por corrosión y esfuerzos:** El agrietamiento por corrosión y esfuerzos es una falla corrosiva en la que se forman las grietas de un componente bajo la acción combinada de esfuerzos mecánicos y un medio ambiente agresivo. Los esfuerzos y el medio ambiente agresivo se unen para ocasionar una falla súbita.

## **8.7 Mantenimiento rutinario**

Las tareas de conservación se pueden clasificar en: ordinarias y extraordinarias, en función de que sean labores que se deban llevar a cabo con una periodicidad fija o de que haya que efectuarlas sólo cuando la evolución del estado del elemento a conservar lo demande.

Del primer grupo (ordinarias), se refieren básicamente a la de inspección, limpieza y pintura; mientras que las del segundo (extraordinarias) abarcan un amplio campo que va desde la rehabilitación del concreto degradado hasta la renovación de elementos de equipamiento como juntas, impermeabilización, etc.

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.

### **8.7.1 Acciones más comunes**

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.

**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 mucho 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 a cabo 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.



## CONCLUSIONES

1. Es necesaria la recopilación de las construcciones de este tipo, las cuales no son muy comunes y tienen una trascendencia en el ramo de la construcción vial, y son en diversos aspectos, útiles para las nuevas generaciones de ingenieros civiles.
2. Para el correcto desempeño de una construcción de cualquier tipo, se deben llenar ciertos requisitos, como el control de calidad, que no es sólo la toma de muestras y ensayos de laboratorio, sino un enlace sistemático de cada una de las actividades que se deberán realizar en un tiempo debido, cumpliendo con los estándares de calidad que cada una de las obras requiera.
3. Existe en la actualidad diversos tipos de puentes, pero no han tenido la delicadeza de aportar elementos estructurales que garanticen la protección de la obra, y tampoco hay un programa de mantenimiento de puentes, con lo cual se estaría teniendo una garantía que el puente soporte las inclemencias naturales; este programa debe tener un control estricto sobre el estado de los puentes y la prevención de los acontecimientos que puedan llevar al colapso del puente, puesto que estaría interrumpiendo la comunicación entre las comunidades y el desarrollo del país.



## RECOMENDACIONES

1. Teniendo en cuenta la importancia de las obras viales y la magnitud de beneficios que se obtendrán con las mismas, es necesaria la recomendación de seguir avanzando en el fortalecimiento de la red vial en el país, teniendo en cuenta que con ello garantizaremos que se tenga un desarrollo pleno, ya que las carreteras son el eje principal de la comunicación en Guatemala.
2. Se recomienda el planteamiento de un programa de evaluación de los puentes actuales, y el mantenimiento de los mismos mediante una prevención que asegure su funcionamiento, para evitar el colapso de estos en el invierno, así como el mantenimiento de las carreteras.
3. Es recomendable que la Universidad de San Carlos, por medio de la Facultad de Ingeniería y ésta a su vez por la Escuela de Ingeniería Civil, tengan a bien el involucramiento de los estudiantes en el área de la Ingeniería Vial para elevar el nivel educativo que se tiene, y con ello ayudar al fortalecimiento y crecimiento potencial de los nuevos profesionales de este ramo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS.  
Dirección General de Caminos.
2. Fuentes Roca, Armando. **MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES PARA EL ESTADO-PROCEDIMIENTOS Y REQUISITOS.**
3. Pérez Gómez, Pablo Osbesto. **DEFINICIÓN DE PROYECTOS VIALES 1993.**
4. Grada Jerez, Ana Beatriz. **ACTUALIZACIÓN DE LA SEÑALIZACION EN GUATEMALA 1998.**
5. Normas ACI 318 – 2005.
6. Bonilla Martínez, René Augusto. **LA LEGISLACIÓN SOBRE DERECHO DE VÍA EN GUATEMALA Y EL ARTÍCULO 40 DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1985** Tesis Abogado y Notario Guatemala USAC 1993.



## **ANEXOS I**

**Especificaciones AASHTO, utilizadas para el diseño de puentes para carreteras**



## **AASHTO 1-1-2**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Disposiciones generales y características generales del diseño.**

-El propósito de estas Especificaciones es producir integridad en el diseño de puentes

Cuando estas especificaciones proporcionan fórmulas empíricas, se debe considerar que los análisis racionales alternos, basados en teorías o ensayos y aceptados por la autoridad competente, cumplen con estas especificaciones.

Los diseños y detalles para puentes nuevos deberían abordar la integridad estructural considerando lo siguiente:

El uso de continuidad y redundancia para proporcionar uno o más pasos alternativos para carga.

Elementos de construcción y anchos del asiento de apoyo que sean resistentes al daño o inestabilidad.

Sistemas de protección externos par minimizar los efectos de cargas severas ideadas en forma razonable.

## **AASHTO 1-3**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Cargas**

Las estructuras se deben diseñar para llevar las cargas y fuerzas siguientes:

- a) Carga muerta
- b) Carga viva
- c) Impacto o efecto dinámico de la carga viva.
- d) Cargas de viento.
- e) Otras fuerzas, cuando existen, de la manera siguiente:

Fuerzas longitudinales; fuerza centrífuga; fuerzas térmicas; empuje de tierra; flotabilidad; esfuerzos de retracción, acortamiento de las nervadura, esfuerzos de construcción; presión de la corriente; y esfuerzos sísmicos.

Se deben tomar precauciones acerca de la transferencia de fuerzas entre la super-estructura y la sub-estructura para reflejar el efecto de fricción en los apoyos de expansión o resistencia al corte en apoyos elastomerillos.

Se deben proporcionar elementos ya sea en relación a las cargas por servicio y a los esfuerzos permisibles como se proporciona en el diseño por cargas de servicio (Diseño por Esfuerzo Admisible), o bien, referente a factores de carga y resistencia ponderada como se proporciona en el diseño por resistencia (Diseño por Factor de carga).

Cuando se requieren planillas de esfuerzo, se debe mostrar un diagrama o simbología de las cargas asumidas y en forma separada se deben mostrar los esfuerzos debido a las diversas cargas.

Cuando las condiciones del diseño lo requieran, la secuencia de ubicación del hormigón, se debe indicar en los planos o en las disposiciones especiales.

Las combinaciones de carga deben estar en conformidad con 3.22.

Cuando un puente es oblicuo, las cargas y fuerzas transportadas por el puente a través del sistema de plataforma hacia las conexiones de pasador y péndalos, se deberían resolver en los componentes de fuerza vertical, lateral y longitudinal que deben considerar en el diseño.

## **AASTO 1-4**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Cimientos**

Los cimientos se deben diseñar para soportar todas las cargas vivas y muertas y las cargas de empuje de la tierra y del agua, de acuerdo con los principios generales de esta sección. El diseño se debe hacer tomando en consideración las cargas de servicio y los esfuerzos admisibles indicados en DISEÑO DE CARGA DE SERVICIO o, alternativamente, tomando en consideración los factores de carga y resistencia ponderada como se indican en DISEÑO DE RESISTENCIA.

## **AASTO 1- 5**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Muros de retención**

Los muros de retención se deben diseñar para resistir presiones laterales de tierra y del agua incluyendo cualquier sobrecarga viva o muerta, para resistir el propio peso del muro, los efectos de la temperatura y de la contracción y las cargas de los temblores, de acuerdo con los principios generales que se especifican en esta sección.

Los muros de retención se deben diseñar para una vida útil basada en la consideración de los potenciales efectos prolongados del talud del material, filtración las corrientes dispersas y otros efectos medioambientales potencialmente peligrosos en cada uno de los componentes del material que comprende el muro. Para la mayoría de las aplicaciones, los muros de retención permanentes se deberían diseñar para una vida útil de 75 años. Los muros de retención para aplicaciones temporales generalmente se diseñan para una vida útil de 36 meses o menos.

Un mayor nivel de seguridad y/o una vida útil más extensa (esto es, 100 años) puede ser apropiado para muros que soportan empalmes de puente, construcciones, utilidades críticas u otras dependencias para las cuales las consecuencias de un desempeño pobre o de una falla serían graves.

La calidad del desempeño en servicio es una consideración importante en el diseño de muros de retención permanentes. Los muros permanentes se deben diseñar para retener una apariencia estéticamente agradable, y para estar esencialmente libres de mantenimiento durante toda la vida útil de diseño.

## **AASHTO 1-7**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Subestructuras**

Una sub-estructura, es cualquier componente estructural que soporta carga generalmente referida a través de los términos estribo, pila, muro de contención, cimiento u otra terminología similar.

Cuando sea apropiado, los pilares y estribos se deben designar para resistir carga muerta, cargas de montaje, cargas vivas sobre la calzada, cargas de viento sobre la superestructura, fuerzas debido a las corrientes del curso de agua, temperatura y efectos de retracción, presiones de agua y empujes de tierra laterales, socavación y colisión y cargas sísmicas.

El asentamiento anticipado de los pilares y estribos se debería estimar mediante un análisis apropiado, y los efectos de asentamiento diferencial se deben considerar en el diseño de la superestructura.

## **AASHTO 1-8-9**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Hormigón armado y hormigón pretensado.**

Las especificaciones del hormigón armado están destinadas par el diseño de elementos y estructuras de hormigón armado (no pretensado) para puentes.

Las especificaciones de hormigón pretensado están destinadas para el diseño de elementos de hormigón pretensado para puentes.

Tramos excepcionalmente largos o estructuras inusuales requieren una consideración detallada de los efectos para los cuales se pueden haber asignado valores arbitrarios en esta norma.

## **AASHTO 1-10**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño – Acero estructural**

Esta norma reconoce los aceros listados en estas especificaciones. Se pueden utilizar otros aceros; sin embargo, se deben establecer y especificar sus propiedades, resistencias, esfuerzos admisibles y trabajabilidad.

## **AASHTO 1-A**

### **Especificación para puentes de carretera – Diseño sísmico**

Estas especificaciones establecen disposiciones de diseño y construcción de los puentes par minimizar su susceptibilidad al daño ocasionado por sismos.

Los movimientos y fuerzas sísmicas de diseño especificados en estas disposiciones se basan en la baja probabilidad de su existencia excedida durante la expectativa de vida normal de un puente. Los puentes y sus componentes que se diseñan para resistir estas fuerzas y que se construyen de acuerdo con los detalles de diseño contenidos en las disposiciones pueden sufrir daño, pero deberían tener una baja probabilidad de colapso debido al movimiento de tierra inducido sísmicamente.

Los principios utilizados para el desarrollo de las disposiciones son:

- a) Sismos pequeños a moderados deberían resistir dentro del rango elástico de los componentes estructurales sin daño importante.
- b) Intensidades y fuerzas de movimiento de tierra sísmica realista se utilizan en los procedimientos del diseño.

- c) Exposición al movimiento de grandes sismos no deberían detectar fácilmente y deberían ser accesibles para inspección y reparación.

Una premisa básica en el desarrollo de estas guías de diseño sísmico era que éstas son aplicables a todas partes de Estados Unidos. El peligro sísmico varía de pequeño a alto en todo el país. Por lo tanto, para los propósitos del diseño, cuatro Categorías de Desempeño Sísmico (SPC) se define en las bases de un Coeficiente de Aceleración (A) para el sitio, determinado a partir del mapa entregado y de la clasificación por importancia (IC). Para cada una de las cuatro Categorías de Desempeño Sísmico se especifican diferentes grados de complejidad y sofisticación de análisis y diseño sísmico.

Un puente se debe diseñar para funcionar durante y después de un sismo. En áreas con un Coeficiente de Aceleración mayor que 0.29 los puentes esenciales deben cumplir los requisitos adicionales. Un puente se designa como esencial sobre la base de las clasificaciones Sociales / Supervivencia y Seguridad.

#### Señales de tránsito

Acero de alta calidad y galvanizado por inmersión en caliente bajo la norma ASTM-A123, la cual le brinda mayor protección evitando corrosión y oxidación.



## **ANEXOS II**

**BOLETA DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PUENTES**



## BOLETA DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PUENTES

### 1) IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN

Nombre del puente: \_\_\_\_\_

Ruta: \_\_\_\_\_

Tipo de Ruta: pavimentada: \_\_\_\_\_ terracería: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Estación (km.): \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM: Norte: \_\_\_\_\_, Este: \_\_\_\_\_

Año de Construcción: \_\_\_\_\_; Cargas de diseño: \_\_\_\_\_

Población más cercana ANTES del puente: \_\_\_\_\_

Población más cercana DESPUÉS del puente: \_\_\_\_\_

### 2) DATOS GENERALES

Longitud total: \_\_\_\_\_ mts., Ancho de rodadura: \_\_\_\_\_ mts., Ancho total: \_\_\_\_\_ mts.

Tipo de puente principal: \_\_\_\_\_

Altura Libre Superior (Gálbo): \_\_\_\_\_ mts., Altura Libre Inferior (Gálbo): \_\_\_\_\_ mts.

Tiene esviaje: \_\_\_\_\_

Alineamiento vertical, ¿tiene curva vertical?: \_\_\_\_\_

Alineamiento Horizontal, ¿tiene curva horizontal?: \_\_\_\_\_

Puente sobre:  río  carretera  línea férrea.

### 3) SUB-ESTRUCTURA:

Estribo de entrada - Tipo: \_\_\_\_\_

Estribo de salida - Tipo: \_\_\_\_\_

Pilas: cantidad: \_\_\_\_\_

Tipo Pila 1, Tipo: \_\_\_\_\_

Tipo Pila 2, Tipo: \_\_\_\_\_

Tipo Pila 3, Tipo: \_\_\_\_\_

Tipo Pila 4: Tipo: \_\_\_\_\_

Tipo Pila 5: Tipo: \_\_\_\_\_

#### 4) SUPER-ESTRUCTURA: Tramos

Tramo 1: Longitud \_\_\_\_\_ mts., Tipo: \_\_\_\_\_

Tramo 2: Longitud \_\_\_\_\_ mts., Tipo: \_\_\_\_\_

Tramo 3: Longitud \_\_\_\_\_ mts., Tipo: \_\_\_\_\_

Tramo 4: Longitud \_\_\_\_\_ mts., Tipo: \_\_\_\_\_

Tramo 5: Longitud \_\_\_\_\_ mts., Tipo: \_\_\_\_\_

##### Tramo 1:

Vigas: tipo de vigas: \_\_\_\_\_ cantidad: \_\_\_\_\_ forma: \_\_\_\_\_

Peralte: \_\_\_\_\_ Separación entre ejes: \_\_\_\_\_

Rodadura: Material: \_\_\_\_\_; Espesor: \_\_\_\_\_; Tipo de superficie de desgaste: \_\_\_\_\_

Apoyos: Entrada: \_\_\_\_\_; Salida: \_\_\_\_\_

Tipo: de barandal: \_\_\_\_\_; de juntas de expansión: \_\_\_\_\_ de drenaje: \_\_\_\_\_

##### Tramo 2:

Vigas: tipo de vigas: \_\_\_\_\_ cantidad: \_\_\_\_\_ forma: \_\_\_\_\_

Peralte: \_\_\_\_\_ Separación entre ejes: \_\_\_\_\_

Rodadura: Material: \_\_\_\_\_; Espesor: \_\_\_\_\_; Tipo de superficie de desgaste: \_\_\_\_\_

Apoyos: Entrada: \_\_\_\_\_; Salida: \_\_\_\_\_

Tipo: de barandal: \_\_\_\_\_; de juntas de expansión: \_\_\_\_\_ de drenaje: \_\_\_\_\_

##### Tramo 3:

Vigas: tipo de vigas: \_\_\_\_\_ cantidad: \_\_\_\_\_ forma: \_\_\_\_\_

Peralte: \_\_\_\_\_ Separación entre ejes: \_\_\_\_\_

Rodadura: Material: \_\_\_\_\_; Espesor: \_\_\_\_\_; Tipo de superficie de desgaste: \_\_\_\_\_

Apoyos: Entrada: \_\_\_\_\_; Salida: \_\_\_\_\_

Tipo: de barandal: \_\_\_\_\_; de juntas de expansión: \_\_\_\_\_ de drenaje: \_\_\_\_\_

##### Tramo 4:

Vigas: tipo de vigas: \_\_\_\_\_ cantidad: \_\_\_\_\_ forma: \_\_\_\_\_

Peralte: \_\_\_\_\_ Separación entre ejes: \_\_\_\_\_

Rodadura: Material: \_\_\_\_\_; Espesor: \_\_\_\_\_; Tipo de superficie de desgaste: \_\_\_\_\_

Apoyos: Entrada: \_\_\_\_\_; Salida: \_\_\_\_\_

Tipo: de barandal: \_\_\_\_\_; de juntas de expansión: \_\_\_\_\_ de drenaje: \_\_\_\_\_

**Tramo 5:**

Vigas: tipo de vigas: \_\_\_\_\_ cantidad: \_\_\_\_\_ forma: \_\_\_\_\_

Peralte: \_\_\_\_\_ Separación entre ejes: \_\_\_\_\_

Rodadura: Material: \_\_\_\_\_; Espesor: \_\_\_\_\_; Tipo de superficie de desgaste: \_\_\_\_\_

Apoyos: Entrada: \_\_\_\_\_; Salida: \_\_\_\_\_

Tipo: de barandal: \_\_\_\_\_; de juntas de expansión: \_\_\_\_\_ de drenaje: \_\_\_\_\_

**5) Bitácora:**

Elemento del puente	Nivel de daño (1-5)	Observaciones y recomendaciones
Estribos		
Pilas		
Súper-estructura (vigas)		
Rodadura		
Juntas de expansión		
Apoyos		
Barandales y remates		
Alerones		
Obras de protección		



## **ANEXOS III**

### **Planos del puente Corozal**





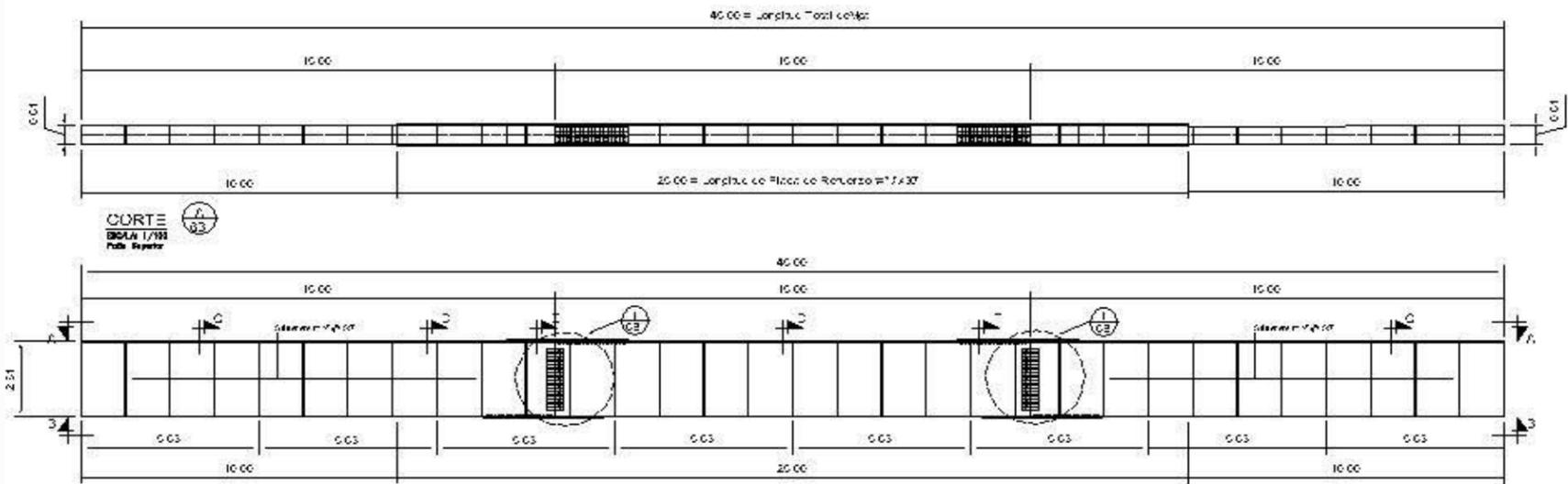












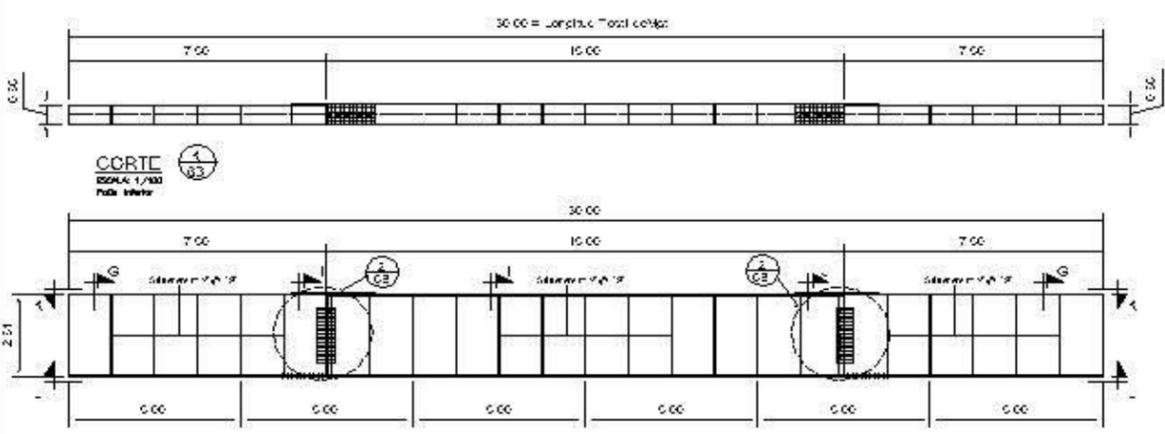
**CORTE**  
ESCALA 1/100  
Folio Interior

**ELEVACION DE VIGA PRINCIPAL (LONGITUD 45.00 MTS.)**  
ESCALA 1/100

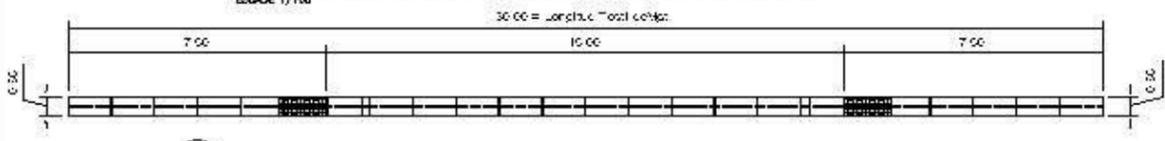


**CORTE**  
ESCALA 1/100  
Folio Interior

**ELEVACION DE VIGA PRINCIPAL (LONGITUD 30.00 MTS.)**  
ESCALA 1/100

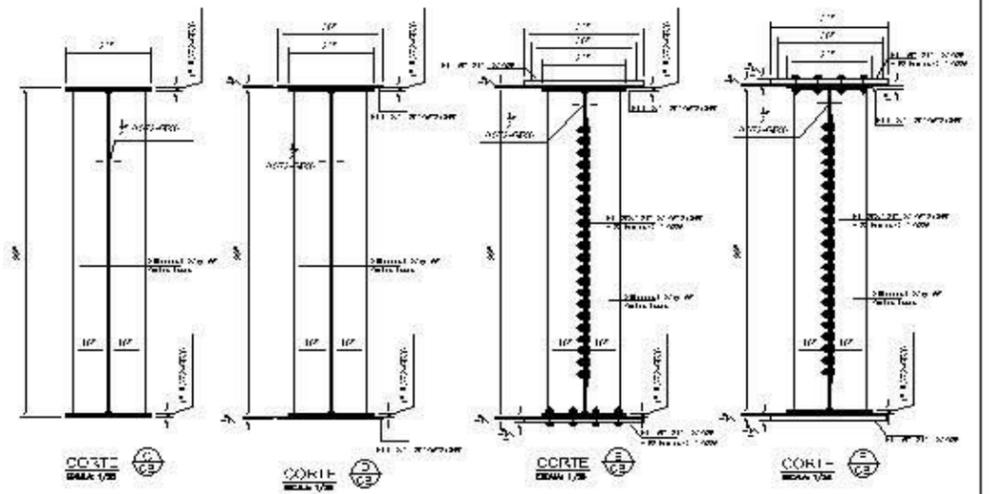


**CORTE**  
ESCALA 1/100  
Folio Interior



**CORTE**  
ESCALA 1/100  
Folio Interior

NOTA:  
1. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LOS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
2. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
3. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.

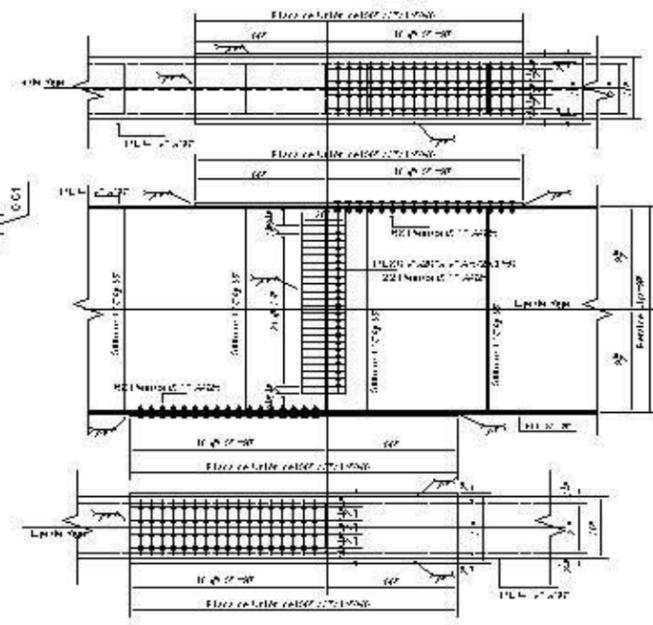


**CORTE**  
ESCALA 1/20

**CORTE**  
ESCALA 1/20

**CORTE**  
ESCALA 1/20

**CORTE**  
ESCALA 1/20

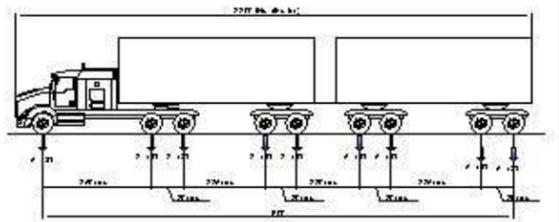


**DETALLE**  
ESCALA 1/40

**DET. SOLDADURA VIGA (LONGITUD 45.00 MTS.)**  
ESCALA 1/20

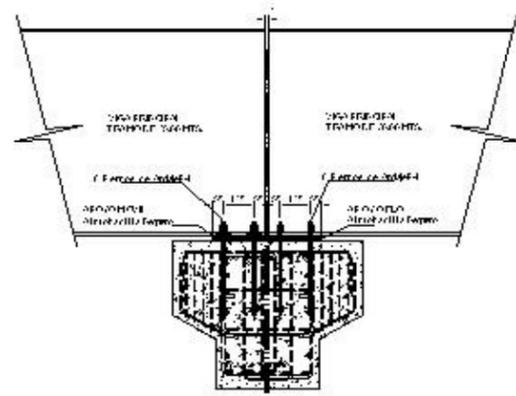
**DET. SOLDADURA VIGA (LONGITUD 30.00 MTS.)**  
ESCALA 1/20

NOTA:  
1. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
2. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
3. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.

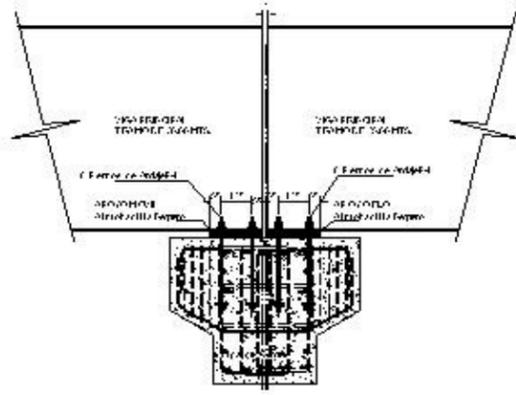


NOTA:  
1. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
2. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.  
3. VERIFICAR LA CANTIDAD DE BARRAS DE REFORZAMIENTO EN LAS SECCIONES DE TRANSICION ENTRE LAS SECCIONES DE REFORZAMIENTO.

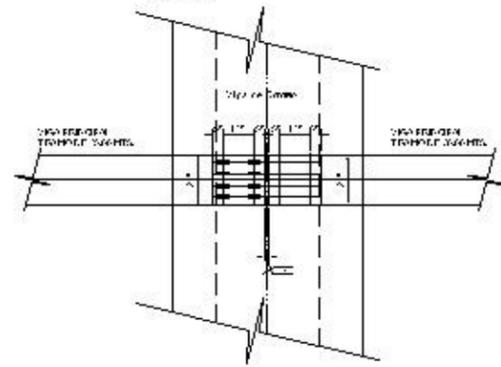
PROYECTO		FECHA	
Y. N. S. T. E. R. O. D. E. C. O. M. U. N. I. D. A. D. E. S. Y. P. A. S. T. R. U. C. T. U. R. A. S. Y. S. E. R. V. I. C. I. O. S. P. U. B. L. I. C. O. S.			
DIRECCION GENERAL DE OBRAS			
PROYECTO: CARRETERA CAO NORTE			
TRAMO: EL AVILA - EL RANCHO			
OBRAS: PUENTE "COCHOZAL" (AGUA CALIENTE)			
DESARROLLO DE ESTRUCTURA VIGAS PRINCIPALES + DETALLES			
ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	FECHA:
ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	15/05/2010
ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	15/05/2010
ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	ING. J. J. GONZALEZ	15/05/2010
AUTOR: ING. J. J. GONZALEZ		Escala: 1/20	
TITULO: PUENTE "COCHOZAL" (AGUA CALIENTE)		FOLIO: 68	



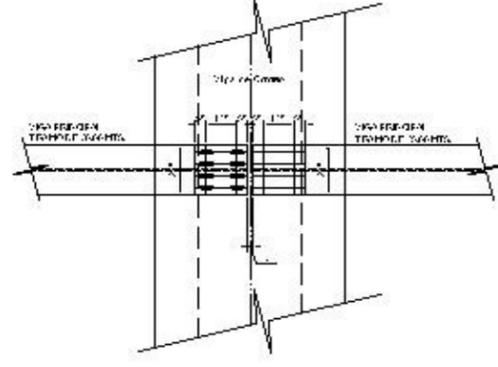
ELEVACION APOYOS DE VIGAS DE 30.00 Y 45.00 MTS.  
ESCALA 1/10



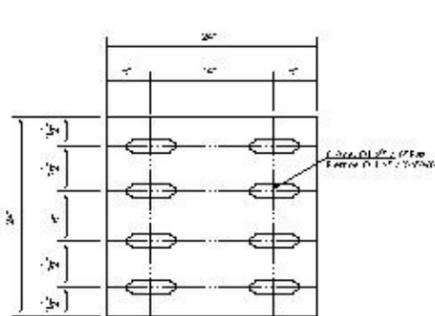
ELEVACION APOYOS DE VIGAS DE 30.00 Y 45.00 MTS.  
ESCALA 1/10



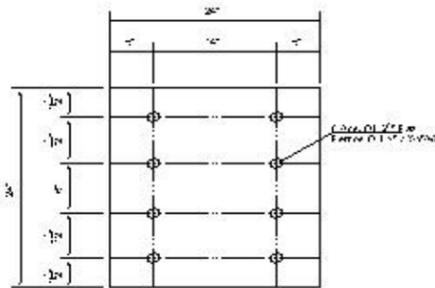
PLANTA APOYOS DE VIGAS DE 30.00 Y 45.00 MTS.  
ESCALA 1/10



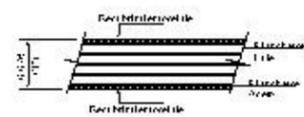
PLANTA APOYOS DE VIGAS DE 30.00 Y 45.00 MTS.  
ESCALA 1/10



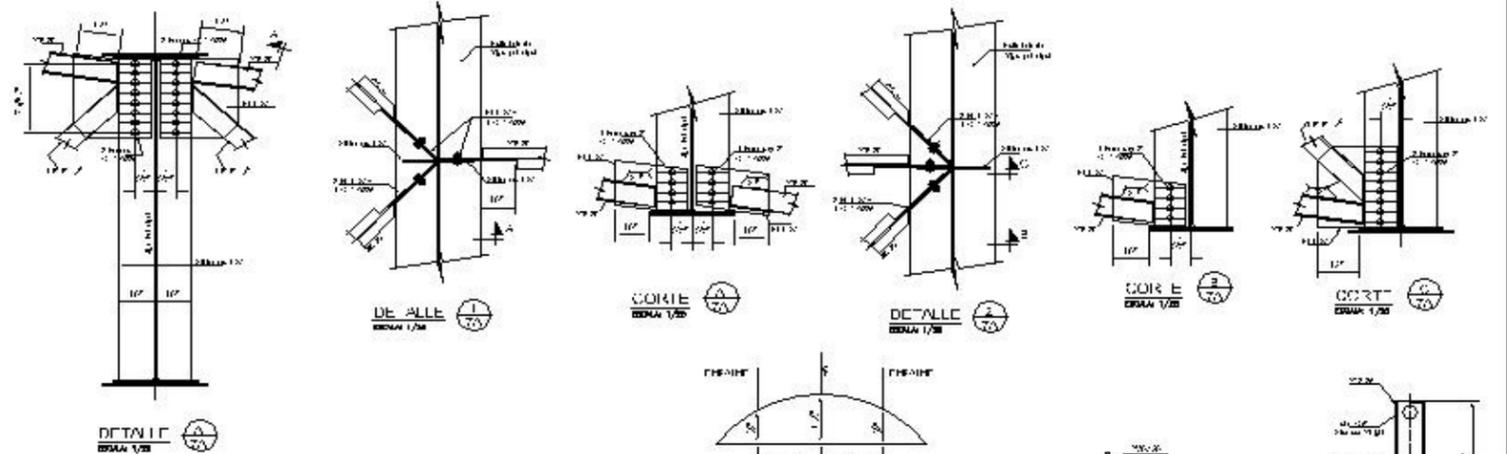
DET. ALMOHADILLA DE NEOPRENO APOYOS MOVILES  
ESCALA 1/10  
DETALLE TIPO TRAMO DE 45.00 Y 30.00 MTS.



DET. ALMOHADILLA DE NEOPRENO APOYOS FIJOS  
ESCALA 1/10  
DETALLE TIPO TRAMO DE 45.00 Y 30.00 MTS.



DET. ALMOHADILLA DE NEOPRENO  
ESCALA 1/6



DETALLE  
ESCALA 1/20

DE ALLE  
ESCALA 1/20

CORTE  
ESCALA 1/20

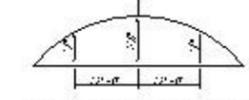
DETALLE  
ESCALA 1/20

CORTE  
ESCALA 1/20

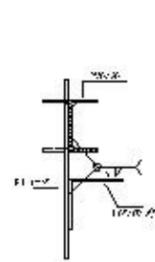
CORTE  
ESCALA 1/20



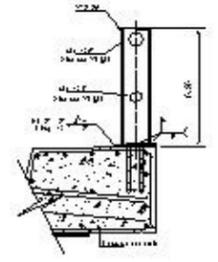
CONTRAFECHA DE VIGA PRINCIPAL  
TRAMO DE 30 m.



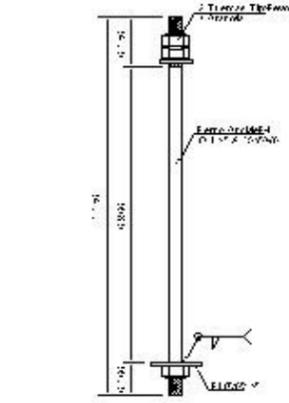
CONTRAFECHA DE VIGA PRINCIPAL  
TRAMO DE 45 m.



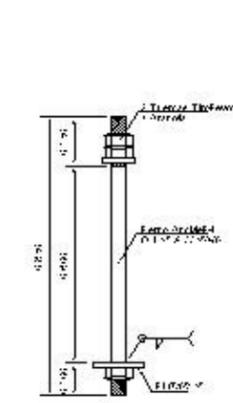
CORTE  
ESCALA 1/10



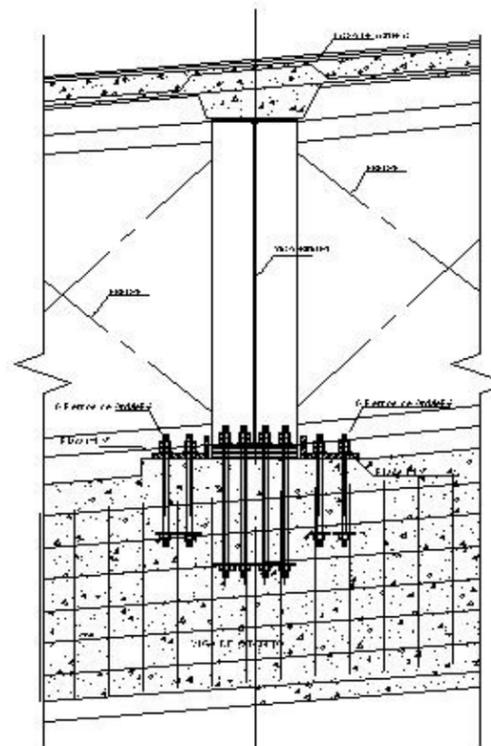
DETALLE  
ESCALA 1/20  
DETALLE DE REINFORZO



DET. PERNO DE ANCLAJE P-1  
ESCALA 1/10

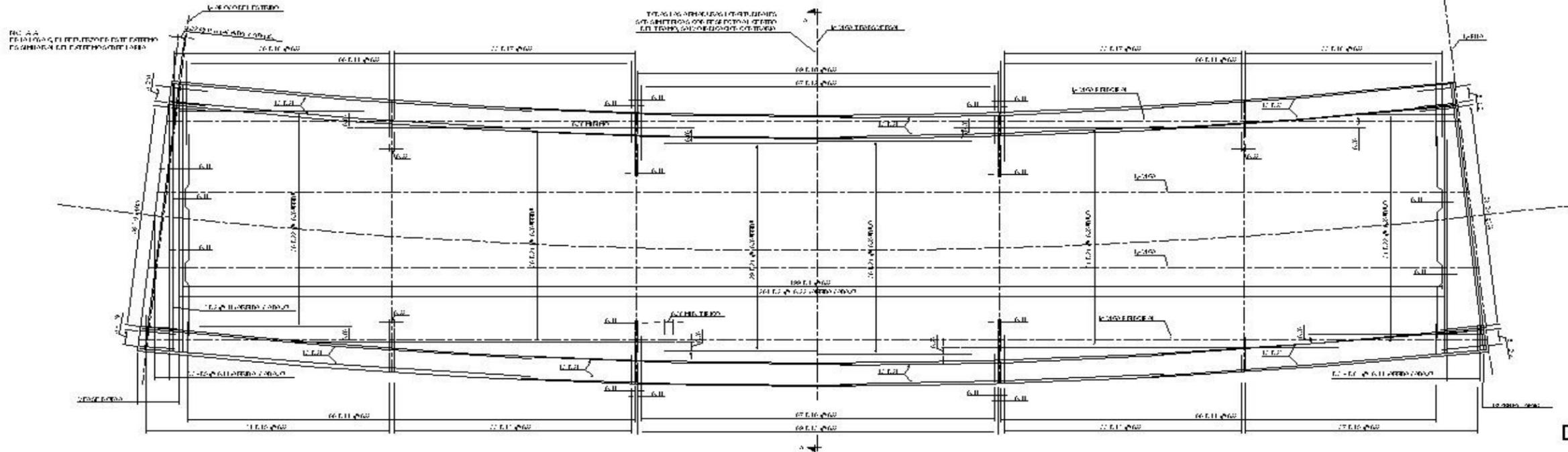


DET. PERNO DE ANCLAJE P-2  
ESCALA 1/10



DET. DE TOPES DE VIGAS METALICA  
ESCALA 1/10

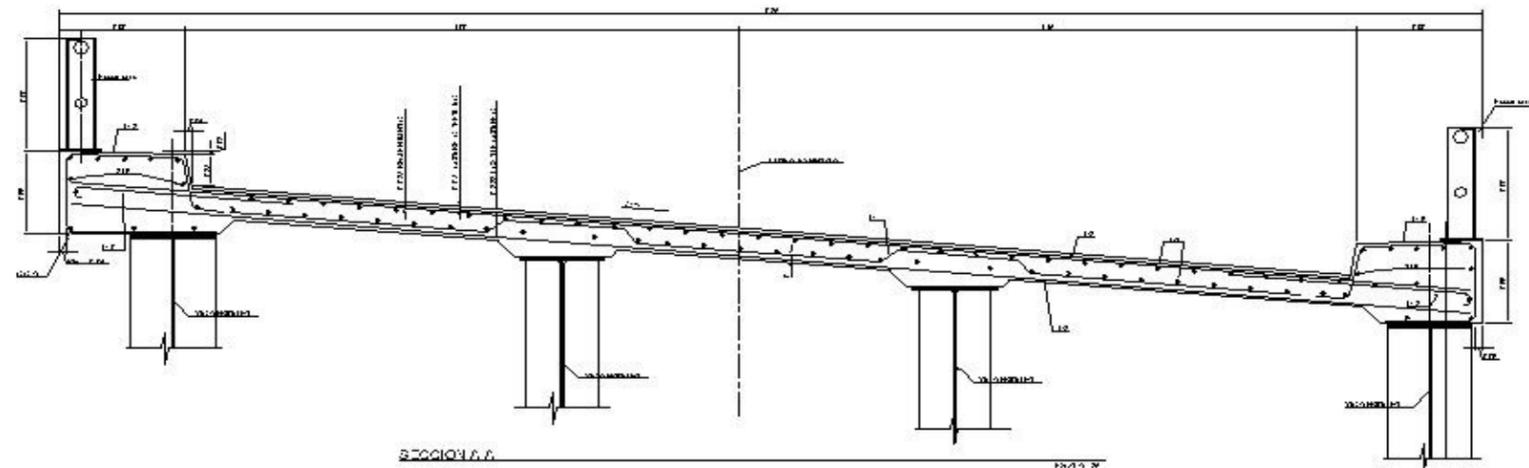
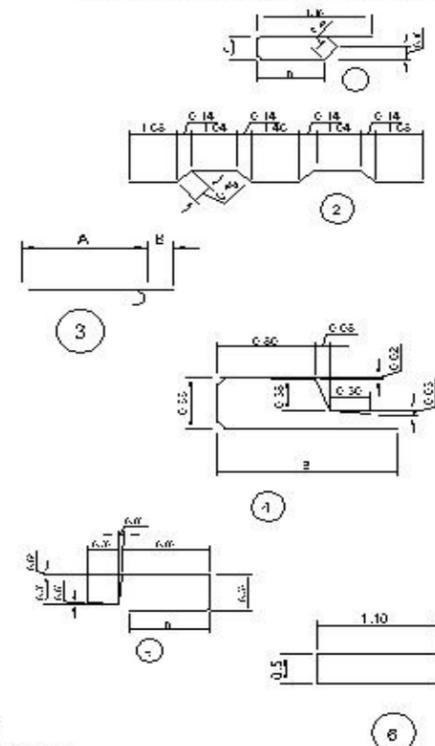
MINISTERIO DE COMERCIO Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CAMINOS	
PROYECTO:	CARRERA CAJONORTE
TRAMO:	GLATEVALA BARRIO
OBRA:	PUENTE "CONOZAL" (AGUA CALIENTE) DETALLES DE UNIONES Y APOYOS DE PUENTE
ELABORADO:	INGENIERO
REVISADO:	INGENIERO
APROBADO:	INGENIERO
FECHA:	1982
1/2	



PLANTA DE LOSA A ( LOSA C SIMILAR , SALVO INDICACION CONTRARIA )

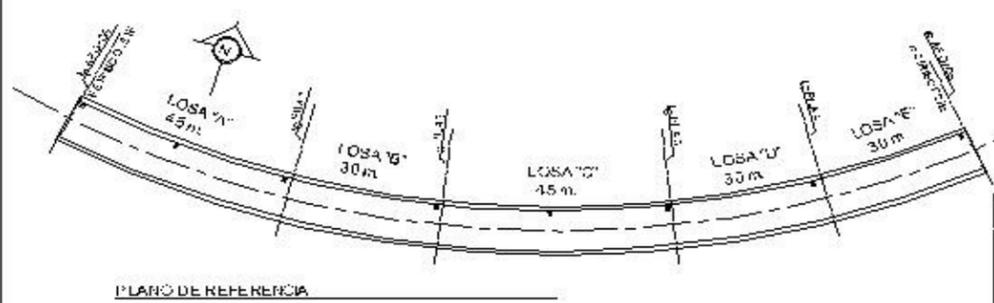
FIGURA 10

DETALLE DE BARRAS

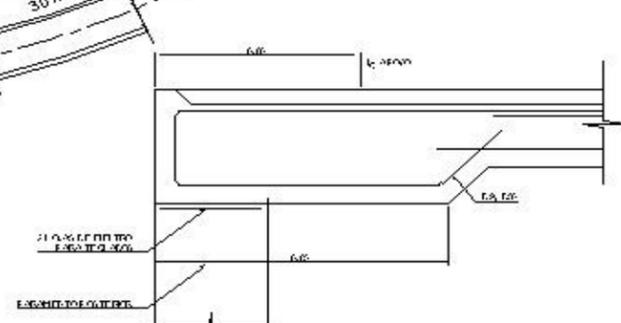


SECCION A-A

LISTA DEL REFUERZO									
BARBANA	ANCHO	IND.	LARGO	A	B	C	LONGITUD	LONGITUD	
U1	1	2	7.95				1.80	1.80	
U2	1	PLATA	11.70				4.22	4.09	
U10	1	PLATA	2.25				1.2	1.2	
U16	1	PLATA	4.25				1.2	1.2	
U1	1	1	2.25	0.25	0.25		1.2	-	
U10	1	1	2.25	0.25	0.25		1.2	1.2	
U11	1	1	2.25	0.25	0.25		2.06	2.06	
U12	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U13	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U14	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U15	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U16	1	1	2.25	0.25	0.25		1.2	1.2	
U17	1	1	2.25	0.25	0.25		1.2	1.2	
U18	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U19	1	1	1.95	0.25	0.25		1.2	1.2	
U20	1	1	2.25	0.25	0.25		1.2	1.2	
U21	1	PLATA	12.25				2.58	2.58	
U22	1	PLATA	11.25				1.22	1.22	
U23	1	PLATA	3.95				1.1	1.1	
U24	1	PLATA	11.95				1.1	1.1	
U25	1	PLATA	11.95				1.1	1.1	
U27	1	PLATA	1.25				1.2	1.2	

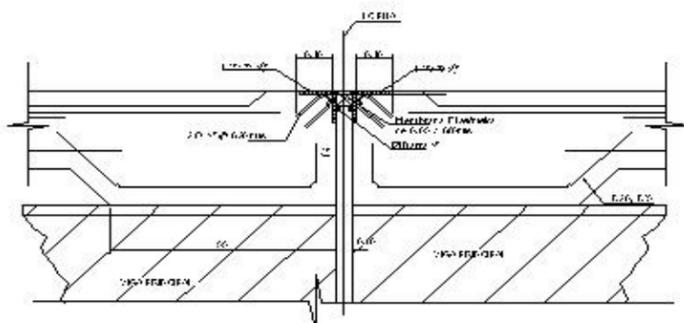


PLANO DE REFERENCIA



JUNTA FINAL EN EL ESTRIBO

FIGURA 11



JUNTA DE EXPANSION

FIGURA 12

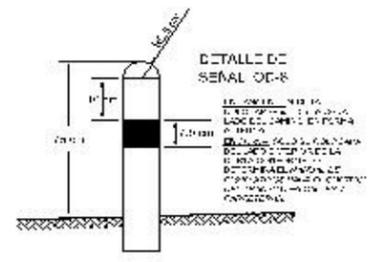
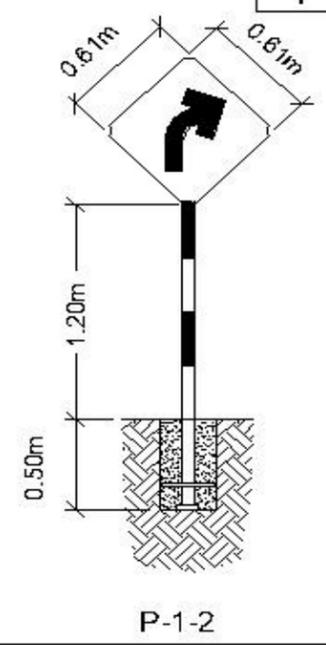
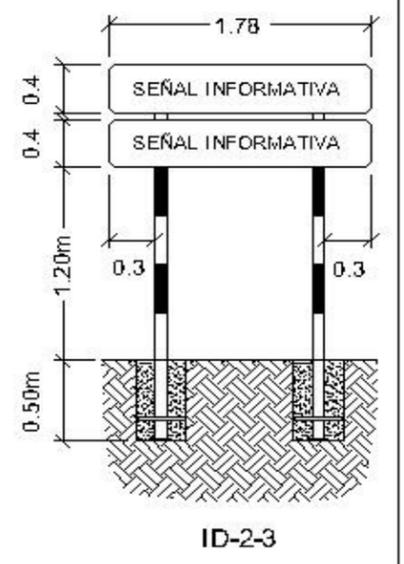
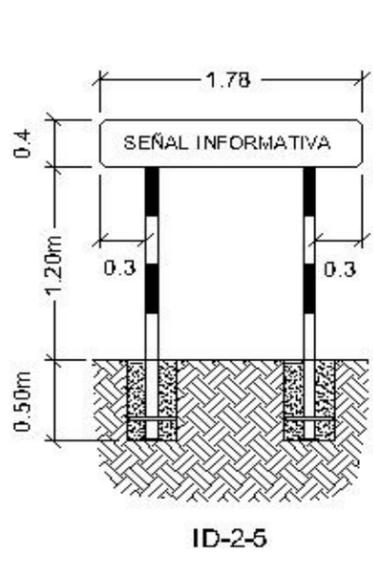
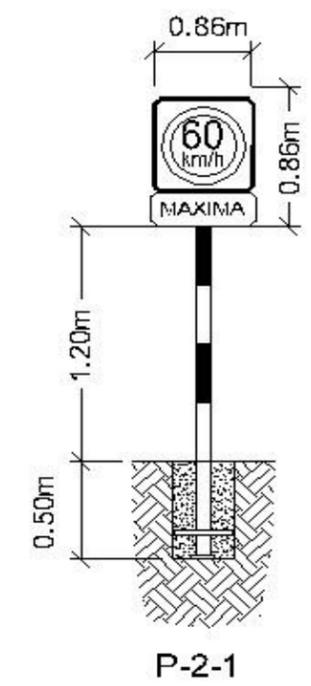
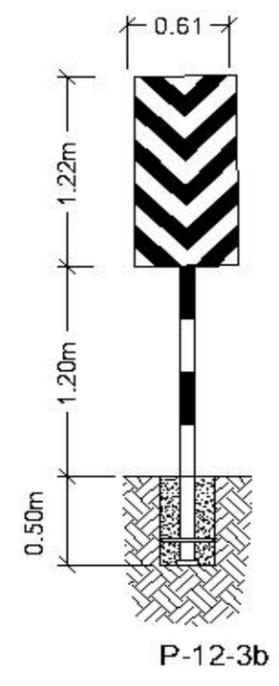
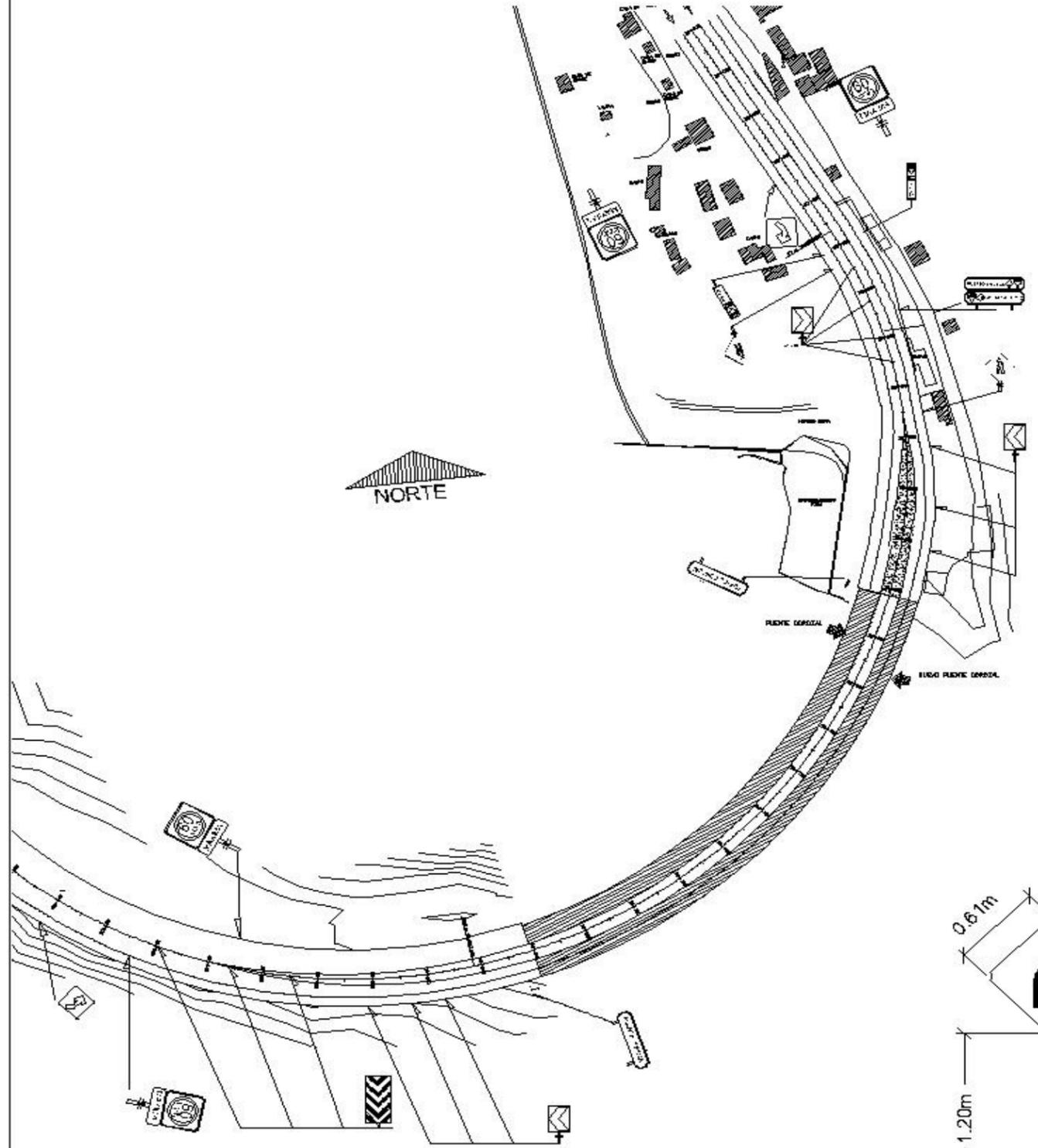
NO. 40  
 GENERAL: C. TORRES  
 ASESOR: C. TORRES

PROYECTO	MINISTERIO DE COM. Y OBRAS PUBLICAS - DIRECCION GENERAL DE CAMINOS		
TOMO	CARRETERA CAJON VIEJO		
CONTENIDO	PUENTE "CORONAL" (ACQUA CALIENTE) PLANO DE LOSA "I" ESTRUCTURA DE ACERO + DETALLES		
LENGUAJE	SIEMPRE	SIEMPRE	SIEMPRE
TIPO DE DISEÑO	ESTRUCTURAL	ESTRUCTURAL	ESTRUCTURAL
FECHA	1990	1990	1990
ELABORADO POR	1990	1990	1990
REVISADO POR	1990	1990	1990
ESCALA	1/20		

3A 1/2



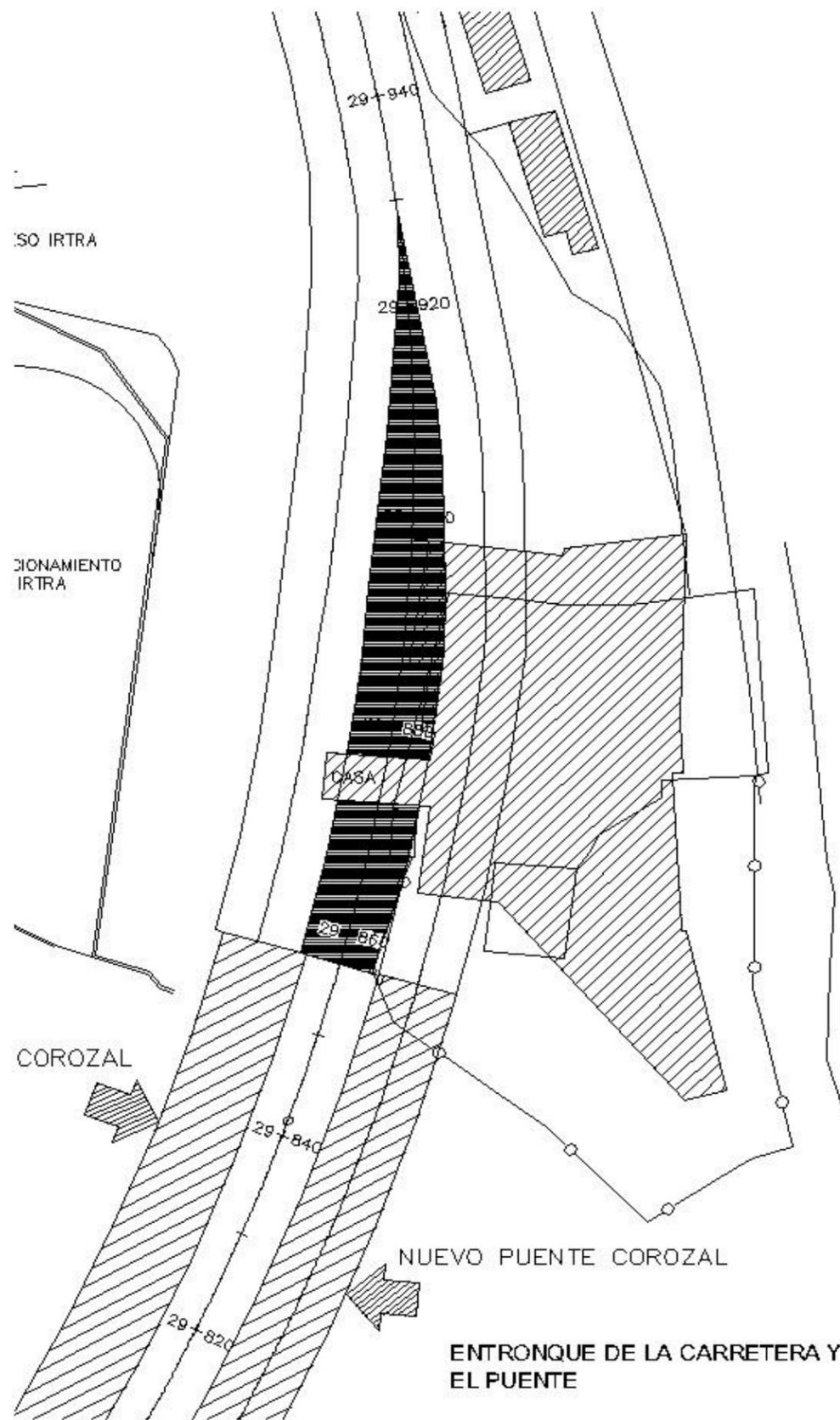




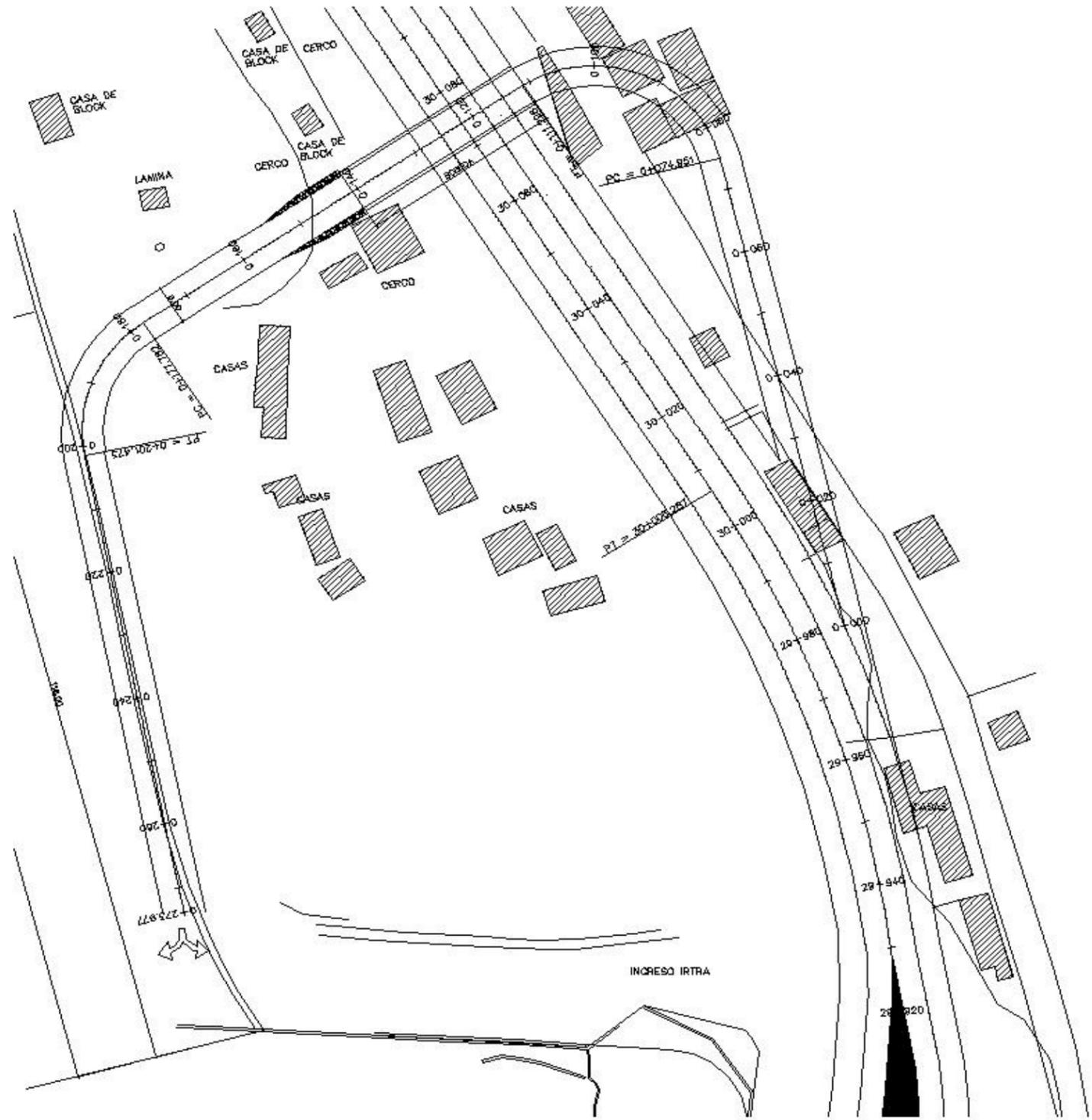
CUADRO DE SEÑALAMIENTO

SEÑALAMIENTO VERTICAL			
SEÑAL	FLUJO	SEÑALIZACION	CANTIDAD
<b>SEÑALES PREVENTIVAS</b>			
	1/2	8/20	210 unidades
	1/4	8/20	210 unidades
<b>SEÑALES RESTRICTIVAS</b>			
	1/2	20/20	410 unidades
	1/4	20/20	110 unidades
<b>SEÑALES INFORMATIVAS</b>			
	1/2	20/20	210 unidades
	1/4	40/20	110 unidades
	1/4	40/20	210 unidades
<b>DISPOSITIVOS DE CONTROL</b>			
	1/2	8/20	110 unidades
	1/4	40/20	210 unidades
	1/4	40/20	210 unidades

MINISTERIO DE GOBIERNO Y COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS	
PROYECTO:	CARRERA CARRETERA
TRAMO:	GLATEYALA EL RANCHO
COMUNIDAD:	PUENTE "CORONAL" (ACUA CALIENTE) SEÑALIZACION
ESTADO:	CHILE
REGION:	VIÑA DEL MAR
PROYECTO:	SEÑALIZACION
FECHA:	2010
ESCALA:	1:100
HOJA:	1/2



ENTRONQUE DE LA CARRETERA Y EL PUENTE



PROPUESTA DE TUNEL PARA EL INGRESO AL IRTRA AGUA CALIENTE

MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		DIRECCION GENERAL DE CAMINOS	
PROYECTO	CARRERA CAJON VIEJO		
TRAMO	GLATEMALA - EL RINCON		
OPERA	PUENTE "COROZAL" (AGUA CALIENTE)		
	MEJORAS Y MODIFICACIONES ESPECIALES		
AUTORIZACION	ELABORADO	REVISADO	
	VERIFICADO	APROBADO	
	REVISADO	REVISADO	
	REVISADO	REVISADO	
Escala			1:2
			1:2

**ANEXOS IV**

**PLANOS DE PREDIOS DENTRO DEL DERECHO DE VÍA**

PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

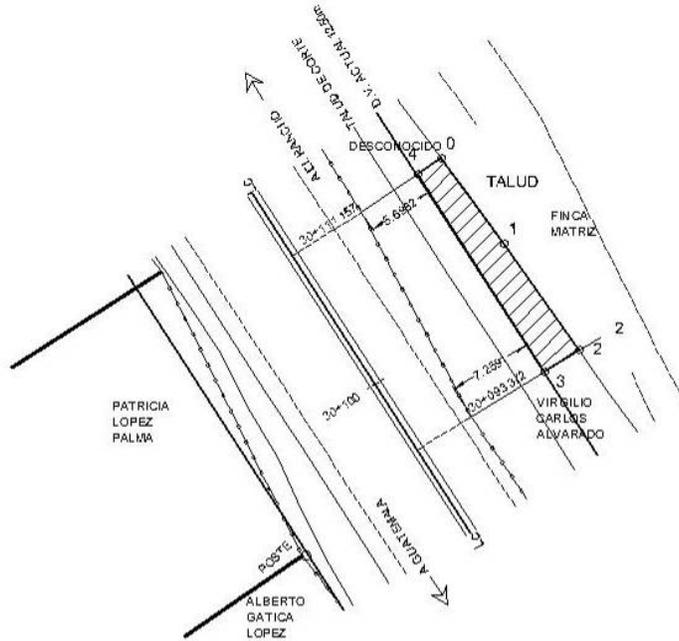
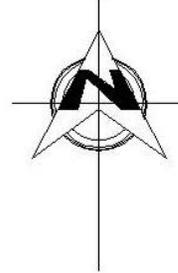
MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_

DESMEMBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ ANA MARIA GATICA \_\_\_\_\_

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 58.93 m<sup>2</sup> - 84.34 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	144°3'31"	8.94
1	2	145°1'46"	11.01
2	3	238°28'52"	3.42
3	4	327°24'37"	19.79
4	0	55°40'43"	2.44

AREA = 58.93 m<sup>2</sup> - 84.34 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A.

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

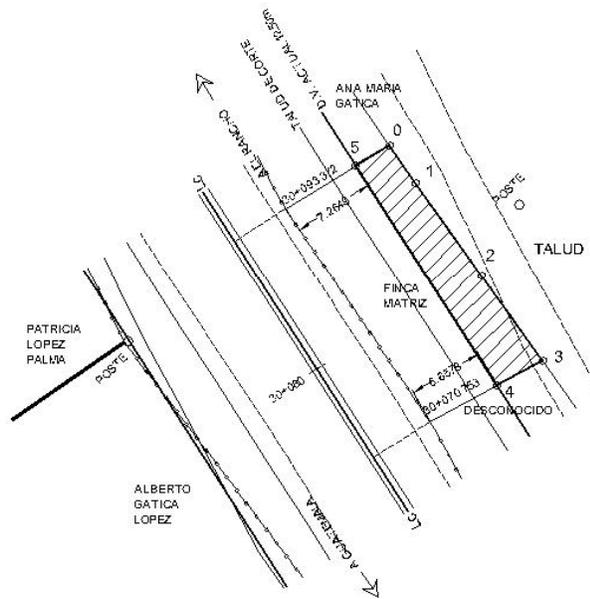
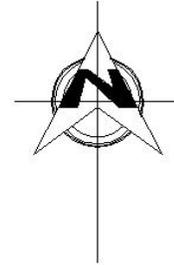
PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_  
DESMEMBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ VIRGILIO CARLOS ALVARADO

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 91.31 m<sup>2</sup> - 130.68 vrs<sup>2</sup>



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	145°39'12"	4.00
1	2	144°3'51"	10.02
2	3	145°5'39"	9.22
3	4	241°29'33"	4.51
4	5	327°24'37"	22.96
5	0	58°28'52"	3.42

AREA = 91.31 m<sup>2</sup> - 130.68 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C.

B & T CONSULTORES. S.A.

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

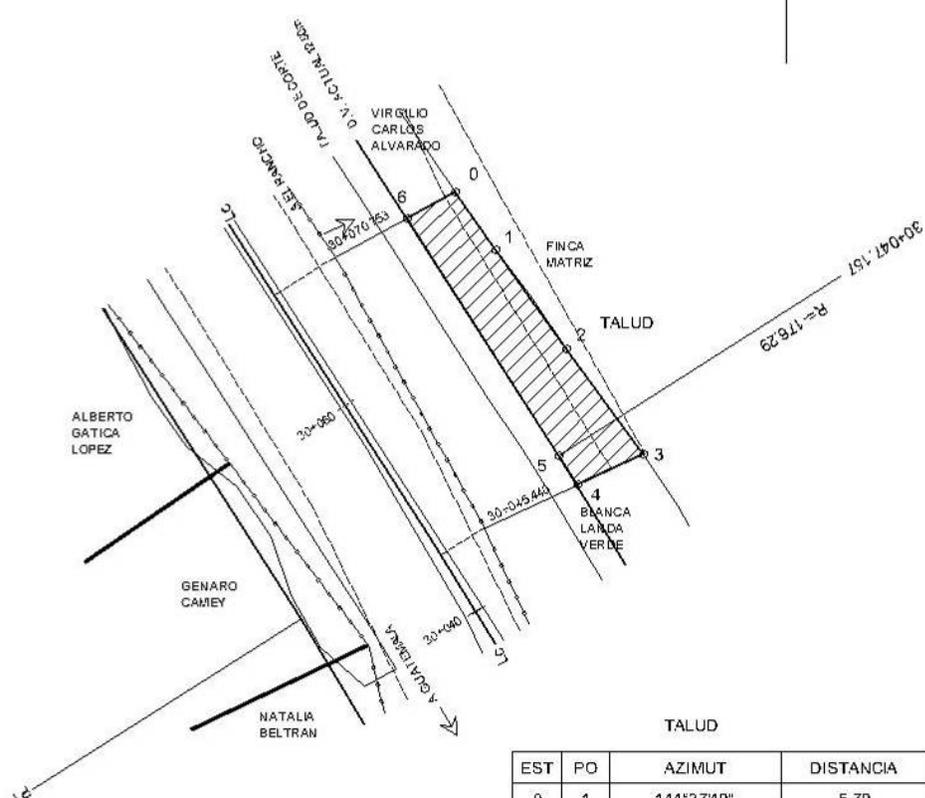
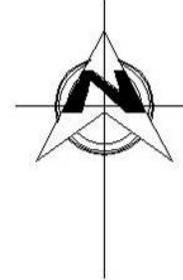
MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_

DESMEMBRADE DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ DESCONOCIDO \_\_\_\_\_

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 103.23 m<sup>2</sup> - 147.73 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	144°37'49"	5.79
1	2	144°53'46"	10.01
2	3	144°18'51"	10.70
3	4	245°4'36"	5.87
4	5	Az = 327°50'52" CUERDA = 2.88	L=2.88 D=0°52'29" R=188.80
5	6	327°24'37"	23.12
6	0	61°29'33"	4.51

AREA = 103.23 m<sup>2</sup> - 147.73 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A. \_\_\_\_\_

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

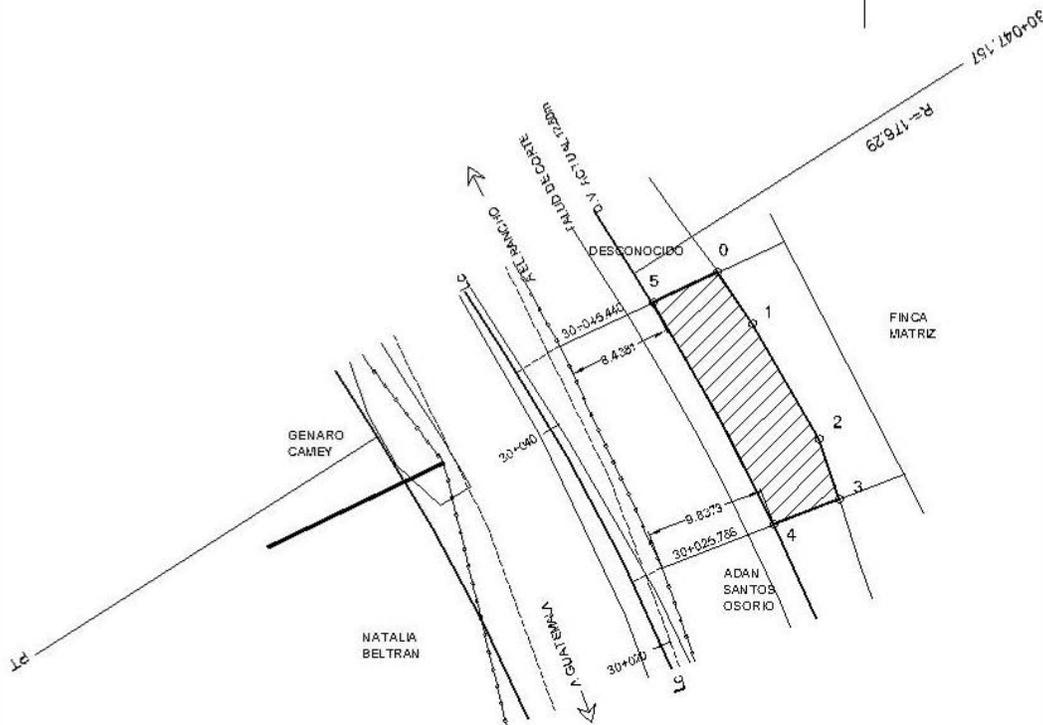
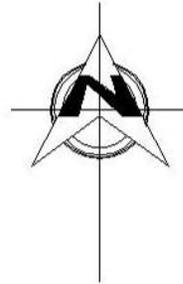
JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_  
DESMENBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ BLANCA LANDA VERDE \_\_\_\_\_  
AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 128.52 m<sup>2</sup> - 183.94 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	145°54'0"	5.03
1	2	150°3'44"	11.01
2	3	160°58'25"	5.22
3	4	248°50'24"	5.79
4	5	Az = 331°26'24" CUERDA = 20.78	L=20.79 D=6°18'37" R=188.80
5	0	65°4'36"	5.87

AREA = 128.52 m<sup>2</sup> - 183.94 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A.

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

PLANO DEL PREDIO COMPENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

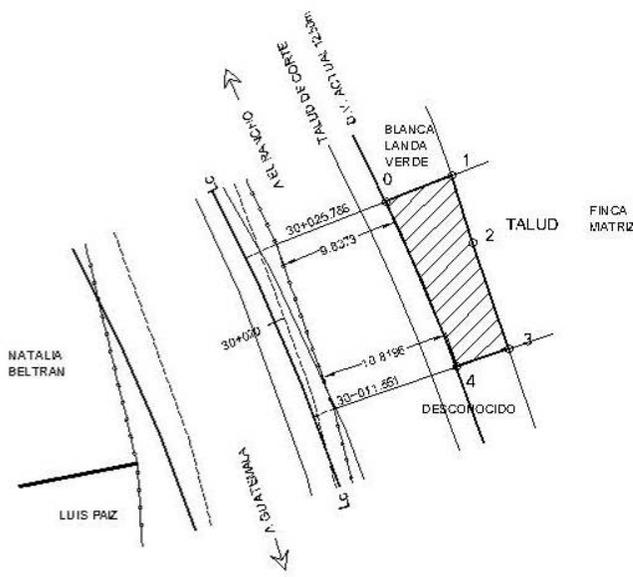
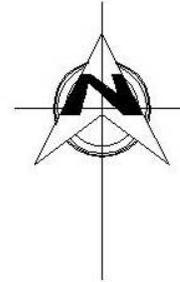
MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_

DESMEMBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ ADAN SANTOS OSORIO \_\_\_\_\_

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 74.88 m<sup>2</sup> - 107.17 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	68°50'24"	5.79
1	2	162°36'44"	5.84
2	3	161°3'2"	9.19
3	4	251°3'28"	4.54
4	0	Az = 336°50'53" CUERDA = 14.84	L=14.85 D=4°30'21" R=188.80

AREA = 74.88 m<sup>2</sup> - 107.17 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A. \_\_\_\_\_

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA \_\_\_\_\_

PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

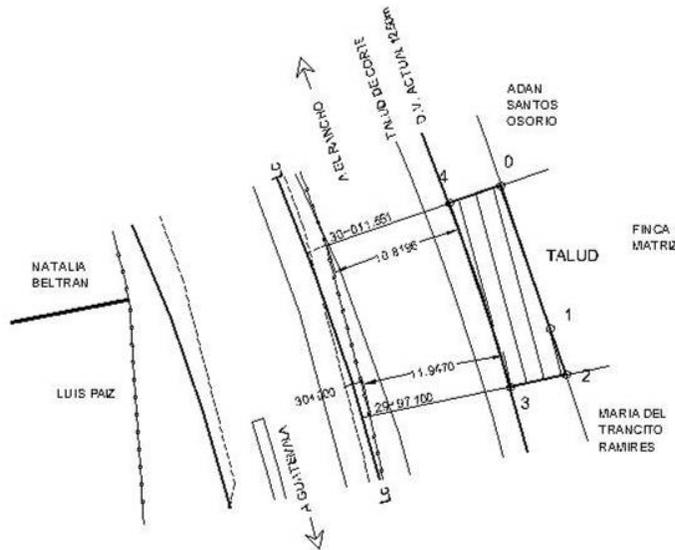
MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_

DESMEMBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ DESCONOCIDO \_\_\_\_\_

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 73.48 m<sup>2</sup> - 105.17 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	161°3'53"	12.64
1	2	161°26'52"	4.02
2	3	258°23'38"	4.68
3	4	Az = 341°32'19" CUERDA = 16.06	L=16.06 D=4°52'31" R=188.80
4	0	71°3'28"	4.54

AREA = 73.48 m<sup>2</sup> - 105.17 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES, S.A.

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

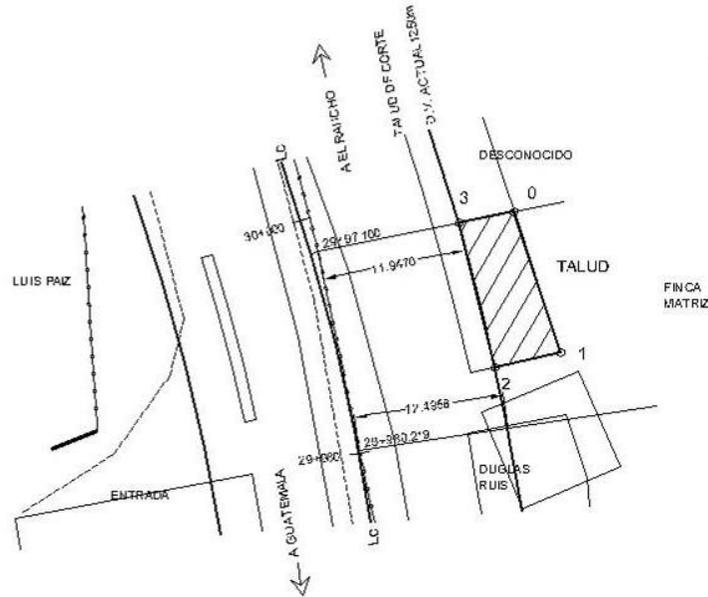
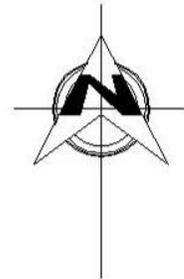
PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

MUNICIPIO PALENCIA DEPARTAMENTO GUATEMALA  
DESMEMBRADA DE LA FINCA No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: MARIA DEL TRANSITO RAMIREZ

AREA AFECTADA AREA = 62.50 m<sup>2</sup> - 89.44 vrs<sup>2</sup>



TALUD

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	161°45'38"	12.40
1	2	257°36'40"	5.57
2	3	Az = 345°51'31" CUERDA = 12.40	L=12.40 D=3°45'51" R=188.80
3	0	78°23'38"	4.68

AREA = 62.50 m<sup>2</sup> - 89.44 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: GUATEMALA FEB. DEL 2005

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: 1:500

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A.

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

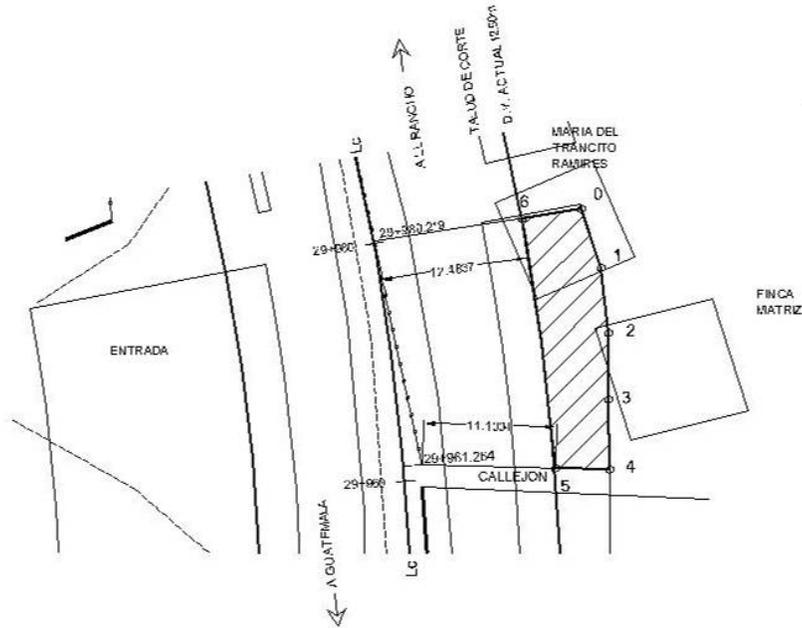
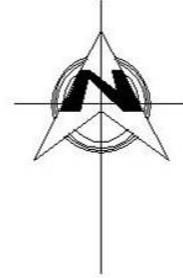
PLANO DEL PREDIO COMPRENDIDO DENTRO DEL DERECHO DE VIA DEL PROYECTO:  
CA-9 NORTE, GUATEMALA - EL RANCHO

MUNICIPIO \_\_\_\_\_ PALENCIA \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ GUATEMALA \_\_\_\_\_  
DESMEMBRADA DE LA FINCA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ FOLIO \_\_\_\_\_ LIBRO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

A FAVOR DE LA NACION

OTORGANTE: \_\_\_\_\_ DOUGLAS RUIZ \_\_\_\_\_

AREA AFECTADA \_\_\_\_\_ AREA = 112.11 m<sup>2</sup> - 160.44 vrs<sup>2</sup> \_\_\_\_\_



EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
0	1	161°46'54"	5.12
1	2	173°45'2"	5.52
2	3	179°31'15"	5.54
3	4	179°7'40"	5.86
4	5	271°44'32"	4.53
5	6	Az = 352°30'26" CUERDA = 21.04	L=21.05 D=6°23'19" R=188.80
6	0	81°24'35"	4.99

AREA = 112.11 m<sup>2</sup> - 160.44 vrs<sup>2</sup>

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ GUATEMALA FEB. DEL 2005 \_\_\_\_\_

NOTA:  
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:500 \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ REVISO D.G.C. \_\_\_\_\_

B & T CONSULTORES. S.A. \_\_\_\_\_

AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO DE INGENIERIA

