



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

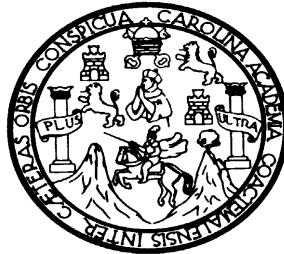
**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL CAMINO QUE  
COMUNICA LA ALDEA EL PILAR CON EL INGENIO  
MAGDALENA Y DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO  
RURAL QUE COMUNICA EL MUNICIPIO CON EL  
PARCELAMIENTO CUNCÚN, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA**

**BENJAMÍN LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**Asesorado por Ing. Ángel Roberto Sic García**

**Guatemala, noviembre del 2005**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL CAMINO QUE  
COMUNICA LA ALDEA EL PILAR CON EL INGENIO  
MAGDALENA Y DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO  
RURAL QUE COMUNICA EL MUNICIPIO CON EL  
PARCELAMIENTO CUNCÚN, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

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

**POR**

**BENJAMÍN LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**ASESORADO POR: ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2005**

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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Videz Leiva
SECRETARIO	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE EL CAMINO QUE COMUNICA LA  
ALDEA EL PILAR CON EL INGENIO MAGDALENA Y DISEÑO DEL  
MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL QUE COMUNICA EL MUNICIPIO CON  
EL PARCELAMIENTO CUNCÚN, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 01 de junio del 2005.

Benjamín López Hernández

## **AGRADECIMIENTO A**

DIOS	Por darme la sabiduría y la humildad de culminar mi carrera.
Mi asesor	Ing. Ángel Roberto Sic García Por su valiosa asesoría a este trabajo de graduación.
La Facultad de Ingeniería	Por formarme como profesional.
La Universidad San Carlos de Guatemala	Por ser el templo del conocimiento.

## ACTO QUE DEDICO A

DIOS	Por iluminarme y guiarme en todo momento.
Mis padres	Emilio López y Cirila V. Hernández Por su apoyo y sacrificio en el trayecto de mi carrera.
Mi esposa e hijos	Julia Macario, Nehemias Benjamín, Francis Adonias, Guisela Adalí, Yadira Azenet.
Mis hermanos	Por su aprecio y cariño.
Mi Abuela	Por su apoyo incondicional
Mis cuñados	Por su aprecio y confianza.
Mi familia en general	Con mucho cariño y afecto.
Mis compañeros y amigos	

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVI</b>
<b>1. MONOGRAFÍAS DE LA ALDEA EL PILAR Y EL PARCELAMIENTO CUNCÚN</b>	
1.1. Monografía de la aldea El Pilar	1
1.1.1. Aspectos históricos	1
1.1.2. Aspectos físicos	1
1.1.2.1. Ubicación y localización	1
1.1.2.2. Vías de acceso	2
1.1.2.3. Topografía del terreno	2
1.1.2.4. Vivienda	3
1.1.2.5. Clima	3
1.1.2.6. Producción agrícola	3
1.1.2.7. Educación	3
1.1.2.8. Salubridad	4
1.1.2.9. Aspectos económicos	4
1.1.2.10. Estudio poblacional y pronóstico de tiempo	4
1.1.3. Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos	4

1.1.3.1. Letrinización	5
1.1.3.2. Construcción de escuelas	5
1.2. Monografía del Parcelamiento Cuncún	5
1.2.1. Aspectos históricos	5
1.2.2. Aspectos físicos	5
1.2.2.1. Ubicación y localización	5
1.2.2.2. Vías de acceso	6
1.2.2.3. Topografía del terreno	6
1.2.2.4. Vivienda	7
1.2.2.5. Clima	7
1.2.2.6. Producción agrícola	7
1.2.2.7. Educación	7
1.2.2.8. Salubridad	8
1.2.2.9. Aspectos económicos	8
1.2.2.10. Estudio poblacional y pronóstico de tiempo	8
1.2.3. Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos	8
1.2.3.1. Letrinización	9
1.2.3.2. Construcción de escuelas	9
<b>2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	<b>11</b>
2.1. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL PILAR	11
2.1.1. Descripción del proyecto	11
2.1.2. Criterio y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa	12



2.1.3. Estudio hidrológico	12
2.1.3.1.Método de sección - pendiente	12
2.1.3.2.Cálculo del caudal máximo	14
2.1.4. Levantamiento topográfico	14
2.1.5. Evaluación de la calidad del suelo	15
2.1.6. Descripción de la solución propuesta	16
2.1.7. Diseño del puente vehicular de la aldea El Pilar	17
2.1.7.1.Datos de diseño	17
2.1.7.2.Diseño de la superestructura	17
2.1.7.2.1. Diseño de la losa	18
2.1.7.2.1.1. Espesor de la losa	19
2.1.7.2.1.2. Cálculo de momentos	20
2.1.7.2.1.3. Cálculo del peralte	22
2.1.7.2.1.4. Cálculo del refuerzo	22
2.1.7.2.1.4.1. Cálculo del refuerzo transversal cama inferior	23
2.1.7.2.1.4.2. Cálculo del refuerzo longitudinal cama superior e inferior	23
2.1.7.2.1.4.3. Cálculo del refuerzo transversal cama superior	24
2.1.7.2.2. Diseño de vigas	24
2.1.7.2.2.1. Cálculo del momento por sobrecarga	25
2.1.7.2.2.2. Cálculo del momento por carga muerta	28
2.1.7.2.2.3. Cálculo del momento debido al impacto	29
2.1.7.2.2.4. Cálculo del momento total	29
2.1.7.2.2.5. Cálculo del refuerzo	30
2.1.7.2.2.6. Diseño de corte	32
2.1.7.2.3. Diseño de diafragma	37
2.1.7.3.Diseño de la subestructura	39
2.1.7.3.1. Diseño de la cortina	40

2.1.7.3.1.1.	Empuje de tierra	40
2.1.7.3.1.2.	Fuerza longitudinal	41
2.1.7.3.1.3.	Fuerza de sismo	41
2.1.7.3.1.4.	Cálculo del refuerzo	42
2.1.7.3.1.5.	Refuerzo a corte	43
2.1.7.3.2.	Diseño de la viga de apoyo	44
2.1.7.3.3.	Diseño del estribo	46
2.1.7.3.3.1.	Cálculo del momento de volteo	48
2.1.7.3.3.2.	Cálculo del momento estabilizante	49
2.1.7.3.3.3.	Revisión del muro sin superestructura	49
2.1.7.3.3.4.	Revisión del muro con superestructura y carga viva	50
2.1.7.3.3.5.	Revisión del muro con sismo (sin carga viva)	52
2.1.8.	Presupuesto	54
2.1.9.	Cronograma de ejecución	64
2.2.	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL PARA EL PARCELAMIENTO CUNCÚN	67
2.2.1.	Descripción del proyecto	67
2.2.2.	Topografía indispensable	67
2.2.2.1.	Inspección inicial	67
2.2.2.2.	Levantamiento topográfico	68
2.2.3.	Diseño geométrico	68
2.2.3.1.	Alineación horizontal (descripción)	69
2.2.3.1.1.	Referencia para el diseño geométrico aplicado	70
2.2.3.1.2.	Aplicación del alineamiento geométrico horizontal	71
2.2.3.2.	Descripción del alineamiento vertical	72
2.2.3.2.1.	Aplicación del diseño vertical	73
2.2.3.3.	Seccionamiento transversal	73

2.2.4. Trabajo de gabinete	73
2.2.5. Estudio y diseño de drenaje	79
2.2.5.1. Inspección preliminar y datos de campo	79
2.2.5.1.1. Drenaje mayor existente	79
2.2.5.1.2. Drenaje menor existente	80
2.2.5.2. Drenaje transversal (descripción)	80
2.2.5.2.1. Drenaje transversal propuesto	81
2.2.5.3. Drenaje longitudinal (descripción)	81
2.2.5.3.1. Drenaje longitudinal	82
2.2.6. Estudio de bancos de préstamo de material	83
2.2.6.1. Bancos existentes	83
2.2.6.2. Evaluación de suelos y materiales	84
<b>3. IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>85</b>
3.1. Etapa de operación y mantenimiento	86
3.2. Mitigación de impactos ambientales	88
3.2.1. Medidas de mitigación para la ejecución del proyecto	88
3.2.1.1. Preparación del sitio	89
3.2.1.2. Construcción	89
3.2.1.3. Operación y mantenimiento	90
3.3. Impactos ambientales y socioeconómicos secundarios de los proyectos de caminos rurales	91
<b>4. PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA</b>	<b>93</b>
4.1. Conformación	93
4.1.1. Descripción	93

4.1.1.1. Escarificación, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura	93
4.1.1.2. Conformación, construcción o reconstrucción de cunetas	94
4.1.1.3. Limpieza del material sobrante de la conformación	95
4.2. Colocación de capa de balasto	96
4.2.1. Descripción	96
4.2.2. Materiales	96
4.2.3. Método de trabajo	97
4.3. Transporte de maquinaria	99
4.3.1. Descripción del trabajo	99
4.4. Integración del presupuesto	99
4.5. Cronograma de ejecución	105
<b>CONCLUSIONES</b>	107
<b>RECOMENDACIONES</b>	108
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	109
<b>ANEXOS</b>	110
Planos del puente vehicular	111
Planos del camino rural	114

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

No.		Pág.
1	Croquis del área de influencia del puente vehicular	2
2	Croquis del área de influencia del camino rural	6
3	Área de la sección del río	13
4	Geometría de la superestructura	18
5	Diagrama de carga muerta de la losa	18
6	Diagrama de momentos de la losa	20
7	Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos	25
8	Diagrama de camión en lugar crítico	26
9	Diagrama de cuerpo libre de carga viva	27
10	Diagrama de cargas para obtener momentos máximos	28
11	Diagrama de carga muerta	29
12	Detalle de elevación de viga principal	31
13	Detalle de sección de la viga	32
14	Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo	32
15	Diagrama de corte de diseño	35
16	Refuerzo de diafragmas	39
17	Diagrama de fuerzas sobre la cortina y viga de apoyo	40
18	Esquema de la viga de apoyo	44
19	Esquema planchas de neopreno y acero tipo sándwich	46
20	Geometría y diagrama de presiones del estribo	47
21	Relación de triángulos para obtener la presión en la cota de cimentación	47
22	Curva horizontal simple	76
23	Curva vertical parabólica	78

## TABLAS

No.		Pág.
I	Cálculo del momento de volteo	46
II	Cálculo del momento estabilizante	47
III	Cálculo de momento de volteo sentido horizontal	50
IV	Presupuesto del puente vehicular	52
V	Valores de K, según velocidad de diseño	73
VI	Ensayos de CBR	80
VII	Rendimiento de maquinaria	95
VIII	Presupuesto del camino	97

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Sí mbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>AASTHO</b>	American Association of Highways and Transportation Officials
<b>ACI</b>	American Concrete Institute
<b>AT</b>	Área total
<b>Vs</b>	Capacidad soporte del suelo
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>Mp</b>	Momento perpendicular
<b>Mn</b>	Momento normal
<b>R</b>	Radio hidráulico
<b>Mcm</b>	Momento de carga muerta
<b>Mcv</b>	Momento de carga viva
<b>MI</b>	Momento de impacto
<b>Mu</b>	Momento último
<b>Q</b>	Caudal
<b>W</b>	Peso
<b>As</b>	Área de acero
<b>Astem</b>	Área de acero por temperatura
<b>Asmí n</b>	Área de acero mínimo
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos
<b>P</b>	Porcentaje de acero
<b>Pmí n</b>	Porcentaje de acero mínimo
<b>Pmáx</b>	Porcentaje de acero máximo
<b>Smáx</b>	Espaciamiento máximo de estribos
<b><math>\Phi</math></b>	Factor de reducción de esfuerzos
<b>f'c</b>	Resistencia a compresión del concreto a los 28 días
<b>fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero





## **GLOSARIO**

<b>Acera</b>	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
<b>Balasto</b>	Es un material selecto que se coloca sobre la sub.-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
<b>Carga muerta</b>	Carga permanente en la estructura.
<b>Carga última</b>	Carga por su respectivo factor de seguridad.
<b>Carga viva</b>	Carga no permanente, se estima que podrá trasladarse en el futuro de un lugar a otro, debe tomarse siempre en cuenta para que no ocasione cambios estructurales.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
<b>Concreto Ciclópeo</b>	Material de construcción con aspecto de piedra, obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.
<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla de cemento, arena, grava y agua; como refuerzo se colocan varillas de acero corrugado.

<b>Cota de cimentación</b>	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
<b>Crecida</b>	Estado que posee una corriente de agua cuando su caudal, que ha estado aumentado, pasa a ser mayor que un cierto valor específico.
<b>Cunetas</b>	Son zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, construidas entre los extremos de los hombros y los taludes.
<b>Desperdicio</b>	Es el material no clasificado proveniente del corte que, de acuerdo con los planos, constituye sobrante, o, que sea inapropiado para la construcción de la obra, incluyendo el de la capa vegetal.
<b>Empuje</b>	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
<b>Especificaciones</b>	Son normas generales y técnicas de construcción contenidas en un proyecto.
<b>Estribo</b>	Muro que soporta a la superestructura y transmite el peso al suelo.
<b>Fuerza de sismo</b>	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la subestructura.

<b>Losa</b>	Elemento estructural, plano, que soporta directamente las cargas vehiculares y las trasmite a diferentes apoyos.
<b>Puente</b>	Estructura que permite librar obstáculos.
<b>Subestructura</b>	Conjunto de elementos que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
<b>Suelo</b>	Delgada capa sobre la corteza terrestre, de material que proviene de la desintegración ó alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de la actividad de los seres vivos, que sobre ella se asientan.
<b>Superestructura</b>	Conjunto de elementos diseñados para soportar las cargas de tráfico y transmitir las a la subestructura.
<b>Viga de diafragma</b>	Vigas transversales a las vigas longitudinales en la superestructura para rigidizarla ante cargas laterales.
<b>Volteo</b>	Elemento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.

## **RESUMEN**

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, inicialmente trata de la investigación socioeconómica de las dos comunidades del municipio de la Democracia, Escuintla, específicamente en la aldea El Pilar y el Parcelamiento Cuncún, las cuales serán beneficiadas en forma directa en los aspectos de comunicación, comercio y desarrollo en general.

Posteriormente, la parte del servicio técnico profesional abarca, los estudios, ensayos de laboratorio y el desarrollo de los proyectos de infraestructura vial basados en normas y códigos de diseño.

En la aldea El Pilar se diseñó un puente vehicular de una vía, de 18 m. de luz por 4.80 m. de ancho, para soportar una carga viva de HS-20-44; la cual fue considerada de acuerdo al tipo de vehículo que transita por esta ruta, la superestructura será de concreto armado y la subestructura de concreto ciclópeo. Para el análisis se utilizaron las normas AASHTO y ACI.

En el Parcelamiento Cuncún se diseñó el mejoramiento geométrico horizontal y vertical del camino rural existente, aplicando las normas DGC para una región tipo llanas. Además se realizó una inspección visual de las estructuras de drenaje menor y mayor existentes, los bancos de préstamo de material, evaluación de suelos y materiales.

Finalmente, como resultado de diseño, de cada uno de los proyectos antes mencionados, se presentan memoria de cálculo, cronograma de actividades, el presupuesto que incluye cuantificación de materiales y mano de obra, flujo de caja y planos.

## **OBJETIVOS**

- **Generales**

Diseñar un puente vehicular para la aldea El Pilar del municipio de la Democracia, Escuintla.

Diseñar el camino rural que une el municipio de La Democracia, Escuintla con el Parcelamiento Cuncún.

- **Específico**

Hacer levantamientos topográficos, pozo a cielo abierto, entrevistas con miembros del comité y personas relacionadas con el lugar.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en la Municipalidad de la Democracia, Escuintla y se enfoca, básicamente, en las actividades de investigación, diagnóstico y desarrollo de las infraestructuras de comunicación de las diferentes comunidades como lo es la Aldea el Pilar y el Parcelamiento Cuncún.

El capítulo uno presenta la información socioeconómica de las comunidades del área de influencia. El capítulo dos describe los estudios de infraestructura del puente vehicular y del camino rural, como visitas preliminares, levantamiento topográfico, memorias de cálculo y estudios de suelos. El capítulo tres es acerca de la temática de impacto ambiental para el proyecto del camino rural y el capítulo cuatro presenta, el procedimiento propuesto para la rehabilitación de la superficie de rodadura de la ruta en estudio.

La última sección corresponde a las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en el anexo, se presentan detalles típicos de los diferentes elementos constructivos y renglones de trabajo.

# **1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA EL PILAR Y EL PARCELAMIENTO CUNCÚN**

## **1.1. Monografía de la aldea El Pilar**

### **1.1.1. Aspectos históricos.**

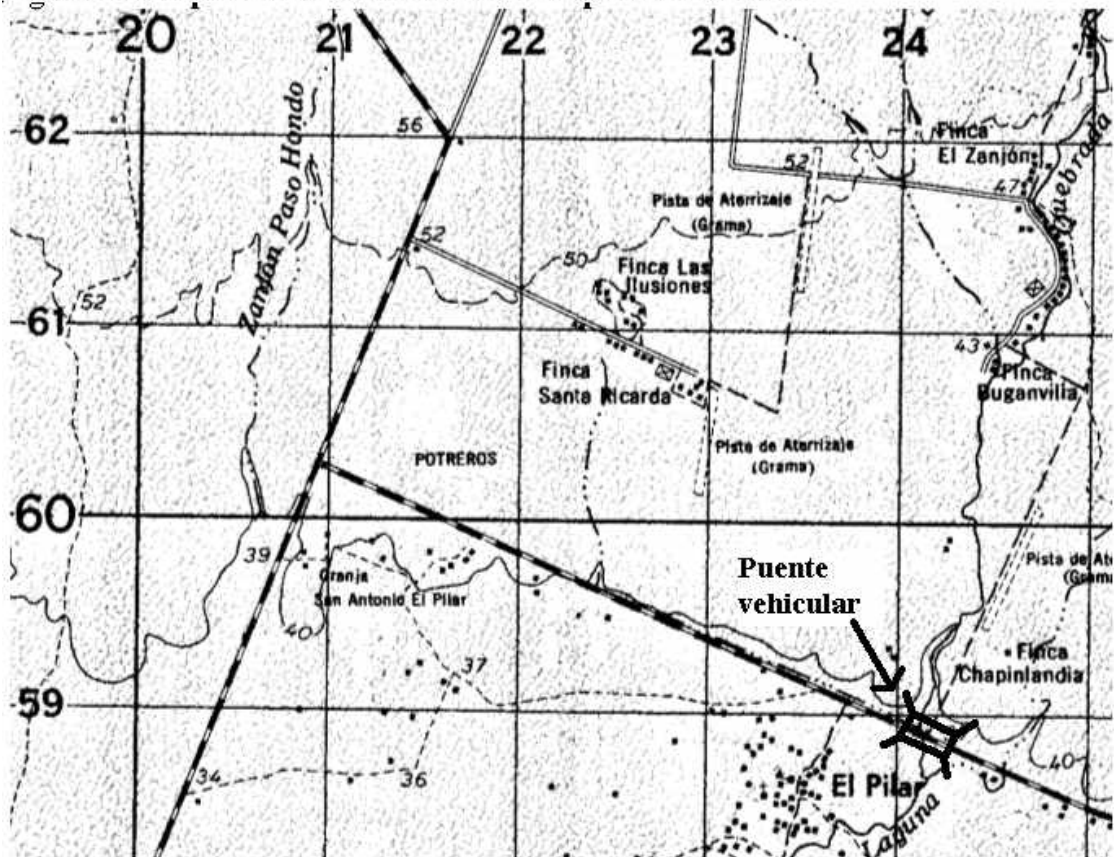
Aldea el Pilar, tuvo sus orígenes en el proceso de reforma agraria, con la aplicación del decreto 900, en el periodo del Presidente Jacobo Arbenz Guzmán. En este momento histórico las parcelas tenían una extensión de 28 manzanas abarcando también el territorio que hoy ocupa la finca Bugambilia. Con el movimiento social, de la contrarrevolución en 1,954 y en los años siguientes, este Parcelamiento se redujo de extensión, reubicando a los poseedores en porciones de tierra menores a los anteriores.

### **1.1.2. Aspectos Físicos**

#### **1.1.2.1. Ubicación y localización**

La aldea el Pilar se localiza aproximadamente a 16 Km. Ubicada al sur-este de la cabecera municipal de la Democracia. Se comunica directamente con la cabecera municipal por medio de un tramo de carretera asfaltada de aproximadamente 9 Km. hasta entroncar el cruce a mano izquierda con la carretera de Tercera (7Km.) que conduce a la comunidad.

**Figura 1. Croquis del área de influencia del puente vehicular**



### **1.1.2.2. Vías de acceso**

El acceso de la comunidad es transitable todo el año ya que cuenta con 9 Km. De carretera asfaltada y 7 Km. De terracería en buen estado.

### **1.1.2.3. Topografía del terreno**

La topografía del terreno es completamente plano en toda su extensión, incluyendo los parcelamientos vecinos.



#### **1.1.2.4. Vivienda**

La aldea el pilar cuenta con un total de 234 viviendas, de las cuales 233 son viviendas formales construidas con paredes de bloque y techo de lámina de zinc, solo 1 vivienda improvisada.

#### **1.1.2.5. Clima**

El clima en esta comunidad es cálido y la temperatura promedio es de 32 grados Centí grados y se encuentra a una altitud de 220 SNM.

#### **1.1.2.6. Producción agrí cola**

La producción agrí cola destinada a la subsistencia es casi nula, por falta de terrenos para cultivos. Para la siembra de maíz, los poblados se ven en la necesidad de arrendar tierras.

Esta aldea, como muchas otras de la región, son verdaderos reservorios de fuerza de trabajo en temporadas de zafra, en las fincas cañeras, y estas a su vez, se convierten como receptoras de la mano de obra desocupada, en las épocas de cortes, siembra, resiembra y limpia.

#### **1.1.2.7. Educación**

La cobertura educativa se realiza por medio de una Escuela donde se imparte la Educación primaria por las mañanas y el básico por las tardes, la asistencia de los alumnos a la jornada educativa es regular, existe concientización entre padres de familia en cuanto a la preparación educativa sus hijos, para que enfrente con mayores posibilidades el mundo calificado de trabajo.

#### **1.1.2.8. Salubridad**

Una de las necesidades básicas para mejorar la calidad de salud de los habitantes de la aldea El Pilar, es promover jornadas médicas y la implementación de equipo médico para el puesto de salud.

#### **1.1.2.9. Aspectos económicos**

- **Ganadería**

La principal actividad económica de la aldea es la crianza de ganado vacuno y la venta de leche.

#### **1.1.2.10. Estudio poblacional y pronóstico de tiempo**

La aldea El Pilar actualmente cuenta con una población total de 977 habitantes de las cuales 485 son hombres y 492 mujeres, según datos obtenidos del instituto nacional de estadística INE. Además se estima un crecimiento de la población del 3.42% anual.

#### **1.1.3. Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos.**

De acuerdo a la investigación realizada en la comunidad, a través de entrevistas y observaciones realizadas en el lugar, las prioridades de la comunidad son:

### **1.1.3.1. Letrinización**

Es necesaria la implementación de un proyecto de letrinización tipo abonera seca familiar de doble cámara, debido a que el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie lo cual no permite la construcción de letrinas de pozo seco.

### **1.1.3.2. Construcción de escuelas**

La importancia de la construcción de un edificio escolar es fundamental debido, a que el parcelamiento solo cuenta con una escuela de educación primaria, la demanda educativa anualmente está aumentando.

## **1.2. Monografía del Parcelamiento Cuncún**

### **1.2.1. Aspectos Históricos.**

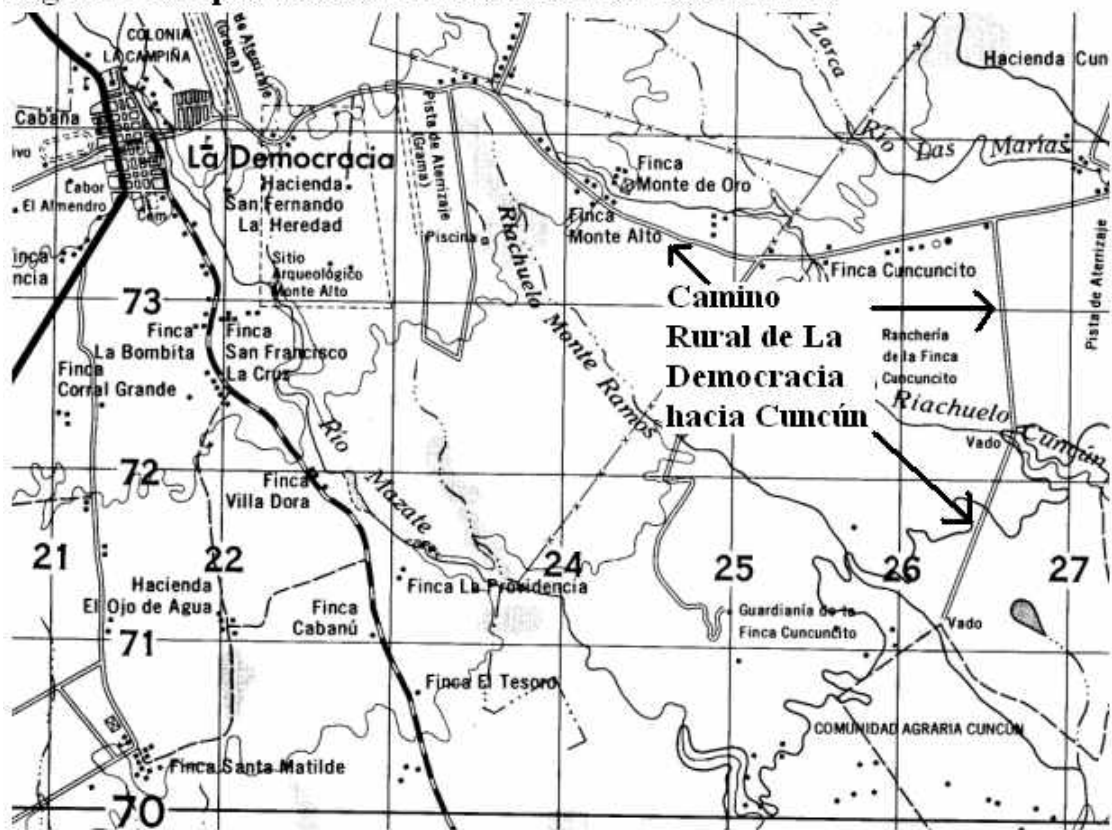
El Parcelamiento Cuncún tuvo su origen en el año de 1953, por el funcionario de gobierno, Coronel Carlos Castillo Armas, quien realizó el proyecto social adjudicando 150 parcelas de 6 manzanas cada una, para la creación del Parcelamiento de las cuales 50 manzanas adjudicadas son las que el río se llevó.

### **1.2.2. Aspectos Físicos**

#### **1.2.2.1. Ubicación y localización**

Se localiza a una distancia de 10 kilómetros de la cabecera municipal, está ubicado en la parte oriente del municipio en medio de tres ríos los cuales son: el río Obispo, monte ramos y el achí guate.

**Figura 2 Croquis del área de influencia del camino rural**



### 1.2.2.2. Vías de acceso

La única vía de acceso de la comunidad es de tercercía en mal estado, carece de cunetas adecuadas casi a todo lo largo del camino.

### 1.2.2.3. Topografía del terreno

La topografía del terreno es completamente plano en el casco del parcelamiento, a excepción de la periferia que colinda con los ríos que están a su alrededor, se encuentran algunas laderas.

#### **1.2.2.4. Vivienda**

El parcelamiento Cuncún cuenta con un total de 153 viviendas, de las cuales 151 viviendas son casas formales construidas con paredes de block y techo de lámina de zinc, 1 rancho, 1 casa improvisada.

#### **1.2.2.5. Clima**

El clima en esta comunidad es cálido y la temperatura promedio es de 32 grados Centí grados y se encuentra a una altitud de 220 SNM.

#### **1.2.2.6. Producción agrí cola**

Al igual que la aldea El pilar, en el Parcelamiento Cuncún la producción agrí cola destinada a la subsistencia es casi nula, por falta de terrenos para cultivos. Para la siembra de maíz, los poblados se ven en la necesidad de arrendar tierras. Esta aldea, como muchas otras de la región, son verdaderos reservorios de fuerza de trabajo en temporadas de zafra, en las fincas cañeras, y estas a su vez, se convierten como receptoras de la mano de obra desocupada, en las épocas de cortes, siembra, resiembra y limpia.

#### **1.2.2.7. Educación**

La cobertura Educativa se realiza por medio de una escuela de Educación primaria y un programa de tele secundaria, la asistencia de los alumnos a la Escuela es regular, existe concientización entre padres de familia en cuanto a la preparación educativa de sus hijos, para que enfrente con mayores posibilidades el mundo calificado de trabajo.

#### **1.2.2.8. Salubridad**

Una de las necesidades básicas para mejorar la calidad de salud de los habitantes del Parcelamiento, es promover jornadas médicas y la construcción de un puesto de salud con su equipamiento completo y la asistencia de una persona calificada.

#### **1.2.2.9. Aspectos económicos**

- **Ganadería**

La principal actividad económica de este parcelamiento es la crianza de ganado vacuno, la venta de leche y la crianza de aves de corral.

#### **1.2.2.10. Estudio poblacional y pronóstico de tiempo**

El Parcelamiento Cuncún actualmente cuenta con una población total de 689 habitantes de las cuales 334 son hombres y 355 mujeres, según datos obtenidos del instituto nacional de estadística INE. Además se estima un crecimiento de la población del 4.2% anual.

#### **1.2.3. Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos.**

De acuerdo a la investigación y a encuestas efectuadas por la municipalidad, las prioridades de la comunidad son:

### **1.2.3.1. Letrinización**

Al igual que la aldea El Pilar, en el Parcelamiento Cuncún es necesario la implementación de un proyecto de letrinización tipo abonera seca familiar de doble cámara, debido a que el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie lo cual no permite la construcción de letrinas de pozo seco.

### **1.2.3.2. Construcción de escuelas.**

La importancia de la construcción de un edificio escolar es fundamental debido, a que la aldea solo tiene un edificio escolar, para atender, tanto la aldea como las parcelas que están vecinas.





## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA EL PILAR**

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El puente vehicular tendrá una longitud de 18.00 metros de una vía, con un ancho de 4.80 metros. La estructura estará compuesta por una losa de 20 centímetros de espesor, estará soportada por dos vigas principales con un peralte de 115 centímetros y una base de 55 centímetros, las vigas principales están rigidizadas por un diafragma interno y dos externos. Toda la superestructura estará soportada por vigas de apoyo y cortina, apoyados sobre estribos de concreto ciclópeo, con una altura de 4.50 metros y un desplante de cimentación de 2.00 metros. Para este caso se seleccionó una carga viva AASHTO HS20-44.

El puente vehicular estará conformado por:

Subestructura compuesta por:

- Cortina
- Viga de apoyo
- Estribos

Superestructura compuesta por:

- Losa
- Diafragmas
- Vigas

### **2.1.2. Criterio y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa.**

Para el efecto se aplicaran las normas que la AASHTO establece tanto para superestructura como para la subestructura.

### **2.1.3. Estudio Hidrológico**

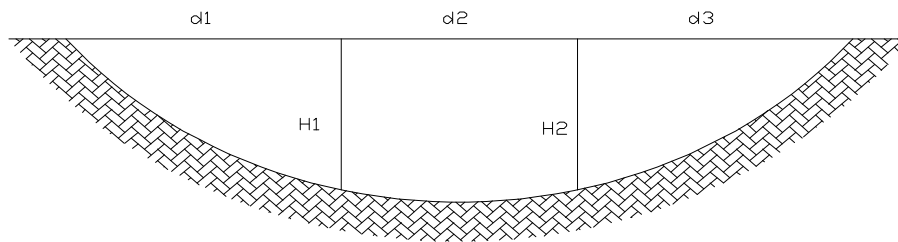
En proyecto sobre puentes, el dato mas útil e indispensable en el perfil transversal del cause es el que corresponde la tirante normal, al tirante de creciente maxima y al tirante de creciente maxima extraordinaria, los cuales son necesarios para calcular la luz y altura del puente. El tirante normal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

#### **2.1.3.1. Método de sección-pendiente**

Es un método empírico y uno de los mas utilizados en lugares donde no es posible recabar información suficiente para efectuar un calculo de confianza y donde se puede aplicar con un buen margen de seguridad.

Para determinar la crecida máxima se procede a consultar con personas del lugar, buscar señales que ha dejado grandes crecidas, buscar en archivos o crónicas locales. Una vez definida la altura máxima, se obtiene el área de la sección.

**Figura 3. Área de la sección del río**



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

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

$$A_T = A_1 + A_2$$

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

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

Donde:

V = velocidad (m / s)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente

N = coeficiente de rugosidad

### 2.1.3.2. Cálculo del caudal máximo

Con los siguientes datos obtenidos en el campo se determinaron los resultados:

Datos:

Pendiente para el caudal máximo	0.73%
Altura de crecida	3.50 m
Área de desalojo	48.19 m <sup>2</sup>
Coefficiente de rugosidad	0.20
Perí metro mojado	19.92 m

Cálculos:

$$R = \frac{A}{P.M.} = \frac{48.19}{19.92} = 2.42 \text{ m}$$

$$V = \left( \frac{1}{0.20} \right) * (2.42^{2/3}) * (0.0073^{1/2}) = 0.77 \text{ m / seg}$$

$$Q = (0.77) * (48.19) = 37.11 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

### 2.1.4. Levantamiento topográfico

Previo al levantamiento topográfico se hizo una visita de campo como reconocimiento del lugar ya que para este proyecto la ubicación del puente ya estaba establecida, luego se procedió a realizar el levantamiento topográfico que consistió en Planimetría y altimetría, utilizando el método de conservación del azimut y nivelación simple. Con base a los resultados obtenidos se procedió al trabajo de gabinete, luego a verificar la ubicación correcta de la obra.

### 2.1.5. Evaluación de la calidad del suelo

La calidad del suelo se determinó por medio del ensayo de compresión triaxial realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad de Carlos, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\gamma = 1.07 \text{ t / m}^3$$

$$\Phi = 17.32^\circ$$

$$C_u = 0.5 \text{ t / m}^2$$

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: arena limosa color café

- **Cálculo del valor soporte del suelo**

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

Donde:

C = cohesión del suelo

$\gamma$  = peso específico del suelo

$$q = \gamma D_f$$

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo.

Los factores de capacidad de carga,  $N_c, N_q, N_\gamma$  se definen mediante las expresiones

$$N_c = \cot \Phi \left[ \frac{\lambda^{2(3\pi/4 - \Phi/2) \tan \Phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right)} - 1 \right] = 15.12$$

$$N_q = \frac{\lambda^{2(3\pi/4 - \Phi/2) \tan \Phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right)} = 6.04$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left( \frac{K_p \gamma}{\cos^2 \Phi} - 1 \right) \tan \Phi = 2.59$$

$K_p \gamma$  = Coeficiente de empuje pasivo

$$q_u = (0.5 \text{ t / m}^2 * 15.12) + (1.07 \text{ t / m}^3 * 2.00 \text{ m} * 6.04) + \frac{1}{2}(1.07 \text{ t / m}^3 * 6 \text{ m} * 2.59)$$

$$q_u = 7.56 + 12.93 + 8.31 = 28.80 \text{ t / m}^2 = 28,800.00 \text{ Kg / m}^2$$

$$V_s = \frac{q_u}{F_{cu_{1-3}}} = \frac{28,800.00 \text{ Kg / m}^2}{1.6} = 18,000.00 \text{ Kg / m}^2$$

### 2.1.6. Descripción de la solución propuesta

El puente estará conformado por una superestructura de concreto armado, consistente en una losa plana, banquetas, 2 vigas principales y 3 diafragmas. La subestructura estará conformada por estribos de concreto ciclópeo; además, contará con una viga de apoyo de concreto armado.

## 2.1.7. Diseño del puente vehicular de la aldea El Pilar

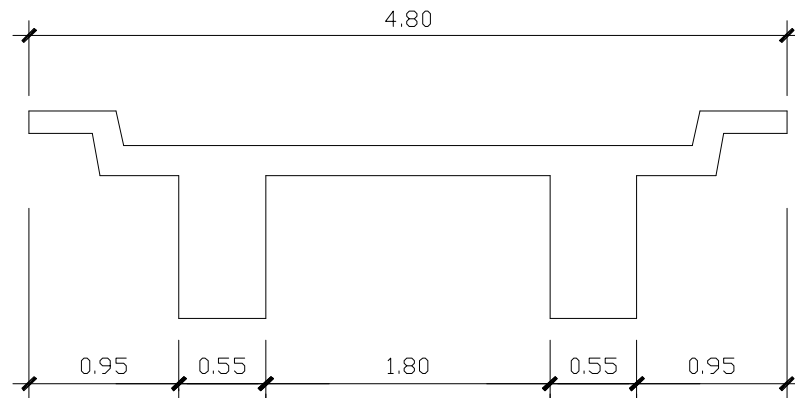
### 2.1.7.1. Datos de diseño

Luz libre	17.40 m
Ancho útil	3.60 m
Resistencia del concreto	$f_c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
Resistencia del acero	$f_y = 2,810 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
Peso concreto ciclópeo	$W_{cc} = 2,500 \text{ Kg} / \text{m}^3$
Peso del suelo	$W_s = 1,500 \text{ Kg} / \text{m}^3$
Peso concreto armado	$W_c = 2,400 \text{ Kg} / \text{m}^3$
Capacidad soporte de suelo	$V_s = 18,000 \text{ Kg} / \text{m}^3$
Luz total	18.00 m
Ancho total	4.80 m
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
Sobrecarga	HS20-44

### 2.1.7.2. Diseño de la superestructura

La superestructura estará compuesta por: losa de rodadura, 2 vigas principales, 1 diafragma interno y 2 externos y banquetas laterales.

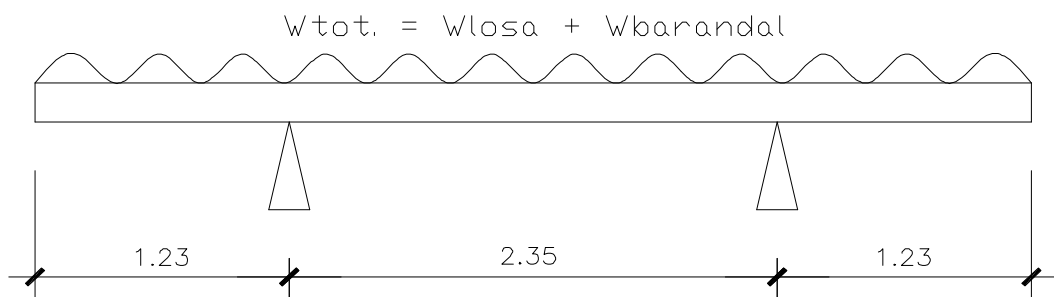
**Figura 4 Geometría de la superestructura**



**2.1.7.2.1. Diseño de la losa**

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

**Figura 5 Diagrama de carga muerta**





### 2.1.7.2.1.1. Espesor de la losa

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

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

Donde:

T = espesor

L = luz libre entre vigas

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

Se utilizará un espesor de 20 cm.

- **Integración de cargas**

La integración de carga es la sumatoria de carga muerta ( peso propio ), carga viva ( peso a soportar ) y carga de impacto, esta ultima es aplicada al momento de carga viva.

- **Carga muerta**

$$W \text{ losa} = 2400 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 0.20 \text{ m} * 1.00 \text{ m} = 480.00 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$W \text{ barandal} = 1,521.94 \text{ Kg.} / 86.4 \text{ m}^2 * 1.00 \text{ m} = 17.62 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

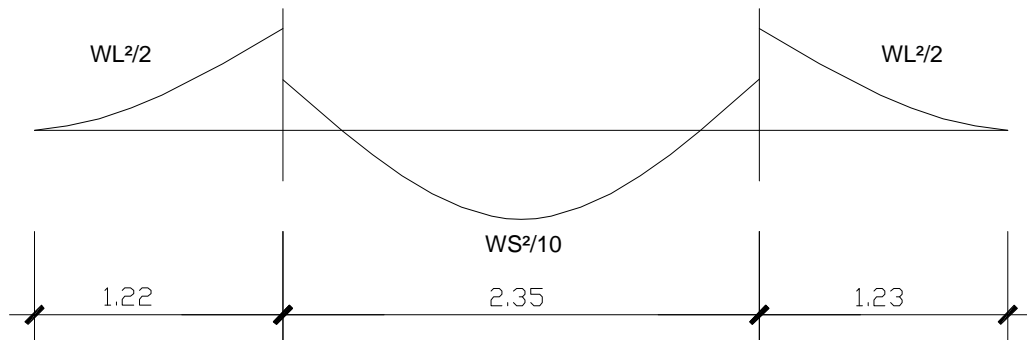
$$W \text{ Total} = \underline{497.62 \text{ Kg} / \text{m}^2}$$

Esta carga es aplicada al ancho unitario tributario de 1 m. Por lo que da el siguiente resultado 497.62 Kg. / m.

### 2.1.7.2.1.2. Cálculo de momentos

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

**Figura 6 Diagrama de momentos**



- **Momento debido a carga muerta**

$M_{-cm} = (W * S^2) / 10$ ; donde S = luz libre entre vigas

$$M_{-cm} = (497.62 * (1.80)^2) / 10 = 161.23 \text{ Kg.- m}$$

$M_{+cm} = (W * L^2) / 2$ ; donde L = longitud del voladizo

$$M_{+cm} = (497.62 * (0.95)^2) / 2 = 224.55 \text{ Kg.-m}$$

Se toma el mayor de los dos momentos el cual es 224.55 Kg.-m

- **Momento debido a sobrecarga**

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

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

Donde:

S = luz libre entre vigas (pies)

P = peso del eje más pesado (lb.)

Peso de eje más pesado P = 16,000 lb.

$$M_{cv} = [0.80 * (5.91 + 2) / 32] * 16,000 = 3,164 \text{ lb.} - \text{pie} = 438.47 \text{ Kg.} - \text{m}$$

- **Momento debido al impacto**

La aplicación de cargas dinámicas producidas por camiones a los puentes no se efectúa de forma suave y gradual, sino de forma violenta, por lo que se considera un incremento que se le hace al momento producido por la carga viva. Tiene que ser menor o igual al 30%, (AASHTO 3.8.2.1).

$$I = 15.24 / (L + 38)$$

Donde:

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

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

$$I = 15.24 / (1.8 + 38) = 0.38$$

Como  $38\% > I_{m\acute{a}x}$  entonces utilizar  $I_{m\acute{a}x} = 30\%$

- **Momento por carga última**

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

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

$$M_u = 1.3 [ 224.55 + 5/3 ( 438.47 * 1.3 ) ] = 1,529.41 \text{ Kg. - m}$$

### 2.1.7.2.1.3. Cálculo de peralte

Una vez calculado el momento ultimo que actúa sobre la losa, se procede a verificar el peralte.

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

$$d = 20 - 1.98 / 2 - 2.5 = 16.51 \text{ cm}$$

### 2.1.7.2.1.4. Cálculo de refuerzo

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

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{[(b * d)^2 - (M_u * b) / (0.003825 * f'_c)]} \right] * 0.85 * f'_c / f_y$$

Donde:

$$M_u = 1,529.41 \text{ Kg. - m}$$

$$d = 16.51 \text{ cm}$$

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

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

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

Y se obtiene  $A_s = 2.75 \text{ cm}^2$

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

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

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

$$A_{smin} = 0.005 * 100 * 16.51 = 8.26 \text{ cm}^2$$

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

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

$$\rho_{bal} = (0.85)^2 [0.003 / (2,810 / 2.1 * 106 + 0.003)] * 210 / 2,810 = 0.037$$

$$A_{smax} = 0.5 * 0.037 * 100 * 16.51 = 30.54 \text{ cm}^2$$

#### **2.1.7.2.1.4.1. Cálculo de refuerzo transversal cama inferior**

Debido a que  $A_s < A_{smin}$  entonces se usara  $A_{smin} = 8.26 \text{ cm}^2$

Utilizando regla de tres con varilla No.5:  $8.26 \text{ cm}^2 = 100 \text{ cm}$

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

$$X = 23.97 \text{ cm}$$

Se chequea separación máxima, la cual es tres veces el espesor de la losa  $3 * 20 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$ ; se toma la menor que es 23.97 cm.

Utilizando refuerzo No.4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

No.5 @ 24.00 cm perpendicular al tráfico.

#### **2.1.7.2.1.4.2. Cálculo del refuerzo longitudinal cama superior e inferior**

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

$$A_s = 0.67 * A_{\text{transv}} = 0.67 * 8.26 = 5.53 \text{ cm}^2$$

$$\text{Utilizando regla de tres con varilla No.4: } 5.53 \text{ cm}^2 = 100 \text{ cm}$$

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

$$X = 22.97 \text{ cm}$$

Se chequea separación máxima, la cual es tres veces el espesor de la losa  $3 * 20 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$ ; se toma la menor que es  $22.97 \text{ cm}$ .

Utilizando refuerzo No.4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

No.4 @ 23.00 cm perpendicular al tráfico.

#### **2.1.7.2.1.4.3. Cálculo de refuerzo transversal cama superior**

Se calcula refuerzo por temperatura.

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

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

Utilizando refuerzo No.3, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

No.3 @ 17 cm. Este deberá colocarse en la cama superior.

#### **2.1.7.2.2. Diseño de vigas**

Para el procedimiento de la viga, se aplica el criterio de ACI siguiente, para no chequear deflexiones  $h = L / 16$

Donde L = luz de la viga

$$H = 18 \text{ m} / 16 = 1.125 \text{ m}$$

Se tomará la altura de la viga igual a 1.15 m.

Para hallar la base de la viga, se aplica el criterio siguiente:  $h / 2$ ,

$$1.15 \text{ m} / 2 = 0.575 \text{ m}.$$

Base = 0.55 m y peralte = 1.15 m

- **Integración de Carga Muerta**

Cada viga soportara carga proporcionalmente a su ubicación geométrica, así la viga exterior soportara la carga de voladizo, losa y peso propio.

$$\text{Viga peso propio} = (2400 \text{ Kg. / m}^3 * 0.55 \text{ m} * 0.95 \text{ m}) = 1254.00 \text{ Kg. / m}$$

$$\text{Carga de losa} = 497.62 \text{ Kg. / m}$$

$$W_{cm} = 1254.00 + 497.62 = 1,751.62 \text{ Kg. / m}$$

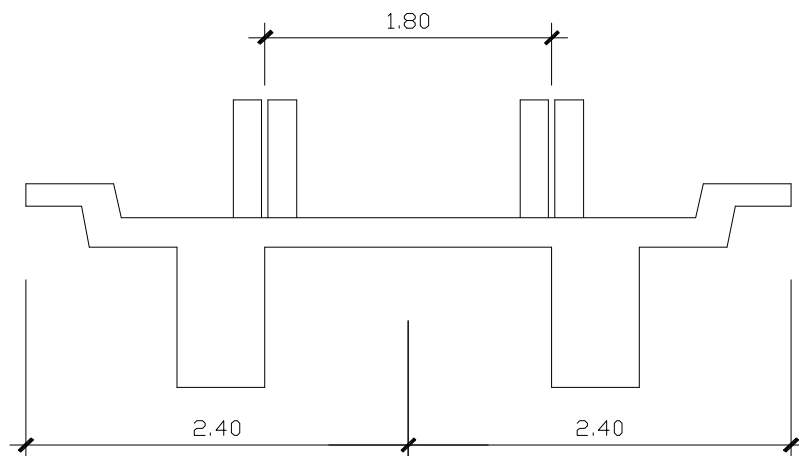
$$\text{Diafragma interior} = 2400.00 \text{ Kg. / m}^3 * 0.30 \text{ m} * 0.65 \text{ m} * 0.90 \text{ m} = 421.20 \text{ Kg.}$$

$$\text{Diafragma exterior} = 2,400.00 \text{ Kg. / m}^3 * 0.30 \text{ m} * 0.35 \text{ m} * 0.90 \text{ m} = 226.80 \text{ Kg.}$$

#### 2.1.7.2.2.1. Cálculo del momento por sobrecarga

Según especificación AASHTO, puesto que la separación entre ejes de vigas,  $S = 2.35 \text{ m} > 1.80 \text{ m}$ , entonces la carga sobre cada viga será la reacción de las cargas por rueda.

**Figura 7. Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos.**



- **Factor de distribución**

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

$$S / 1.75$$

Donde:

S = separación máxima entre vigas

$$1.80 / 1.75 = 1.03$$

- **La carga por eje se obtiene de la siguiente manera:**

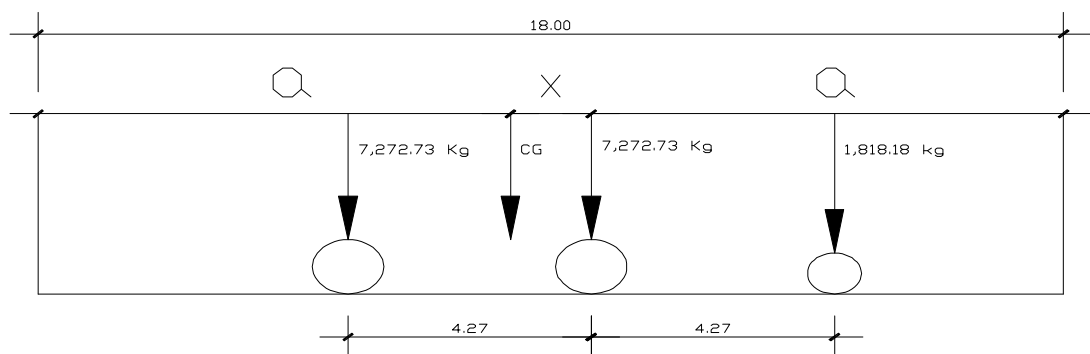
Carga de eje trasero = 7272.73 Kg.

Carga de eje central = 7272.73 Kg.

Carga de eje delantero = 1,818.18 Kg.

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

**Figura 8. Diagrama de camión en lugar crítico**



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



$$M_{CG} = 0$$

$$7,272.73 * (4.27 - X) = 7,272.73 X + 1,818.18 * (4.27 + X)$$

$$7,272.73 * (4.27) - 7,272.73 X = 7,272.73 X + 1,818.18 * (4.27) + 1,818.18 X$$

$$31,054.56 - 7,272.73 X = 7,272.73 X + 7,763.63 + 1,818.18 X$$

$$16,363.62 X = 23,290.93$$

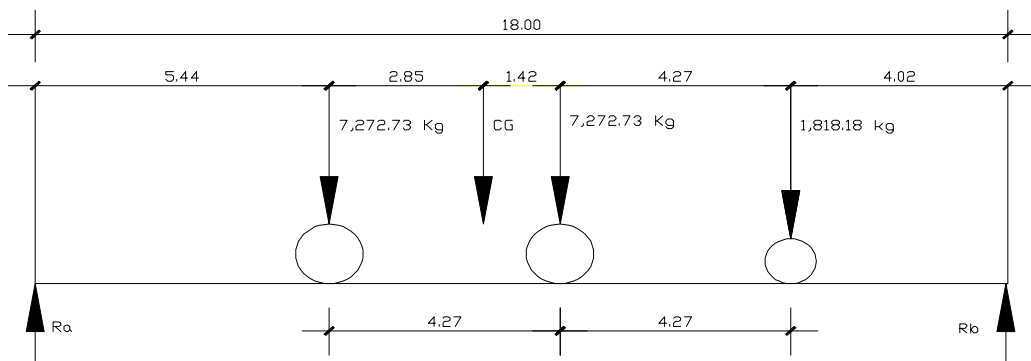
$$X = 1.42 \text{ m}$$

Encontrando a:  $2a + X = 17.40$

$$a = (17.40 - 1.42) / 2 = 7.99 \text{ m}$$

Teniendo las distancias, se hace el diagrama de cuerpo libre

**Figura 9. Diagrama de cuerpo libre de carga viva**



Se encuentran las reacciones en los apoyos

$$M = 0$$

$$17.40R_a = (1,818.18)(3.72) + (7,272.73)(7.99) + (7,272.73)(13.68)$$

$$17.40R_a = 6,763.63 + 58,109.11 + 99,490.95$$

$$R_a = 164,363.69 / 17.40 = 9,446.19 \text{ Kg}$$

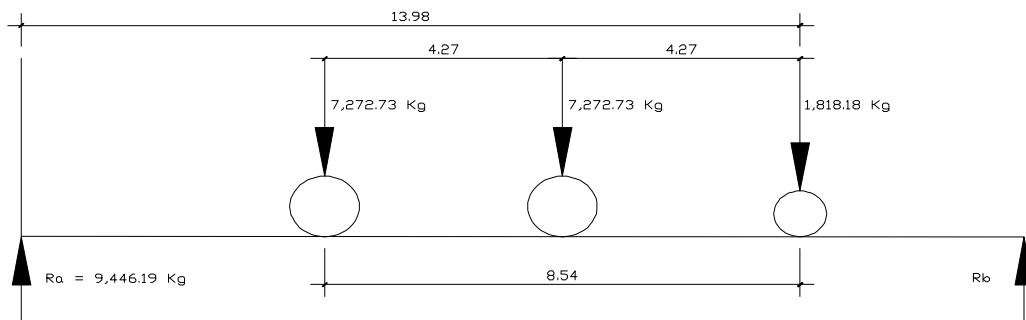
$$F_y = 0$$

$$0 = 9,446.19 - 7,272.73 - 7,272.73 - 1,818.18 + R_b.$$

$$R_b = 6,917.45 \text{ Kg.}$$

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

**Figura 10. Diagrama de cargas para obtener momentos máximos**



- **Hallando momento máximo de carga viva**

$$M_E = 0$$

$$M_{cv} = 9,446.19 * 13.68 - 7,272.73 * 8.54 - 7,272.73 * 4.27$$

$$M_{cv} = 36,060.21 \text{ Kg.} - \text{m}$$

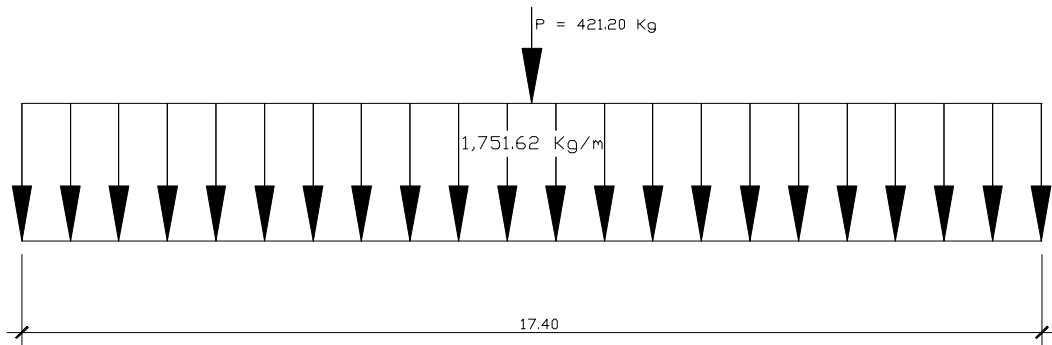
#### 2.1.7.2.2.2. Cálculo del momento por carga muerta

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

$$W_{cm} = 1,751.62 \text{ Kg.} / \text{m}$$

El momento máximo se calcula respecto al siguiente diagrama.

**Figura11. Diagrama de carga muerta**



- **Hallando momento máximo de carga muerta**

$$M_{cm} = W_{cm} * L^2 / 8 + P * a = [(1,751.62) * (17.40)^2] / 8 + (421.20) * (8.70)$$

$$M_{cm} = 69,956.97 \text{ Kg.} - \text{m}$$

#### **2.1.7.2.2.3. Cálculo del momento debido al impacto**

Del concepto de impacto mencionado anteriormente se tiene:

$$I = 15.24 / (L + 38) = 15.24 / (18 + 38) = 0.27 < 0.3, \text{ utilizar } 0.27$$

#### **2.1.7.2.2.4. Cálculo del momento total**

El momento máximo total se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde:

I = impacto

F = Factor de distribución

$$M_{\text{máx}} = 1.3[(69,956.97) + 5/3(36,060.21 * 1.27 * 1.03)]$$

$$M_{\text{máx}} = 193,350.91 \text{ Kg. - m}$$

#### 2.1.7.2.2.5. Cálculo de refuerzo

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

$$M = 193,350.91 \text{ Kg. - m}$$

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

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$f_c = 281 \text{ kg / cm}^2$$

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

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{[(b * d)^2 - (M_u * b) / (0.003825 * f'_c)]} \right] * 0.85 * f'_c / f_y$$

Se obtiene:

$$A_s = 50.40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 14.10 / 4200 \text{ Kg. / cm}^2 * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = 20.31 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0.50 [0.85 * 0.85 * f'_c / f_y * (6090 / (6090 + f_y)) * b * d]$$

$$A_{s\text{máx}} = 86.66 \text{ cm}^2$$

Debido a que el  $A_{s\text{mín}} < A_s < A_{s\text{máx}}$  se colocará el  $A_s = 50.40 \text{ cm}^2$

El armado quedará de la siguiente manera:

Cama Inferior:  $10 \text{ No.8 } (10 * 5.07 \text{ cm}^2) = 50.70 \text{ cm}^2$  en la cama inferior al centro

Refuerzo para la cama inferior en apoyos = 50 %  $A_s$  que equivale a 5 No. 8

Cama superior:  $33\% * (A_s) = 0.33 * 50.40 = 16.63 \text{ cm}^2$

$A_s \text{ Min} = 20.31 \text{ cm}^2$

Se tomara el mayor que es  $20.31 \text{ cm}^2$  y se cubrirá con 4 No.8 ( $4 * 5.07 \text{ cm}^2$ ) =  $20.28 \text{ cm}^2$

- **Refuerzo adicional**

Se recomienda un refuerzo adicional de  $0.25 \text{ Plg}^2$  por pie de alto.

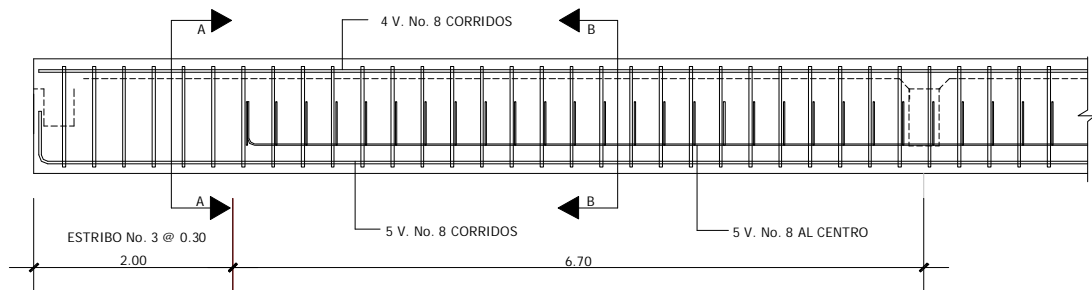
$1.62 \text{ cm}^2 = 30.48 \text{ cm}$

$A_s \text{ cm}^2 = 90 \text{ cm}$

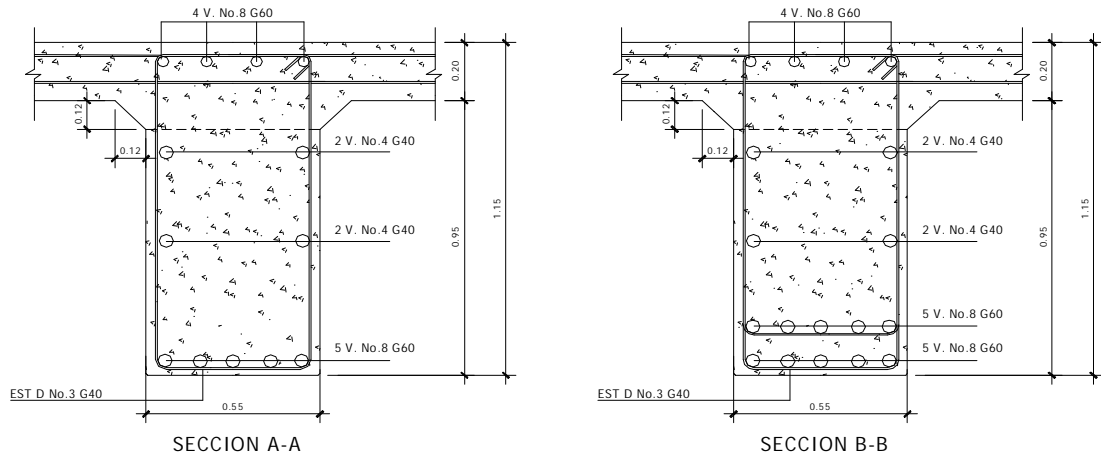
$A_s \text{ cm}^2 = 4.78 \text{ cm}^2$

Se colocaran 4 No. 4 ( $4 * 1.27$ ) =  $5.08 \text{ cm}^2$

**Figura 12 . Detalle de elevación de viga principal**



**Figura 13. Detalle de sección de la viga**

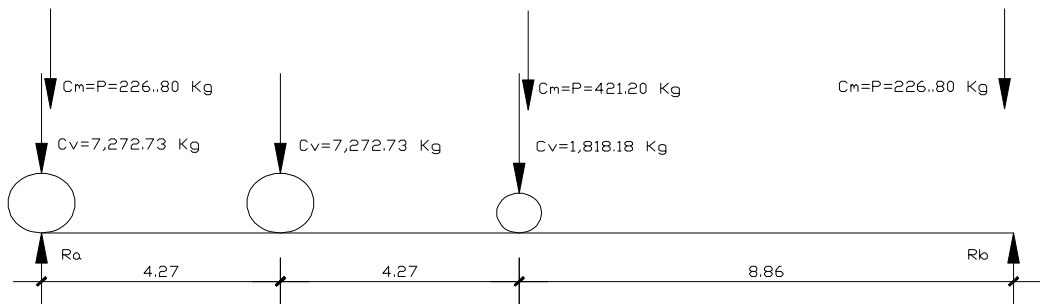


**2.1.7.2.2.6. Diseño de corte**

- **Esfuerzo por sobrecarga**

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

**Figura 14. Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo**



$$17.40R_a = 7,272.73 * 17.40 + 7,272.73 * 13.13 + 1,818.18 * 8.86$$

$$R_a = V_{\text{máx}} = 13,686.52 \text{ Kg}$$

El valor de la reacción encontrada será el mismo que el de corte afectado por el factor de distribución.

$$R_a = 13,686.52 \text{ Kg} * 1.03$$

$$R_a = 14,097.12 \text{ Kg}$$

$$R_a = R_{vc}$$

Se concluye que el valor de  $R_a$ , es el mismo que para el corte de carga viva ( $V_{cv}$ ), esto debido a que el eje trasero esta actuando sobre  $R_a$ .

- **Corte por carga viva**

$$V_{cv} = 14,097.12 \text{ Kg}$$

- **Corte por carga de impacto**

$$V_I = V_{cv} * I$$

$$V_I = 14,097.12 * 1.27 = 17,903.34 \text{ Kg}$$

- **Esfuerzo por carga muerta**

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

$$V_{mc} = W_{cm} * L / 2 + P / n$$

Donde:

P = Carga debido al peso propio de los diafragmas

n = Numero de apoyos

$$V_{cm} = 1,751.62 * 17.40 / 2 + (226.80 + 226.80 + 421.20) / 2$$

$$V_{cm} = 15,676.49 \text{ Kg}$$

- **Esfuerzos cortantes totales**

$$V_u = 1.3 [V_{cm} + 5/3 ( V_{cv} * FD * I )]$$

$$V_u = 1.3 [15,676.49 + 5/3 ( 17,903.34 )]$$

$$V_{m\acute{a}x} = 59,247.59 \text{ Kg.}$$

- **Cálculo de refuerzo**

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

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

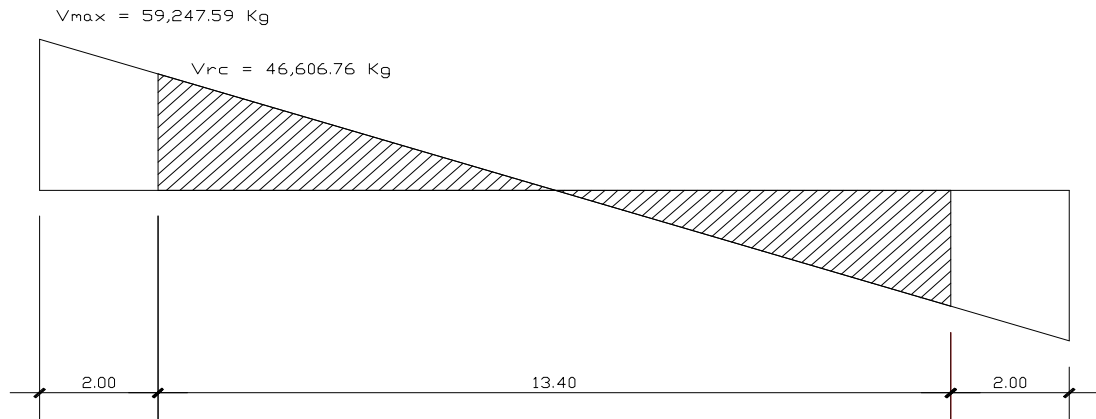
$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 55 * 110 = 45,606.76 \text{ Kg.}$$

- **Cálculo del espaciamiento de estribos**

Con una relación de triángulos semejantes, donde la altura mayor es el  $V_u$  y la altura menor es la correspondiente a  $V_{rc}$ . Se calcula la distancia donde el concreto resiste el corte y con la distancia restante se calcula el espaciamiento "s".



**Figura 15. Diagrama de corte de diseño**



Por relación de triángulos se encontrara la distancia que resiste el concreto por si solo.

$$X = (45,606.76 * 8.70) / 59,247.59 \text{ Kg.}$$

$$X = 6.70$$

- **Corte actuante**

$$V_s = (V_u - V_{rc})$$

$$V_s = (59,247.59 - 45,606.76) = 13,640.83 \text{ Kg.}$$

- **Comprobando limites de espaciamiento**

$$V_s = 13,640.83 \text{ Kg.}$$

$$V_1 = \Phi * 1.1 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_1 = 0.85 * 1.1 * \sqrt{280} * 55 * 110 = 94,655.53 \text{ Kg.}$$

$$V_2 = 2.1 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_2 = 2.1 * \sqrt{280} * 55 * 110 = 212,595.31 \text{ Kg.}$$

Según el código ACI el diámetro mínimo para estribo en vigas es 3/8".

Si  $V_1 < V_s < V_2$ , entonces el espaciamiento máximo es  $S_{max} = d / 2$

Pero si  $V_s < V_1$ , entonces el espaciamiento  $S_{max} = d / 4$

Como  $V_s < V_1$ , por lo que el espaciamiento máximo en la viga donde el concreto soporta el corte será  $d / 4 = S_{max} = 27.5$  cm. se propone a 30 cm. para cubrir 6.70 m.

- **Cálculo del espaciamiento de confinamiento**

Para el confinamiento se encontrara el espaciamiento que hace falta cubrir.

$X = 8.70$  metros – 6.70 metros

$X = 2.00$  m. Espacio a cubrir

- **Hallando nuevo cortante actuante**

$V_a = V_u / b * d = 59,247.59 \text{ Kg.} / (55 \text{ cm} * 110 \text{ cm}) = 9.79 \text{ Kg.} / \text{cm}^2$

$V_{\text{concreto}} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} = 7.54 \text{ Kg.} / \text{cm}^2$

- **Hallando el espaciamiento del estribo (S)**

Se propone varilla No. 3 Grado 40

$S = [(2 * (0.71 \text{ cm}^2) * (2,810 \text{ Kg} / \text{cm}^2))] / (9.79 \text{ Kg} / \text{cm}^2 - 7.54 \text{ Kg} / \text{cm}^2) * (55 \text{ cm})$

$S = 32.24$  cm.

La longitud del confinamiento es de 2.00 metros y en esta, la separación de estribo será de 30 cm.

### 2.1.7.2.3. Diseño de diafragma

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

Debido a que la luz del puente es de 18 m, se utilizará un diafragma intermedio y dos externos.

- **Cálculo de altura:**

Diafragma interior. = 0.75 h de la viga principal

Diafragma exterior: = 0.50 h de la viga principal

Para ambos casos la altura no debe ser menor a 50 cm.

El ancho de los diafragmas es generalmente de 30 cm.

$$h = 0.75 (115 \text{ cm}) = 86.25 \text{ cm} = 85 \text{ cm}$$

$$h = 0.50 (115 \text{ cm}) = 57.50 \text{ cm} = 55 \text{ cm}$$

- **Diafragma intermedio**

$$A_s \text{ Min.} = 14.10 / f_y * b * d$$

$$A_s \text{ Min.} = 14.10 / 2810 \text{ Kg. / cm}^2 * 30 \text{ cm} * 80$$

$$A_s \text{ Min.} = 12.04 \text{ cm}^2$$

Se utilizara 2 No. 8 + 1 No. 5 grado 40  $(2 * 5.07 + 2) = 12.14 \text{ cm}^2$

Para calcular el espaciamiento (S) de estribos, se utiliza la siguiente formula:

$$(d - r / 2).$$

$$(80 \text{ cm} - 5.0 \text{ cm} / 2) = 37.5 \text{ cm}$$

Se utilizara No. 3 @ 35 cm.

- **Refuerzo adicional**

Se recomienda un refuerzo adicional de  $0.25 \text{ plg}^2 = 1.62 \text{ cm}^2$ . Con el objeto de evitar grietas en el concreto.

$$1.62 = 30.48 \text{ cm}$$

$$As = 75 \text{ cm}$$

$$As = 3.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Se utilizara } 2 \text{ No. } 5 = 4.00 \text{ cm}^2$$

- **Diafragma exterior**

$$As \text{ Min.} = 14.10 / f_y * b * d$$

$$As \text{ Min.} = 14.10 / 2810 \text{ Kg.} / \text{cm}^2 * 30 \text{ cm} * 50 \text{ cm}$$

$$As \text{ Min.} = 7.53 \text{ cm}^2 .$$

$$\text{Se utilizara } 2 \text{ No. } 6 + 1 \text{ No. } 5 (2 * 2.85 + 2) = 7.70 \text{ cm}^2 .$$

Para calcular el espaciamiento (S) de estribos, se utiliza la siguiente formula:

$$(d - r / 2).$$

$$(50 \text{ cm} - 5.0 \text{ cm} / 2) = 22.5 \text{ cm}$$

Se utilizara No. 3 @ 20 cm.

- **Refuerzo adicional**

Se recomienda un refuerzo adicional de  $0.25 \text{ plg}^2 = 1.62 \text{ cm}^2$  . con el objeto de evitar grietas en el concreto.

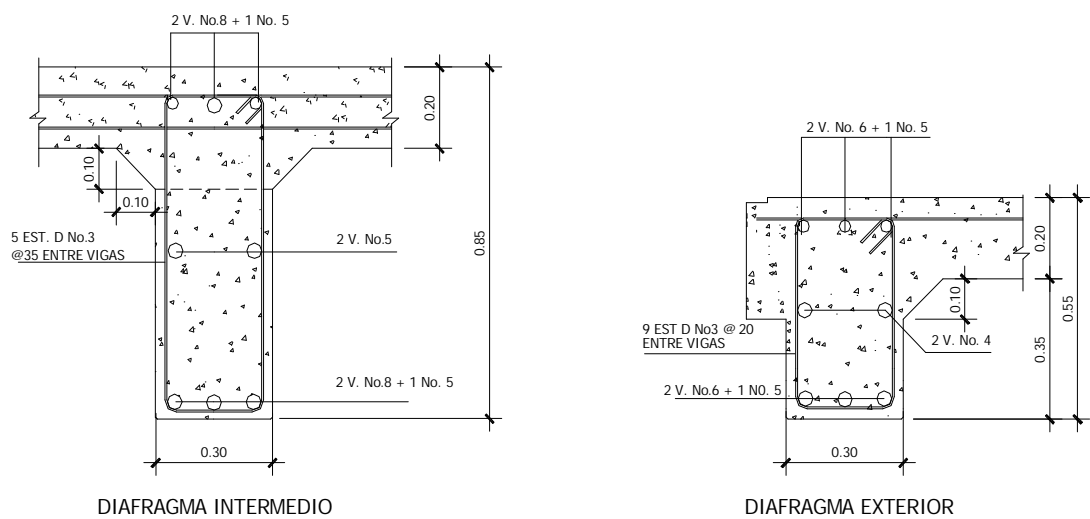
$$1.62 = 30.48 \text{ cm}$$

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

$$As = 2.40 \text{ cm}^2$$

Se utilizara 2 No. 4 = 2.54  $\text{cm}^2$

**Figura 16. Refuerzo de diafragmas**



### 2.1.7.3. Diseño de la subestructura

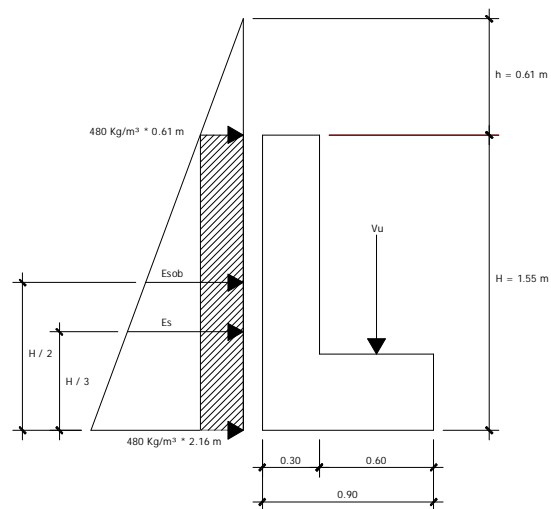
La subestructura esta compuesta por cortina, viga de apoyo y estribos.

### 2.1.7.3.1. Diseño de la cortina

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

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

**Figura 17. Diagrama de fuerzas sobre la cortina y viga de apoyo**



#### 2.1.7.3.1.1. Empuje de tierra

Presiones (H = altura de la cortina)

$$P1 = 480 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 0.61 \text{ m} = 292.80 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$P2 = 480 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 1.55 \text{ m} = 744.00 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$P3 = 480 \text{ Kg} / \text{m}^3 * (0.61 \text{ m} + 1.55 \text{ m}) = 1,036.80 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Fuerzas de empuje:

$$E1 = P1 * H = 292.80 \text{ Kg} / \text{ m}^2 * 1.55 \text{ m} = 453.84 \text{ Kg} / \text{ m}$$

$$E2 = P2 * (H / 2) = 744.00 \text{ Kg} / \text{ m}^2 * 1.55 \text{ m} / 2 = 576.60 \text{ Kg} / \text{ m}$$

$$E3 = P3 * (H / 2) = 1036.80 \text{ Kg} / \text{ m}^2 * 1.55 \text{ m} / 2 = 803.52 \text{ Kg} / \text{ m} = \text{Es}$$

$$E4 = P1 * (H / 2) = 292.80 \text{ Kg} / \text{ m}^2 * 1.55 \text{ m} / 2 = 226.92 \text{ Kg} / \text{ m} = \text{Esob}$$

$$E = E1 + E3 = 453.84 \text{ Kg} / \text{ m} + 803.52 \text{ Kg} / \text{ m} = 1,257.36 \text{ Kg} / \text{ m}$$

### 2.1.7.3.1.2. Fuerza longitudinal

Según AASHTO 3.9.1, FL será el 5 % de la carga viva.

$$F.L. = (5 \% * P20) / (2 * h)$$

$$P20 = 14,545.45 \text{ Kg. (2 llantas mas pesadas)}$$

H = Altura de la cortina

$$F.L. = (0.05 * 14,545.45 \text{ Kg.}) / (2 * 1.55 \text{ m}) = 234.60 \text{ Kg} / \text{ m}$$

Donde:

P = peso del camión, actúa a 6 pies sobre el piso

de manera que el brazo es H + 6'

### 2.1.7.3.1.3. Fuerza de sismo

Según AASHTO 3.21 para 1.00 m. de ancho el coeficiente de sismo es 10%.

S = (10% \* W), Donde W es el peso de la cortina

$$W = 2400 \text{ kg.} / \text{ m}^3 * 0.30 * 1.55 \text{ m.} = 1116.00 \text{ Kg} / \text{ m}$$

$$S = 0.10 * 1116.00 \text{ Kg} / \text{ m} = 111.60 \text{ Kg} / \text{ m}$$

Punto de aplicación b = H / 2 (al centro de la cortina)

- **Cálculo de momentos**

Siguiendo lo especificado en AASHTO 3.22.1a. Aplica en lo siguiente:

Finalmente cuando existe sismo, se deberán comparar las formulas del grupo III y VII, y se tomara en cuenta, para la cuantía, el grupo con el valor mas critico.

#### Grupo III

Utilizando los resultados obtenidos anteriormente (FL, S, Esob y Es) se resuelven las siguientes ecuaciones.

$$Mu = 1.3 (Esob. * H / 2 + Es * H / 3 + F.L. * H + 6' )$$

$$Mu = 1.3 (226.92 \text{ Kg. / m.} * 0.775 + 803.52 \text{ Kg. / m.} * 0.52 + 234.60 \text{ Kg. / m} * 3.38)$$

$$Mu = 1,802.63 \text{ Kg. - m}$$

#### Grupo VII

$$Mu = 1.3 (Esob. * H / 2 + Es * H / 3 + S * H / 2)$$

$$Mu = 1.3 (226.92 \text{ Kg. / m} * 0.775 + 803.52 \text{ Kg. / m} * 0.52 + 111.60 \text{ Kg. / m} * 0.775)$$

$$Mu = 884.23 \text{ Kg. - m}$$

Se toma el momento mas critico, 1,802.63 Kg - m

#### **2.1.7.3.1.4. Cálculo de refuerzo**

Datos:

$$M = 1,802.63 \text{ Kg - m}$$

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

$$d = 30 \text{ cm} - 1.27/2 - 2.5 \text{ cm} = 26.86 \text{ cm}$$

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

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



Se obtiene:

$$A_s = 2.53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 14.1 / 2,810 * 100 * 26.86 = 13.48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 46.19 \text{ cm}^2$$

Debido que el acero  $A_{s\text{mín}} > A_s$ , se colocara el  $A_{s\text{mín}} = 13.48 \text{ cm}^2$

Utilizando refuerzo No. 4, el armado quedara distribuido de la siguiente manera:

No. 4 @ 10 cm. este deberá colocarse en el sentido vertical.

Se calcula refuerzo por temperatura.

$$A_{s\text{temp}} = 0.002 * b * t$$

$$A_{s\text{temp}} = 0.002 * 100 * 30 = 6.00 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No. 3, el armado quedara distribuido de la siguiente manera:

No. 3 @ 12 cm. este deberá colocarse en el sentido horizontal.

#### **2.1.7.3.1.5. Refuerzo por corte**

Para el diseño de la cortina no se calcula el refuerzo por corte, debido a que se analizo como una losa en voladizo, pero si se chequea si la cortina resiste el corte, AASHTO 3.22.1b.

Grupo III

$$V_u = 1.3 (E_{sob} + E_s + FL)$$

$$V_u = 1.3 (226.92 + 803.52 + 234.60) = 1,644.55 \text{ Kg}$$

Grupo VII

$$V_u = 1.3 (E_{sob} + E_s + S)$$

$$V_u = 1.3 (226.92 + 803.52 + 111.60) = 1,484.65 \text{ Kg}$$

Se comparan los dos resultados y se toma el mayor, es decir el resultado de corte ultimo del Grupo III es el que se utiliza para verificar que la cortina lo resiste.

Verificando si la cortina resiste el corte ultimo.

$$V_{rcu} = \Phi V_{cbd}$$

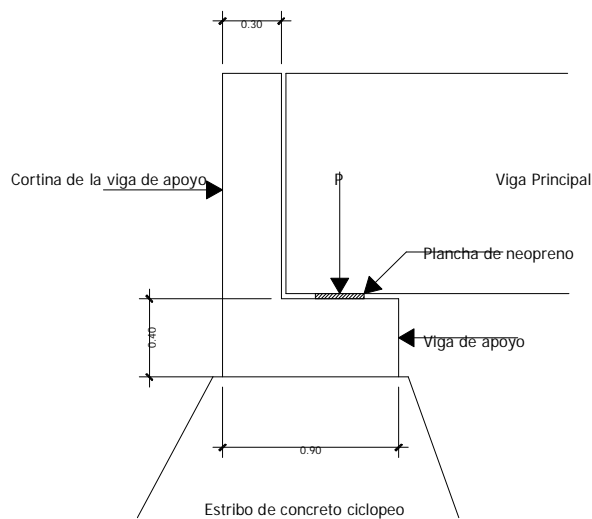
$$V_{rcu} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 26.86 = 20,247.89 \text{ Kg}$$

Dado que:  $V_u = 1,644.55 \text{ Kg}$

Concluimos que:  $V_{rcu} > V_u$  por lo que si chequea la cortina de concreto reforzado de 0.30 m el esfuerzo cortante.

### 2.1.7.3.2. Diseño de la viga de apoyo

**Figura 18. Esquema de la viga de apoyo**



## Chequeo por aplastamiento

En este chequeo, se calcula el área de aplastamiento de la base de la viga de apoyo y se coloca una base de neopreno para disminuirlo, así mismo la base de neopreno sirve para que el puente quede simplemente apoyado ya que necesita tener libertad de movimiento por las cargas móviles a las que estará sometido. Además se refuerza longitudinalmente por temperatura, el refuerzo transversal puede ser a  $d / 2$  ya que se utiliza solamente por armado.

$$A_p = P / (f'_c - \Phi_c),$$

Donde:

$\Phi_c$  = Constante de corte

P = corte último total

$f'_c$  = esfuerzo máximo del concreto

$A_p$  = Área de aplastamiento

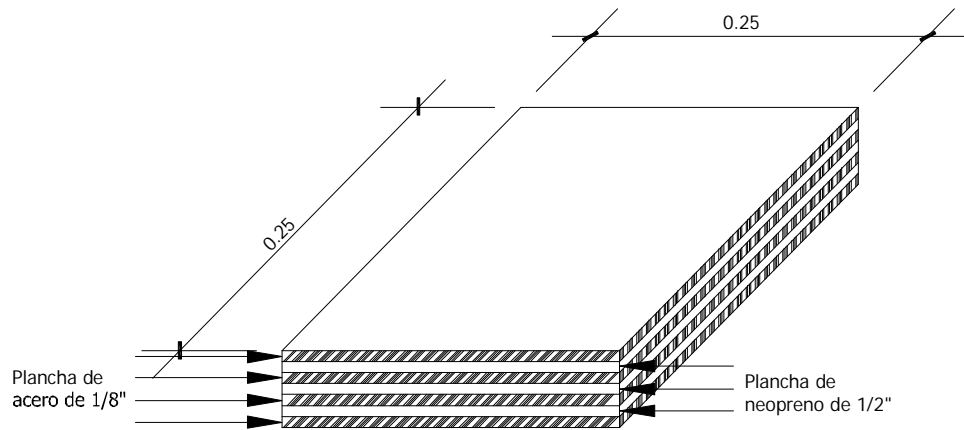
$$A_p = 59,247.59 \text{ Kg.} / (280 \text{ Kg.} / \text{cm}^2 * 0.71) = 298.03 \text{ cm}^2$$

$$B b = \sqrt{298.03} \text{ cm}^2$$

$$B b = 17.26 \text{ cm}^2$$

Utilizar base de neopreno de 0.25 m \* 0.25 m con una dureza de SHORE real de 59 según ASTM D2240. El espesor deberá ser de 2 pulgadas según ASTM D330, pero por el espesor se recomienda una base de acero y neopreno pegadas tipo sándwich, la cual consta de cuatro planchas de acero de 1/8 de pulgada y tres planchas de neopreno de 1/2 pulgada, pegadas entre si dejando las tres planchas de neopreno en el medio.

**Figura 19. Esquema planchas de neopreno y acero tipo sándwich**



- **Cálculo del acero de refuerzo longitudinal**

Acero por temperatura.

$$A_{st} = (14.1 / f_y) * b * d$$

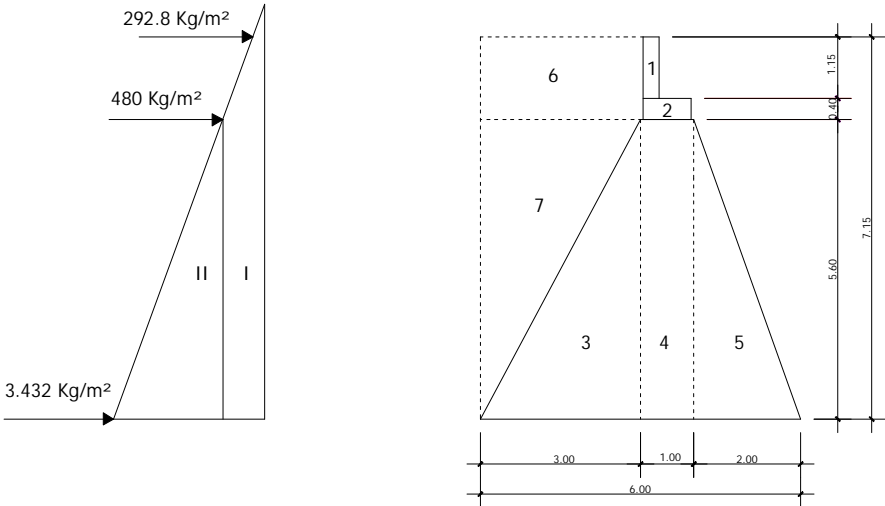
$$A_{st} = 14.1 / 2810 * 40 * 60 = 12.04 \text{ cm}^2$$

Colocar: 4 No. 5 (En extremos) + 2 No. 5 (Al centro) + Estribo No. 3 @ 0.20 m

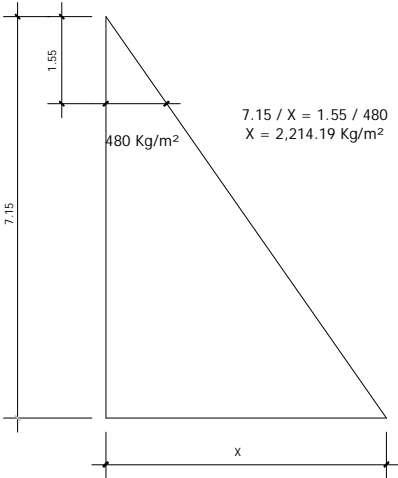
### **2.1.7.3.3. Diseño del estribo**

El estribo a diseñar será de concreto ciclópeo, obteniendo con esto la ventaja de que su diseño es más simple, ya que consiste en asumir su sección y luego verificar tres condiciones: deslizamiento, volteo y presiones.

**Figura 20. Geometría y diagrama de presiones del estribo**



**Figura 21. Relación de triángulos para obtener la presión en la cota de cimentación**



### 2.1.7.3.3.1. Cálculo del momento de volteo

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

Sección I:

$$\text{Empuje} = \text{presión} * \text{altura}$$

$$\text{Empuje} = 292.8 * 7.15 = 2,093.52 \text{ Kg.} - \text{m}$$

$$\text{B.P} = 7.15 / 2 = 3.58 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = \text{E} * \text{B.P}$$

$$\text{M} = 2,093.52 * 3.58 = 7,494.80 \text{ Kg.} - \text{m}$$

Para la sección II se tiene:

**Tabla 1. Cálculo del momento de volteo**

Sección	Altura	Presión	Empuje	B.P	Momento
I	7.15	292.80	2,093.52	3.58	7,484.33
II	3.58	2,214.19	7,915.74	2.38	18,865.85
		<b>E =</b>	<b>10,009.26</b>	<b>MV =</b>	<b>26,350.19</b>

### 2.1.7.3.3.2. Cálculo del momento estabilizante

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

**Tabla II. Cálculo del momento estabilizante**

<b>Sección</b>	<b>Área</b>	<b>Peso</b>	<b>B.P</b>	<b>Momento</b>
1	0.35	828.00	2.80	2,318.40
2	0.36	864.00	2.50	2,160.00
3	8.40	21,000.00	4.00	84,000.00
4	5.60	14,000.00	2.50	35,000.00
5	5.60	14,000.00	1.33	18,666.67
6	4.73	7,091.25	4.48	31,733.34
7	8.40	12,600.00	5.00	63,000.00
	<b>W =</b>	<b>70,383.25</b>	<b>ME =</b>	<b>236,878.41</b>

**2.1.7.3.3. Revisión del muro sin superestructura**

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

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

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

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

$$> 0$$

Donde:

MV = momento de volteo

ME = momento estabilizante

W = peso propio de la estructura

E = empuje

A = área

e = excentricidad =  $b / 2 - a$

a =  $(ME - MV) / W$

b = base

- **Revisión de volteo**

$$ME / MV = 236,878.41 / 26,350.19 = 8.99 > 1.5 \quad \text{OK}$$

- **Revisión de deslizamiento**

$$D = 0.5 * W / E = 0.5 * 70,383.25 / 10,009.26 = 3.52 > 1.5 \quad \text{Ok}$$

- **Revisión de presiones**

$$a = (ME - MV) / W = (236,878.41 - 26,350.19) / 70,383.25 = 2.99$$

$$3(a) = 3(2.99) = 8.97 > b \quad \text{OK}$$

$$e = b / 2 - a = 6 / 2 - 2.99 = 0.01 \text{ m}$$

$$P = (W / A) * (1 + (6 * e) / b)$$

$$P_{\text{máx}} = 70,383.25 / (6 * 1) * [1 + (6 * 0.01) / 6] = 11,847.85 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\text{máx}} = 11,847.85 < 18,500.00 \text{ Kg.} / \text{m}^2 \quad \text{OK}$$

$$P_{\text{mín}} = 70,383.25 / (6 * 1) * [1 - (6 * 0.01) / 6] = 11,613.24 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0 \quad \text{OK}$$

#### **2.1.7.3.3.4. Revisión del muro con superestructura y carga viva**

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

- **Carga muerta y viva**

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



$$V_{cv} = 13,686.52 \text{ Kg}$$

$$V_{cm} = 15,676.49 \text{ Kg}$$

Formula AASHTO:

$$V_u = 1.3 (V_{cm} + 5/3 (V_{cv} * FD * I))$$

$$V_u = C_m + C_v = 20,379.44 \text{ Kg} + 38,868.16 \text{ Kg} = 59,247.59 \text{ Kg}$$

$$W_{dist} = V_u * 2 \text{ vigas} / 4.80 \text{ m}$$

$$W_{dist} = 59,247.59 \text{ Kg} * 2 / 4.80 \text{ m} = 24,686.50 \text{ Kg}$$

Brazo = 2.60 m (punto medio de la base)

$$ME_2 = (C_m + C_v) * \text{brazo}$$

$$ME_2 = 24,686.50 * 2.60 = 64,184.90 \text{ Kg.} - \text{m}$$

$$MET = ME_2 + ME$$

$$MET = 64,184.90 + 236,878.41 = 301,063.31 \text{ Kg.} - \text{m}$$

- **Revisión de presiones**

$$a = (MET - MV) / (C_m + C_v) + W$$

$$a = (301,063.31 - 26,350.19) / (24,686.50 + 70,383.25)$$

$$a = 2.89 \text{ m}$$

$$e = 3.00 - 2.89 = 0.11 \text{ m}$$

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

$$P_{\text{máx}} = (70,383.25 + 24,686.50) / (6 * 1) * (1 + 6 * 0.11 / 6)$$

$$P_{\text{máx}} = 17,587.90 \text{ Kg.} / \text{m}^2 < 18,000.00 \text{ kg} / \text{m}^2 \quad \text{OK}$$

$$P_{\text{mín}} = 14,102.01 \text{ Kg.} / \text{m}^2 > 0 \quad \text{OK}$$

La estructura si resiste las presiones.

### 2.1.7.3.3.5. Revisión del muro con sismo (sin carga viva)

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

$$W_{\text{dist. Cm}} = 20,379.44 \text{ Kg} * 2 / 4.80 \text{ m} = 8491.43 \text{ Kg}$$

$$W_2 = W + C_m$$

$$W_2 = 70,383.25 + 8,491.43 = 78,874.68 \text{ Kg.}$$

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

$$ME_3 = 236,878.41 + (8,491.43 * 2.60) = 258,956.13 \text{ Kg} - \text{m}$$

- **Fuerza horizontal**

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

$$FH = 1.08 * 10,009.26 + 0.08 * 78,874.68 = 17,119.97$$

**Tabla III. Cálculo de momento de volteo sentido horizontal**

Sección	Peso	B.P	Momento
1	828.00	6.58	5,444.10
2	864.00	5.80	5,011.20
3	21,000.00	1.87	39,200.00
4	14,000.00	2.80	39,200.00
5	14,000.00	1.87	26,133.33
6	7,091.25	6.38	45,206.72
7	12,600.00	3.73	47,040.00
		<b>MV2 =</b>	<b>207,235.35</b>

$$MEQ = 0.08 * MV_2$$

$$MEQ = 0.08 * 207,235.35 = 16,578.83 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$MV_3 = (1.08 * 26,350.19) + (8,491.43 * 0.08 * 7.15) + 16,578.83$$

$$MV_3 = 49,894.14 \text{ Kg.} - \text{m}$$

- **Chequeo de volteo**

$$V = ME_3 / MV_3 = 258,956.13 / 49,894.14 = 5.19 > 1.5 \text{ OK}$$

- **Chequeo por deslizamiento**

$$D = 0.5 * W_2 / FH = 0.5 * 78,874.68 / 17,119.97$$

$$D = 2.30 > 1.5 \text{ OK}$$

- **Chequeo de presión**

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

$$a = (258,956.13 - 49,894.14) / 78,874.68 = 2.65 \text{ m}$$

$$e = 6 / 2 - 2.65 = 0.35$$

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

$$P_{\text{máx}} = 78,874.68 / (6 * 1) * [1 + (6 * 0.35) / 6]$$

$$P_{\text{máx}} = 17,746.80 \text{ Kg} / \text{m}^2 < 18,000.00 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$P_{\text{mín}} = 8,544.76 \text{ Kg} / \text{m}^2 > 0 \text{ OK}$$

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

## 2.1.8. Presupuesto

**Tabla IV. Presupuesto puente**

### TRABAJOS PRELIMINARES

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
1	Limpieza	150.00	m <sup>2</sup>	12.00	1,800.00
2	Trazo y estaqueado	1.00	Global	8,400.00	8,400.00
3	Bobega y guardiania	1.00	Global	6,700.00	6,700.00
	<b>Total trabajos preliminares</b>				<b>Q16,900.00</b>

### ESTRIBO

Cantidad: 2 Unidades

Volumen: 197.57 m<sup>3</sup>

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	524.00	Sacos	41.00	21,484.00
2	Arena de rio	65.20	m <sup>3</sup>	80.00	5,216.00
3	Piedra bola	132.37	m <sup>3</sup>	90.00	11,913.30
4	Tabloncillo de 11/2" X 12" X 9'	64.00	Unidades	47.25	3,024.00
5	Parales de 3" X 2" X 9'	52.00	Unidades	15.75	819.00
6	Alambre de amarre	30.00	Libras	4.00	120.00
7	Clavo de 4"	80.00	Libras	4.00	320.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>42,896.30</b>
	<b>Mano de obra</b>				
8	Zanjeo	115.00	m <sup>3</sup>	125.00	14,375.00
9	Formaleta	189.00	m <sup>2</sup>	22.00	4,158.00
10	Fundicion	197.57	m <sup>3</sup>	125.00	24,696.25
11	Desencofrado	189.00	m <sup>2</sup>	6.00	1,134.00
	Subtotal de mano de obra				44,363.25
	Factor de ayudante 38 %				16,858.04
	Factor de prestaciones 65 %				28,836.11
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>90,057.40</b>
	Total de materiales y mano de obra				132,953.70
	Utilidad 25 %				33,238.42
	<b>Total</b>				<b>Q166,192.12</b>
	<b>Precio unitario = Q. 841.18 / m<sup>3</sup></b>				

**ALETONES**

Cantidad: 12 ml.

Volumen: 88.27 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	235.00	Sacos	41.00	9,635.00
2	Arena de rio	29.50	m <sup>3</sup>	80.00	2,360.00
3	Piedra bola	58.85	m <sup>3</sup>	90.00	5,296.50
4	Tabloncillo de 11/2" x 12" x 9'	30.00	Unidad	47.25	1,417.50
5	Parales 3" x 2" x 9'	20.00	Unidad	15.75	315.00
6	Alambre de amarre	30.00	Libras	4.00	120.00
7	Clavo de 4"	80.00	Libras	4.00	320.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>19,464.00</b>
	<b>Mano de obra</b>				
8	Zanjeo	21.00	m <sup>3</sup>	125.00	2,625.00
9	Formaleteado	187.28	m <sup>2</sup>	22.00	4,120.16
10	Fundicion	88.27	m <sup>3</sup>	125.00	11,033.75
11	Desencofrado	187.28	m <sup>2</sup>	6.00	1,123.68
	Subtotal de mano de obra				18,902.59
	Factor de ayudante 38 %				7,182.98
	Factor de prestaciones 65 %				12,286.68
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>38,372.26</b>
	Total de materiales y mano de obra				57,836.26
	Utilidad 25 %				14,459.06
	<b>Total</b>				<b>Q72,295.32</b>
	<b>Precio unitario = Q. 819.02 / m<sup>3</sup></b>				

**VIGA DE APOYO Y CORTINA**

Cantidad: 9.60 ML.

Volumen: 7.10 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	57.00	Sacos	41.00	2,337.00
2	Arena de rio	3.90	m <sup>3</sup>	80.00	312.00
3	Piedrin de 3/4"	5.33	m <sup>3</sup>	140.00	746.20
4	Hierro No. 5	11.00	Unidades	78.50	863.50
5	Hierro No. 4	58.00	Unidades	55.00	3,190.00
6	Hierro No. 3	65.00	Unidades	21.53	1,399.45
7	Alambre de amarre	60.00	Libras	4.00	240.00
8	Clavo de 3"	10.00	Libras	4.00	40.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>9,128.15</b>
	<b>Mano de obra</b>				
9	Armadura No. 5	66.00	ml.	2.25	148.50
10	Hecha de estribo No. 4	96.00	Unidades	2.40	230.40
11	Hecha de estribo No. 3	48.00	Unidades	1.80	86.40
12	Formaleteado	19.20	ml.	9.00	172.80
13	Formaleteado	22.08	m <sup>2</sup>	22.00	485.76
14	Fundicion	7.10	m <sup>3</sup>	125.00	887.50
15	Desencofrado	22.08	m <sup>2</sup>	6.00	132.48
16	Desencofrado	38.40	ml.	4.00	153.60
	Subtotal de mano de obra				2,297.44
	Factor de ayudante 38 %				873.03
	Factor de prestaciones 65 %				1,493.34
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>4,663.80</b>
	Total de materiales y mano de obra				13,791.95
	Utilidad 25 %				3,447.99
	Total				<b>Q17,239.94</b>
	<b>Precio unitario = Q. 2,428.16 / m<sup>3</sup></b>				

**VIGAS PRINCIPALES**

Cantidad: 34.80 ml.

Volumen: 18.18 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	182.00	Sacos	41.00	7,462.00
2	Arena de rio	12.00	m <sup>3</sup>	80.00	960.00
3	Piedrin de 3/4"	14.00	m <sup>3</sup>	140.00	1,960.00
4	Hierro No. 8	86.00	Unidades	239.00	20,554.00
5	Hierro No. 4	26.00	Unidades	40.00	1,040.00
6	Hierro No. 3	65.00	Unidades	21.53	1,399.45
7	Alambre de amarre	282.00	Libras	4.00	1,128.00
8	Clavo de 4" y 3"	100.00	Libras	4.00	400.00
9	Parales de 4" x 4" x 9'	220.00	Unidades	27.00	5,940.00
10	Tabloncillo de 11/2" x 12" x 9'	72.00	Unidades	47.25	3,402.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>44,245.45</b>
	<b>Mano de obra</b>				
11	Hecha de armadura No. 8	516	ml.	7.20	3,715.20
12	Hecha de armadura No. 4	156	ml.	1.80	280.80
13	Hecha de estribo No. 3	116	Unidades	1.80	208.80
14	Formaleteado	216	ml.	9.00	1,944.00
15	Dinteleado y paraleado	34.8	ml.	40.00	1,392.00
16	Fundicion	34.8	ml.	125.00	4,350.00
17	Desencofrado	216	ml.	6.00	1,296.00
	Subtotal de mano de obra				13,186.80
	Factor de ayudante 38 %				5,010.98
	Factor de prestaciones 65 %				8,571.42
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>26,769.20</b>
	Total de materiales y mano de obra				71,014.65
	Utilidad 25 %				17,753.66
	<b>Total</b>				<b>Q88,768.32</b>
	<b>Precio unitario = Q. 2,550.81 / ml.</b>				

**DIAFRAGMA INTERMEDIO**

Cantidad: 1.80 ml.

Volumen: 0.35 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	4.00	Sacos	41.00	164.00
2	Arena de rio	0.25	m <sup>3</sup>	80.00	20.00
3	Piedrin de 1/2"	0.30	m <sup>3</sup>	140.00	42.00
4	Hierro No. 8	4.00	Unidades	148.00	592.00
5	Hierro No. 5	2.00	Unidades	55.00	110.00
6	Hierro No. 3	3.00	Unidades	21.53	64.59
7	Alambre de amarre	12.00	Libras	4.00	48.00
8	Clavod de 3"	6.00	Libras	4.00	24.00
9	Parales de 4" x 4" x 6'	6.00	Unidades	27.00	162.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>1,226.59</b>
	<b>Mano de obra</b>				
10	Hecha de armadura No. 8	24.00	ml.	7.20	172.80
11	Hecha de armadura No. 5	12.00	ml.	2.25	27.00
12	Hecha de estribo No. 3	6.00	Unidades	2.10	12.60
13	Hecha de eslabon No. 3	6.00	Unidades	2.10	12.60
14	Formaleteado	3.60	ml.	9.00	32.40
15	Dinteleado y paraleado	1.80	ml.	40.00	72.00
16	Fundicion	1.80	ml.	125.00	225.00
17	Desencofrado	5.40	ml.	4.00	21.60
	Subtotal de mano de obra				576.00
	Factor de ayudante 38 %				218.88
	Factor de prestaciones 65 %				374.40
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>1,169.28</b>
	Total de material y mano de obra:				2,395.87
	Utilidad 25 %				598.97
	<b>Total</b>				<b>Q2,994.84</b>
	<b>Precio unitario = Q. 1,663.80 / ml.</b>				



**DIAFRAGMA EXTERIOR**

Cantidad: 3.60 ml.

Volumen: 0.35 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	4.00	Sacos	41.00	164.00
2	Arena de rio	0.25	m <sup>3</sup>	80.00	20.00
3	Piedrin de 1/2"	0.30	m <sup>3</sup>	140.00	42.00
4	Hierro No. 6	6.00	Unidades	78.50	471.00
5	Hierro No. 5	3.00	Unidades	55.00	165.00
6	Hierro No. 4	1.00	Unidad	40.00	40.00
7	Hierro No. 3	6.00	Unidades	21.53	129.18
8	Alambre de amarre	25.00	Libras	4.00	100.00
9	Clavo de 3"	10.00	Libras	4.00	40.00
10	Parales de 4" x 4" x 6'	12.00	Unidades	27.00	324.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>1,495.18</b>
	<b>Mano de obra</b>				
11	Hecha de armadura No. 6	36.00	ml.	7.20	259.20
12	Hecha de armadura No. 5	18.00	ml.	2.25	40.50
13	Hecha de armadura No. 4	6.00	ml.	1.75	10.50
14	Hecha de estribo No. 3	18.00	Unidades	2.10	37.80
15	Hecha de eslabon hierro No. 3	18.00	Unidades	2.10	37.80
16	Formaleteado	7.20	ml.	9.00	64.80
17	Dinteleado y paraleado	3.60	ml.	40.00	144.00
18	Fundicion	3.60	ml.	125.00	450.00
19	Desencofrado	10.80	ml.	4.00	43.20
	Subtotal de mano de obra				1,087.80
	Factor de ayudante 38 %				413.36
	Factor de prestaciones 65 %				707.07
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>2,208.23</b>
	Total de material y mano de obra:				3,703.41
	Utilidad 25 %				925.85
	<b>Total</b>				<b>Q4,629.27</b>
	<b>Precio unitario = Q. 1,285.90 / ml.</b>				

**LOSA DE RODADURA**Cantidad: 64.80 m<sup>2</sup>Volumen: 12.96 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	130.00	Sacos	41.00	5,330.00
2	Arena de rio	8.50	m <sup>3</sup>	80.00	680.00
3	Piedrin de 1/2"	10.00	m <sup>3</sup>	140.00	1,400.00
4	Hierro No. 5	47.00	Unidades	55.00	2,585.00
5	Hierro No. 4	108.00	Unidades	40.00	4,320.00
6	Hierro No. 3	47.00	Unidades	21.53	1,011.91
7	Alambre de amarre	115.00	Libras	4.00	460.00
8	Clavo de 2.5"	35.00	Libras	4.00	140.00
9	Antisol	4.00	Galones	48.00	192.00
10	Tabloncillo 1 1/2" x 12" x 6'	60.00	Unidades	47.25	2,835.00
11	Parales de 4" x 4" x 8'	48.00	Unidades	42.00	2,016.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>20,969.91</b>
	<b>Mano de obra</b>				
12	Hecha de armadura No. 5	282.00	ml.	2.25	634.50
13	Hecha de armadura No. 4	648.00	ml.	1.75	1,134.00
14	Hecha de armadura No. 3	282.00	ml.	1.35	380.70
15	Entarimado y paraleado	64.80	m <sup>2</sup>	25.00	1,620.00
16	Fundicion de losa t = 0.20	64.80	m <sup>2</sup>	25.00	1,620.00
17	Desencofrado de losa	64.80	m <sup>2</sup>	9.00	583.20
	Subtotal de mano de obra				5,972.40
	Factor de ayudante 38 %				2,269.51
	Factor de prestaciones 65 %				3,882.06
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>12,123.97</b>
	Total de material y mano de obra:				33,093.88
	Utilidad 25 %				8,273.47
	<b>Total</b>				<b>Q41,367.35</b>
	<b>Precio unitario = Q. 638.39 / m<sup>3</sup></b>				

**BANQUETA**Cantidad: 21.60 m<sup>2</sup>Volumen: 3.24 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	30.00	Sacos	41.00	1,230.00
2	Arena de rio	2.00	m <sup>3</sup>	80.00	160.00
3	Piedrin de 1/2"	2.50	m <sup>3</sup>	140.00	350.00
4	Hierro No. 5	24.00	Unidades	55.00	1,320.00
5	Hierro No. 4	18.00	Unidades	40.00	720.00
6	Hierro No. 3	24.00	Unidades	21.53	516.72
7	Alambre de amarre	44.00	Libras	4.00	176.00
8	Clavo de 2.5"	15.00	Libras	4.00	60.00
9	Antisol	1.00	Galon	48.00	48.00
10	Tabloncillo 11/2" x 12 x 6'	60.00	Unidades	47.25	2,835.00
11	Parales de 4" x 4" x 8'	96.00	Unidades	42.00	4,032.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>11,447.72</b>
	<b>Mano de obra</b>				
12	Hierro No. 5	144.00	ml.	2.25	324.00
13	Hierro No. 4	108.00	ml.	1.75	189.00
14	Hecha de armadura No.3	144.00	ml.	1.35	194.40
15	Entarimado y paraleado	21.60	m <sup>2</sup>	25.00	540.00
16	Fundicion de losa t = 0.15 m.	21.60	m <sup>2</sup>	25.00	540.00
17	Desencofrado	21.60	m <sup>2</sup>	9.00	194.40
	Subtotal de mano de obra				1,981.80
	Factor de ayudante 38 %				753.08
	Factor de prestaciones 65 %				1,288.17
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>4,023.05</b>
	Total de material y mano de obra:				15,470.77
	Utilidad 25 %				3,867.69
	<b>Total</b>				<b>Q19,338.47</b>
	<b>Precio unitario = Q. 895.30 / m<sup>2</sup></b>				

**BARANDAL**

Cantidad: 34.80 ml.

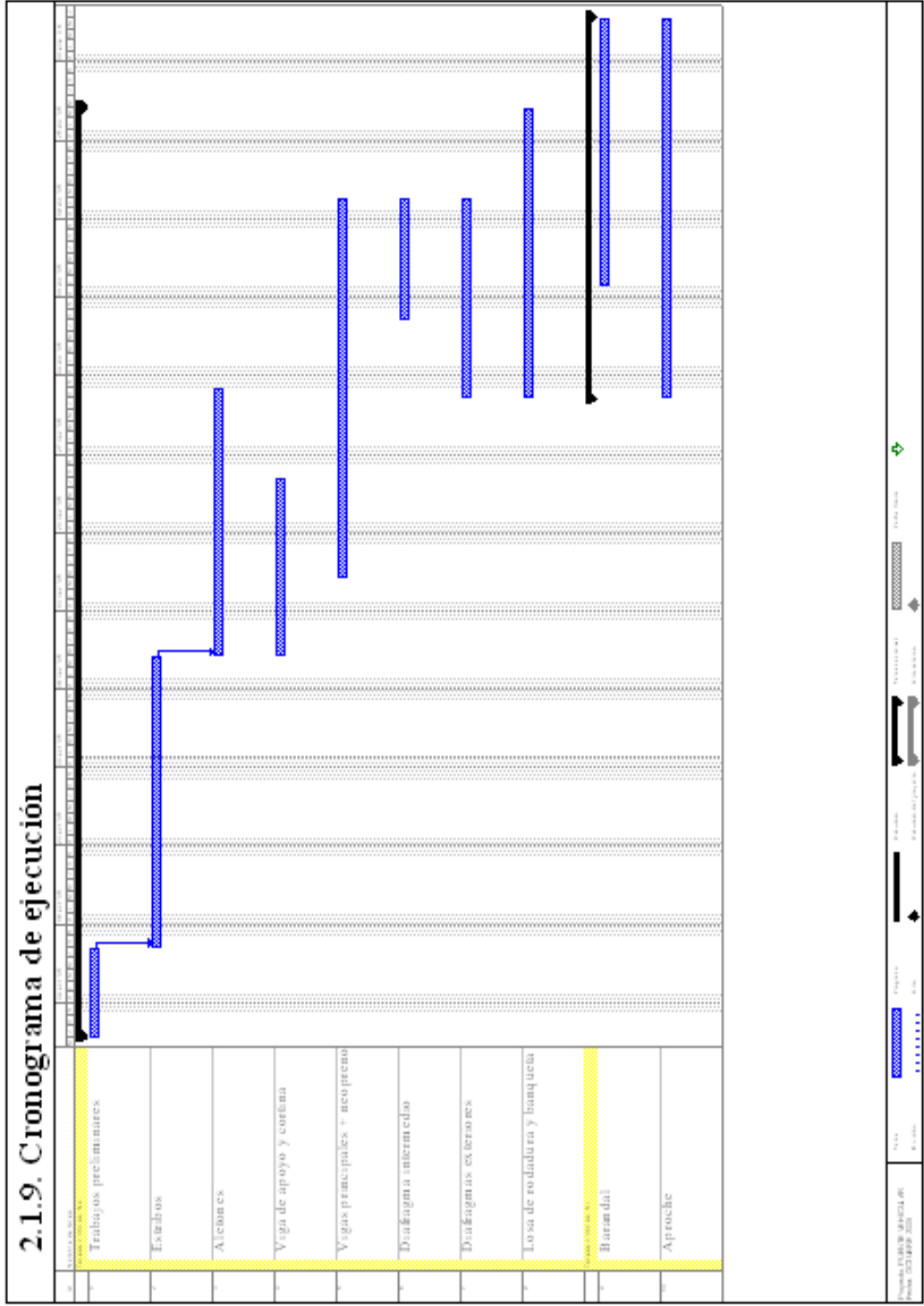
Volumen: 0.44 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
1	Cemento	4.00	Sacos	41.00	164.00
2	Arena de rio	0.29	m <sup>3</sup>	80.00	23.20
3	Piedrin de 1/2"	0.39	m <sup>3</sup>	140.00	54.60
4	Hierro No. 3	18.00	Unidades	21.53	387.54
5	Hierro No. 2	9.00	Unidades	9.33	83.97
6	Alambre de amarre	6.00	Libras	4.00	24.00
7	Clavo de 3"	3.00	Libras	4.00	12.00
8	Tubo HG. de 2"	18.00	Unidades	285.00	5,130.00
	<b>Total de materiales</b>				<b>5,879.31</b>
	<b>Mano de obra</b>				
9	Hecha de armadura No. 3	108.00	ml.	1.75	189.00
10	Hecha de estribo No. 2	90.00	Unidades	1.50	135.00
11	Formaleteado	57.60	ml.	22.50	1,296.00
12	Fundicion	14.40	ml.	18.00	259.20
13	Desencofrado	57.60	ml.	4.00	230.40
	Subtotal de mano de obra				2,109.60
	Factor de ayudante 38 %				801.65
	Factor de prestaciones 65 %				1,371.24
	<b>Total de mano de obra</b>				<b>4,282.49</b>
	Total de material y mano de obra:				10,161.80
	Utilidad 25 %				2,540.45
	Total				<b>Q12,702.25</b>
	<b>Precio unitario = Q. 365.01 / ml.</b>				

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
1	Trabajos preliminares	1.00	Global	16,900.00	16,900.00
2	Estribos	197.57	m <sup>3</sup>	841.18	166,191.93
3	Aletones	88.27	m <sup>3</sup>	819.02	72,294.90
4	Viga de apoyo o cortina	7.10	m <sup>3</sup>	2,428.16	17,239.94
5	Vigas principales	34.80	ml.	2,550.81	88,768.19
6	Diafragma interior	1.80	ml.	1,663.80	2,994.84
7	Diafragma exterior	3.60	ml.	1,285.90	4,629.24
8	Losa de rodadura	64.80	m <sup>2</sup>	638.39	41,367.67
9	Banqueta	21.60	m <sup>2</sup>	895.30	19,338.48
10	Barandal + drenaje	34.80	ml.	365.01	12,702.35
11	Neopreno	1.00	Global	4,625.00	4,625.00
12	Aproche	926.84	m <sup>3</sup>	125.00	115,855.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>562,907.53</b>
	<b>INDIRECTOS</b>				
	Imprevistos	10%			56,290.75
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>619,198.29</b>
	ISR	5%			30,959.91
	IVA	12%			74,303.79
	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q724,461.99</b>
	<b>Costo total / m<sup>2</sup></b>				<b>Q8,384.98</b>

## 2.1.9. Cronograma de ejecución



**FLUJO DE CAJA**  
**Proyecto: PUENTE VEHICULAR**  
**Administrador: MUNICIPALIDAD**

No.	Nombre de la terea	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	Total
1	Trabajos preliminares	Q7,250.10	Q14,500.20													Q21,750.30
2	Estribos		Q11,882.72	Q59,413.62	Q59,413.62	Q59,413.62	Q23,765.45									Q213,889.03
3	Aletones						Q15,507.26	#####	#####	#####						Q93,043.55
4	Viga de apoyo y cortina						Q5,546.95	Q9,244.92	Q7,395.93							Q22,187.80
5	Vigas principales + neopreno							Q15,024.63	Q25,041.05	Q25,041.05	Q25,041.05	Q25,041.05	Q5,008.21			Q120,197.04
6	Diafragma intermedio										Q550.62	Q2,753.11	Q550.62			Q3,854.35
7	Diafragmas exteriores									Q496.49	Q2,482.43	Q2,482.43	Q496.49			Q5,957.84
8	Losa de rodadura y banquetta									Q4,340.49	Q21,702.45	Q21,702.45	Q21,702.45	Q8,680.98		Q78,128.82
9	Barandal										Q4,541.09	Q4,541.09	Q4,541.09	Q2,724.65		Q16,347.92
10	Aproche									Q6,212.72	#####	#####	#####	#####	Q18,638.17	Q149,105.37
	Total	Q7,250.10	#####	Q59,413.62	Q59,413.62	Q59,413.62	#####	Q50,144.98	Q58,282.41	Q61,936.18	Q80,840.17	Q87,583.75	#####	#####	#####	Q724,462.02





## **2.2. DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL PARA EL PARCELAMIENTO CUNCÚN**

### **2.2.5. Descripción del proyecto**

Comprende la evaluación del estado físico y funcional de todos los elementos que conforman el proyecto, con el objeto de determinar las condiciones actuales y cual será el comportamiento de estos elementos en un futuro. Después de la inspección inicial detallada y del levantamiento topográfico, se procede al diseño geométrico horizontal y vertical, presentando las mejoras necesarias, ajustándose en la medida de lo factible, a las normas de referencia de la dirección general de caminos para un camino tipo F. Seguidamente, se presenta el estudio y diseño propuesto de drenaje menor, así como recomendaciones acerca del drenaje mayor existente. Se hace una evaluación y propuesta de los bancos de materiales locales y tipo de suelo existente, con sus ventajas y desventajas en la aplicación al desarrollo de este proyecto.

### **2.2.6. Topografía indispensable**

#### **2.2.6.1. Inspección inicial**

Se hizo una inspección detallada de las condiciones existentes en la ruta del presente estudio; se determinó que la investigación de los datos de campo debía ser sustentada por el levantamiento topográfico de un eje, seccionada y nivelada. Para el efecto se investigaron puntos obligados, así como de drenajes existentes, observaciones con respecto al tipo de suelo y posibles sectores para material de préstamo y desperdicio.

La ruta en estudio que comunica a el parcelamiento Cuncún, cuenta con muy pocas pendientes y su ancho promedio es de 7.5 m. A lo largo del camino no existen viviendas, únicamente las casas patronales de las diferentes fincas que existen en esta área.

La sub.-rasante existente es firme; ya que las fincas que colindan con el camino, en épocas de verano le dan mantenimiento a la superficie de rodadura, pero debido a que el mismo por carecer de un diseño adecuado y obras de arte, en épocas de invierno se forman zanjas al centro del camino y se lava toda la carpeta de rodadura.

#### **2.2.6.2. Levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico, se utilizó el sistema de poligonal abierta por el método de dobles deflexiones, localización de eje central y secciones transversales con estaciones a cada veinte metros.

El equipo utilizado para dicho levantamiento fue lo siguiente: Teodolito Wild T-1 Con su respectivo trípode, dos plomadas de 1 libra, una cinta métrica de cadena, un estadal de madera de 4 metros, una almadana y machetes.

La municipalidad colaboró con personal local para seguridad del equipo, cadeneros y un vehículo para transportar el equipo de ida y vuelta, ya que por ser una ruta muy desolada se corre riesgo transportarlo a pie.

En cada estación se levantaron secciones transversales, hasta una distancia máxima de 8.00 m. a cada lado de la línea central. Se considero que con esta distancia es suficiente para rediseñar la ruta.

#### **2.2.7. Diseño geométrico**

Se adaptó principalmente a la alineación y perfil existente, limitándose al mínimo, efectuar otras alternativas o modificaciones.

### 2.2.7.1. Alineación horizontal (descripción)

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub.-rasante del camino. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son: tangentes, curvas horizontales y las curvas de transición.

**Las tangentes:** son las proyecciones sobre el plano horizontal de las rectas que unen las curvas, así, la tangente es la longitud comprendida entre el fin de la curva anterior ( PT ) y el principio de la siguiente ( PC )

A cualquier punto preciso de la alineación horizontal localizado en el terreno sobre una tangente se le denomina punto de observación en tangente (POT). La longitud de una tangente esta condicionada por la seguridad, los accidentes geográficos y topográficos; por su longitud, puede ser máxima o mínima. La máxima, por seguridad, no debe ser muy larga, pues es causa potencial de accidentes, conviene limitar la longitud de ellas; además, durante la noche favorecen los deslumbramientos. La mínima esta definida por la longitud, necesaria para poder permitir el desarrollo de las curvas de transición.

**Las curvas horizontales:** Son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

**Curvas simples:** es cuando dos tangentes están unidas entre sí, por una sola curva circular. El sentido del caminamiento puede ser hacia la izquierda o derecha.

**Curvas compuestas:** son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido, o de diferente radio, o de diferente sentido y de cualquier radio pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas, cuando son de sentido contrario se llaman compuestas inversas. En caminos rurales deben evitarse estas últimas, porque producen cambios de curvatura peligrosos.

Sin embargo, en intersecciones pueden emplearse siempre y cuando la relación entre los dos radios consecutivos no sobrepase de dos y se resuelva satisfactoriamente la transición de sobre elevación.

**Curvas de transición:** cuando un vehículo pasa por un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobre elevación. Para lograrlo se usan estas curvas y su definición será, la curva que une una tangente con una curva circular simple, teniendo como característica la variación continua en el valor del radio de curvatura a través de su longitud, desde el infinito en la tangente al que corresponde para la curva circular.

#### **2.2.7.1.1. Referencia para el diseño geométrico aplicado**

Se tomo el diseño para un camino tipo F de la dirección general de caminos, por ser ésta la entidad tutelar; las normas resumidas, son las siguientes:

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Llanas</b>
Trafico promedio diario de	10 a 100
Velocidad de diseño	40 Km./h
Ancho de calzada	5.5 m

**Ancho de terracería**

Corte	9.50 m
Relleno	8.50 m
Derecho de vía	15.00 m
Radio mínimo	47.00 m

**Distancia de visibilidad de parada**

Mínima	40.00 m
Recomendada	50.00 m
Distancia de visibilidad de paso	
Mínima	180.00 m
Recomendada	200.00 m
Pendiente de máxima	10 %
Pendiente mínima para drenaje	5 %

**2.2.7.1.2. Aplicación del alineamiento geométrico horizontal**

En la entrada al ingenio Santa Ana, en E5 + 111 cuenta con una curva a 90 grados, de pendiente suave, por ser una intersección de calle, esta curva se queda conforme a la alineación existente. El resto de este tramo a sufrido algunas pequeñas modificaciones geométricas horizontales o verticales, con la finalidad de que cumplan con las especificaciones y parámetros de diseño anteriormente mencionados.

Luego de la evaluación de la ruta, se concluye que la línea preliminar no saldrá exageradamente de su ubicación con los ajustes que se trataran de realizar para el mejoramiento de la misma.

### 2.2.7.2. Descripción del alineamiento vertical

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subrasante. Al eje de la subrasante en alineamiento vertical se le llama línea de subrasante. Los elementos que componen el alineamiento vertical son: tangente y curvas verticales.

**Tangentes:** se caracterizan por su longitud y pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

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

**La pendiente mínima:** se fija para permitir el drenaje; en los terraplenes puede ser nula ( 0% ), dado que en ese caso actúa el drenaje transversal; en los cortes se recomienda el 2% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.

**Pendiente gobernadora:** es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante, para dominar un desnivel terminado en función de las características del tránsito y de la topografía del terreno.

**Curva vertical:** la finalidad es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra. Estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc.

La parabólica simple es la que más se utiliza debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptación.

Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes máximas permisibles de curvas, con el objeto de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

#### **2.2.7.2.1. Aplicación del diseño vertical**

Todas las pendientes que se encuentran a lo largo de toda la ruta, están dentro de los límites de pendiente máxima para camino tipo F. Por ser una región con pocas pendientes el diseño vertical fue ajustado lo más posible al perfil existente. El criterio de diseño de subrasante, fue utilizar puntos de campo obligados, obstáculos inamovibles, máximos cortes y rellenos, mínima alteración del entorno natural, especialmente causas de agua, etc.

#### **2.2.7.3. Seccionamiento transversal**

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. La longitud de las secciones puede variar de acuerdo con el terreno a criterio del topógrafo.

#### **2.2.8. Trabajo de gabinete**

Una vez completado el levantamiento de campo (tránsito, niveles y secciones). Se procesó en gabinete, obteniendo coordenadas totales y niveles de cada estación y sección usando las fórmulas:

Para coordenadas totales,

$$X1 = Dh1 * \text{Seno (Rumbo 1)}$$

$$Y1 = Dh1 * \text{Coseno (Rumbo 1)}$$

$$X2 = X1 + Dh2 * \text{Seno (Rumbo 2)}$$

$$Y2 = Y1 + Dh2 * \text{Coseno (Rumbo 2)}$$

Para cotas y niveles

$$Hi1 = Bm1 + Va1$$

$$C1 = Hi1 - Vi1$$

$$C2 = Hi1 - Vi2$$

Donde

Bm1 = banco de marca numero 1 como referencia de nivel al inicio de la nivelación

C1 = cota en punto uno

C2 = cota en punto dos

Dh1 = distancia horizontal entre el inicio del tramo y la estación uno

Dh2 = distancia horizontal entre la estación uno y la dos

Hi1 = altura del nivel de precisión respecto al banco de marca

Rumbo 1 = orientación al norte magnético, desde EO a E1

Rumbo 2 = orientación al norte magnético, desde E1 a E2

Vi1 = vista intermedia para la estación uno, en la nivelación

Vi2 = vista intermedia para la estación dos, en la nivelación

Va1 = vista atrás respecto al Bm1, al inicio de la nivelación

X1 = abcisa en punto uno

X2 = abcisa en punto dos

Y1 = ordenada en punto uno

Y2 = ordenada en punto dos

Con los resultados del alineamiento horizontal y vertical se procedió a dibujar la planta y perfil preliminar existente, a escala horizontal 1 : 1000 y vertical 1 : 100. Lo cual permitió analizar mejor las características generales del tramo a diseñar. Se relacionó el dibujo de planta perfil, con las pendientes existentes, chequeando su rango de velocidad de diseño.



Con la velocidad de diseño para cada tramo se procedió al diseño geométrico horizontal (curvas circulares simples) y vertical (diseño de rasante y curvas verticales parabólicas simples) ajustándose a las normas de diseño, modificando lo menos posible la geometría de la subrasante existente, respetando puntos obligados, por ejemplo, viviendas construidas a la orilla del camino, drenaje mayor y menor, pasos de agua de lluvia, etc. Evaluando modificar la línea, para mejorar curvas y trazos inadecuados.

Definidos los cambios y mejoras a presentar, se calcularon las distancias entre PT y PC, así como las deflexiones modificadas entre cada tramo.

Se calcularon los elementos de cada curva horizontal, tomando el criterio de radio mínimo y características de delta ( $\Delta$ ). Si  $\Delta$  (deflexión) es mayor de  $90^\circ$ , se fija el radio (R) de curvatura, si  $\Delta$  deflexión es menor de  $90^\circ$  se fija la subtangente (st).

Las formulas utilizadas para calcular los elementos de la curva horizontal simple son:

Radio de curvatura	$R = (St) / (Tg (\Delta / 2))$
Cuerda máxima	$Cx = 2R * (\text{Sen} (\Delta / 2))$
Grado de curvatura	$G = (1145.9156) / R$
Principio de curva	$PC = PI - ST$
Longitud de curva	$LC = ((\Delta) / G) * 20$
Principio de tangente	$PT = PC + LC$

Se presenta como ejemplo, el cálculo de una curva, pues es un proceso repetitivo para calcular todas las demás:

Datos:	deflexión,	$\Delta = 61^\circ 24' 46''$
	subtangente	$St = 24.83 \text{ m.}$
	Tangente	$Tg = 109.48 \text{ m.}$

Elementos de la curva horizontal:

$$\text{Radio de curvatura} = (24.83) / (\text{Tg} (61^\circ 24' 46'' / 2)) = 47.75 \text{ m.}$$

$$\text{Grado de curvatura} = (1145.5156 / 47.75) = 23^\circ 59' 23''$$

$$\text{Longitud de curva} = (61^\circ 24' 46'' / 23^\circ 59' 23'') * 20 = 51.18 \text{ m}$$

$$\text{Cuerda máxima} = 2 * 47.75 * (\text{seno} (61^\circ 24' 46'' / 2)) = 44.30 \text{ m}$$

$$\text{Caminamiento en PT de la curva anterior} = \text{EO} + 301.831$$

$$\text{Tangente entre la curva anterior y esta curva} = 109.48 \text{ m}$$

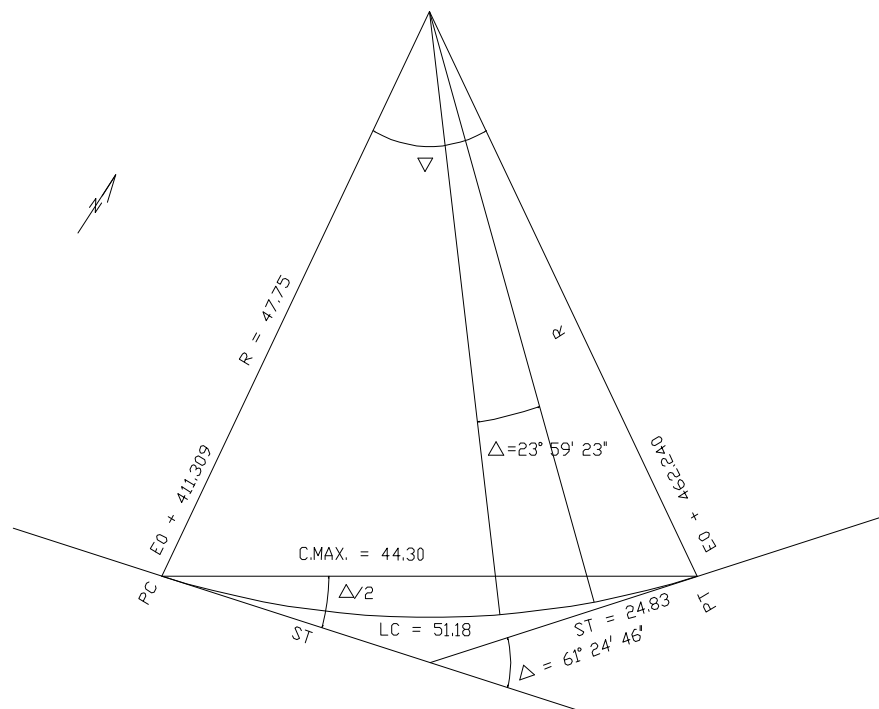
$$\text{PC} = \text{PT (de la curva anterior)} + \text{Tg (entre las dos curvas)}$$

$$\text{PC} = (\text{EO} + 301.831) + 109.48 = \text{EO} + 411.309$$

$$\text{PT} = \text{PC} + \text{LC} = \text{EO} + 411.309 + 51.18 = \text{EO} + 462.49$$

Se presenta un croquis del presente ejemplo:

**Figura 22. Curva horizontal simple**



Luego de calcular todas las curvas horizontales simples, se chequearon las tangentes mínimas.

Se procedió a deducir el perfil en los lugares donde se corrió la línea, de acuerdo al diseño geométrico.

Se procedió a corregir el perfil definitivo a una escala horizontal de 1:1000 y vertical 1:100.

Se efectuó el diseño final de subrasante.

Se calcularon las pendientes finales de subrasante y sus curvas verticales. Las cuales fueron calculadas por la fórmula siguiente:

$$L = K * A$$

L = longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa).

K = constante que depende de la velocidad de diseño.

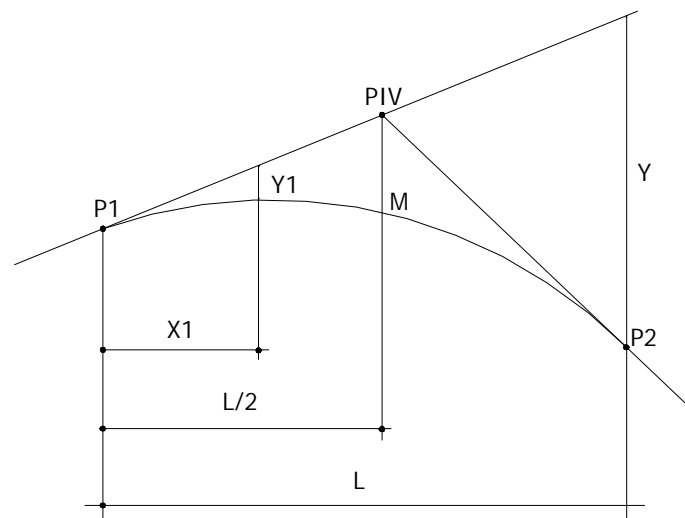
A = diferencia algebraica de pendiente

**Tabla V. Valores de K, según velocidad de diseño**

Velocidad de diseño	Valor de K según tipo de curva	
	Concava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

A continuación la curva parabólica simple, tipo convexa.

**Figura 23 Curva vertical parabólica.**



$$Y = KX^2$$

$$M = K(L/2)^2$$

$$\frac{Y}{M} = \frac{KX^2}{K(L/2)^2} = \frac{X^2}{(L/2)^2}$$

Aunque se plotearon todas las secciones no se considero necesario el diagrama de masas. Justificándose porque no es un camino nuevo, ni de primer orden. Es decir, la subrasante no será modificada significativamente, por lo tanto el movimiento de tierras, será mínimo.

### **2.2.9. Estudio y diseño de drenaje**

El clima de la Democracia se caracteriza por una variación marcada de intensidad de lluvia y un porcentaje bastante alto de temperatura mensual de 32°C. La temporada lluviosa se inicia en el mes de mayo y dura hasta el mes de octubre. Este periodo constituye mas del 90% de la precipitación anual de unos 1016.5 mm, según el INSIVUMEH. Con base a la inspección realizada se pudo observar que no se tiene problemas de erosión a todo lo largo del camino, ya que la mayoría de terrenos adyacentes a la vía son bastante planos.

#### **2.2.9.1. Inspección preliminar y datos de campo**

Para los estudios de drenaje también se realizó la inspección inicial de la condición física de las estructuras existentes. Tanto de drenaje mayor como menor.

##### **2.2.9.1.1. Drenaje mayor existente**

En E0+436.90, se localiza un puente de concreto, de 4.40 m de ancho por 6.00 de largo. Altura sobre el cause seco 2.00 m, apoyado sobre dos muros de concreto ciclópeo, con banqueta y barandal, losa de 20 cm. de espesor, es un proyecto reciente, aun existen planos y esta diseñado para vehículos pesados y livianos.

En E6+226.49, se localiza un segundo puente de concreto, de 4.00 m de ancho por 6.00 de largo.

Altura sobre el cause seco 1.50 m, apoyado sobre dos muros de concreto ciclópeo, sin banquetta y barandal, losa de 20 cm. de espesor, se desconoce su refuerzo. Se considera que la estructura no está diseñada técnicamente. Según observaciones en el lugar, el puente funciona en condiciones aceptables.

En E7+471.10, se localiza un tercer puente de concreto, de 4.00 m de ancho por 5.00 de largo. Altura sobre el cause seco 2.80 m, apoyado sobre dos muros de concreto ciclópeo, sin banquetta y barandal, losa de 20 cm. de espesor, se desconoce su refuerzo. Se considera que la estructura no fue diseñada técnicamente. Según observaciones en el lugar, el puente funciona en condiciones aceptables.

#### **2.2.9.1.2. Drenaje menor existente**

En el camino en mejoramiento hay construidos drenajes transversales con tubo de cemento de 12 pulgadas, azolvadas y sin funcionar, sin caja, sin muro cabezal, el primero se encuentra localizado en la estación E1+492.00 el segundo en la E1+871.19 y el tercero en la E2+796.50 y por último se encuentra un drenaje transversal con tubo de cemento de 40 pulgadas, localizado en la estación E8+206.45.

#### **2.2.9.2. Drenaje transversal (descripción)**

Sirve para dar paso rápido al agua que no puede desviarse en otra forma y que tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

En estas obras de drenaje se pueden usar tuberías, las cuales evacúan las aguas provenientes de cunetas y de cuencas definidas, y pueden ser permanentes como los riachuelos o variables como las aguas de lluvia. Las tuberías que únicamente desaguan aguas de lluvia deben inspeccionarse con frecuencia, especialmente al inicio y durante el invierno.

### **2.2.9.2.1. Drenaje transversal propuesto**

El presente estudio contempla la ejecución de estructuras de drenaje transversal con diámetro de 30 pulgadas de tubería a corrugada de acero, con su caja de entrada y cabezal de salida, según especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. (Norma DGC). Las cuales están ubicadas en planos

### **2.2.9.3. Drenaje longitudinal (descripción)**

Se refiere a las obras de captación y defensa como cunetas, contra cunetas y bombeo.

**Cunetas:** el diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos. Es importante que el fondo de la cuneta se conserve como se especifique en el diseño: la profundidad debe estar más baja que el nivel de la subrasante, para interceptar el agua subterránea proveniente de los diferentes elementos que constituyen un pavimento. Sin embargo cuando es muy fuerte y los territorios son muy deleznable, deben revestirse para evitar su erosión. En algunos casos es necesario modificar la pendiente con gradas para disipar la energía de las altas velocidades.

El revestimiento de las cunetas puede hacerse utilizando diferentes materiales que desde la piedra bola o cantos rodados, ligados con mortero de arena-cal o arena-cemento, hasta planchas de concreto hidráulico prefabricadas o fundidas en el lugar. En los rellenos todas las cunetas deben protegerse, revistiéndolas por alguno de los medios ya señalados o protegiéndolos con plantas gramíneas. Es importante que la cuneta quede lo suficientemente retirada del talud, formando entre ambos un hombrillo mínimo de 60 centímetros, el cual debe ser protegido. En el presente caso se diseñó cuneta en forma triangular debido a que no se erosiona fácilmente.

**Contra cunetas:** estas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno no se deben construir contra cunetas.

Una buena practica de trabajo es la de inspeccionar todos los drenajes cuando suceden lluvias intensas, para determinar su correcto funcionamiento. En el presente estudio no se considero el diseño de estos elementos.

**Bombeo:** a la pendiente de la sección transversal de un camino se le llama bombeo, cuyo objetivo es drenar hacia los lados (cunetas) el agua que cae en el camino. El bombeo utilizado en este proyecto es de 3%.

**Mantenimiento y reparación:** por ser el agua no controlada el mayor problema natural de las carreteras, es importante el mantenimiento de las cunetas y las contra cunetas, para mantener el mayor tiempo posible los elementos que constituyen una carretera en optimas condiciones. Es decir, la reparación y mantenimiento de las obras de drenaje debe ser continuo y cuidadoso.

#### **2.2.9.3.1. Drenaje longitudinal**

Para el drenaje longitudinal, se toma como base las pendientes de diseño de subrasante y perfil existente, así como los cursos de agua natural y fondos de cuenca que necesariamente interceptan la ruta, se recomienda construir cunetas tipo triangular: de terreno natural (véase detalle en el anexo).



### **2.2.10. Estudio de bancos de préstamos de material**

El área de la Democracia, al igual que todas las tierras de la parte baja de la zona sur de Escuintla, es de origen sedimentario. Formadas en capas acumuladas por el asentamiento de sedimentos en cuerpo de agua. En esa forma el municipio se caracteriza por ser una zona de inundaciones y de nivel freático superficial.

Los suelos del municipio, son materiales compuestos de limo arenas y con gran porcentaje de gravas extremadamente sólidas. Los suelos del área parecen ser bastante fértiles por lo que se observa una gran variedad de cultivos.

#### **2.2.10.1. Bancos existentes**

Se cuenta con un banco de material selecto, en el camino que conduce a el Ingenio Santa Ana, a una distancia promedio de 2 Km. del área de trabajo; en el cruce con la estación E5 + 111 de la ruta en mejoramiento, éste se ha utilizado para otras obras que la municipalidad ha realizado donde requiere material adecuado.

Por otro lado también se cuenta con un banco de material balasto, localizado a unos 6 Km. del área de trabajo, se encuentra ubicado en la finca las Ilusiones, carretera que conduce al Municipio de Siquinala, dicho material se ha utilizado para mantenimiento de otros caminos del mismo municipio.

Todo el material de obra civil, tales como agregados finos y gruesos, aglomerantes, piedra, ladrillos y bloques, etc. Deberán adquirirse dentro del perímetro urbano de la Democracia.

### 2.2.10.2. Evaluación de suelos y materiales

Para este estudio se realizaron los ensayos correspondientes para determinar la calidad del suelo, ensayos de compactación, ensayos de razón soporte California (CBR), análisis granulométrico, Límites de Atterberg.

Los resultados de los ensayos son los siguientes:

**Ensayo de compactación:** material consistente en arena limosa de color negro, densidad seca máxima 1.349 t / m, Humedad optima Hop. 31.7 %.

**Ensayo de C.B.R.:** material consistente en arena limosa de color negro

**Tabla VI. Ensayos de CBR**

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H(%)	$\gamma_d$ kg/m <sup>3</sup>	(%)	(%)	(%)
1	10	32.6	1180.5	87.52	0	8.6
2	30	32.6	1289.3	95.58	0	12.6
3	65	32.6	1324.8	98.21	0	16.6

**Análisis granulométrico con tamices y lavado previo:** material consistente en arena limosa de color negro.

Grava: 4.7 %

Arena: 49.2 %

Finos: 46.1 %

**Ensayo de límites de Atterberg:** Material consistente en arena limosa color negro, no tiene límite líquido, no tiene índice de plasticidad por lo que se considera un material no plástico.

### **3. IMPACTO AMBIENTAL**

En Guatemala, desde hace algunos años, se crearon algunas divisiones dentro de instituciones gubernamentales en lo que respecta a la evaluación y mitigación de impactos ambientales. En el área de caminos rurales, fue creado el componente de conservación del medio ambiente (CCMA), en 1998. Pero debido al poco campo que abarca la CCMA en la construcción de caminos, el Ministerio de Comunicaciones Transporte y Obras Publicas se vió en la necesidad de crear en el año de 1996, dentro de la dirección general de caminos, el Programa de Gestión Ambiental de la Unidad de Planeamiento DGC (PGA-UP-DGC).

Este ente es el encargado de todo lo relacionado con la evaluación de impacto ambiental en lo que respecta a la construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la red vial, incluyendo caminos rurales y caminos no pavimentados. Dentro de sus funciones se incluye el realizar un proceso de evaluación y seguimiento ambiental.

Se establece que los caminos rurales son proyectos que necesitan ser evaluados con mayor detalle por medio de una evaluación de impacto ambiental. Cuando los proyectos son de trabajos menores, (donde encaja el presente estudio) como, rehabilitación, ampliación, mejoramiento y mantenimiento de caminos rurales, en donde el tipo de trabajo no implica eliminación exagerada de cubierta vegetal, los cortes y rellenos son pequeños, los volúmenes de material no son muy grandes, etc. Se recomienda utilizar el cuestionario preliminar de evaluación de impacto ambiental del BCIE.

Las prioridades en el mantenimiento de caminos deben ser determinadas durante las inspecciones de campo llevadas a cabo en la época lluviosa, cuando los problemas asociados a los drenajes de agua superficial, estabilidad de taludes y descarga de sedimento en los cuerpos de agua, son más evidentes.

### **3.1. Etapa de operación y mantenimiento**

En esta etapa hay impactos de tipo: Benéficos significativos (Bs), Benéficos no significativos (Bns), Adverso significativo (As), y adversos no significativos (Ans), los impactos son los siguientes.

#### **Impacto benéfico significativo (Bs)**

- El tránsito será beneficiado con la realización del proyecto.
- Ahorro de costos de operación y tiempo para los habitantes con la ejecución del proyecto.
- Es necesario agregar el beneficio que se obtiene al disminuir la fracción de producción agrícola perdida por no extraerse debido al mal estado del camino, o no contar con un medio de transporte vehicular. La certeza de llevar la producción al mercado, motiva a los productores a cultivar sus áreas de producción.
- En las actividades de mantenimiento preventivo del proyecto se generan mano de obra y mejoras al entorno, mediante la eliminación de partes vegetales no deseables y en especial con la recuperación del nivel de servicio del camino.

### **Impacto benéfico no significativo (Bns)**

- Por mantenimiento preventivo y correctivo del proyecto, y por limpieza.

### **Impacto adverso no significativo (Ans)**

- El tramo vial tiene como característica un bajo volumen de tránsito, y en épocas de mucha actividad agrícola (siembra y cosecha) puede aumentar el mismo produciendo un impacto negativo.
- La vibración ocasionada por el paso de vehículos sobre el camino, la combustión de productos derivados de petróleo, la emisión de calor, partículas sólidas, monóxido de carbono, aldehídos, hidrocarburos, plomo, asbesto y otros productos de combustión, aunque son impactos adversos, los mismos no son significativos.
- La falta de estabilidad de los taludes podría causar derrumbes y también la erosión hídrica.

### **Impacto benéfico significativo (Bs)**

- Las condiciones de saneamiento básico de la comunidad recibirán un impacto fuerte al tener vías de comunicación que facilitan su desarrollo.
- Se podrá garantizar el abastecimiento alimenticio y la extracción de los excedentes de los productos del lugar. Estos son objetivos primordiales del proyecto.

- El acceso vial de una región facilita la prestación de servicios de salud y bienestar social.
- Hay instituciones de desarrollo que prestan sus servicios, pero si el estado del camino no es adecuado, estos se ven limitados a realizar sus funciones, como asistencia técnica y crediticia a los pobladores del área de impacto total.

### **3.2. Mitigación de impactos ambientales**

En los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada uno tiene sus respectivos impactos ambientales adversos.

Para un proyecto de caminos rurales se pueden utilizar diversas medidas de mitigación que van desde obras de infraestructura, hasta barreras vivas y barreras muertas u otras obras sencillas construidas con materiales propios del lugar.

#### **3.2.5. Medidas de mitigación para la ejecución del proyecto**

Una matriz simplificada permite estudiar actividades típicas del proyecto, donde se relacionan los ambientes físicos y socioeconómicos.

Entre los ambientes físicos se estudia la contaminación de cuerpos de agua, suelo, atmósfera y alteración de recursos biológicos. Dentro del ambiente socioeconómico se considera el cambio de paisaje, aspectos humanos, socioculturales y económicos.

#### **3.2.5.1. Preparación del sitio y medidas de mitigación recomendadas**

- No realizar la quema de material vegetal por ningún motivo, por efectos de combustión sobre la atmósfera, sobre el suelo que pierde humedad y la flora, fauna, microflora y micro fauna que se ven afectados en la alteración de su ciclo biológico, destrucción de su hábitat y contaminación de suelos y ríos por partículas que lleva el agua de lluvia o el viento.
- La deposición final de desechos, que provienen del proyecto en sí, o de sus labores de mantenimiento y la reparación de maquinaria, de vehículos o de equipo, se debe realizar en sitios alejados de agua superficial. La ubicación de este sitio estará a criterio del ingeniero encargado de la ejecución del proyecto.

#### **3.2.5.2. Construcción y medidas de mitigación**

- Todo el material de corte del terreno se deberá depositar en sitios ubicados a más de 100 m de un cuerpo de agua superficial; en caso que se deposite en sitios donde este expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes y/o gaviones de piedra sostenido con malla de alambre galvanizado para que desempeñen la función de muro de retención y que se siembren especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.
- Los sitios serán previamente seleccionados por el responsable de la ejecución del proyecto, sin embargo, si se requiere del apoyo de personal del Componente de Conservación del Medio Ambiente, puede solicitarse a Caminos Rurales, DGC.
- Los trabajos del proyecto deberán realizarse solamente durante el día, evitando trabajos de noche para no causar disturbios ambientales.

- La manipulación del suelo y agregados pétreos deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podrían causar problemas de salud a la población asentada en el área, usuarios de la carretera durante su construcción y los propios trabajadores del proyecto.
- En caso hubiera algún tipo de estructura (puente, tubería, muro, etc.), es recomendable utilizarlos si fuera posible o hacerle algún tipo de reparación.
- La construcción de estructuras de drenaje transversal es importante, debido a que el tipo de terreno o parte de la sub-cuenca drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura.
- La tubería de drenaje transversal será de diámetro adecuado y a intervalos convenientes, con un mínimo de tres unidades por kilómetro.
- En la salida de la tubería se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento. O disipadores con gramíneas, muros de piedra o cualquier otro material propio del lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería y evitar la formación de zanjones si la pendiente del terreno es fuerte.

### **3.2.5.3. Operación y mantenimiento**

- El proceso de erosión es fácil de controlar mediante la conservación de la cubierta vegetal existente y estableciendo nuevas plantas o vegetación, en lugares escasos o desprovistos de las mismas.



- Es recomendable que en la disminución de pendientes y la ampliación de curvas, en la parte interior de estas, se baje la altura de los bordos y se elimine plantas que dificulten la visibilidad.
- Es necesario que la protección de corte de los taludes sea el adecuado de acuerdo a su altura no excediéndose en el mismo.
- Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad o presenta dificultad en lograr el ángulo de corte indicado, se puede lograr mediante el establecimiento de plantas y la aplicación de cemento inyectado. Se recomienda que cuando los taludes sean mayores de cuatro metros se hagan terrazas provistas de cubierta vegetal.
- Durante el tiempo que tardan en estabilizar los taludes habrá derrumbes; entonces, debe recogerse el material para depositarlo en los lugares recomendados anteriormente.

### **3.3. Impactos ambientales y socioeconómicos secundarios de los proyectos de caminos rurales:**

- Inflación de precios locales incluyendo el valor de las tierras y las rentas.
- Extensión de pestes y enfermedades.
- Conflictos entre residentes locales (especialmente grupos étnicos e indígenas), o inmigrantes, sobre valores culturales y estilos de vida.
- Desplazamiento de comunidades nativas y económicas de subsistencia por agricultura o ganadería comercial.

- Incremento de la contaminación del suelo y del agua, asociada al aumento del tránsito de vehículos, basura a la orilla de las vías y producción agrícola más intensiva.
- Aumento en la contaminación por ruido y polvo.
- Destrucción inconsistente de sitios culturales y arqueológicos.

## **4. PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA**

### **4.1. Conformación**

#### **4.1.5. Descripción**

Este trabajo consistirá en conformar la superficie de rodadura y cunetas de la ruta no pavimentada, para mantener el perfil del camino en condiciones adecuadas de transitabilidad y comprenderá los trabajos que se describen a continuación.

- Escarificación, homogenización, conformación, humedecimiento, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura.
- Conformación, construcción o reconstrucción de cunetas.
- Limpieza del material sobrante de la conformación.

##### **4.1.5.1. Escarificación, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura**

En las áreas que necesiten reacondicionamiento, el responsable del proyecto debe proceder a escarificar el suelo de sub.-rasante hasta una profundidad de 20 centímetros, eliminando las rocas mayores de 10 centímetros, acondicionándolas fuera del lecho del camino; seguidamente debe proceder a ajustarse y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 centímetros de espesor si así lo requiere el diseño.

La conformación de la superficie de rodadura se ejecutara acomodándose a las dimensiones de la sección propuesta (5.50 m de rodadura más dos cunetas de 0.75 m c/u) del camino (alineamiento y pendientes). Se debe escarificar, mezclar y conformar para obtener el bombeo especificado (3%) en el presente proyecto.

El material resultante se deberá mezclar, humedecer, conformar, afinar y compactar hasta obtener una densidad mínima del 95% (AASHTO T-191) respecto a la densidad máxima T-99 (c) de la AASTHO (Próctor Estándar). Se sugiere T-180 (modificado).

La capa final de balasto, debe afinarse ajustándola razonablemente a los alineamientos horizontales y verticales y secciones típicas de plataforma.

#### **4.1.5.2. Conformación, construcción o reconstrucción de cunetas**

El proceso a seguir para la conformación, construcción o reconstrucción de las cunetas de toda la ruta, deberá hacerse de acuerdo al diseño y a las dimensiones de la sección típica especificada en el anexo.

Deberán conformarse y limpiarse las cunetas existentes para permitir el libre paso de las aguas. Deberán construirse cunetas en los sitios en que las cunetas originales estén deformadas y / o no cumplan con las dimensiones.

Donde existan cunetas erosionadas o azolvadas, que no cumplan con la profundidad de las cunetas que aparecen indicadas en la sección típica seleccionada, se deberá reconstruir con el equipo adecuado.

Durante el proceso constructivo o de construcción de las cunetas erosionadas, el material a agregarse o reponerse deberá ser el sugerido en este estudio o equivalente, y deberá tener la humedad óptima y compactarse hasta lograr una densidad mínima del 95%, mediante el método T-180 (modificado).

La construcción o reconstrucción de las cunetas erosionadas, deberá hacerse en forma coordinada con la construcción o mejoramiento del resto de la superficie de rodadura, considerando ambas como un solo cuerpo para la definición correcta de la sección típica propuesta aquí .

#### **4.1.5.3. Limpieza del material sobrante de la conformación**

El proceso de limpieza del material sobrante de la conformación de la superficie de rodadura y cunetas, consiste en la remoción y extracción de todos los residuos resultantes de la ejecución de dichos trabajos.

Incluye además todo el material que se haya derramado en las entradas o salidas de las alcantarillas o canales (salidas) de agua, por efecto de la ejecución de los trabajos de conformación. Estos desechos deberán ser removidos y depositados en sitios adecuados en donde no contribuyan a la contaminación de la superficie de rodadura existente ni cerca de canales que provoquen que este material se deposite en las estructuras de drenaje, ni en sitios que causen daños de contaminación ambiental.

## **4.2. Colocación de la capa de balasto**

### **4.2.5. Descripción**

La actividad de colocación de la capa de balasto consiste en tender el material de préstamo aprobado. Incluye la obtención, explotación, acarreo, escarificación, colocación, homogenización o mezcla, conformación, humedecimiento, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura incluyendo cunetas, de acuerdo a la sección típica definida. Para efectos de los bancos de préstamo, la municipalidad de la Democracia deberá obtener el derecho o permiso para la explotación.

Los posibles lugares presentados aquí , solo deberán tomarse como una referencia, verificar lo más conveniente para el proyecto.

### **4.2.6. Materiales**

Por norma, los materiales para la superficie de rodadura incorporados en la obra deben ser pétreos o granulares, de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos objetables según renglón 208, especificaciones DGC.

Deberá asegurarse que cumplan, como mínimo, con una granulometría (porcentaje que pasa), con tamaño máximo de agregado de 2 pulgadas, tamiz No. 4 entre 30 y 70 %, y, tamiz No. 200 entre 10 y 15%. Es decir la grava mayor será de 2 pulgadas, su arena estará entre el 30 y 70 % de su peso y el porcentaje de limos y arcillas no será mayor de un 15% de su peso.

Asimismo, se espera que para los límites de consistencia, la fracción del material que pasa por el tamiz No. 40, debe tener un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado de acuerdo con las normas AASHTO T- 89 y un C.B.R. mayor que 30 (AASHTO T-193). Además, el material deberá tener un peso unitario volumétrico mayor a  $1,282 \text{ Kg. / m}^2 = 80 \text{ lb. / pie}^2$ . El material al ser sometido al ensayo de abrasión en la prueba de los Ángeles, deberá presentar un desgaste menor del 50 % (AASHTO T-96)

Tanto las fuentes de materiales, así como también los procedimientos y equipos usados para la explotación de estos materiales, deben ser aprobados por la municipalidad.

Los procedimientos, equipo de explotación y el sistema de almacenamiento, deben permitir el uso de un producto de características uniformes; si no se cumple con estos requisitos, la municipalidad deberá exigir los cambios que considere necesarios.

La separación o selección de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado, se debe efectuar en el sitio de explotación. Cuando los materiales de los bancos de préstamo no reúnan individualmente las características requeridas, será necesario hacer la mezcla o combinación de dos o más bancos para lograr las mismas.

Se propone para este caso, la integración de dos o más materiales de los bancos posibles del lugar.

#### **4.2.7. Método de trabajo**

El material de balasto para la superficie de rodadura se tenderá sobre la sub-rasante previamente reacondicionada.

Este material será extendido mediante el uso de moto niveladora u otros equipos, capaces de esparcir el material de acuerdo a los requerimientos de pendiente y coronamiento, con los espesores y anchos especificados, pero sin permitir la segregación de estos. La carpeta de rodadura se colocará en capas que podrán variar entre 10 y 25 cm, según la capacidad del equipo de compactación y de acuerdo al espesor final que será de 15 cm, para este proyecto.

El proceso de colocación de la capa de balasto consiste en colocar el material conforme se vaya terminando de construir la sub.-rasante, no debe dejarse sin cubrir la sub.-rasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros.

Cuando la capa de balasto tenga que colocarse sobre una sub.-rasante existente, ésta debe ser conformada y escarificada superficialmente, de acuerdo con las líneas, pendientes y sección típica, por medio de moto niveladora. En los lugares donde los materiales sean suaves o esponjosos, estos deben ser removidos en su totalidad y reemplazados con material apropiado.

Las capas de balasto deben compactarse como mínimo al 90 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

La compactación se comprobará en el campo, cada 300 metros de longitud en cada capa, el ejecutor debe de controlar el contenido de humedad adecuado, calentando el material y determinando la humedad a peso constante, o por el método de carburo de calcio, AASHTO T 217, a efecto de obtener la compactación especificada. Cada capa debe ser nivelada con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme, y no debe proseguirse la compactación de una nueva capa, hasta que la anterior llene los requisitos de compactación.



### 4.3. Transporte de maquinaria

#### 4.3.5. Descripción del trabajo

Consiste en el traslado de la maquinaria pesada mínima, para la ejecución del proyecto, es decir tractor, vibrocompactadora, motoniveladora, cargador frontal, retroexcavadora, camiones de volteo y un camión cisterna para riego.

### 4.4. Integración del presupuesto

- **Maquinaria pesada mínima para ejecutar el proyecto**

Los siguientes precios incluyen operador, lubricantes, combustibles y mantenimiento.

**Tabla VII. Rendimiento de maquinaria**

Tipo	Rendimiento	Valor de renta
Tractor	Mínimo 30 m <sup>3</sup> / hr	375.00 a 425.00 Q / hr
	Máximo 120 m <sup>3</sup> / hr	
	Esperado 60 m <sup>3</sup> / hr	
Motoniveladora	Mínimo 1200 m <sup>2</sup> / día	275.00 a 325.00 Q / hr 3,000.00 Q / día
	Máximo 2000 m <sup>2</sup> / día	
	Esperado 1600 m <sup>2</sup> / día	
	Esperado 500 ml / día	
Retroexcavadora	Mínimo 60 m.l. / día	250.00 a 300.00 Q / hr
	Máximo 100 m.l. / día	
	Esperado 80 m.l. / día	
Excavadora	Mínimo 10 m <sup>3</sup> / hr	400.00 a 450.00 Q / hr
	Máximo 30 m <sup>3</sup> / hr	
	Esperado 20 m <sup>3</sup> / hr	
Cargador frontal	Mínimo 30 m <sup>3</sup> / hr	350.00 a 400.00 Q / hr
	Máximo 60 m <sup>3</sup> / hr	
	Esperado 40 m <sup>3</sup> / hr	
Compactador neumático	25% de Motoniveladora	200.00 a 250.00 Q / hr
Camión Cisterna	12.5% de motoniveladora	1,250.00 a 1,500.00 Q / día
Vibrocompactador manual	1 a 2 m <sup>3</sup> / hr	175.00 a 200.00 Q / día
Camión de volteo	Velocidad = 35 Km / h	150.00 a 175.00 Q / viaje
	10 ó 12 m <sup>3</sup> / viaje	
Revolvedora de concreto	5 a 10 m <sup>3</sup> / día	225.00 a 250.00 Q / día

**Tabla VIII. Presupuesto camino**

**1 Trabajos preliminares**

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
1.1	Campamento y guardianilla	1.00	Global	9,000.00	9,000.00
1.2	Replanteo topografico	8.80	Km	1,800.00	15,840.00
					24,840.00
	Subtotal de trabajos preliminares				24,840.00
	Utilidad 25%				6,210.00
	<b>Total</b>				<b>Q31,050.00</b>

**2 Movimiento de tierra corte**

Area = 38,906.67 m<sup>2</sup>

Volumen = 7,027.92 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
2.1	Tractor	235.00	hr	400.00	94,000.00
2.2	Motoniveladora	156.00	hr	325.00	50,700.00
2.3	Ayudante de operador	19.00	dias	45.00	855.00
					145,555.00
	Subtotal de movimiento de tierra				145,555.00
	Utilidad 25%				36,388.75
	<b>Total</b>				<b>Q181,943.75</b>
	<b>Precio unitario = Q. 25.89 / m<sup>3</sup></b>				

**3 Movimiento de tierra relleno**

Area = 44,353.34 m<sup>2</sup>

Volumen de relleno = 10,325.38 m<sup>3</sup>

Volumen faltante = 3,297.46 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
3.1	Material selecto faltante	4,616.44	m <sup>3</sup>	80.00	369,315.20
3.2	Cargador frontal	301.00	hr	350.00	105,350.00
3.3	Acarreo de material	1,204.00	hr	175.00	210,700.00
3.4	Motoniveladora	177.00	hr	325.00	57,525.00
3.5	Camion Cisterna	3.00	días	1,500.00	4,500.00
3.6	Vibrocompactador	48.00	hr	250.00	12,000.00
3.7	Ayudante de operador	22.00	dias	45.00	990.00
					760,380.20
	Subtotal de movimiento de tierra relleno				760,380.20
	Utilidad 25%				190,095.05
	<b>Total</b>				<b>Q950,475.25</b>
	<b>Precio unitario = Q. 92.05 / m<sup>3</sup></b>				

#### 4 Carpeta de balasto

Area = 74,800.00 m<sup>2</sup>

Volumen = 15,708.00 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unidad	Total
	<b>Explotacion de material</b>				
4.1	Excavadora	628.00	hr	400.00	251,200.00
4.2	Cargador frontal	327.00	hr	350.00	114,450.00
4.3	Acareo de material clasificado	1,309.00	viajes	175.00	229,075.00
	<b>Conformacion de la capa de balasto</b>				
4.4	Motoniveladora	300.00	hr	325.00	97,500.00
4.5	Camion cisterna	5.00	días	1,500.00	7,500.00
4.6	Vibrocompactador	10.00	días	250.00	2,500.00
	<b>Construccion de cuneta natural</b>				
4.7	Motoniveladora	35.00	días	3,000.00	105,000.00
					807,225.00
	Subtotal de carpeta de balasto				807,225.00
	Utilidad 25%				201,806.25
	Total				Q1,009,031.25
	<b>Precio unitario = Q. 64.24 / m<sup>3</sup></b>				

#### 5 Drenaje transversal

Cantidad = 221.00 ml.

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unidad	Total
	<b>Material</b>				
5.1	Tuberia de acero corrugado de 30"	221.00	ml.	416.00	91,936.00
5.2	Transporte	2.00	Fletes	2,500.00	5,000.00
					96,936.00
	<b>Mano de obra</b>				
5.3	Excavacion estructural	238.68	m <sup>3</sup>	30.00	7,160.40
5.4	Instalacion de tuberia	221.00	ml.	75.00	16,575.00
5.5	Relleno estructural	174.09	m <sup>3</sup>	48.00	8,356.32
	Subtotal de mano de obra				32,091.72
	Factor de ayudante 38%				12,194.85
	Factor de prestaciones 65%				20,859.62
	Total de mano de obra				65,146.19
	Total de material y mano de obra				162,082.19
	Utilidad 25%				40,520.55
	Total				<b>Q202,602.74</b>
	<b>Precio unitario = Q. 916.75 / ml.</b>				

## 6 Cajas de concreto ciclopeo

Cantidad = 26 Unidades

Volumen de concreto ciclopeo = 27.21 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Material</b>				
6.1	Cemento	72.00	Sacos	41.00	2952.00
6.2	Arena de río	9.00	m <sup>3</sup>	80.00	720.00
6.3	Piedra de canto rodado clasificado	18.23	m <sup>3</sup>	90.00	1640.70
6.4	Tabla de 1" * 12" * 9'	26.00	Unidades	30.00	780.00
	Total de materiales				6092.70
	<b>Mano de obra</b>				
6.4	Hecha y colocacion de concreto	27.21	m <sup>3</sup>	125.00	3401.25
6.5	Hecha y colocacion de formaleta	124.80	m <sup>2</sup>	22.00	2745.60
6.6	Desencofrado	124.80	m <sup>2</sup>	6.00	748.80
	Subtotal de mano de obra				6895.65
	Factor de ayudante 38%				2620.35
	Factor de prestaciones 65%				4482.17
	Total de mano de obra				13998.17
	Total de materiales y mano de obra				20090.87
	Utilidad 25%				5022.72
	Total				<b>Q25,113.59</b>
	<b>Precio Unitario = Q. 965.91 / Unidad</b>				

## 7 Muro y cabezal de concreto ciclopeo

Cantidad = 26 Unidades

Volumen = 24.57 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Total
	<b>Material</b>				
7.1	Cemento	65.00	Sacos	41.00	2665.00
7.2	Arena de río	8.11	m <sup>3</sup>	80.00	648.80
7.3	Piedra bola	16.50	m <sup>3</sup>	90.00	1485.00
7.4	Tabla de 1" * 12" * 9'	26.00	Unidades	30.00	780.00
	Total de materiales				5578.80
	<b>Mano de obra</b>				
7.5	Hecha y colocacion de concreto	24.57	m <sup>3</sup>	125.00	3071.25
7.6	Hecha y colocacion de formaleta	81.12	m <sup>2</sup>	22.00	1784.64
7.7	Desencofrado	81.12	m <sup>2</sup>	6.00	486.72
	Subtotal de mano de obra				5342.61
	Factor de ayudante 38%				2030.19
	Factor de prestaciones 65%				3472.70
	Total de mano de obra				10845.50
	Total de materiales y mano de obra				16424.30
	Utilidad 25%				4106.07
	Total				<b>Q20,530.37</b>
	<b>Precio unitario = 789.63 / Unidad</b>				

**8 Cunetas revestidas**

Cantidad = 52.00 ml.

Volumen de concreto ciclopeo = 5.46 m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
8.1	Cemento	15.00	Sacos	41.00	615.00
8.2	Arena de río	1.81	m <sup>3</sup>	80.00	144.80
8.3	Piedra bola	3.66	m <sup>3</sup>	90.00	329.40
8.4	Regla para molde de 2" * 4" * 8'	6.00	Unidades	22.00	132.00
	Total de materiales				1,221.20
	<b>Mano de obra</b>				
8.5	Hecha y colocacion de molde	26.00	Unidades	16.00	416.00
8.6	Hecha y colocacion de concreto	5.46	m <sup>3</sup>	175.00	955.50
8.7	Retirar molde	52.00	ml.	6.00	312.00
	Subtotal de materiales				1,683.50
	Factor de ayudante 38%				639.73
	Factor de prestaciones 65%				1,094.28
	Total de mano de obra				3,417.51
	Total de material y mano de obra				4,638.71
	Utilidad 25%				1,159.68
	Total				<b>Q5,798.38</b>
	<b>Precio unitario = Q. 111.51 / ml.</b>				

**9 Disipadores de energia**

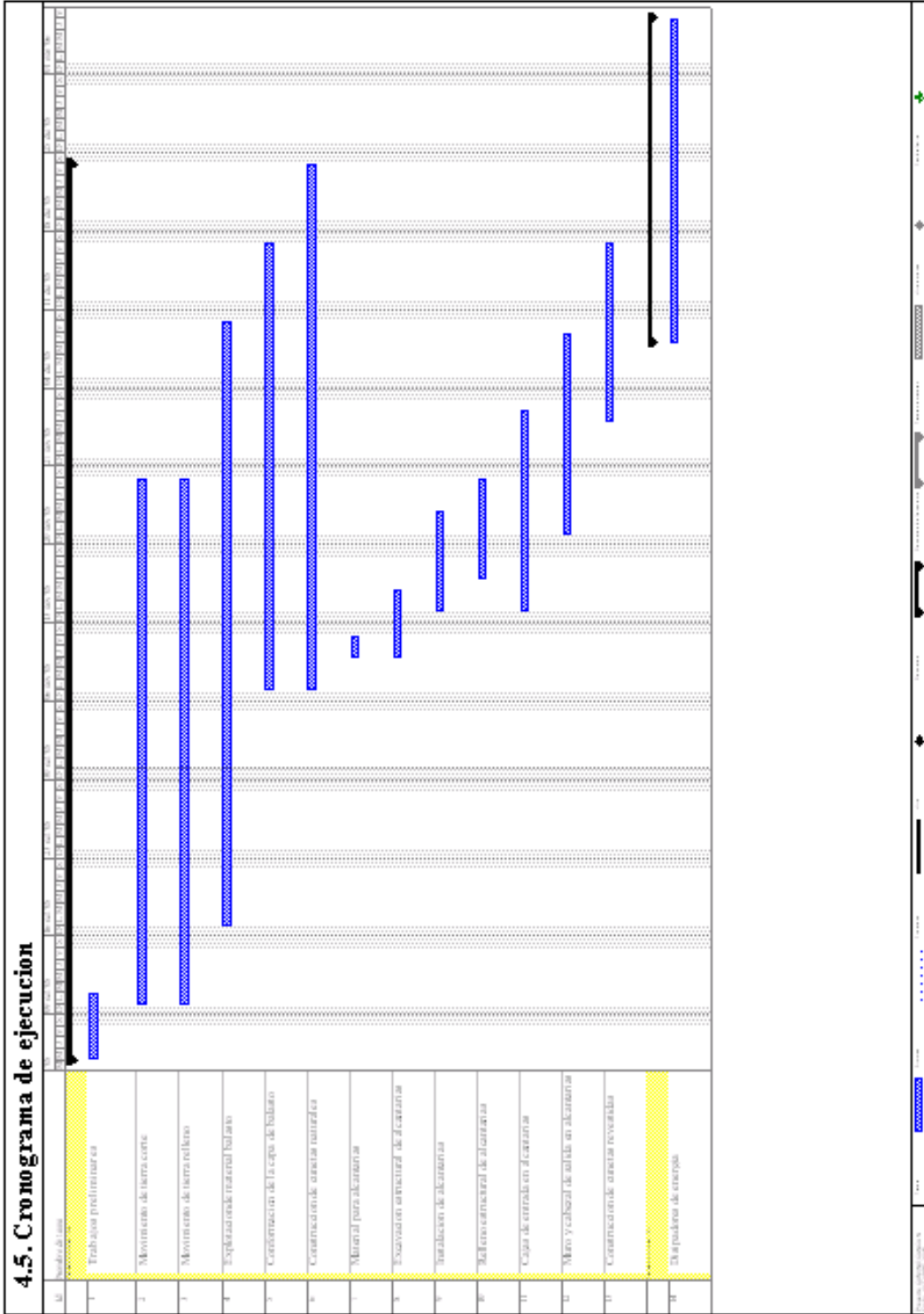
Cantidad = 26 Unidades

Volumen de concreto ciclopeo = 16.07m<sup>3</sup>

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
	<b>Materiales</b>				
9.1	Cemento	15.00	Sacos	41.00	615.00
9.2	Arena de río	1.81	m <sup>3</sup>	80.00	144.80
9.3	Piedra bola	3.66	m <sup>3</sup>	90.00	329.40
9.4	Tabla de 1" * 12" * 9'	26.00	Unidades	30.00	780.00
	Total de materiales				1,869.20
	<b>Mano de obra</b>				
9.5	Hecha de formaleta	71.50	ml.	22.00	1,573.00
9.6	Hecha y colocacion de concreto	16.07	m <sup>3</sup>	125.00	2,008.75
9.7	Desencofrado	71.50	ml.	6.00	429.00
	Subtotal de mano de obra				4,010.75
	Factor de ayudante 38%				1,524.09
	Factor de prestaciones 65%				2,606.99
	Total de mano de obra				8,141.82
	Total de materiales y mano de obra				10,011.02
	Utilidad 25%				2,502.76
	Total				<b>Q12,513.78</b>
	<b>Precio unitario = Q. 481.30 / Unidad</b>				

### Resumen de presupuesto

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.Unitario	Total
1	Trabajos preliminares	1.00	Global	31,050.00	31,050.00
2	Movimiento de tierra corte	7,027.92	m <sup>3</sup>	25.89	181,952.85
3	Movimiento de tierra relleno	10,325.38	m <sup>3</sup>	92.05	950,451.23
4	Carpeta de balasto	15,708.00	m <sup>3</sup>	64.24	1,009,081.92
5	Drenaje transversal	221.00	ml.	916.75	202,601.75
6	Caja de concreto ciclopeo	26.00	Unidades	965.91	25,113.66
7	Muro cabezal de concreto ciclopeo	26.00	Unidades	789.63	20,530.38
8	Cunetas revestidas	52.00	ml.	111.51	5,798.52
9	Disipadores de energia	26.00	Unidades	481.30	12,513.80
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>2,439,094.11</b>
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Imprevistos	10%			243,909.41
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>2,683,003.52</b>
	ISR	5%			134,150.18
	IVA	12%			321,960.42
	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q3,139,114.12</b>
	<b>Costo total / Km.</b>				<b>Q356,110.51</b>



**FLUJO DE CAJA**  
**Proyecto: CAMINO RURAL**  
**Administrador: MUNICIPALIDAD**

No.	Nombre de la tarea	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	Total	
1	Trabajos preliminares	Q29,971.01	Q9,990.34													Q39,961.35	
2	Movimiento de tierra corte		#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####							Q234,173.31	
3	Movimiento de tierra relleno		#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####							#####	
4	Explotación de material balasto			#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####					Q956,763.84	
5	Conformación capa de balasto						#####	#####	#####	#####	#####	#####				Q172,940.64	
6	Cunetas naturales						Q24,131.25	Q24,131.25	Q24,131.25	Q24,131.25	Q24,131.25	Q24,131.25	Q24,131.25			Q168,918.75	
7	Material para alcantarillas						#####									Q155,945.79	
8	Excavación de alcantarillas						Q11,692.08	Q11,692.08								Q23,384.16	
9	Instalación de alcantarías							#####	Q15,465.72							Q54,130.01	
10	Relleno de alcantarillas							Q7,797.07	#####							Q27,289.76	
11	Caja de entrada de alcantarillas							Q11,543.31	Q11,543.31	Q9,234.65						Q32,321.27	
12	Muro y cabezal de salida								Q9,436.64	Q9,436.64	Q7,549.31					Q26,422.59	
13	Cunetas revestidas									Q1,243.78	Q3,109.46	Q3,109.46				Q7,462.70	
14	Disipadores de energía										Q1,533.83	Q3,834.59	Q3,834.59	Q3,834.59	Q3,067.67	Q16,105.27	
	Total	Q29,971.01	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	Q3,834.59	Q3,067.67	#####



## CONCLUSIONES

1. El diseño de puente vehicular y camino rural de la aldea El Pilar y parcelamiento Cuncún, respectivamente, requirió de diversas fases, como visitas de campo, investigación bibliográfica y recopilación de toda la información necesaria de campo, para que los proyectos a realizarse sean funcionales.
2. Los proyectos de infraestructura para ambas comunidades, permitirán a los usuarios buenas condiciones de transitabilidad, disminuyendo los costos de operación vehicular y los costos de transporte, lo cual favorece el desarrollo de los sectores productivos como el agrí cola, pecuario y comercial, también saldrán beneficiadas, indirectamente, otras comunidades del área de influencia.
3. Debido a la magnitud de los proyectos, tanto en importancia, costo y beneficio, como sectores involucrados; se considera que la Municipalidad, para poder implementarlo deberá solicitar el apoyo del gobierno central en lo que corresponde a maquinaria y equipo, recursos económicos y técnicos, así , también, promover la participación de las comunidades beneficiadas con aporte de mano de obra no calificada.

## RECOMENDACIONES

1. A las autoridades municipales de la Democracia.
  - a. Iniciar las gestiones correspondientes para la ejecución de estos proyectos, de manera que puedan ser llevados a la realidad.
  - b. Garantizar la supervisión técnica de los trabajos, por medio de un profesional de ingeniería civil para que, de esta manera, se cumplan con las especificaciones requeridas en los planos.
2. Al construir obras estructurales de drenaje en carreteras es necesario el mantenimiento y la protección de éstas, para que la eficiencia y funcionalidad con que fueron diseñadas no se altere, evitando, así, costos adicionales de reconstrucción.
3. En carreteras y caminos es importante el mantenimiento rutinario y periódico de la superficie de rodadura, antes y después del invierno, de esa forma se logra alcanzar la vida útil del proyecto.
4. En la construcción de puentes es importante el mantenimiento de la subestructura y superestructura, evitando así socavaciones en las cimentaciones y daños en otros elementos del puente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Braja M. Das. **Principios de ingeniería de Cimentaciones**. International Thomson Editores, 2001, 855 pp.
2. Berry, Peter L. y David Reid. **Mecánica de Suelos**. Editorial McGraw Hill, mayo de 1994, 415 pp.
3. Vela Morales, Álvaro Leonel. **Estudio y propuesta para el mejoramiento de los caminos rurales de cinco aldeas del municipio de Amatitlán**. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002, 85 pp.
4. **American Concrete Institute, Código de diseño de hormigón estructural ACI 318 - 99.**
5. **Especificaciones de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el diseño y construcción de puentes.**
6. **Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda De La República De Guatemala para construcción de Carreteras y puentes**, Diciembre 2000 snp.

## **ANEXO**

### **PLANOS DEL PUENTE VEHICULAR**

- Planta de curvas de nivel y perfil
- Detalles de estribo
- Superestructura

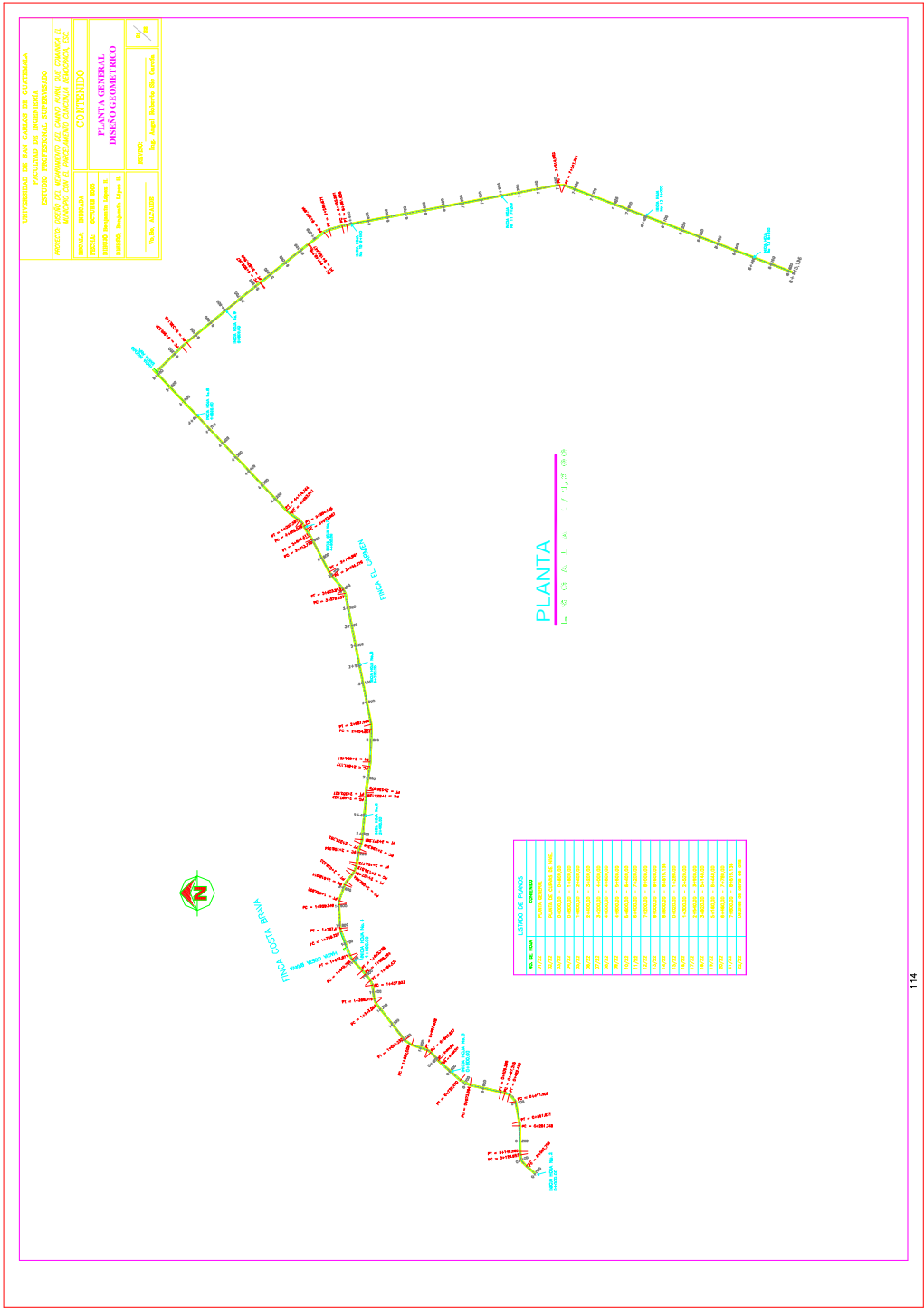
### **PLANOS DEL CAMINO RURAL**

- Planta general
- Planta de curvas de nivel
- Planta perfil
- Secciones transversales

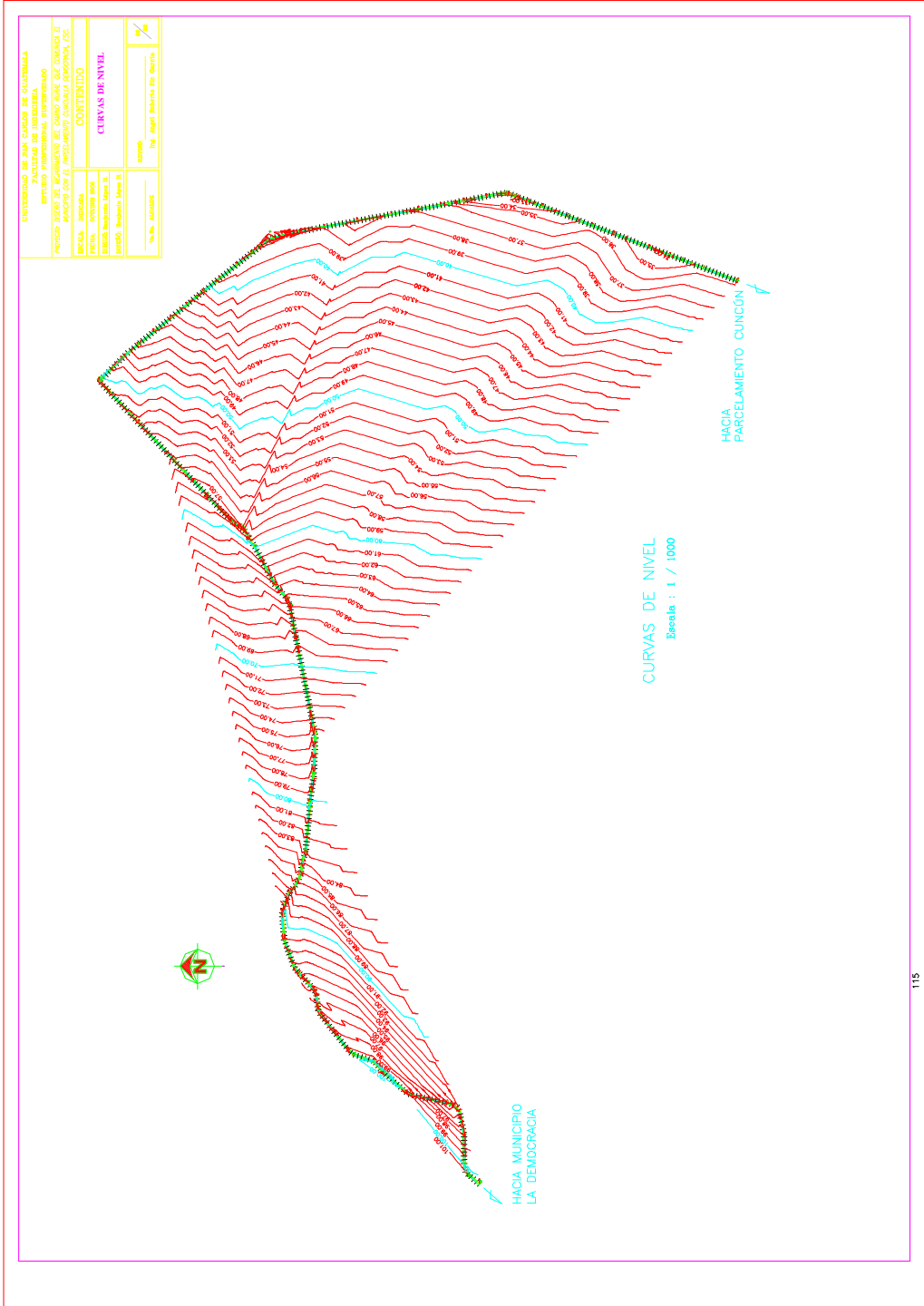




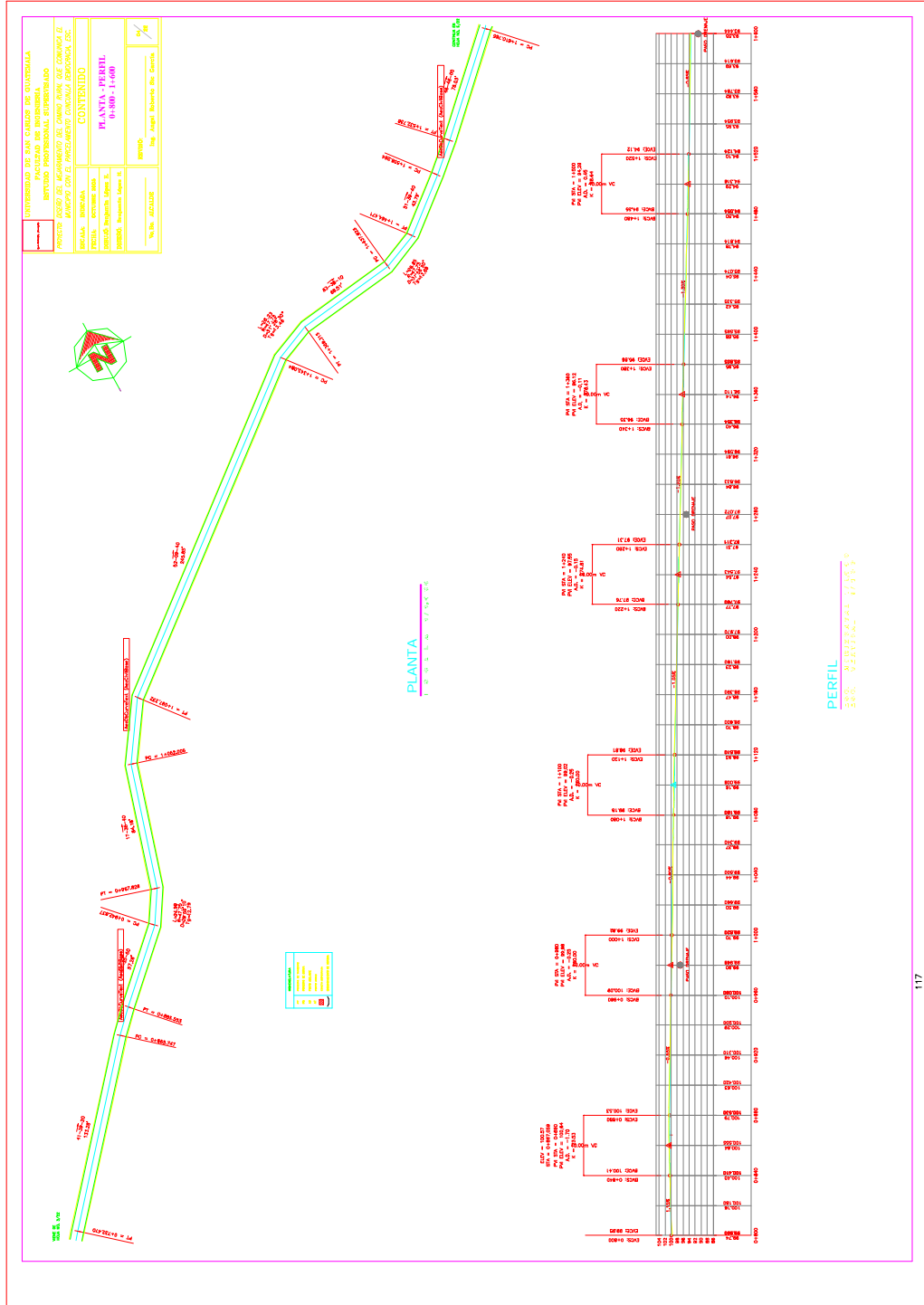


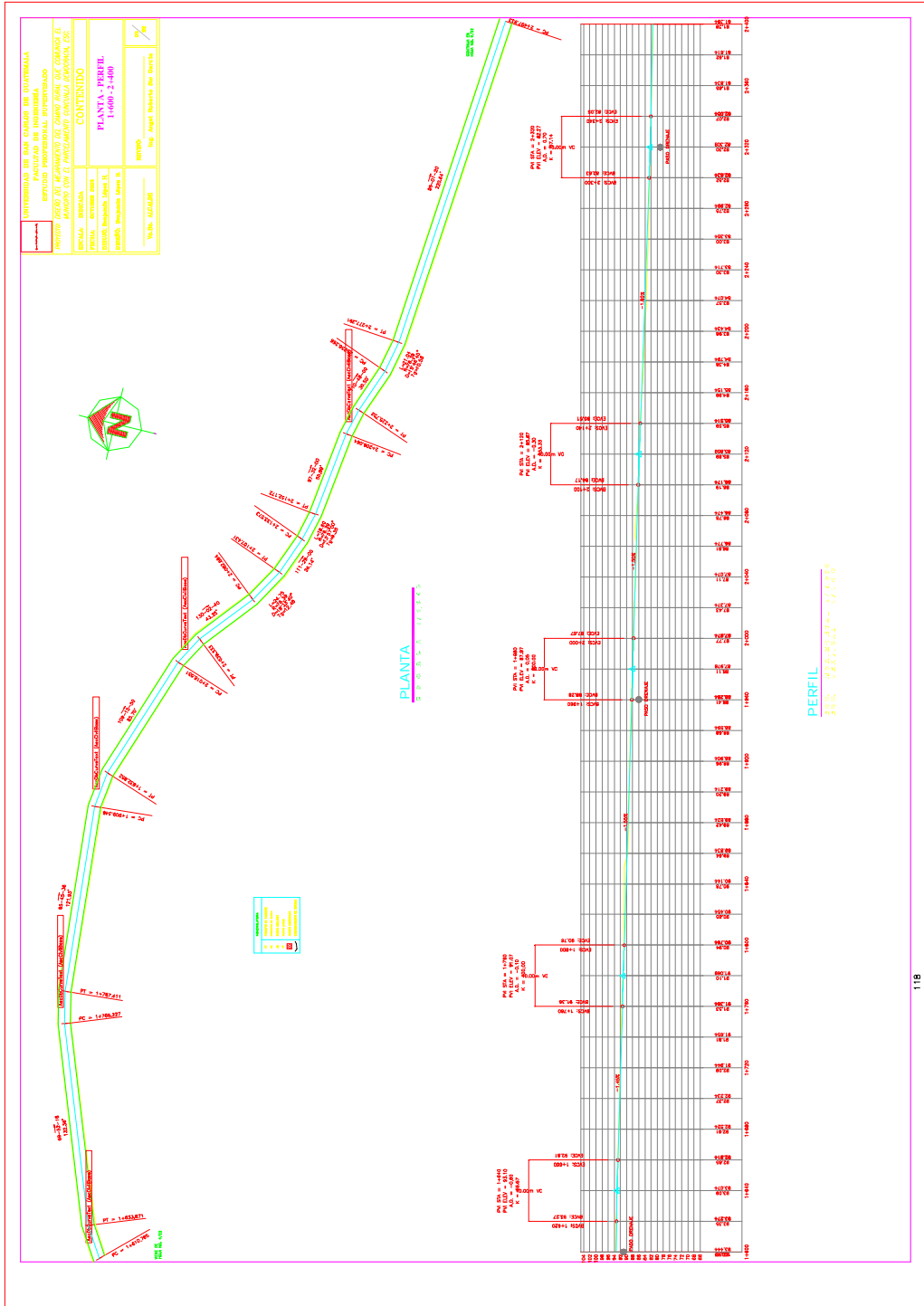




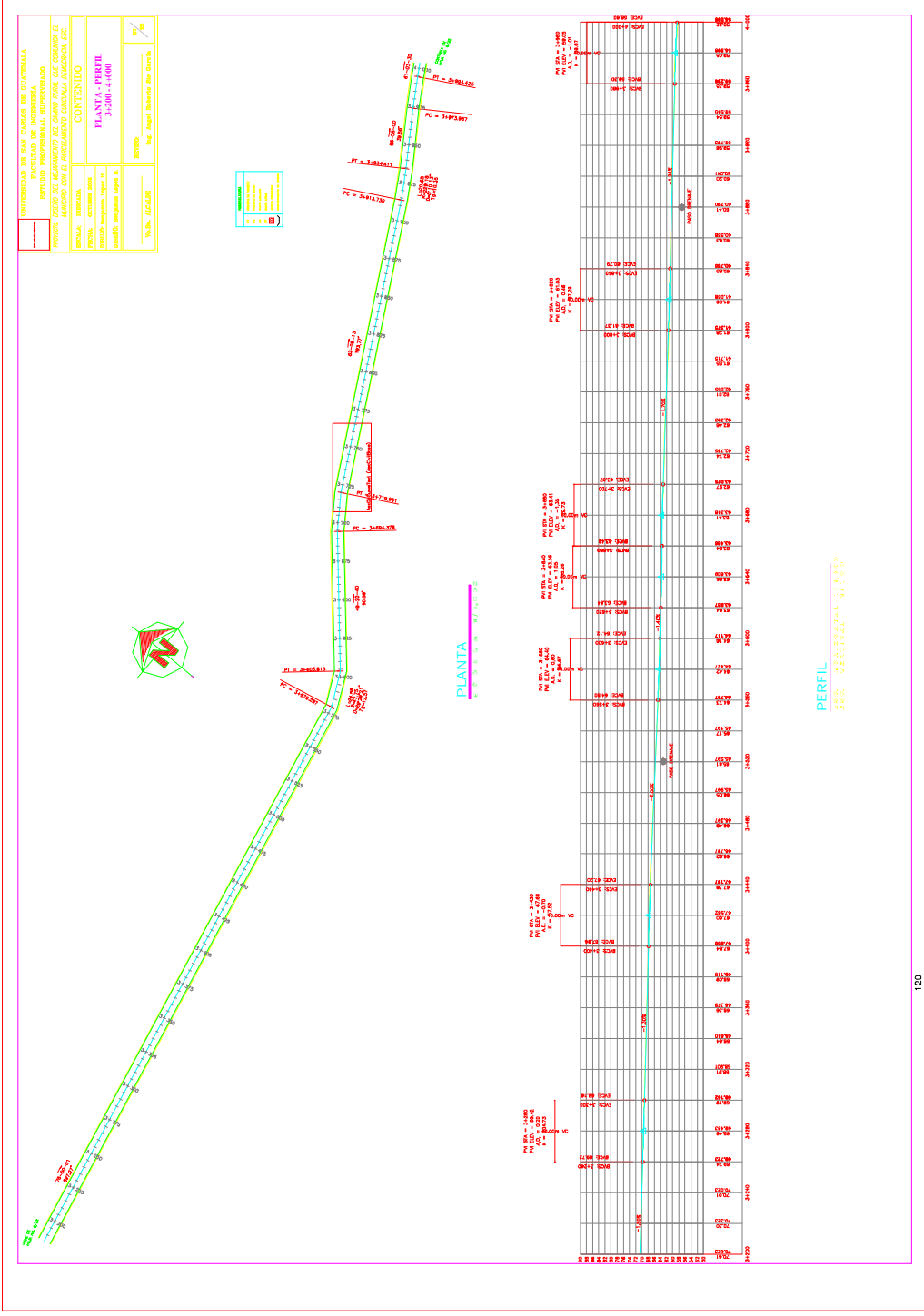


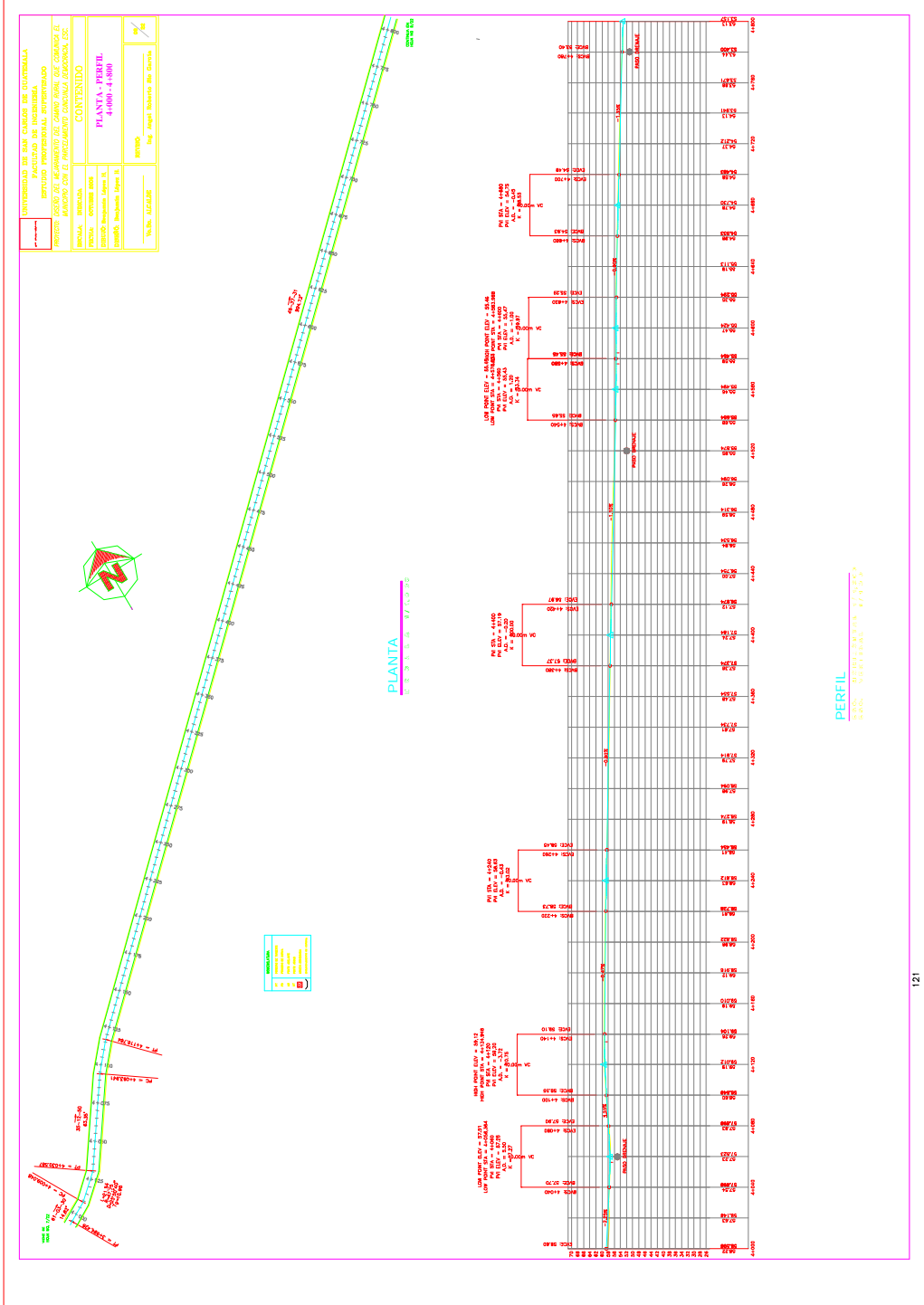


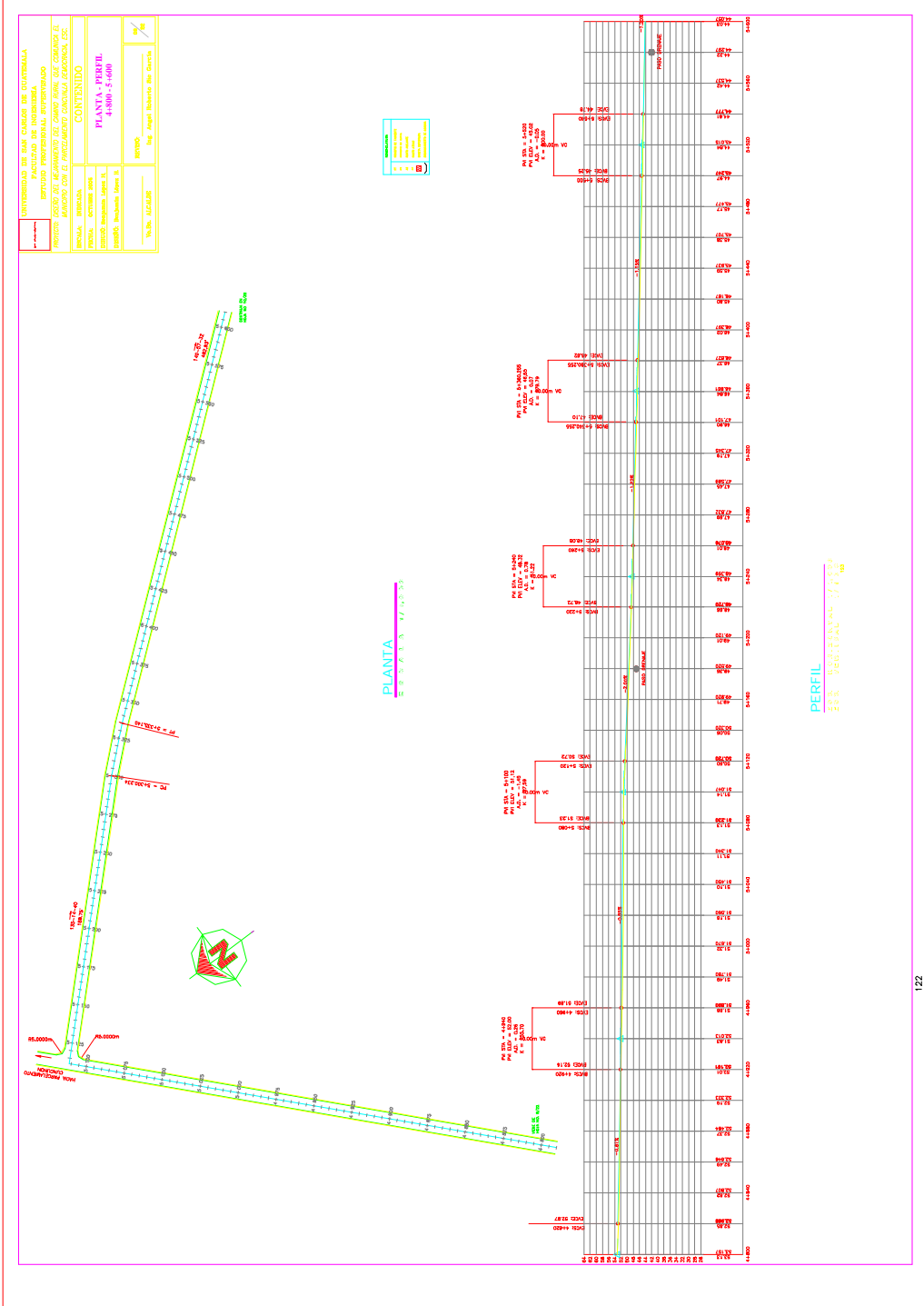




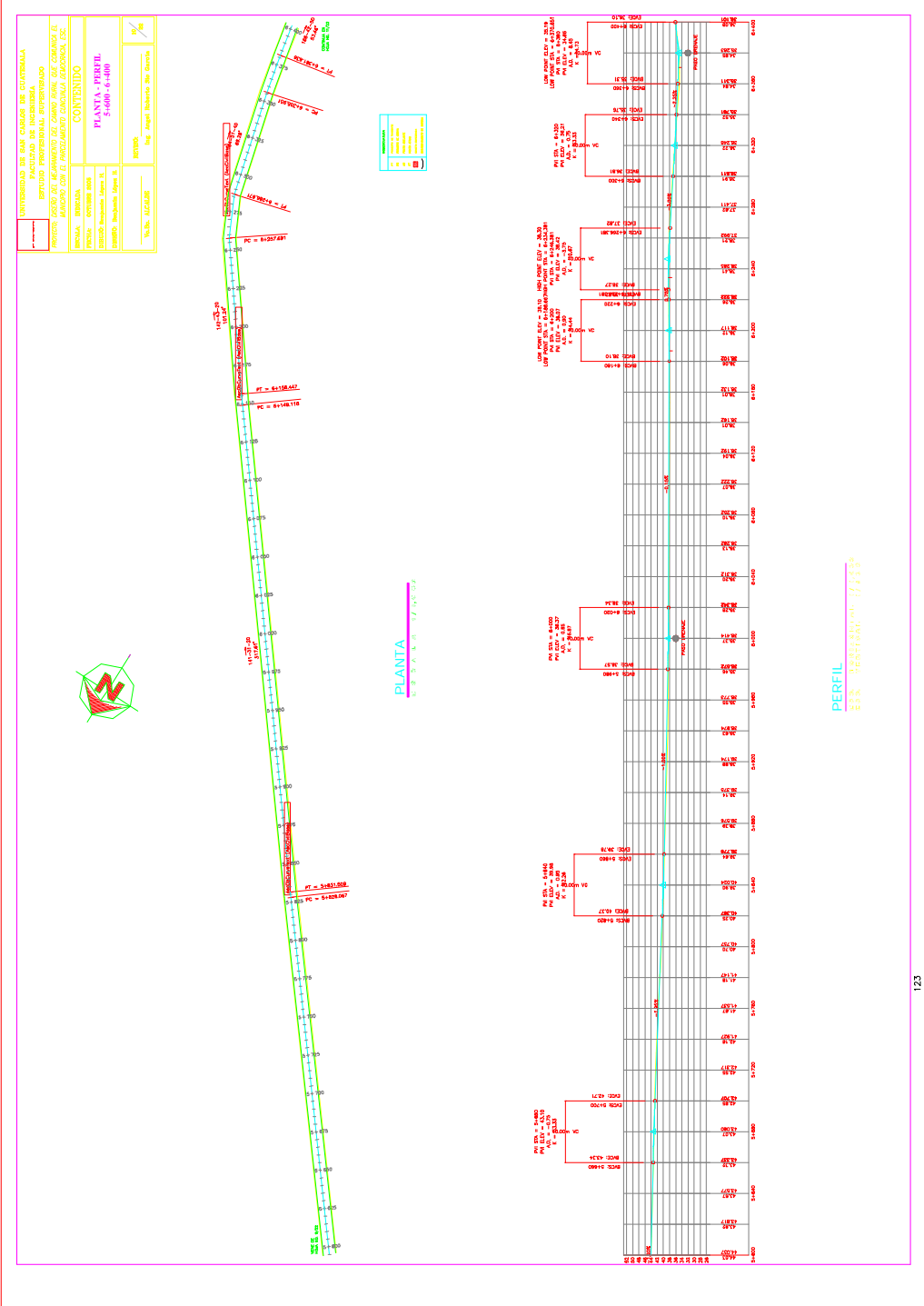


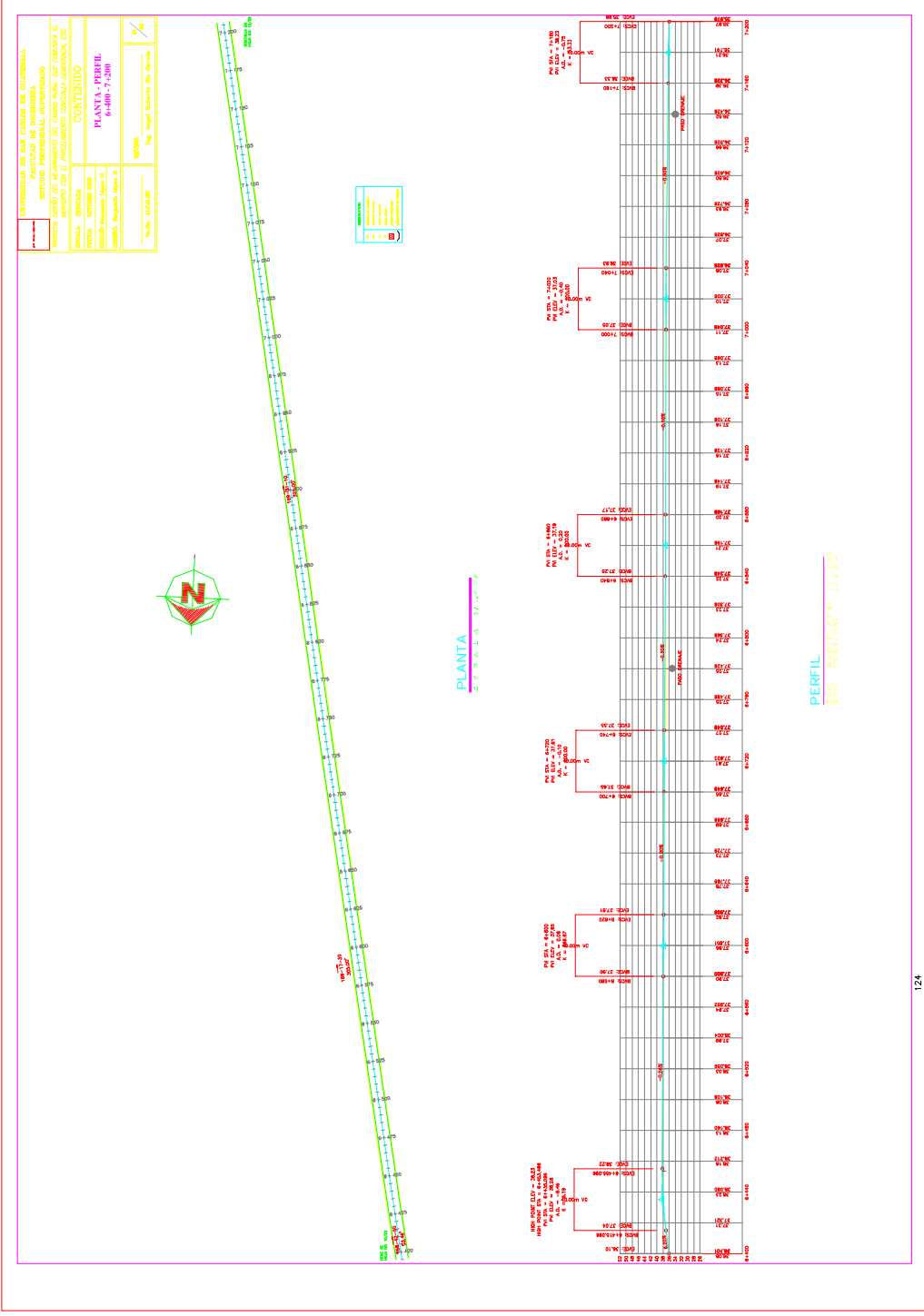


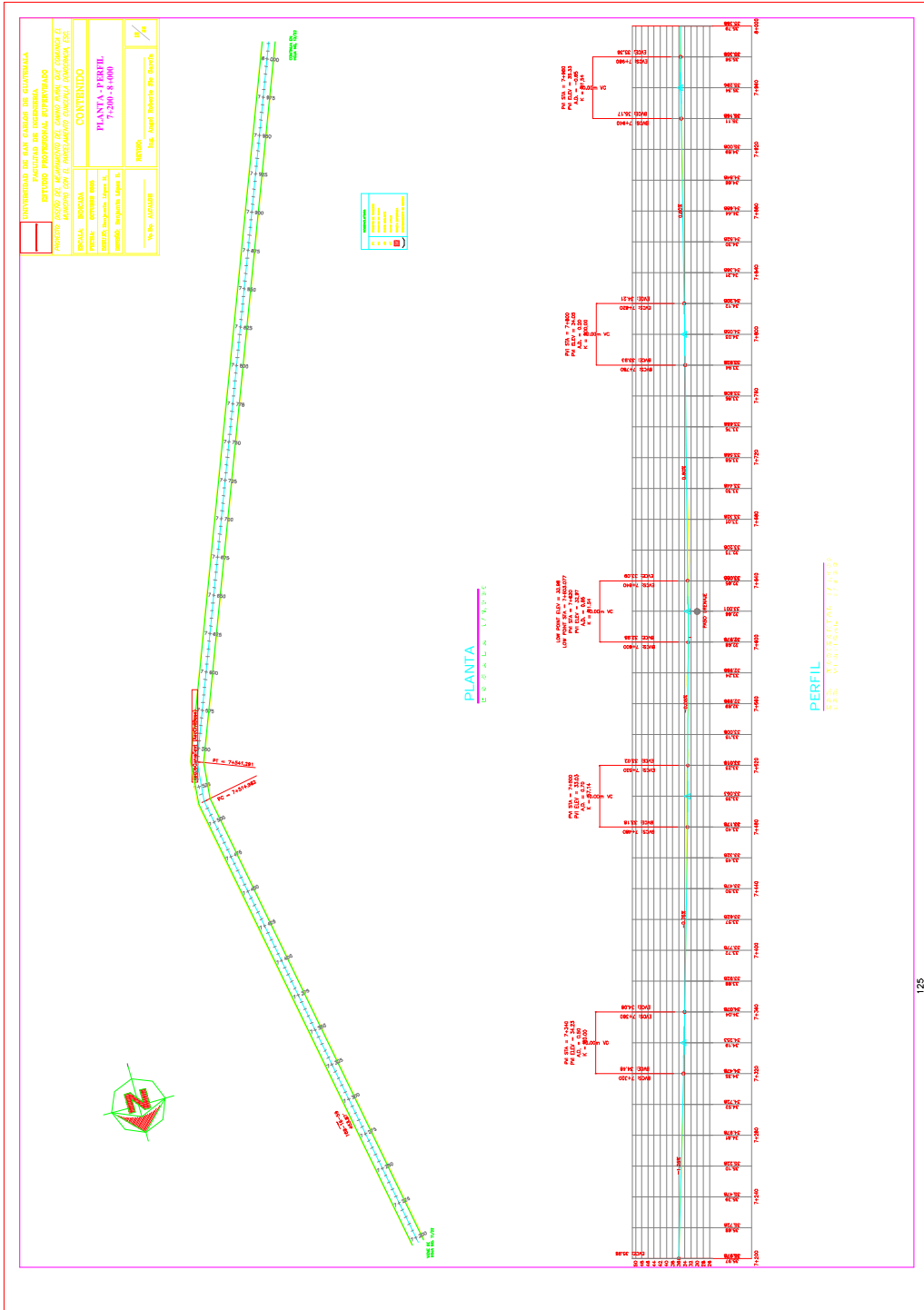




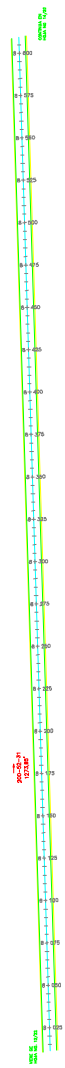






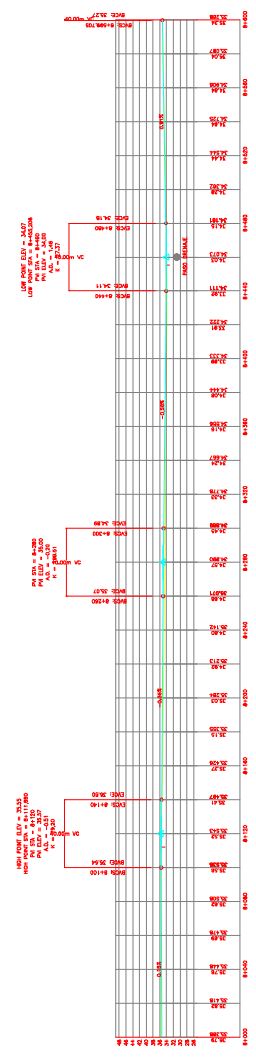


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRER DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DEL SEGUIMIENTO DEL CAMPO DE CANTON DE	
MAYAGÜZ DE LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA ORGANIZADA, S.C.	
SECCION:	SECCION 01
PROYECTO:	PROYECTO 01
FECHA:	17/05/2023
PROYECTO:	PROYECTO 01
FECHA:	17/05/2023
PROYECTO:	PROYECTO 01
FECHA:	17/05/2023

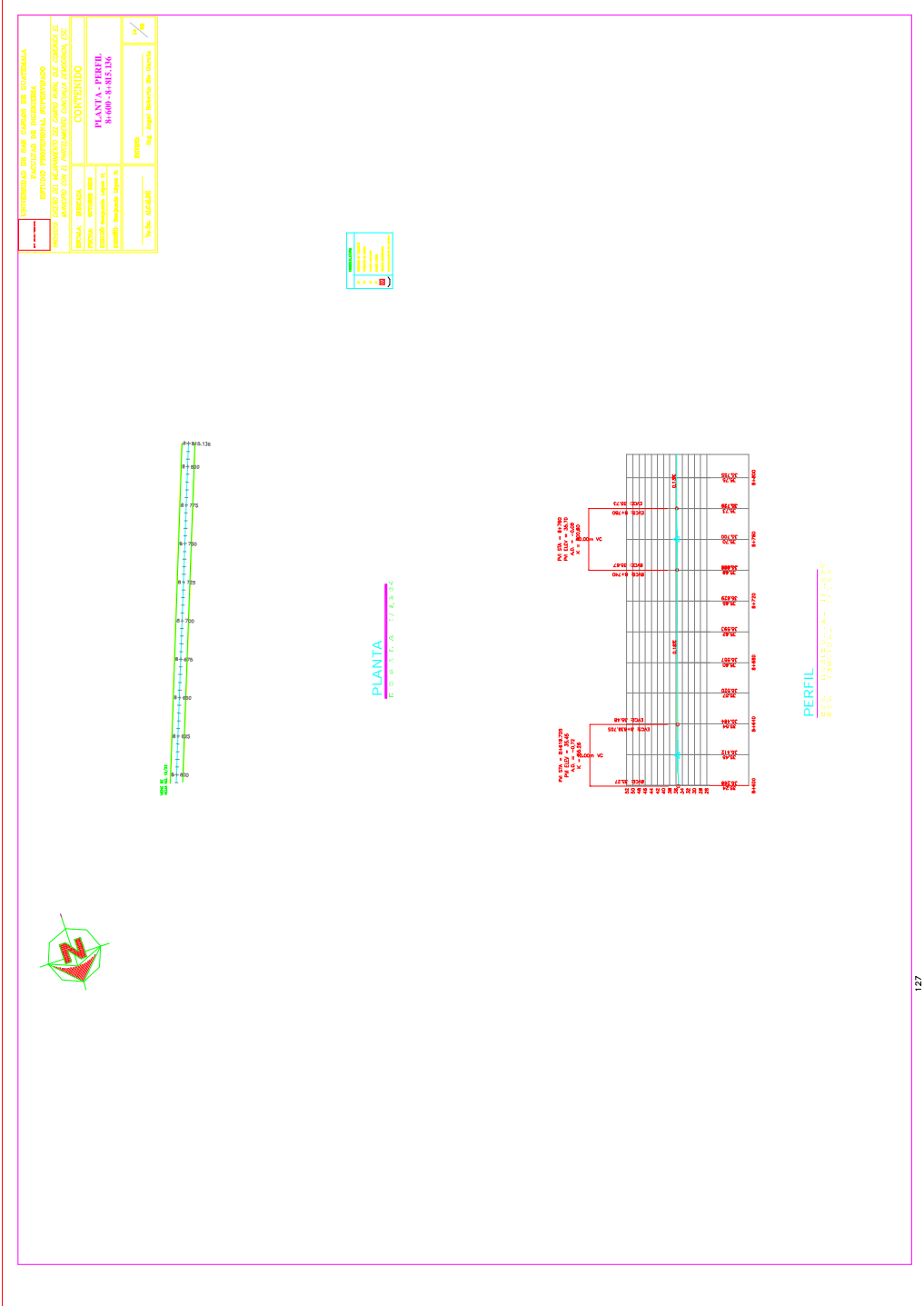


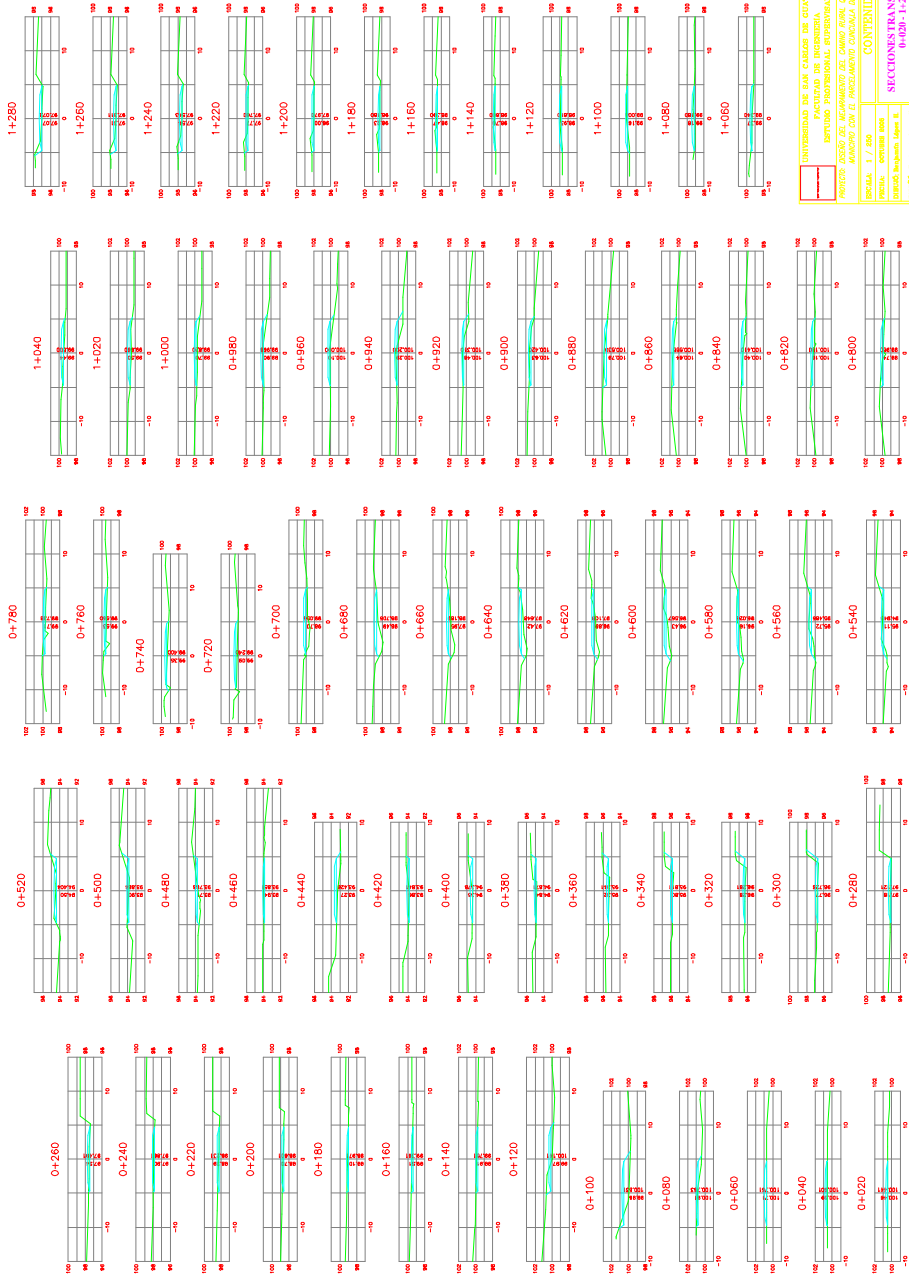
PROYECTO:	PROYECTO 01
FECHA:	17/05/2023
PROYECTO:	PROYECTO 01
FECHA:	17/05/2023

PLANTA  
Escala: 1/1000

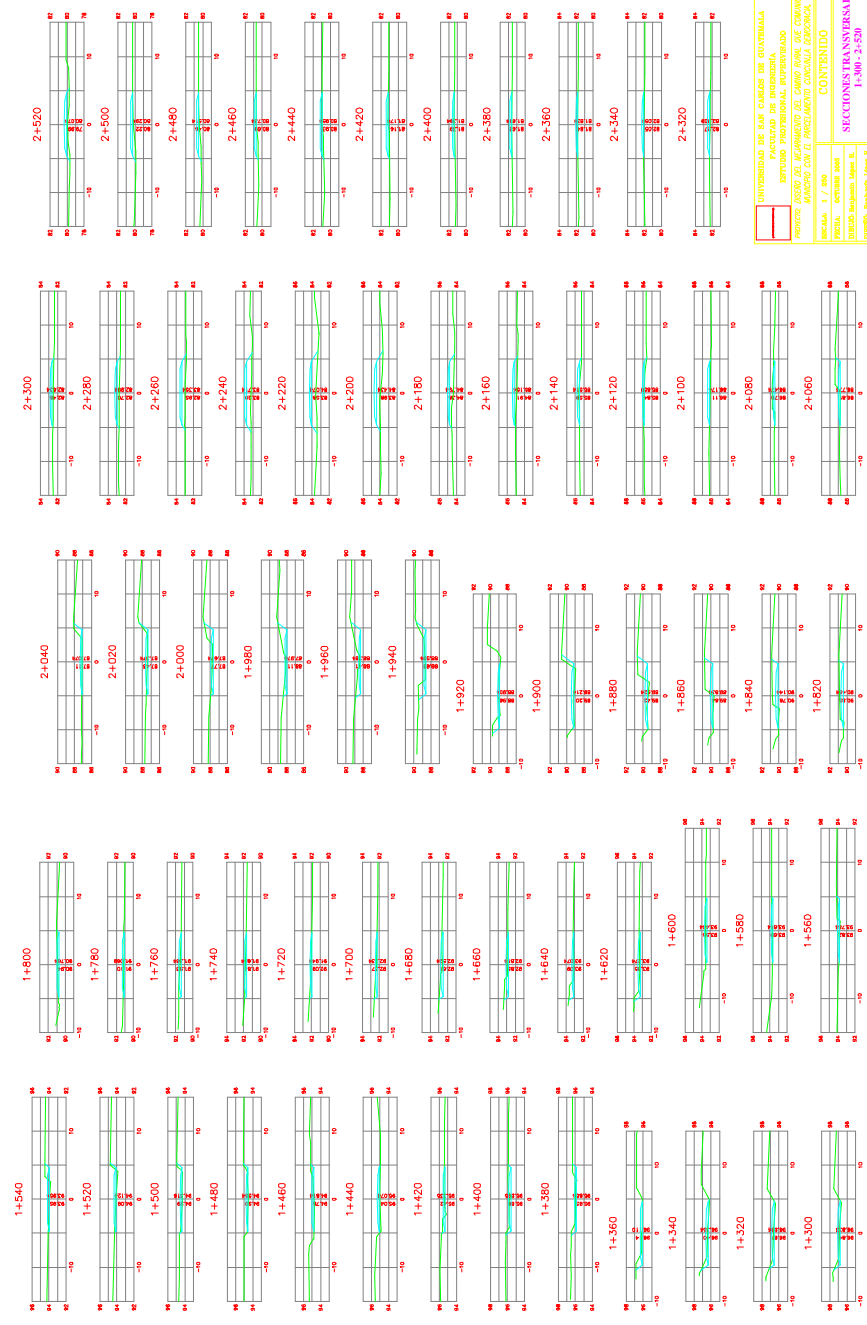


PERFIL  
Escala: 1/1000

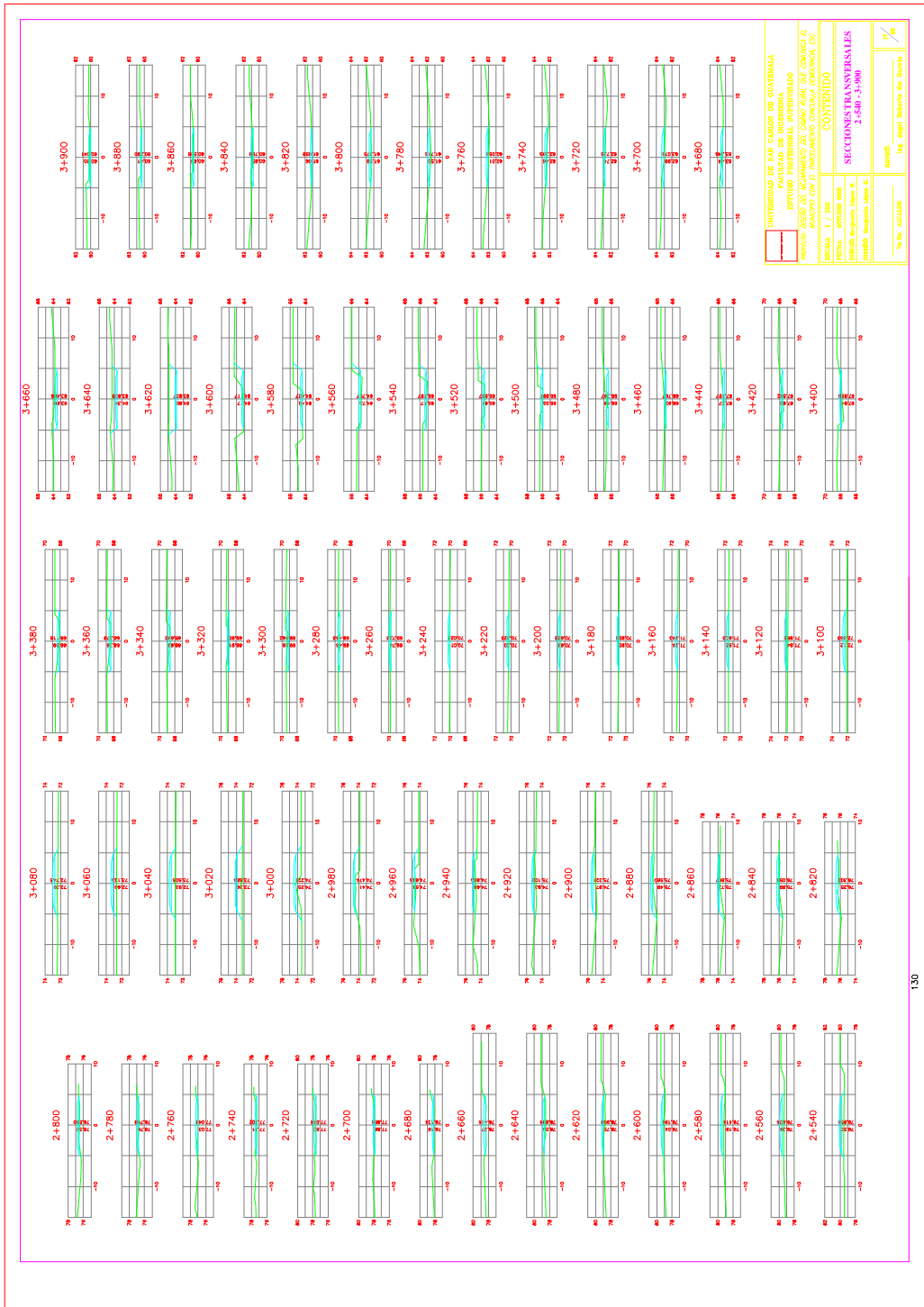




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL INSTITUTO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS MAESTRÍA EN EL MANEJO DEL CAMINO RURAL QUE COMIENZA EN PUNTO +0+000 Y TERMINA EN EL PUNTO +1+280	
TÍTULO: <b>SUCCIONES TRANSVERSALES</b> CANTÓN: <b>0+000-1+280</b>	<b>CONTENIDO</b>
ESCALA: 1 / 500 FECHA: 05/05/2018 DISEÑO: <b>Ing. J. J. J. J.</b> DIBUJO: <b>Ing. J. J. J. J.</b>	<b>SUCCIONES TRANSVERSALES</b> 0+000-1+280
V. IN. J. J. J. J. IN. J. J. J. J.	IN. J. J. J. J.

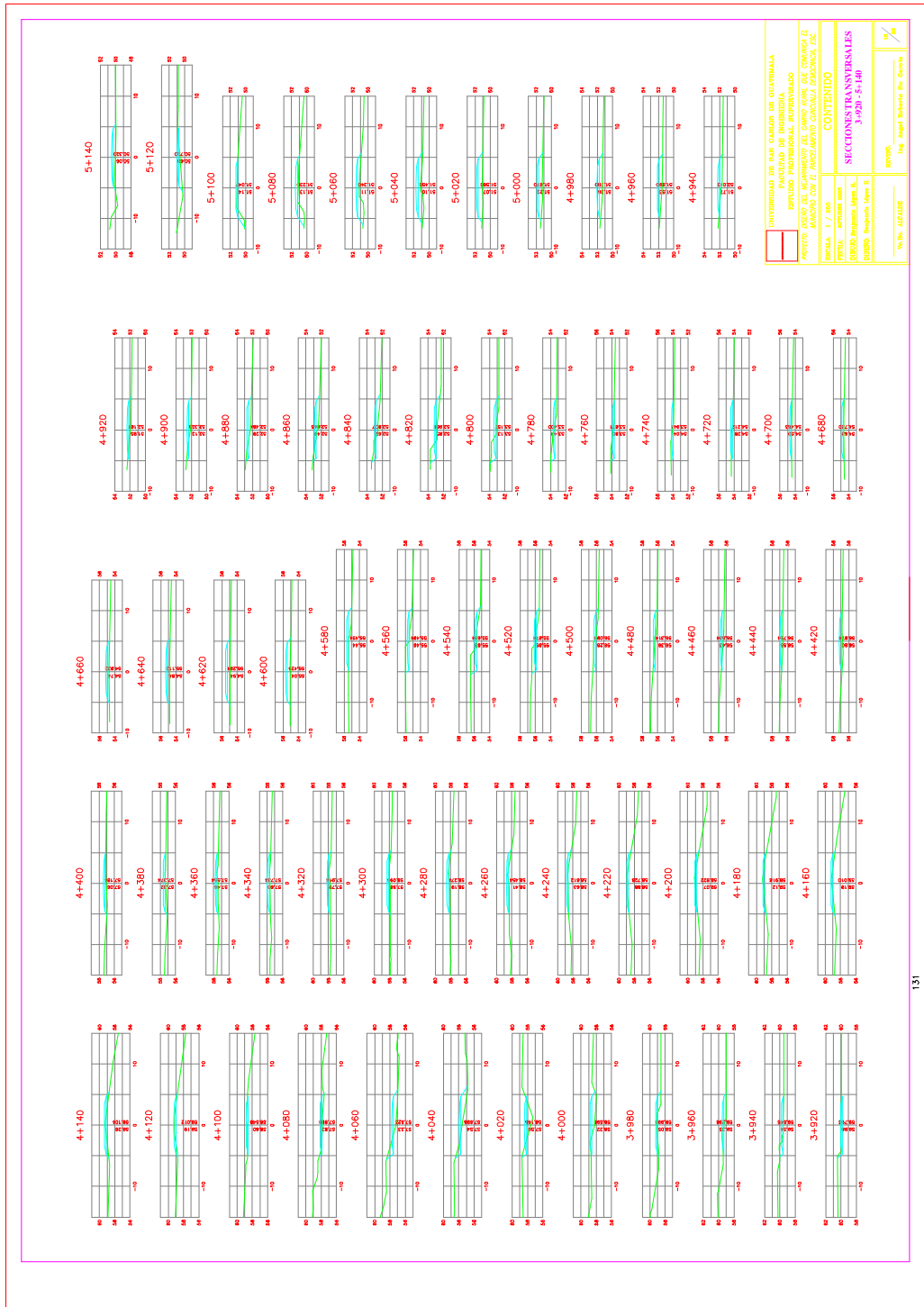


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL		<b>CONTENIDO</b> SECCIONES TRANSVERSALES PUNTO 2+500
ESCALA: 1 / 400 FECHA: OCTUBRE 2008 DISEÑO: Ing. Juan López S. DIBUJO: Ing. Juan López S.	TÍTULO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES</b> PUNTO: 2+500	
No. de ACUMULADO: _____ No. de SECCIONES: 50	No. de SECCIONES: 50 No. de SECCIONES: 50	



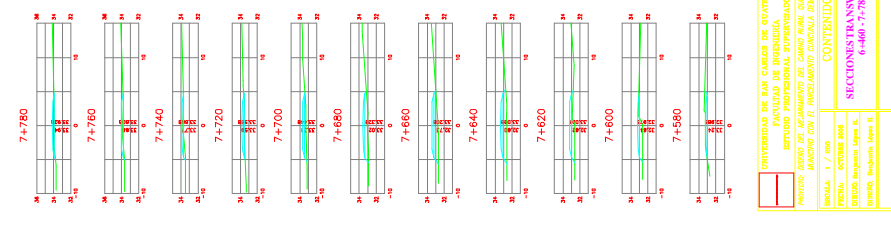
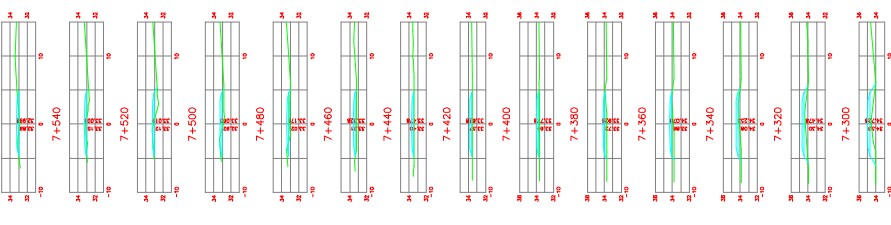
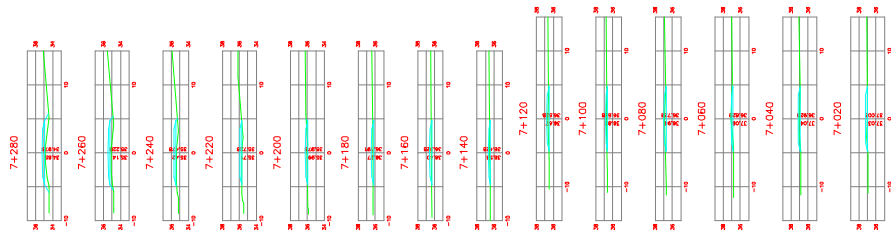
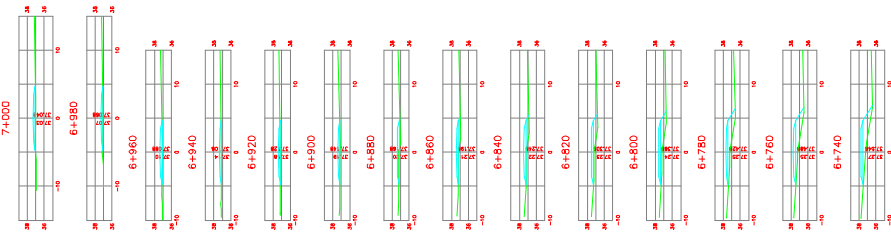
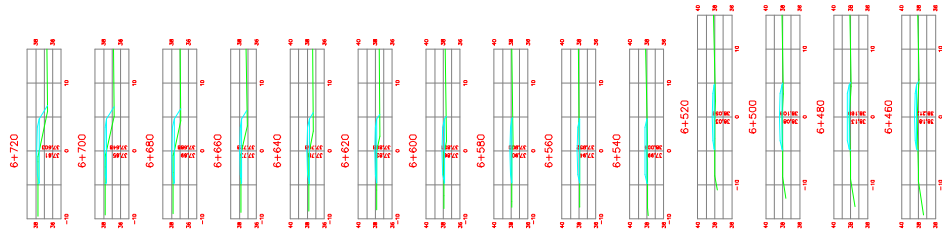
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CAMINO PARA EL COMERCIO Y MANEJO DEL PASAJERO EN LA ZONA DE CALAMITAS, DEPARTAMENTO DE MAYAGUETA, GUATEMALA	
FECHA: 1 / 4/ 2010	CONTENIDO
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CAMINO PARA EL COMERCIO Y MANEJO DEL PASAJERO EN LA ZONA DE CALAMITAS, DEPARTAMENTO DE MAYAGUETA, GUATEMALA	2-540-3+900
SECCIONES TRANSVERSALES	
SECCION: 17/8	
DISEÑADO: Ing. Juan Roberto de Guzman	





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SECTOR CARRETERO DE CALANCA (E. CALANCA) - CARRETERA NACIONAL PRIMARIA MAYAGUAY, C.A. INGENIERIA CIVIL, GUATEMALA, GUATEMALA, G.U.	
ESCALA: 1 / 400	CONTENIDO
FECHA: OCTUBRE 2005	SECCIONES TRANSVERSALES
DISEÑO: Ing. Juan Carlos B. Torres	3+920 - 5+140
W. No. AUTORIZADO	ESTADO
Ing. Juan Carlos B. Torres	M / S





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DEL ALCAMANTE DEL CAMINO RURAL DE COMAYAGUÉ A MAYAGÜEZ, EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, G.C.	
SECCION: 1 / 800	CONTENIDO
FECHA: OCTUBRE 2018	
DISEÑO TRANSEVERSALES	
DISEÑO TRANSEVERSALES II	
6+460-7+790	
ELABORADO POR:	ING. JUAN SOLORZANO DE LA CRUZ
REVISADO POR:	
APROBADO POR:	
FECHA:	



