



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE
VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

Ronal Edgardo Castellanos Pineda

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, mayo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE
VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RONAL EDGARDO CASTELLANOS PINEDA

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Cristian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de julio de 2017.

Ronal Edgardo Castellanos Pineda

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 19 de julio de 2019
REF.EPS.DOC.515-07.2019

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ronal Edgardo Castellanos Pineda**, Registro Académico 201404183 y CUI 2724 48095 0104 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Mayra Rebeca García
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Prácticas de Ingeniería y EPS



Guatemala,
19 de septiembre de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

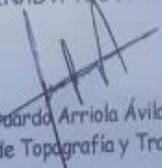
Estimado Ingeniero Aguilar,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ronal Edgardo Castellanos Pineda, con Registro académico No. 201404183 y CUI 2724480950104 quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN



Guatemala,
23 de octubre de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

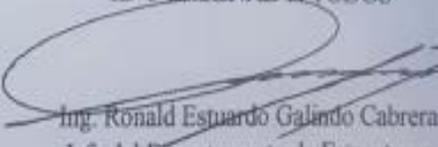
Estimado Ingeniero Aguilar,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ronal Edgardo Castellanos Pineda, con Registro Estudiantil No. 201404183, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de octubre de 2019
REF.EPS.D.389.10.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ronal Edgardo Castellanos Pineda, CUI 2724 48095 0104 y Registro Académico 201404183**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. **Mayra Rebeca García Sora de Sierra**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

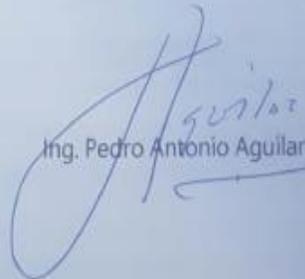
Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Ronal Edgardo Castellanos Pineda titulado **DISEÑO DE UN PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

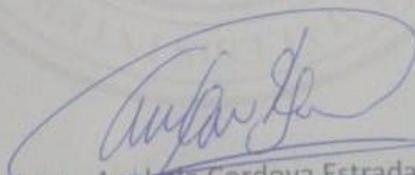
Guatemala, marzo 2020

/mrrm.

DTG. 125.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA COLEÑA A JABILLAL Y PUENTE VEHICULAR DE INGRESO A SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Ronal Edgardo Castellanos Pineda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, mayo de 2020

/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Eustaquio Castellanos y Sonia Pineda, por haberme apoyado durante todo el proceso de formación y por sus enriquecedores consejos.

Mi hermana

Marisol Castellanos Pineda, por estar siempre motivándome para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera y brindarme la oportunidad de un aprendizaje de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios y darme el ambiente adecuado para el desarrollo de mis habilidades.
Mis amigos de la Facultad	Álvaro Noj, André Martínez, Rony Gonzales, William López, Daniel Arias, Ricardo Medina, Sergio García, Miguel Méndez, Gabriela Díaz y Velvet Hernández, por acompañarme y apoyarme durante toda la carrera.
Mi asesora	Por brindarme el apoyo y servirme de guía durante el desarrollo del trabajo compartiendo su conocimiento desinteresadamente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.2. Características físicas del lugar.....	2
1.2.1. Ubicación y localización.....	2
1.2.2. Límites y colindancias.....	3
1.2.3. Clima	4
1.2.4. Suelo y topografía.....	4
1.2.5. Población y demografía	5
1.3. Servicios públicos.....	6
1.3.1. Educación.....	6
1.3.2. Comunicación	6
1.3.3. Salud	7
1.3.4. Agua potable.....	7
1.3.5. Drenajes	8
1.3.6. Transportes.....	8
1.3.7. Energía eléctrica.....	8
1.4. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar.	9

1.4.1.	Evaluación y priorización de necesidades.....	10
2.	FASE TÉCNICA PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño pavimento para la aldea La Choleña a Jabillal.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Conceptos básicos sobre carreteras	12
2.1.3.	Levantamiento topográfico	13
2.1.3.1.	Planimetría	14
2.1.3.2.	Altimetría	14
2.1.4.	Estudio de suelos	14
2.1.4.1.	Estudio límites de Atterberg	15
2.1.4.2.	Proctor modificado	17
2.1.4.3.	Estudio CBR.....	18
2.1.4.4.	Granulometría	19
2.1.4.5.	Densidad de campo	20
2.1.5.	Diseño geométrico	20
2.1.5.1.	Alineamiento horizontal	20
2.1.5.1.1.	Diseño de localización.....	21
2.1.5.1.2.	Diseño de tangentes y curvas horizontales	22
2.1.5.2.	Diseño de curvas de transición	25
2.1.5.2.1.	Diseño de Peralte.....	26
2.1.5.2.2.	Diseño de sobreebanco ..	27
2.1.5.3.	Alineamiento vertical	30
2.1.5.3.1.	Diseño de subrasante ...	30
2.1.5.3.2.	Diseño de pendientes ...	30
2.1.5.3.3.	Diseño de curvas verticales	30

2.1.5.4.	Movimiento de tierras	33
2.1.5.4.1.	Secciones transversales	33
2.1.5.4.2.	Volúmenes de corte y relleno.....	33
2.1.5.4.3.	Balance de masas	41
2.1.6.	Diseño de pavimento	42
2.1.6.1.	Diseño de elementos estructurales del pavimento	43
2.1.6.1.1.	Diseño de pavimento método AASHTO.....	44
2.1.6.1.2.	Diseño de juntas.....	60
2.1.6.2.	Diseño de mezcla	64
2.1.7.	Drenaje	67
2.1.7.1.	Drenaje longitudinal (cunetas).....	67
2.1.7.2.	Drenaje transversal.....	72
2.1.8.	Presupuesto.....	75
2.1.9.	Cronograma de ejecución físico y financiero	75
2.1.10.	Evaluación de impacto ambiental inicial	75
2.2.	Diseño puente vehicular ingreso San Jose del Golfo Guatemala.....	75
2.2.1.	Descripción del proyecto	76
2.2.2.	Conceptos básicos sobre un puente.....	77
2.2.2.1.	Elementos que lo conforman	77
2.2.2.2.	Súper estructura	77
2.2.2.3.	Infraestructura.....	78
2.2.2.4.	Cargas	78
2.2.3.	Levantamiento topográfico	78
2.2.3.1.	Planimetría.....	79

	2.2.3.2.	Altimetría	79
2.2.4.		Estudio hidrológico	80
	2.2.4.1.	Método racional.....	80
	2.2.4.2.	Delimitación de la cuenca.....	81
	2.2.4.3.	Tiempo de concentración	82
	2.2.4.4.	Intensidad de lluvia.....	82
	2.2.4.5.	Cálculo crecida máxima por HEC-RAS	86
2.2.5.		Estudio de suelos	89
	2.2.5.1.	Ensayo triaxial	89
	2.2.5.2.	Valor soporte del suelo.....	90
2.2.6.		Diseño de superestructura	92
	2.2.6.1.	Predimensionamiento de los elementos estructurales	93
	2.2.6.2.	Diseño de losa.....	96
	2.2.6.2.1.	Momento debido a la carga muerta.....	96
	2.2.6.2.2.	Momento debido a la carga viva.....	98
	2.2.6.2.3.	Momento debido a la carga de impacto.....	103
	2.2.6.2.4.	Momento último.....	103
	2.2.6.2.5.	Cálculo de acero de refuerzo.....	104
	2.2.6.3.	Diseño de vigas.....	108
	2.2.6.3.1.	Momento por carga muerta.....	109
	2.2.6.3.2.	Momento por carga viva.....	110

	2.2.6.3.3.	Acero de refuerzo longitudinal	114
	2.2.6.3.4.	Acero de refuerzo por temperatura	116
	2.2.6.3.5.	Diseño por corte	117
	2.2.6.3.6.	Corte producido por carga muerta	118
	2.2.6.3.7.	Corte producido por carga viva	118
	2.2.6.3.8.	Cortante último	119
	2.2.6.3.9.	Acero de refuerzo transversal por corte...	120
	2.2.6.4.	Diseño de diafragma externo.....	122
	2.2.6.5.	Diseño de diafragma interno.....	124
	2.2.6.6.	Diseño del barandal.....	125
2.2.7.		Diseño de subestructura	130
	2.2.7.1.	Diseño de apoyos de neopreno	130
	2.2.7.2.	Diseño de la cortina	135
	2.2.7.3.	Diseño de la viga de apoyo	140
	2.2.7.4.	Diseño del estribo	141
	2.2.7.4.1.	Carga viva	142
	2.2.7.4.2.	Carga muerta.....	142
	2.2.7.4.3.	Carga de frenado.....	143
	2.2.7.4.4.	Carga del suelo.	143
	2.2.7.4.5.	Sobrecarga por carga viva	146
	2.2.7.4.6.	Cálculo de carga por sismo	147

2.2.7.4.7.	Revisión por deslizamiento	150
2.2.7.4.8.	Revisión por volteo.....	151
2.2.7.4.9.	Revisión capacidad soporte del suelo.....	154
2.2.7.5.	Diseño de pie del estribo	156
2.2.7.6.	Diseño de talón	157
2.2.7.7.	Diseño de pantalla.....	159
2.2.7.8.	Diseño de pilotes.....	162
2.2.7.8.1.	Integración de cargas..	162
2.2.7.8.2.	Capacidad de carga admisible	163
2.2.7.8.3.	Conjunto de pilotes	164
2.2.7.8.4.	Cálculo del acero de refuerzo	165
2.2.8.	Presupuesto	167
2.2.9.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	167
2.2.10.	Evaluación de impacto ambiental inicial	167
CONCLUSIONES.....		169
RECOMENDACIONES		171
BIBLIOGRAFÍA.....		173
APÉNDICES.....		175
ANEXOS.....		197

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación San José del Golfo	3
2.	Ensayo límite líquido en copa de Casagrande	16
3.	Diseño de localización.....	21
4.	Elementos de una curva horizontal	23
5.	Factores de diseño según visibilidad de parada	31
6.	Gráfica de figuras cóncavas y convexas	32
7.	Diagrama de masas no balanceado.....	42
8.	Pesos y dimensiones vehículos	48
9.	Nomograma para cálculo de espesor de carpeta de rodadura 1	58
10.	Nomograma para cálculo de espesor de carpeta de rodadura 2	59
11.	Transferencia de carga longitudinal	62
12.	Juntas transversales y longitudinales.....	63
13.	Datos para diseño de mezclas	65
14.	Cuenca del alineamiento.....	68
15.	Propiedades geométricas de canales	71
16.	Sección transversal cuneta	72
17.	Delimitación y causas de la cuenca del río Mogollón.....	81
18.	Curvas IDF río Mogollón	83
19.	Uso del suelo en la cuenca del río Mogollón.....	84
20.	Resultados HEC-RAS para la crecida máxima	87
21.	Modelo 3d crecida máxima por HEC-RAS	88
22.	Sección crítica debido a crecida máxima por HEC-RAS	88
23.	Planta dimensiones del puente	93

24.	Sección transversal dimensiones del puente	93
25.	Diagrama de carga y momento de cargas muerta en losa	97
26.	Franja equivalente AASHTO LRFD 4.6.2.1.3	98
27.	Camión de diseño HL-93	100
28.	Caso 1: rueda entre banquetas y viga	101
29.	Caso 2: rueda sobre viga	101
30.	Caso 3: ruedas equidistantes a las vigas.....	102
31.	Armado de losa en zona de esviaje	108
32.	Carga muerta en viga	109
33.	Momento y reacción máximos por carga HL-93	111
34.	Diagrama de cuerpo libre para factor de distribución.....	112
35.	Armado longitudinal de viga principal	117
36.	Diagrama de cargas para cálculo de corte	118
37.	Diagrama de cargas para cálculo de corte por carga de carril.....	119
38.	Sección de viga con acero de refuerzo transversal	122
39.	Sección diafragma externo	123
40.	Sección diafragma interno	125
41.	Detalle del apoyo elastomérico reforzado.....	135
42.	Armado viga de apoyo	140
43.	Dimensiones del estribo.....	141
44.	Fuerzas verticales y horizontales aplicadas en el estribo 1	149
45.	Fuerzas verticales y horizontales aplicadas en el estribo 2	159
46.	Armado de pantalla para estribo	161
47.	Distribución del con junto de pilotes.....	164
48.	Armado de pilote vista planta.....	166
49.	Armado de pilote vista perfil.....	166

TABLAS

I.	Límites de Atterberg para muestra de suelo del proyecto.....	17
II.	Clasificación y usos del suelo de acuerdo con los valores de CBR	19
III.	Granulometría de la muestra ensayada	20
IV.	Datos calculados parámetros de curvas simples	25
V.	Valores de longitud espiral y peralte	28
VI.	Valores de sobreebanco recomendados.....	29
VII.	Datos calculados parámetros de curvas de transición	29
VIII.	Datos calculados parámetros de curvas verticales	32
IX.	Volúmenes de corte y relleno.....	34
X.	Valores de serviciabilidad final (Pt) en función del tipo de camino.....	45
XI.	Valores de coeficiente de transmisión de carga J	46
XII.	Resultados aforo vehicular en un sentido	47
XIII.	Cantidad ejes y sus pesos correspondientes.....	48
XIV.	Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos ejes simples $pt=2,0$	49
XV.	Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, $pt = 2,0$	51
XVI.	Correlación aproximada entre la clasificación de suelos y los diferentes ensayos	53
XVII.	Niveles de confiabilidad aconsejados por AASHTO.....	54
XVIII.	Valor de Z_r recomendado en función de la confiabilidad	54
XIX.	Valores de desviación estándar S_o	55
XX.	Tipo de suelo según tiempo de drenaje	56
XXI.	Coefficiente de drenaje según tiempo en niveles próximos a la saturación.....	56
XXII.	Resumen de variables.....	57
XXIII.	Recomendaciones para la selección de pasadores de carga	62

XXIV.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	64
XXV.	Proporciones para mezcla de concreto para pavimento	66
XXVI.	Coeficientes de escorrentía 1	73
XXVII.	Coeficientes de escorrentía 2	85
XXVIII.	Resultados de prueba triaxial	90
XXIX.	Presiones admisibles en roca	92
XXX.	Factores de presencia múltiple	100
XXXI.	Constante de amplitud de fatiga crítica ΔFTH	134
XXXII.	Ángulo de fricción entre diferentes materiales	144
XXXIII.	Altura del suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos	146
XXXIV.	Momentos en estribo sin superestructura	152
XXXV.	Momentos en estribo resistencia 1	153
XXXVI.	Momentos en estribo evento extremo 1	153
XXXVII.	Revisión por volteo	154
XXXVIII.	Momentos en estribo combinación resistencia 1	155
XXXIX.	Presión ejercida por estribo	155
XL.	Momento actuante en talón del estribo	157
XLI.	Momento actuante en pantalla de estribo	160

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada distancia
\approx	Aproximadamente igual a
Φ	Ángulo de fricción interna
$A_{s_{max}}$	Área de acero máxima
$A_{s_{min}}$	Área de acero mínima
A_s	Área de acero requerida
A_v	Área de refuerzo para corte
Q	Caudal
cm	Centímetro
J	Coeficiente de transmisión de carga
Z_r	Desviación normal estándar
S_{max}	Espaciamiento máximo de refuerzo transversal
pt	Índice de servicialidad final
Kg	Kilogramo
Km/h	Kilómetros por hora
KN	Kilo newton
Kg/cm^2	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/m^2	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libras por pulgada cuadrada
\geq	Mayor o igual que
$>$	Mayor que
$<$	Menor

\leq	Menor o igual que
<i>m</i>	Metro
<i>m</i> ²	Metros cuadrados
<i>m</i> ³	Metros cúbicos
<i>m</i> ³ / <i>s</i>	Metros cúbicos por segundo
<i>mm</i>	Milímetros
<i>min</i>	Minutos
<i>Ec</i>	Módulo de elasticidad del concreto
<i>k</i>	Módulo de reacción de la subrasante
<i>Mr</i>	Módulo de ruptura del concreto
<i>Mu</i>	Momento último
γ	Peso específico
%	Porcentaje
<i>RA</i>	Reacción en el punto A
<i>RB</i>	Reacción en el punto B
<i>Fy</i>	Resistencia a la fluencia
<i>F'c</i>	Resistencia del concreto a la compresión
<i>Vs</i>	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> (Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes).
ACI	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano de Concreto).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Altimetría	Conjunto de métodos y procesos empleados en topografía para determinar la diferencia de altura entre los puntos de una superficie.
Carga muerta	Son cargas ejercidas por elementos propios de la estructura cuyo valor es constante y permanente.
Carga viva	Son cargas no permanentes cuyo valor varío durante el uso de la estructura.
Cóncava	Curva cuyo punto máximo se encuentra en el centro.
Convexa	Curva cuyos puntos máximos se encuentran en los extremos.

Crecida máxima	Es el valor máximo de altura que puede llegar a alcanzar la superficie del flujo en cauce.
DGC	Dirección General de Caminos.
Elastómero	Material que posee gran elasticidad tal como el caucho, este puede ser de origen natural o artificial.
ESAL	<i>Equivalent Single Axle Load</i> (Eje equivalente de carga).
Eslabón	Elemento cuya función es enlazar dos elementos longitudinales de una armadura para mantener su rigidez.
Estribo	Elemento cuya función es enlazar todos los elementos longitudinales de una armadura para mantener su rigidez y absorber el esfuerzo de corte.
Esviaje	Oblicuidad de del eje transversal con respecto al eje longitudinal de un tablero.
HL-93	Camión de diseño para carga viva en puentes normado por AASHTO.
LRFD	<i>Load and Resistance Factor Design</i> (factor de diseño por carga y resistencia) elaborado por AASHTO.

NSE	Normas de seguridad estructural, elaboradas por AGIES.
PSI	<i>Pound per Square Inch</i> (libra por pulgada cuadrada).
Subestructura	Conjunto de elementos de un puente diseñados para soportar las cargas de los elementos de la superestructura para transmitir las al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos de un puente diseñados para recibir las cargas de servicio y transmitir las a la subestructura.
Topografía	Técnica que consiste en describir o representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.
TPD	Tráfico promedio diario.
Tramo	Longitud comprendida entre dos puntos.

RESUMEN

Este informe muestra los resultados obtenidos por el Programa EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, llevado a cabo en el municipio de San José del Golfo del departamento de Guatemala en 2018.

Se inicia con la monografía del lugar, descubriendo topografía, economía, cultura, y servicios, ahí se priorizaron las necesidades de la comunidad en base al diagnóstico realizado.

Luego se presenta el estudio técnico del proyecto de pavimento, donde se encuentran los elementos necesarios por tener en cuenta para realizar el alineamiento del tramo carretero. Se detalla el proceso realizado para el cálculo del espesor de la carpeta de rodadura, el diseño de mezcla para el pavimento y los parámetros utilizados para el cálculo del drenaje de la carretera.

Posteriormente, se presenta el estudio técnico para el puente, empezando con el estudio hidrológico para el cálculo de crecida máxima, continúa con el análisis y diseño de la superestructura con base en el camión de diseño. Luego se encuentra el diseño de la subestructura detallando el cálculo del refuerzo necesario para los elementos y el apoyo de neopreno.

Por último, se presentan los presupuestos, cronogramas planos y evaluaciones de impacto ambiental para cada proyecto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el pavimento para la carretera de aldea La Choleña, aldea El Jabillal y el puente de ingreso a San José del Golfo.

Específicos

1. Elaborar el estudio monográfico y priorización de los proyectos de acuerdo con las necesidades de la comunidad.
2. Diseñar el pavimento para la carretera que conduce de aldea La Choleña hacia aldea El Jabillal de acuerdo con las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala y AASHTO 93 para pavimento rígido.
3. Diseñar un puente vehicular para el ingreso al municipio de San José del Golfo según la normativa AGIES y las especificaciones AASHTO LRFD 2010.
4. Elaborar planos presupuestos, cronogramas y evaluaciones de impacto ambiental para los proyectos de pavimento y puente vehicular.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en vías de desarrollo, por ello continuamente aparecen nuevas necesidades, especialmente en las áreas rurales, donde los servicios básicos están deteriorados o no existen en algunas áreas, entre ellos, agua potable, drenaje, centros de salud, escuelas, carreteras y puentes. La carencia de estas necesidades retrasa el desarrollo social y económico de las comunidades.

El programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tiene como objetivo aportar soluciones para dichas comunidades por medio de proyectos diseñados por los estudiantes, realizando estudios técnicos con el fin ser entregados a las municipalidades o instituciones para dar solución a las necesidades de la comunidad.

Tras realizar el diagnóstico de necesidades del municipio de San José del Golfo del departamento de Guatemala, se eligió la aldea El Jabillal para la realización del diseño del pavimento que comunicará dicha aldea con aldea La Choleña. Además, se eligió el estudio técnico para el diseño de un puente vehicular para el ingreso al municipio y así beneficiar a los pobladores de la región.

Los estudios técnicos realizados proponen soluciones factibles, determinadas mediante ensayos de laboratorio, estudios técnicos, presupuestos y planos, todo ello basado en normas guatemaltecas con el apoyo de códigos internacionales.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

El actual municipio de San José del Golfo, se originó en el período hispánico como una hacienda llamada San José que perteneció a la Compañía de Jesús y, luego, al convento de Santo Domingo de la actual Ciudad de Guatemala. La hacienda fue vendida en subasta pública por la intendencia general de Guatemala el 8 de agosto de 1831. El municipio debe su nombre a que, durante mucho tiempo, fue paso obligado de tránsito y descanso en el viaje hacia el golfo de Izabal y el Castillo de San Felipe de Lara.

El municipio de San José del Golfo se creó por medio del Acuerdo Gubernativo del 17 de marzo de 1882, como respuesta a una solicitud formulada por los vecinos de las aldeas pertenecientes al municipio de Santo Domingo los Ocotes, para que se suprimiera éste y se erigiera en San José del Golfo, anexándosele la aldea Pontezuelas. A esta petición se adhirieron los habitantes del distrito de San Pedro Ayampuc, del cual formaban parte. Considerando la relación de San José del Golfo con las aldeas vecinas fue una condición para ser erigido distrito municipal. Por convenir a los intereses de los habitantes de Pontezuelas, era más conveniente segregarse de San Pedro Ayampuc y anexarse a San José del Golfo.

El mencionado acuerdo suprimió el municipio de Santo Domingo los Ocotes, creando el distrito municipal de San José del Golfo, con las aldeas de aquel municipio y segregó la aldea Pontezuelas de San Pedro Ayampuc, quedando anexada al nuevo municipio. Además, la aldea Las Navajas (El

Encuentro) se segregó del municipio de Palencia y se anexó a San José del Golfo en 1936.

En 1908 el municipio pasó a formar parte del departamento de El Progreso, cuando cambió su nombre a Guastatoya, pero luego en 1920 volvió a ser parte del departamento de Guatemala.¹

1.2. Características físicas del lugar

A continuación, se describen las características físicas del lugar:

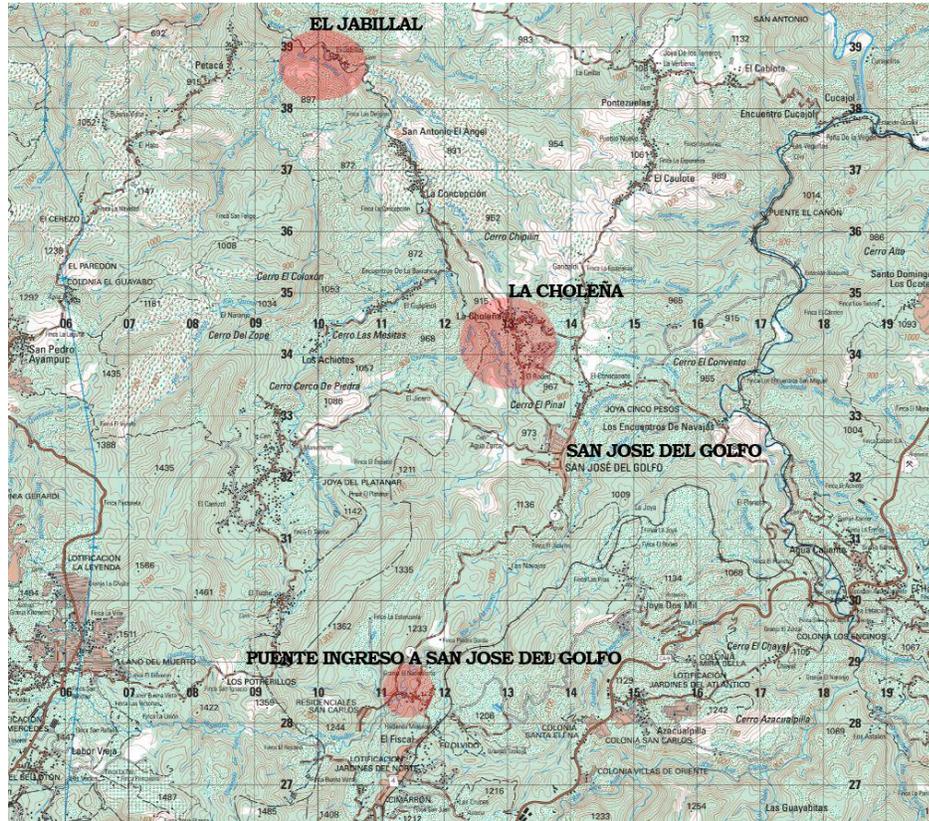
1.2.1. Ubicación y localización

El municipio de San José del Golfo está ubicado al nororiente de del departamento de Guatemala, en la región metropolitana. Se ubica a una altitud de 1 080 metros sobre el nivel del mar de. Su extensión territorial es alrededor de 84 kilómetros cuadrados. Se ubica a 28 kilómetros de la ciudad capital, el ingreso al municipio se realiza por la ruta al atlántico donde a la altura del kilómetro 17 se toma el paso a desnivel.

Luego es necesario recorrer la carterera por 11 kilómetros para llegar a la cabecera municipal. La aldea El Jabillal se encuentra a 38 kilómetros desde la capital, y a 10 kilómetros desde la cabecera municipal. Se localiza al norte del municipio y el ingreso es por medio de la aldea La Choleña, lugar donde culmina la carretera pavimentada.

¹ SEGEPLAN. *Plan de desarrollo municipal San José del Golfo, 2010.*
file:///C:/Users/mrkzii/Downloads/PDM_104.pdf. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Figura 1. Mapa de ubicación San José del Golfo



Fuente: SEGEPLAN. *Diagnóstico de San José del Golfo*.

file:///C:/Users/mrkzii/Downloads/PDM_104.pdf. Consulta: 3 de mayo de 2019.

1.2.2. Límites y colindancias

El municipio de San José del Golfo limita de la siguiente forma: al norte con el municipio de Sanarate (El Progreso); al sur con el municipio de Palencia (Guatemala); al este con el municipio de San Antonio La Paz (El Progreso) y al oeste con los municipios de Chuarrancho y San Pedro Ayampuc (Guatemala).

La aldea El Jabillal colinda de la siguiente forma: al norte con el municipio de Sanarte (El Progreso); al sur con la aldea la Choleña (San José del Golfo); al este con la aldea Loma Tendida (San José del Golfo) y al oeste con Buena Vista (San Pedro Ayampuc).

1.2.3. Clima

Con relación al clima, en el municipio se registra una temperatura promedio de 25.5 - 28 °C y una precipitación con un rango entre 700 y 799 mm.

1.2.4. Suelo y topografía

La topografía predominante en el municipio de San José del Golfo es accidentada y con muy pocas planicies el municipio pertenece a la región montañosa del altiplano central. Un área de 57,70 kilómetros cuadrados está conformada por laderas con pendientes superiores al 45 %, representa un 75 % del territorio. La cima de mayor altura en el municipio alcanza los 1 700 metros sobre el nivel del mar, esta cima tiene el nombre de El Ocote Rajado. Además de este, el municipio posee varios cerros de gran altura.

Las condiciones del suelo generan la viabilidad de implementar proyectos de manejo forestal, con la implementación de proyectos de aprovechamiento de los productos de esta actividad.

El suelo presenta condiciones aptas para proyectos de manejo forestal, la implementación de proyectos que aprovechen los productos forestales puede convertirse en una buena fuente de actividades económicas en el municipio.

1.2.5. Población y demografía

Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) para 2012, San José del Golfo tenía un total de 5 837 habitantes, un total de 3 036 (52 %) de mujeres y 2 801 (48 %) de hombres. La densidad poblacional es de 68,11 habitantes por kilómetro cuadrado, es el municipio con la menor densidad de población del departamento de Guatemala.

El crecimiento poblacional del municipio refleja índices de natalidad bajos. Como se puede observar, en el siguiente cuadro, la tasa de crecimiento de 1994 a 2002 fue de 2,52, la más baja de todo el departamento y, sin embargo, la más alta de los últimos períodos intercensales entre los últimos censos. En comparación en el período de 1994 a 2002, la tasa de crecimiento del municipio de San Miguel Petapa, la más alta del departamento, fue de 11,15 %.

Se puede advertir que la población de San José del Golfo es joven, ya que el 33,36 % está comprendida entre las edades de 0-14 años y el 43,17 % de 15 a 39 años, mientras que la población mayor de 70 años es del 3,13 %.

La población presenta una tendencia paralela entre hombres y mujeres, es decir, que la diferencia entre el número de mujeres y el de hombres en los diferentes grupos etéreos es mínimo. La densidad poblacional del municipio es de 68 habitantes por kilómetro cuadrado, en donde el 31,70 % de la población es rural, mientras que el 68,3 % vive en el área urbana, debido a la cercanía a la ciudad capital y a la concentración de servicios en esta área. La población no indígena es el 98,97 % y la indígena es de 1,03 %.

1.3. Servicios públicos

A continuación, se describen los servicios públicos con los que cuenta el municipio.

1.3.1. Educación

El municipio de San José del Golfo cuenta con escuelas de educación primaria en la mayoría de sus aldeas. Los establecimientos de educación básica se encuentran en las aldeas más pobladas del municipio, así como en la cabecera municipal. Existe un establecimiento de educación superior en la cabecera municipal que es una extensión de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El municipio cuenta con los servicios públicos básicos: agua potable, energía eléctrica, drenajes, teléfono, correos, centro de salud, canchas deportivas, cementerio municipal, salón municipal, salón comunal, y parque municipal.

1.3.2. Comunicación

En el municipio de San José del Golfo todas las aldeas cuentan con servicio de comunicación tales como internet o teléfono; en las aldeas más remotas el servicio es prestado por empresas de terceros que se encargan de llevar esta comunicación a través de antenas desde las aldeas más grandes que cuentan con el servicio cableado. Existen teléfonos públicos en las aldeas principales. El envío de correspondencia se debe realizar en la cabecera municipal.

1.3.3. Salud

El municipio de San José del Golfo cuenta con un centro de salud tipo A en la cabecera municipal, el cual presta atención médica primaria como atención del parto y laboratorio. Cuenta con médico general, odontólogo, psicólogo, enfermeros y auxiliares de enfermería, inspector de saneamiento ambiental, técnico en salud rural, técnico de laboratorio clínico.

Tiene puestos de salud ubicados en: La Choleña, Caulote, Pontezuelas y Loma Tendida que sirven de enlace entre la red institucional y la comunidad, con un horario de atención de 8 horas, de lunes a viernes. El personal está conformado por un doctor o enfermera, un auxiliar de enfermería, un técnico en salud rural y personal de apoyo administrativo.

Para la aldea El Jabillal el servicio de salud más cercano está en aldea La Choleña.

1.3.4. Agua potable

Todas las aldeas del municipio de San José del Golfo cuentan con servicio de agua potable, el líquido es obtenido de pozos mecánicos, posteriormente, tratado para su potabilización y distribución mediante redes de tuberías.

La aldea El Jabillal cuenta con servicio de agua potable, a través de tuberías para la mayoría de las viviendas de la comunidad.

1.3.5. Drenajes

La mayoría de las aldeas de San José del Golfo cuenta con servicio de drenajes, sin embargo, algunos sectores de las aldeas no gozan de este servicio, ya sea por su ubicación muy remota o la reciente formación de nuevas comunidades.

La aldea El Jabillal cuenta con servicio de drenaje, el cual cubre la mayoría de las viviendas de la comunidad.

1.3.6. Transportes

El municipio cuenta con servicio de transporte público, que va desde la cabecera municipal hacia la ciudad capital, y también cuenta con transporte dentro del municipio desde las aldeas hacia la cabecera municipal.

Para llegar a la cabecera municipal, se debe tomar un bus hacia San José del Golfo, este puede ser tomado en la terminal Centra Norte, la ruta de este bus finaliza en el mercado de la cabecera municipal. Para llegar a la aldea El Jabillal desde la cabecera municipal, se debe tomar nuevamente el bus de San José del Golfo, hasta llegar a la aldea La Choleña, aquí se debe transbordar hacia un bus que conduce a la aldea El Jabillal, estos están identificados y finalizan su recorrido en el estadio.

1.3.7. Energía eléctrica

Todas las aldeas del municipio de San José del Golfo cuentan con servicio de energía eléctrica, la cuota mensual depende del consumo para cada hogar. Casi la totalidad de las viviendas cuenta con este servicio.

1.4. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

En el municipio de San José del Golfo, se ha observado la necesidad de distintas estructuras, entre las más comunes se menciona la falta de carreteras pavimentadas en diferentes aldeas. Varias aldeas todavía cuentan con carreteras de terracería que dificultan el tránsito y causan malestar a los pobladores de las comunidades. En la época lluviosa se puede notar que estas carreteras se tornan muy problemáticas, ya que, debido a la precipitación, se vuelven lodosas, impidiendo la circulación de vehículos sencillos.

Otra necesidad recurrente en el municipio es la de expandir los sistemas de agua potable y drenajes, ya que estos actualmente están empezando a ser deficientes en algunas aldeas. Esto se debe a que su periodo de diseño ha expirado y no están ajustados a la demanda actual, por lo que se necesita diseñar expansiones para brindar un servicio satisfactorio a los pobladores. La aparición de nuevas zonas pobladas donde este servicio no está actualmente instalado, también genera la necesidad de expandirlo para así abastecer a las nuevas comunidades.

Actualmente, también se ha observado la inconformidad de algunos pobladores en las aldeas debido a los malos olores emanados en la zona de desfogue de los sistemas de drenajes. Además, estos manifiestan que los sistemas contaminan suelos aledaños a sus cultivos. Por lo que es necesaria la implementación de plantas de tratamiento para aguas residuales, con el fin de disminuir el impacto ambiental que provoca la liberación de estas aguas al ambiente, y al mismo tiempo reducir los malestares provocados en la población.

El ingreso al municipio de San José del Golfo desde la capital ha generado problemática en los últimos años, ya que el puente que permite el ingreso al municipio es de reducidas dimensiones, y dificulta el tránsito debido a que solo permite el paso en un sentido a la vez. Esto conlleva a que los vehículos tengan que detenerse para brindar paso a los del sentido contrario, mientras transitan sobre el puente. Para camiones de gran tamaño, el tránsito sobre el puente resulta dificultoso ya que deben maniobrar ocupando los dos carriles para ingresar al puente y transitarlo.

Debido a los aspectos antes mencionados, se ve la necesidad de construir un nuevo puente de dimensiones más grandes, que permita el tránsito ininterrumpido en ambos sentidos.

1.4.1. Evaluación y priorización de necesidades

De acuerdo con las necesidades antes mencionadas se priorizarán las vías de comunicación sobre las demás, ya que estas actualmente están en condiciones obsoletas y dificultan el tránsito en el municipio. Al mejorar las vías de comunicación como el puente de ingreso al municipio y la carretera que conduce de la aldea La Choleña a El Jabillal, se facilitará el acceso a estas zonas y, por ende, habrá un mayor crecimiento económico además de brindar más facilidad para el ingreso de los recursos.

2. FASE TÉCNICA PROFESIONAL

2.1. Diseño de pavimento para la aldea La Choleña El Jabillal

A continuación, se describe el diseño de pavimento desde la aldea La Choleña hasta El Jabillal.

2.1.1. Descripción del proyecto

Se diseñará el pavimento para la carretera que conduce de la aldea La Choleña a El Jabillal municipio de San José del Golfo, con el fin de facilitar el tránsito y solucionar la problemática actual en el camino entre estas aldeas. El diseño comprende los elementos que constituyen el pavimento como la subbase, carpeta de rodadura, juntas, y drenaje. También involucrará el diseño geométrico de la carretera como las curvas horizontales y verticales.

La longitud proyectada del tramo es aproximadamente 5 km con un ancho de 7 m. El tipo de pavimento por utilizar será pavimento rígido a partir de concreto hidráulico. La carretera contendrá cunetas de concreto y su respectivo drenaje transversal.

Debido a que la cantidad de vehículos que transitan sobre la carretera es mayor a 100 y menor a 500, se diseñará con base en los criterios de una carretera tipo E según la Dirección General de Caminos.

2.1.2. Conceptos básicos sobre carreteras

Una carretera es una vía de transporte terrestre de uso público, construida con el fin de la circulación de vehículos. Su objetivo es brindar conexión entre dos puntos. Se clasifican en autopistas, colectoras urbanas y colectoras rurales. Estas carreteras están conformadas por una capa de material resistente que brinda condiciones óptimas para la circulación. Esta capa es nombrada pavimento.

Pavimento: es una estructura de capa firme construida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural con el fin de aumentar su resistencia y permitir la circulación de vehículos o personas. Existen dos tipos de pavimento, el rígido y el flexible.

El pavimento rígido está conformado por una losa de espesor variable construida con concreto hidráulico colocada sobre el terreno natural. Se caracteriza por no presentar deformaciones al aplicar cargas, transmitiendo así uniformemente las cargas hacia la superficie de soporte. Sus ventajas son mayor duración y menor costo de mantenimiento.

El pavimento flexible consiste en una capa de material colocada sobre una base preparada, esta capa está generalmente conformada por una mezcla bituminosa junto con agregado de granulometría graduada, aunque los sistemas que utilizan adoquines para la construcción de esta capa también son considerados pavimentos flexibles. Se caracteriza por deformarse adecuando su forma al elemento que ejerce una carga sobre la capa, para después recuperar su forma inicial al ser descargada.

Las especificaciones técnicas para el diseño de pavimentos tanto flexibles como rígidos están dadas por la American Association of State Highway and Transportation Officials en su publicación *Guide for Design of Pavement Structures 1993*. Las especificaciones técnicas para su construcción se encuentran en: *especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, de la Dirección General de Caminos, Guatemala*.

2.1.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico consiste en la obtención de datos de campo conocidos como puntos, con el fin de determinar su altitud y su ubicación sobre un plano ortogonal. Estos datos son obtenidos mediante instrumentos ópticos o de tecnología GPS. Esta actividad se desarrolla con el fin de conocer la geometría y relieve del terreno de interés.

Para el proyecto expuesto en este informe, el levantamiento topográfico fue realizado con los siguientes recursos:

- Estación total trimble 5603
- Bastón de 3,6 m Sokia
- Prisma 360 trimble
- Plomada
- Brújula
- Trípode
- Pintura en aerosol
- Estacas

Para el proyecto de pavimento expuesto en este informe se realizó la toma de 3 puntos a cada 20 m sobre la brecha de la carretera actual, con el fin de

determinar curvas de nivel con precisión y tomar en cuenta el alineamiento actual de la brecha.

Para el proyecto del puente expuesto en este informe se realizó la toma de puntos, a cada 10 metros para un área total de 50 x 50 metros.

2.1.3.1. Planimetría

La planimetría es la parte de la topografía correspondiente al estudio de métodos y procedimientos que permiten representar puntos relevantes del terreno sobre una superficie plana.

2.1.3.2. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía correspondiente al estudio de los métodos y procedimientos para obtener con precisión la altura o cota de cada punto de interés sobre el terreno respecto de un plano de referencia. Esto permite representar el relieve del terreno mediante planos de curvas de nivel y perfiles.

2.1.4. Estudio de suelos

El estudio de suelos tiene como fin determinar las propiedades físicas y mecánicas del terreno natural sobre el cual se apoyará la estructura del pavimento, optimizando sus configuraciones y dimensiones para mejorar los recursos.

2.1.4.1. Estudio límites de Atterberg

Los límites de Atterberg determinan el porcentaje de humedad que un suelo debe tener para pasar de un estado de líquido a uno de plasticidad. Este estudio pretende caracterizar el comportamiento de los suelos finos y así clasificarlos.

El límite líquido es un parámetro que determina el porcentaje de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y el estado líquido de un suelo, las condiciones del ensayo están determinadas por la norma AASHTO T89. Este ensayo se realiza a una muestra de suelo previamente secada y tamizada por el tamiz N° 40, esta procede a ser humedecida y colocada sobre la cuchara del aparato de Casagrande.

La muestra es tallada en sobre la cuchara a manera de nivelarla, luego se procede a realizar un corte dividiendo la muestra en dos partes iguales con un ranurador. Se procede a girar la manivela de la máquina de Casagrande hasta alcanzar un total de 25 golpes.

Si la muestra de suelo tarda más de 30 golpes en cerrar la ranura previamente hecha, se debe agregar más humedad al suelo y repetir el ensayo. Si la muestra de suelo cierra la ranura en 25 golpes o menos, se procede a tomar una muestra del suelo para pesarla y luego llevarla al horno hasta obtener una masa constante. La diferencia de masa antes y después del secado en horno representa el contenido de humedad que poseía el suelo durante el ensayo. Este valor expresado en porcentaje respecto de la masa de suelo antes del secado será el porcentaje de humedad correspondiente al límite líquido.

Figura 2. **Ensayo límite líquido en copa de Casagrande**



Fuente: UCN. *Límites de Atterberg*. p. 25.

El límite plástico es un parámetro que determina el porcentaje de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semisólido; para un suelo remodelado las condiciones del ensayo están determinadas por la norma AASHTO T90. El ensayo consiste en moldear cilindros de 3 milímetros de espesor, hasta contener una muestra de masa significativa. Esta muestra se pesa y luego se seca al horno hasta obtener una masa constante.

La diferencia de masa antes y después del secado indicará el contenido de humedad que contenía el suelo al haber moldeado los cilindros. Esta diferencia de masas dividido entre la masa antes del secado dará como resultado el porcentaje de humedad, que será el resultado como límite plástico.

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico determinados por las normas AASHTO T89 Y T90, respectivamente. Un valor bajo de este indica que el suelo necesita un incremento pequeño en la humedad para cambiar del estado semisólido al estado líquido.

El índice de plasticidad define el porcentaje de humedad que debe tener un suelo para conservarse en estado plástico. Este valor permite conocer los parámetros de asentamiento y expansión potencial de un suelo.

Tabla I. **Límites de Atterberg para muestra de suelo del proyecto**

Límite	Valor %
Límite líquido L.L	30,88
Límite plástico L.P	25,81
Índice de plasticidad I.P=L.L-LP	5,07
Grava con arena limosa color café rojizo	

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.2. Proctor modificado

Este ensayo consiste en determinar la humedad óptima para obtener la densidad seca máxima de un suelo, con relación en la humedad mientras se le aplica una determinada energía de compactación. Las condiciones del ensayo están determinadas por la norma AASHTO T180.

El ensayo realiza una muestra de suelo en un cilindro con volumen previamente determinado, se compactan las probetas dentro de los cilindros a distintos porcentajes de humedad. Cada cilindro es compactado en 3 capas, cada una con 25 golpes del martillo con masa de 5,54 kg dejándose caer de una altura de 457 milímetros.

Al completar de compactar la probeta, se rasa la parte superior del cilindro y se toma su peso, luego se obtiene una muestra representativa del suelo compactado en dicha probeta para determinar su porcentaje de humedad. Con los resultados de humedad y densidad para cada probeta se grafica la curva de

densidad frente al porcentaje de humedad, el punto máximo de la curva corresponderá a la humedad óptima para obtener la máxima densidad.

La muestra de suelo extraída del lugar donde se realizará el proyecto de carretera obtuvo como resultado una humedad óptima de 9,75 % tras realizar el ensayo de proctor modificado.

2.1.4.3. Estudio CBR

Este estudio es utilizado para comprobar las características mecánicas de un suelo mediante la penetración. Las condiciones del ensayo están especificadas en la normal AASHTO T193. Consisten en formar probetas de suelo compactado con la humedad óptima y aplicando distintos niveles de energía.

Se coloca sobre la probeta un disco de masa equivalente a la de una carpeta de rodadura estándar y se dejan reposar en agua durante 96 horas para simular las condiciones de saturación más adversas. Luego de 96 horas se ensayan las probetas, haciendo penetrar un cilindro a velocidad constante.

El valor de CBR es un porcentaje que expresa el nivel de resistencia de un suelo con relación en una piedra picada bien gradada estándar. Este ensayo dará distintos valores de CBR a distintos porcentajes de compactación. El valor de CBR por utilizar deberá corresponder al porcentaje de compactación requerido por el proyectista.

Tabla II. **Clasificación y usos del suelo de acuerdo con los valores de CBR**

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2-5	Muy mala	Sub-rasante
5-8	Mala	Sub-rasante
8-20	Regular-buena	Sub-rasante
20-30	Excelente	Sub-rasante
30-60	Buena	Sub-base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: Universidad del QUINDIO. *Diseño de pavimento flexible y rígido*. p. 32.

El valor de CBR para muestra de suelo extraída del lugar del proyecto de la carretera dio como resultado un CBR de 6,5 % a un grado de compactación del 95 %, lo cual lo clasifica uso de subrasante.

2.1.4.4. Granulometría

Este ensayo tiene como fin determinar el porcentaje de partículas de distintos tamaños que se encuentra en el suelo. Con estos porcentajes se puede conocer cuál es la distribución de gravas arenas y finos en la muestra ensayada. Las condiciones del ensayo están especificadas en AASHTO T27. El ensayo consiste en separar las distintas partículas de la muestra haciéndolas pasar por tamices de distintos tamaños después de haber lavado y secado la muestra. La masa de las partículas retenidas en cada tamiz se expresa respecto de la masa inicial.

Tabla III. **Granulometría de la muestra ensayada**

Tipo de partícula	Porcentaje de masa
Grava	46,77
Arena	33,30
Finos	19,33

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.5. Densidad de campo

Este ensayo es realizado para comprobar *in situ* que el porcentaje de compactación del suelo corresponde al estipulado en las especificaciones del proyectista. Consiste en tallar en el suelo compactado un agujero pesando la masa de suelo retirada, para luego verter en él una cantidad de arena fina estandarizada. De acuerdo con la cantidad de arena que ingresa al agujero se calcula su volumen. Se obtiene el valor de la densidad a partir de la relación entre la masa de suelo retirado y el volumen del agujero tallado.

2.1.5. Diseño geométrico

A continuación, se describe el diseño geométrico:

2.1.5.1. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal consiste en el diseño final de la localización sobre un plano ortogonal de las curvas horizontales que definen la ruta por seguir. Estas curvas deben seguir especificaciones mínimas para brindar seguridad y comodidad a los usuarios de la carretera. Está conformado por:

- Tangentes horizontales: son los trazos rectos del alineamiento horizontal estos son definidos por rumbos y longitudes determinadas.
- Curvas horizontales: son arcos de circunferencia de un radio constante que son utilizadas para unir dos tangentes horizontales de una vía.

2.1.5.1.1. Diseño de localización

El diseño de localización comprende el trazo del alineamiento que seguirá la ruta por diseñarse, este trazo busca determinar la mejor ruta beneficiando a la mayor cantidad de usuarios durante su recorrido.

Para este proyecto el diseño de la localización fue trazado sobre la brecha que existe actualmente.

Figura 3. Diseño de localización



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.1.2. Diseño de tangentes y curvas horizontales

Para el diseño de la carretera se utilizará los siguientes criterios de diseño.

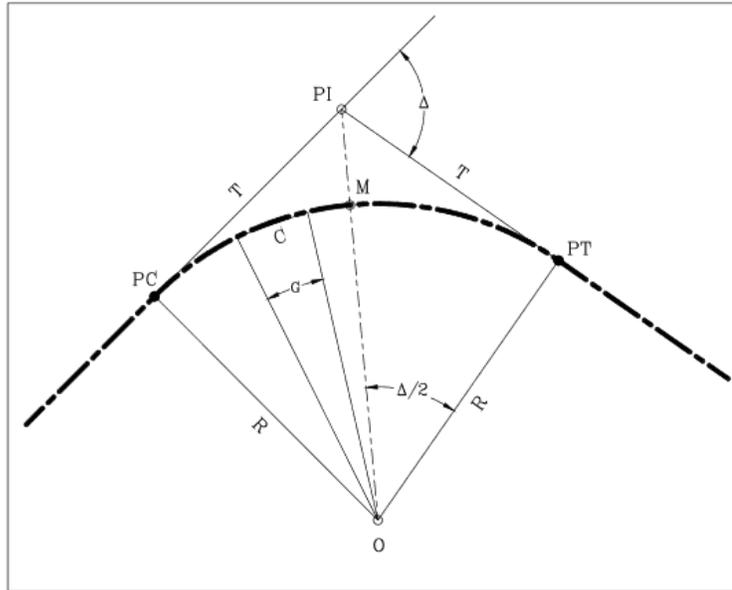
Se obtuvo un TPD de 47 vehículos en un solo sentido de la carretera, por lo que para ambos sentidos el TDP será de 94 vehículos, de acuerdo con la dirección General de Caminos, la carretera es clasificada TIPO "F".

El terreno donde será construida la carretera corresponde a la región montañosa por lo que se utilizarán los siguientes parámetros.

- Velocidad de diseño: 20 km/h
- Ancho de calzada: 5,50 m
- Ancho de terracería corte: 9,50 m
- Ancho de terracería relleno: 8,50 m
- Derecho de vía: 15 m
- Radio mínimo: 18 metros
- Pendiente máxima: 14 %
- Distancia mínima visible de parada: 20 m
- Distancia mínima visible de paso: 100 m

Para el cálculo de las curvas horizontales se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Figura 4. **Elementos de una curva horizontal**



Fuente: Diseño y cálculo geométrico de viales alineamiento horizontal.

- Grado de curvatura: es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros expresado en grados.

$$G = \frac{1\ 145,92}{R}$$

Donde :

G= grado de curvatura

R= radio de curva

- Longitud de curva: es la longitud del arco entre el PC y el PT expresado en metros.

$$L_c = 20 \frac{\Delta/2}{G}$$

Donde:

Lc= longitud de curva

Δ = ángulo de deflexión entre las tangentes. (°)

G= grado de curvatura

- Subtangente: es la distancia entre el PI y PC o PT, se mide sobre la prolongación de las tangentes. En una curva circular las dos subtangentes son iguales.

$$ST = R * \tan \frac{\Delta/2}{2}$$

Donde:

ST= subtangente (m)

Δ = ángulo de deflexión entre las tangentes (°)

R = radio de curva (m)

- Cuerda (C): es la recta que uno dos puntos dados de una curvar circular.

$$C = 2R * \sin \frac{\theta}{2}$$

Donde:

C: longitud de cuerda en m

R: radio de curva en m

θ : ángulo en grados

Tabla IV. Datos calculados parámetros de curvas simples

Curva	G	Deflexión		Radio	PC	PI	PT	LC	ST	E	CM	eMax	Sobre ancho
1	18	12°37'31"	DER	95,49	0+328,39	0+338,96	0+349,44	21,4	10,56	0,58	20,99	4,5	1,1
2	27	9°15'42"	IZQ	63,66	0+636,47	0+641,63	0+646,76	10,29	5,16	0,21	10,28	6,4	1,6
3	57,3	85°50'34"	IZQ	30	0+855,64	0+883,54	0+900,59	44,95	27,9	10,97	40,86	9,8	2,4
4	57,3	73°48'36"	DER	30	0+978,11	1+00,64	1+016,76	38,65	22,53	7,52	36,03	9,8	2,4
5	86	69°38'50"	DER	20	1+173,01	1+186,93	1+197,33	24,31	13,91	4,36	22,84	9,8	2,4
6	49,5	34°23'29"	IZQ	34,73	1+349,69	1+360,43	1+370,53	20,85	10,75	1,63	20,54	9,3	2,1
7	12	10°31'21"	DER	143,24	1+447,01	1+460,20	1+473,32	26,31	13,19	0,61	26,27	2,8	0,9
8	4,5	2°0'9"	DER	381,97	1+671,41	1+678,09	1+684,76	13,35	6,68	0,6	13,35	1,4	0,6
9	19,5	11°29'24"	IZQ	88,15	1+854,74	1+863,61	1+872,41	17,68	8,87	0,45	17,65	4,5	1,1
10	13,5	2°50'38"	DER	127,32	2+040,79	2+043,95	2+047,11	6,32	3,126	0,4	6,32	3,5	1
11	34,5	48°4'35"	DER	49,82	2+136,77	2+158,99	2+178,57	41,8	22,22	4,73	40,59	7,8	1,7
12	57	14°43'56"	IZQ	30,16	2+267,32	2+271,22	2+275,08	7,76	3,9	0,25	7,73	9,8	2,4
13	19,5	12°45'56"	DER	88,15	2+492,91	2+502,77	2+512,55	19,64	9,86	0,55	19,6	4,5	1,1
14	18	10°24'39"	DER	95,49	2+630,46	2+639,16	2+647,81	17,35	8,7	0,4	17,33	4,5	1,1
15	12	4°58'6"	IZQ	143,2	2+713,42	2+719,64	2+725,84	12,42	6,21	0,14	12,42	3,1	0,9
16	12	5°33'13,32"	DER	143,24	2+976,34	2+983,29	2+990,22	13,88	6,95	0,17	13,88	3,1	0,9
17	32	34°29'54"	IZQ	52,09	3+056,06	3+072,24	3+087,43	31,36	16,17	2,45	30,89	7,2	1,6
18	6	3°11'12"	IZQ	286,48	3+369,09	3+377,06	3+385,02	15,93	7,97	0,11	15,93	1,4	0,6
19	96	95°23'47"	DER	12	3+170,79	3+190,77	3+190,77	19,98	13,19	5,83	17,75	0	0
20	96	53°11'15"	IZQ	12	3+219,19	3+230,33	3+230,33	11,14	6	1,42	10,74	0	0
21	64	19°47'4"	IZQ	18	3+522,27	3+528,48	3+528,48	6,22	3,14	0,27	6,19	0	0

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.2. Diseño de curvas de transición

Las curvas de transición admiten obtener un cambio gradual en la curvatura entre la tangente y el inicio de la curva. Permiten a los vehículos circular a velocidades mayores con seguridad y comodidad, evitando que se salgan del carril debido a las fuerzas centrífugas.

Además, las curvas de transición prevén suficiente longitud para realizar la transición del peralte y del sobre ancho.

Para calcular la longitud de una curva espiral de transición, se utiliza la ecuación de Barnett.²

$$Ls \geq 0,036 \frac{V^3}{Rc}$$

² GAITÁN, Johnny. *Diseño y replanteo geométrico de carreteras con clotoide*. p.45.

Donde:

Ls = longitud de curva de transición (m)

V = velocidad en Km/h

R = radio central de la curva (m)

C = tasa de incremento de la aceleración centrípeta, en m/seg³

2.1.5.2.1. Diseño de peralte

El peralte consiste a la pendiente transversal que posee la carpeta de rodadura de una carretera, su función es compensar el efecto de las fuerzas centrífugas que actúan sobre el vehículo durante el tránsito de este sobre las curvas. Brindando así seguridad y confort a los usuarios. La determinación del peralte necesario para las curvas de la carretera dependerá del radio de la curva y de la velocidad de diseño.

De forma general el peralte se calcula de la siguiente manera:

$$e = \frac{v^2}{127 * R}$$

Donde:

e = es el peralte con valor adimensional

V = es el valor de la velocidad Km/h

R = es el valor del radio de la curva en metros

2.1.5.2.2. Diseño de sobreebancho

El sobreebancho es un elemento de la carretera cuya función es brindar un ancho mayor de carril en las curvas, ya que los vehículos ocupan un ancho mayor de camino en estas, debido a que es difícil para el conductor mantener el vehículo dentro del centro del carril al transitar por la curva.

Cuando existen curvas de transición el sobreebancho se divide igualmente entre la parte interna y externa de la curva, aunque es posible aplicarlo solamente en la parte interior. Este sobreebancho se incrementa gradualmente durante la longitud de las curvas espiral. Cuando no existen curvas de transición el sobreebancho total se aplica en la parte interior de la curva.

Para el diseño de la carretera en este proyecto se utilizará la siguiente tabla de valores de longitud espiral y peralte:

Tabla V. Valores de longitud espiral y peralte

VELOCIDAD	G°	RADIO	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120		
			e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ	e%	La	Δ
1°	1145.92	BN	17	0'51"	BN	23	1'09"	BN	28	1'24"	1.4	34	1'42"	1.9	39	1'57"	2.5	45	2'15"	3.1	50	2'30"	3.8	56	2'45"	4.7	62	3'00"	5.5	67	3'21"	
2°	572.96	BN	17	1'42"	BN	23	2'18"	1.9	28	2'45"	2.8	34	3'24"	3.8	39	3'54"	4.9	45	4'30"	6.2	51	5'06"	7.7	64	6'24"	9.0	79	7'54"	9.9	94	9'24"	
3°	381.97	BN	17	2'33"	BN	23	3'27"	2.9	28	4'12"	4.1	34	5'06"	5.6	40	6'00"	7.3	53	7'57"	8.9	69	10'21"	9.9	83	12'27"							
4°	286.48	1.4	17	3'24"	2.5	23	4'36"	3.8	28	5'36"	5.5	35	7'00"	7.47	49	9'48"	9.1	65	13'00"	10.00	77	15'24"										
5°	229.18	1.7	17	4'15"	3.1	23	5'45"	4.8	28	7'00"	6.8	42	10'30"	8.7	58	14'30"	9.9	71	17'45"													
6°	190.99	2.1	17	5'06"	3.7	23	6'54"	5.8	32	9'36"	7.9	48	14'24"	9.6	64	19'12"																
7°	163.70	2.4	17	5'57"	4.3	24	8'24"	6.6	37	12'57"	8.8	54	18'54"	10.00	67	23'27"																
8°	143.24	2.8	17	6'48"	4.9	25	10'00"	7.4	41	16'24"	9.4	58	23'12"																			
9°	127.32	3.1	17	7'39"	5.5	28	12'36"	8.1	45	20'15"	9.8	60	27'00"																			
10°	114.59	3.5	17	8'30"	6.1	31	15'30"	8.7	49	24'30"	10.00	61	30'30"																			
11°	104.17	3.8	17	9'21"	6.6	33	18'09"	9.1	51	28'03"																						
12°	95.49	4.2	19	11'24"	7.1	36	21'36"	9.5	53	31'48"																						
13°	88.15	4.5	20	13'00"	7.6	38	24'42"	9.8	55	35'45"																						
14°	81.85	4.8	22	15'24"	8.0	40	28'00"	9.9	56	39'12"																						
15°	76.39	5.2	23	17'15"	8.4	42	31'30"	10.00	56	42'00"																						
16°	71.62	5.5	25	20'00"	8.7	44	35'12"																									
17°	67.41	5.8	26	22'06"	9.0	45	38'15"																									
18°	63.66	6.1	27	24'18"	9.3	47	42'18"																									
19°	60.31	6.4	29	27'33"	9.5	48	45'36"																									
20°	57.30	6.7	30	30'00"	9.7	49	49'00"																									
21°	54.57	7.0	32	33'36"	9.8	49	51'27"																									
22°	52.09	7.2	32	35'12"	9.9	50	55'00"																									
23°	49.82	7.5	34	39'06"	10.0	50	57'30"																									
24°	47.75	7.8	35	42'00"	10.0	50	60'00"																									
25°	45.84	7.9	36	45'00"																												
26°	44.07	8.1	37	48'06"																												
27°	42.44	8.3	37	49'57"																												
28°	40.93	8.5	38	53'12"																												
29°	39.51	8.7	39	56'33"																												
30°	38.20	8.9	40	60'00"																												
31°	36.97	9.0	41	63'33"																												
32°	35.81	9.2	41	65'36"																												
33°	34.73	9.3	42	69'18"																												
34°	33.70	9.4	42	71'24"																												
35°	32.74	9.5	43	75'15"																												
36°	31.83	9.6	43	77'24"																												
37°	30.97	9.7	44	81'24"																												
38°	30.16	9.8	44	83'36"																												

PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGÚN EL METODO "4" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRÁ PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL.
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGÚN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MÍNIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Letiscod

Fuente: Dirección General de Caminos. *Valores de longitud espiral y peralte.*

<https://www.caminos.gob.gt/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Para el diseño de la carretera en este proyecto se utilizará la siguiente tabla de valores de sobreancho.

Tabla VI. Valores de sobrancho recomendados

VALORES DE DISEÑO PARA SOBRES-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																							
ANCHO CALZADA		TÍPICA "E" 5.50					TÍPICA "D" 6.00						TÍPICA "C" 6.50										
VELOCIDADES		30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
GRADO DE CURVATURA	1°	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	0.60	0.60							
	2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	AN	AN	AN	AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60
	3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70		AN	AN	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
	4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80				AN	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
	5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90					0.60	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60				
	6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.70	0.80	0.90						0.60	0.60	0.50	0.70						
	7°	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90						0.60	0.60	0.50	0.70						
	8°	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90							0.60	0.60	0.70							
	9°	0.90	1.00	1.10	0.90	0.90	1.00							0.60	0.70	0.80							
	10°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.10							0.70	0.80	0.90							
	11°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00								0.70	0.80								
	12°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								
	13°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								
	14°	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20								0.90	1.00								
	15°	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20								1.00	1.10								
	16°	1.30	1.40		1.20									1.00									
	17°	1.30	1.50		1.30									1.10									
	18°	1.40	1.50		1.30									1.10									
	19°	1.40	1.60		1.40									1.20									
	20°	1.50	1.60		1.40									1.20									
	21°	1.50	1.70		1.50									1.30									
	22°	1.60	1.70		1.50									1.30									
	23°	1.60	1.80		1.60									1.40									
	24°	1.70	1.80		1.60									1.40									
	25°	1.70			1.60																		
	26°	1.80			1.60																		
	27°	1.80			1.60																		
	28°	1.90			1.60																		
	29°	1.90			1.60																		
	30°	2.00			1.60																		
	31°	2.00			1.60																		
	32°	2.10			1.60																		
	33°	2.10			1.60																		
	34°	2.20			1.70																		
	35°	2.20			1.70																		
	36°	2.30			1.80																		
	37°	2.30			1.80																		
	38°	2.40			1.90																		

Fuente: Dirección General de Caminos. Valores de longitud espiral y peralte.

<https://www.caminos.gob.gt/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Tabla VII. Datos calculados parámetros de curvas de transición

Curva	G	Deflexión		Radio	Longitud espiral	ELS1	TLS1	TLS2	ELS2	eMax	Sobre ancho
1	18	12°37'31"	DER	95,49	19	0+309,39	0+328,39	0+349,44	0+368,44	4,5	1,1
2	27	9°15'42"	IZQ	63,66	27	0+609,47	0+636,47	0+646,76	0+673,76	6,4	1,6
3	57,3	85°50'34"	IZQ	30	17	0+838,64	0+855,64	0+900,59	0+917,59	9,8	2,4
4	57,3	73°48'36"	DER	30	17	0+961,11	0+978,11	1+016,76	1+033,76	9,8	2,4
5	86	69°38'50"	DER	20	15	1+158,01	1+173,01	1+197,33	1+212,33	9,8	2,4
6	49,5	34°23'29"	IZQ	34,73	42	1+307,69	1+349,69	1+370,53	1+412,53	9,3	2,1
7	12	10°31'21"	DER	143,24	17	1+430,01	1+447,01	1+473,32	1+490,32	2,8	0,9
8	4,5	2°0'9"	DER	381,97	17	1+654,41	1+671,41	1+684,76	1+701,76	1,4	0,6
9	19,5	11°29'24"	IZQ	88,15	20	1+834,74	1+854,74	1+872,41	1+892,41	4,5	1,1
10	13,5	2°50'38"	DER	127,32	17	2+023,79	2+040,79	2+047,11	2+064,11	3,5	1
11	34,5	48°4'35"	DER	49,82	34	2+102,77	2+136,77	2+178,57	2+212,57	7,8	1,7
12	57	14°43'56"	IZQ	30,16	44	2+223,32	2+267,32	2+275,08	2+319,08	9,8	2,4
13	19,5	12°45'56"	DER	88,15	20	2+472,91	2+492,91	2+512,55	2+532,55	4,5	1,1
14	18	10°24'39"	DER	95,49	19	2+611,46	2+630,46	2+647,81	2+666,81	4,5	1,1
15	12	4°58'6"	IZQ	143,2	17	2+696,42	2+713,42	2+725,84	2+742,84	3,1	0,9
16	12	5°33'13,32"	DER	143,24	17	2+959,34	2+976,34	2+990,22	3+007,22	3,1	0,9
17	32	34°29'54"	IZQ	52,09	32	3+024,06	3+056,06	3+087,43	3+119,43	7,2	1,6
18	6	3°11'12"	IZQ	286,48	17	3+352,09	3+369,09	3+385,02	3+402,02	1,4	0,6

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical consiste en el diseño de la línea de subrasante, la cual deberá ser configurada con curvas verticales para brindar una transición cómoda y segura entre las diferentes pendientes del terreno. Este deberá tomar en cuenta las pendientes máximas permitidas de acuerdo con el tipo y velocidad de la carretera.

2.1.5.3.1. Diseño de subrasante

El diseño de la subrasante corresponde al trazo del alineamiento vertical que deberá seguir la carretera. Consiste en determinar los puntos de intersección vertical de manera que el alineamiento cumpla con las pendientes máximas establecidas. Además, debe evitar grandes volúmenes de corte o relleno, y buscar que el volumen de corte y relleno sean iguales en cantidad durante todo el recorrido.

2.1.5.3.2. Diseño de pendientes

El diseño de pendientes consiste en ubicar los puntos de intersección vertical del alineamiento de manera que no se supere la pendiente máxima permitida por el normativo local. Para la carretera en este proyecto, tomando en cuenta que es una carretera tipo E en zona montañosa, se utilizará el valor de pendiente máxima de 14 %.

2.1.5.3.3. Diseño de curvas verticales

Las curvas verticales tienen como objetivo conectar dos tangentes de pendiente distinta, suavizando el cambio entre dichas tangentes, con el fin de

brindar seguridad y comodidad al conductor. Estas curvas son generalmente parabólicas. La ecuación que las describe es de la siguiente forma:

$$Y = x^2 * K$$

Donde:

Y = ordenada media vertical que corresponde a la distancia X, desde la tangente a la curva vertical.

X = distancia horizontal variable, medida desde el PCV o el PTV hacia el PIV.

K = factor de diseño, seleccionado de acuerdo con el criterio de diseño.

Para la carretera en este proyecto se utilizará el criterio de visibilidad de parada, por lo que se hará uso de tabla 5.

Figura 5. Factores de diseño según visibilidad de parada

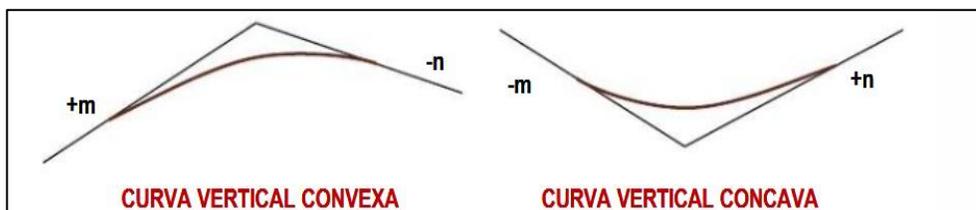
Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP					
Velocidad de diseño Km/h	Rango de velocidad de marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)		Factor K de diseño *
			Menores	Mayores	
30	30-30	0.40	30	30	4-4
40	40-40	0.38	45	45	8-8
50	47-50	0.35	60	65	11-12
60	55-60	0.33	75	85	15-18
70	63-70	0.31	95	110	20-25
80	70-80	0.30	115	140	25-32
90	77-90	0.30	130	170	30-40
100	85-100	0.29	160	205	37-51
110	91-110	0.28	180	245	43-62

* Cifras redondeadas

Fuente: SIECA. *Manual centroamericano normas del diseño geométrico para el diseño de carreteras regionales*. p. 18.

Ya que no hay parámetros de factor K para una carretera de 20 km/h se utilizará los valores correspondientes a 30km/h. De la tabla anterior se obtiene el factor K de diseño visibilidad de parada para curvas convexas: 4 y el factor K de diseño visibilidad de parada para curvas cóncavas 4.

Figura 6. **Gráfica de figuras cóncavas y convexas**



Fuente: BENAVENTE, Yakelin. *Diseño geométrico en perfil caminos I.* p. 56.

Tabla VIII. **Datos calculados parámetros de curvas verticales**

Curvas verticales												
Curva	PVI	Elevación PVI	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Cambio pendiente	Curva	Longitud de curva	K	PCV EST	PCV ELEV [m]	PTV EST	PTV ELEV [m]
	0+000,04 m	888,000m		-7,89 %								
1	0+116,99 m	878,770m	-7,89 %	-1,20 %	6,69 %	Concava	26,768m	4	0+103,60	879,83	0+130,37	878,61
2	0+181,11 m	878,000m	-1,20 %	-2,75 %	1,55 %	Convexa	6,215m	4	0+178	878,04	0+184,21	877,91
3	0+253,72 m	876,000m	-2,75 %	2,73 %	5,49 %	Concava	21,955m	4	0+242,75	876,3	264,7	876,3
4	0+400,00 m	880,000m	2,73 %	-1,86 %	4,60 %	Convexa	18,385m	4	0+390,81	879,75	0+409,19	879,83
5	0+829,71 m	872,000m	-1,86 %	-14,00 %	12,14 %	Convexa	48,553m	4	0+805,43	872,45	0+853,98	868,6
6	1+215,42 m	818,000m	-14,00 %	-2,18 %	11,82 %	Concava	47,291m	4	1+191,78	821,31	1+239,07	817,49
7	1+399,16 m	814,000m	-2,18 %	-14,00 %	11,82 %	Convexa	47,292m	4	1+375,51	814,51	1+422,81	810,69
8	1+499,16 m	800,000m	-14,00 %	-5,52 %	8,48 %	Concava	33,909m	4	1+482,21	802,37	1+516,11	799,06
9	1+571,59 m	796,000m	-5,52 %	-13,92 %	8,39 %	Convexa	33,573m	4	1+554,80	796,93	1+588,37	793,66
10	1+859,03 m	756,000m	-13,92 %	-1,89 %	12,02 %	Concava	48,091m	4	1+834,98	759,35	1+883,07	755,54
11	1+961,98 m	754,051m	-1,89 %	-13,66 %	11,77 %	Convexa	47,061m	4	1+938,45	754,5	1+985,51	750,84
12	2+255,21 m	714,000m	-13,66 %	-1,54 %	12,12 %	Concava	48,475m	4	2+230,97	717,31	2+279,45	713,63
13	2+385,10 m	712,000m	-1,54 %	-10,86 %	9,32 %	Convexa	37,288m	4	2+366,45	712,29	2+403,74	709,97
14	2+494,14 m	700,156m	-10,86 %	-1,08 %	9,78 %	Concava	39,136m	4	2+474,57	702,28	2+513,71	699,95
15	2+879,79 m	696,000m	-1,08 %	-9,61 %	8,53 %	Convexa	34,119m	4	2+862,73	696,18	2+896,85	694,36
16	3+030,04 m	681,565m	-9,61 %	-0,74 %	8,87 %	Concava	35,466m	4	3+012,31	683,27	3+047,77	681,43
17	3+243,89 m	679,980m	-0,74 %	7,85 %	8,59 %	Concava	34,377m	4	3+226,70	680,11	3+261,09	681,33
18	3+284,91	683,202m	7,85 %	-0,51 %	8,37 %	Convexa	33,462m	4	3+268,18	681,9	3+301,64	683,12

Continuación de la tabla VIII.

19	3+326,75 m	682,987m	-0,51 %	-7,83 %	7,32 %	Convexa	29,263m	4	3+312,12	683,0 6	3+341,38	681,84
20	3+364,91 m	680,000m	-7,83 %	-0,56 %	7,27 %	Concava	29,066m	4	3+350,38	681,1 4	3+379,45	679,92

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.4. Movimiento de tierras

A continuación, se presenta la descripción del movimiento de tierras:

2.1.5.4.1. Secciones transversales

Las secciones transversales son representaciones gráficas de un corte transversal sobre el alineamiento. El objetivo de estas gráficas es representar los puntos geométricos de la carretera vista de frente, aportando datos como elevación del centro y líneas externas de la carretera.

Así como mostrar con detalle los taludes de corte y relleno. Por lo general, estas secciones son calculadas a cada 20 metros en tangentes y 10 metros en curvas.

2.1.5.4.2. Volúmenes de corte y relleno

Los volúmenes de corte y relleno permiten conocer la cantidad de suelo que deberá ser trabajado. Estos volúmenes son calculados de acuerdo con las secciones transversales, por lo que se calcula el área de corte y relleno en dos secciones consecutivas. El volumen de corte y relleno se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Volumen de corte} = \frac{(\text{Área de corte 1} + \text{Área de corte 2}) * \text{distancia entre estaciones}}{2}$$

$$\text{Volumen de relleno} = \frac{(\text{Volumen de relleno 1} + \text{Área de relleno 2}) * \text{distancia entre estaciones}}{2}$$

Tabla IX. **Volúmenes de corte y relleno**

<u>Estación</u>	<u>Área de Corte</u>	<u>Volumen de corte</u>	<u>Área de relleno</u>	<u>Volumen de relleno</u>	<u>Volumen de Corte Acum.</u>	<u>Volumen de relleno Acum</u>	<u>Volumen neto acumulado</u>
0+020,000	4,44	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
0+040,000	2,64	70,72	1,56	18,87	70,72	18,87	51,85
0+060,000	0,06	26,92	5,82	73,77	97,64	92,64	5,00
0+080,000	0,06	1,16	6,10	119,12	98,80	211,76	-112,96
0+100,000	1,54	16,05	2,93	90,23	114,85	301,99	-187,14
0+120,000	3,96	55,06	0,93	38,60	169,91	340,58	-170,67
0+140,000	7,02	109,84	0,19	11,23	279,75	351,81	-72,06
0+160,000	8,45	154,70	0,05	2,41	434,45	354,22	80,23
0+180,000	5,00	134,48	0,46	5,09	568,93	359,31	209,63
0+200,000	2,44	74,45	1,54	19,98	643,39	379,28	264,10
0+220,000	0,51	29,51	4,99	65,25	672,89	444,53	228,36
0+240,000	0,00	5,09	8,16	131,50	677,98	576,03	101,95
0+260,000	0,20	1,98	7,04	152,08	679,97	728,11	-48,15
0+280,000	0,50	6,98	5,47	125,16	686,95	853,28	-166,33
0+300,000	3,52	40,23	1,36	68,33	727,18	921,61	-194,43

Continuación de la tabla IX.

0+310,000	7,35	54,33	0,28	8,19	781,51	929,79	-148,28
0+320,000	14,15	107,90	0,00	1,37	889,41	931,16	-41,75
0+330,000	21,96	182,14	0,00	0,00	1 071,55	931,16	140,39
0+340,000	23,68	230,04	0,00	0,00	1 301,59	931,16	370,43
0+350,000	17,38	206,23	0,00	0,00	1 507,82	931,16	576,66
0+360,000	14,80	161,09	0,00	0,00	1 668,91	931,16	737,75
0+380,000	9,97	247,68	0,00	0,00	1 916,59	931,16	985,43
0+400,000	6,74	167,02	0,00	0,00	2 083,62	931,16	1 152,45
0+420,000	8,43	151,66	0,00	0,00	2 235,28	931,16	1 304,11
0+440,000	10,78	192,14	0,00	0,00	2 427,42	931,16	1 496,26
0+460,000	12,95	237,38	0,00	0,00	2 664,81	931,16	1 733,64
0+480,000	16,05	290,06	0,00	0,00	2 954,86	931,16	2 023,70
0+500,000	20,13	361,76	0,00	0,00	3 316,62	931,16	2 385,46
0+520,000	25,74	458,64	0,00	0,00	3 775,26	931,16	2 844,10
0+540,000	31,30	570,42	0,00	0,00	4 345,68	931,16	3 414,52
0+560,000	35,50	668,01	0,00	0,00	5 013,69	931,16	4 082,52
0+580,000	39,80	752,95	0,00	0,00	5 766,64	931,16	4 835,47
0+600,000	43,19	829,86	0,00	0,00	6 596,50	931,16	5 665,34
0+610,000	45,89	445,40	0,00	0,00	7 041,90	931,16	6 110,73
0+620,000	48,44	471,55	0,00	0,00	7 513,45	931,16	6 582,29
0+630,000	52,48	504,21	0,00	0,00	8 017,66	931,16	7 086,49
0+640,000	55,88	540,87	0,00	0,00	8 558,53	931,16	7 627,36
0+650,000	57,71	566,79	0,00	0,00	9 125,32	931,16	8 194,15
0+660,000	56,92	572,52	0,00	0,00	9 697,84	931,16	8 766,68
0+670,000	56,97	569,28	0,00	0,00	10 267,12	931,16	9 335,95
0+680,000	56,38	566,79	0,00	0,00	10 833,90	931,16	9 902,74
0+700,000	60,67	1 170,57	0,00	0,00	12 004,48	931,16	11 073,32
0+720,000	64,15	1 248,22	0,00	0,00	13 252,70	931,16	12 321,54
0+740,000	68,36	1 325,09	0,00	0,00	14 577,79	931,16	13 646,63
0+760,000	71,51	1 398,74	0,00	0,00	15 976,53	931,16	15 045,37
0+780,000	74,20	1 457,13	0,00	0,00	17 433,66	931,16	16 502,50
0+800,000	76,67	1 508,71	0,00	0,00	18 942,37	931,16	18 011,21
0+820,000	87,43	1 640,98	0,00	0,00	20 583,35	931,16	19 652,19
0+840,000	109,35	1 967,76	0,00	0,00	22 551,12	931,16	21 619,95
0+850,000	91,89	1 005,20	0,00	0,00	23 556,31	931,16	22 625,15
0+860,000	70,48	808,63	0,00	0,00	24 364,94	931,16	23 433,78
0+870,000	40,40	548,48	0,00	0,00	24 913,42	931,16	23 982,26

Continuación de la tabla IX.

0+880,000	19,19	287,89	0,11	0,63	25 201,32	931,80	24 269,52
0+890,000	12,54	146,47	3,54	21,17	25 347,78	952,97	24 394,82
0+900,000	14,67	122,87	3,08	38,50	25 470,65	991,46	24 479,19
0+910,000	18,44	158,15	0,00	17,30	25 628,81	1 008,76	24 620,04
0+920,000	24,45	213,41	0,00	0,00	25 842,21	1 008,76	24 833,45
0+940,000	42,39	668,40	0,00	0,00	26 510,61	1 008,76	25 501,85
0+960,000	60,78	1031,75	0,00	0,00	27 542,37	1 008,76	26 533,61
0+970,000	60,15	605,25	0,00	0,00	28 147,61	1 008,76	27 138,85
0+980,000	42,43	514,73	0,00	0,00	28 662,34	1 008,76	27 653,58
0+990,000	5,23	236,47	1,05	6,05	28 898,81	1 014,81	27 884,00
1+000,000	0,00	24,16	38,20	214,54	28 922,97	1 229,35	27 693,62
1+010,000	0,00	0,00	95,80	765,24	28 922,97	1 994,59	26 928,38
1+020,000	0,00	0,00	144,03	1 432,38	28 922,97	3 426,98	25 495,99
1+030,000	0,00	0,00	141,75	1 600,83	28 922,97	5 027,81	23 895,16
1+040,000	0,00	0,00	141,84	1 417,99	28 922,97	6 445,80	22 477,17
1+060,000	0,00	0,00	118,71	2 605,57	28 922,97	9 051,37	19 871,60
1+080,000	0,00	0,00	128,08	2 467,93	28 922,97	11 519,30	17 403,67
1+100,000	0,00	0,00	147,82	2 759,02	28 922,97	14 278,32	14 644,65
1+120,000	0,00	0,00	151,20	2 990,20	28 922,97	17 268,52	11 654,45
1+140,000	0,00	0,00	151,51	3 027,10	28 922,97	20 295,62	8 627,35
1+160,000	0,00	0,00	122,04	2 735,48	28 922,97	23 031,10	5 891,86
1+170,000	0,00	0,00	98,74	1 310,48	28 922,97	24 341,58	4 581,39
1+180,000	0,00	0,00	35,84	904,46	28 922,97	25 246,04	3 676,93
1+190,000	3,65	15,29	10,75	284,48	28 938,25	25 530,52	3 407,73
1+200,000	20,37	109,11	0,00	71,26	29 047,37	25 601,78	3 445,59
1+210,000	33,10	259,23	0,00	0,00	29 306,60	25 601,78	3 704,82
1+220,000	34,54	338,20	0,00	0,00	29 644,80	25 601,78	4 043,02
1+240,000	26,94	614,85	0,00	0,00	30 259,65	25 601,78	4 657,87
1+260,000	0,02	269,68	28,35	283,49	30 529,32	25 885,27	4 644,05
1+280,000	0,00	0,24	124,53	1 528,84	30 529,56	27 414,11	3 115,45
1+300,000	0,00	0,00	161,85	2 863,83	30 529,56	30 277,94	251,63
1+310,000	0,00	0,00	126,08	1 439,65	30 529,56	31 717,59	-1 188,02
1+320,000	0,00	0,00	99,18	1 099,33	30 529,56	32 816,91	-2 287,35
1+330,000	0,00	0,00	82,57	858,82	30 529,56	33 675,73	-3 146,17
1+340,000	4,58	24,38	15,83	448,23	30 553,94	34 123,96	-3 570,02
1+350,000	34,20	206,56	0,39	70,26	30 760,50	34 194,22	-3 433,72
1+360,000	75,51	575,72	0,00	1,68	31 336,22	34 195,90	-2 859,67

Continuación de la tabla IX.

1+370,000	103,81	931,51	0,00	0,00	32 267,73	34 195,90	-1 928,16
1+380,000	101,92	1 062,01	0,00	0,00	33 329,75	34 195,90	-866,15
1+390,000	72,26	886,40	0,00	0,00	34 216,14	34 195,90	20,25
1+400,000	61,03	671,90	0,00	0,00	34 888,04	34 195,90	692,14
1+410,000	45,50	535,33	0,00	0,00	35 423,37	34 195,90	1 227,48
1+420,000	31,26	383,78	0,00	0,00	35 807,16	34 195,90	1 611,26
1+440,000	14,02	451,98	2,32	23,26	36 259,14	34 219,15	2 039,99
1+450,000	7,87	108,02	8,40	55,10	36 367,16	34 274,25	2 092,91
1+460,000	0,85	42,96	13,59	113,93	36 410,12	34 388,18	2 021,94
1+470,000	0,00	4,22	29,87	222,16	36 414,35	34 610,35	1 804,00
1+480,000	0,00	0,00	22,74	266,43	36 414,35	34 876,78	1 537,57
1+490,000	0,00	0,00	11,87	173,99	36 414,35	35 050,77	1 363,57
1+500,000	1,86	9,29	9,47	106,69	36 423,63	35 157,46	1 266,17
1+520,000	6,15	80,06	5,04	145,12	36 503,69	35 302,59	1 201,10
1+540,000	9,63	157,80	1,36	64,05	36 661,49	35 366,63	1 294,86
1+560,000	14,83	244,64	0,03	13,96	36 906,13	35 380,59	1 525,54
1+580,000	20,88	357,11	0,00	0,34	37 263,24	35 380,93	1 882,31
1+600,000	3,78	246,57	2,32	23,16	37 509,81	35 404,09	2 105,71
1+620,000	7,11	108,87	0,28	26,01	37 618,68	35 430,10	2 188,58
1+640,000	11,48	185,90	0,00	2,85	37 804,58	35 432,95	2 371,63
1+660,000	11,06	225,41	0,00	0,03	38 029,99	35 432,99	2 597,01
1+670,000	10,52	107,91	0,00	0,04	38 137,90	35 433,03	2 704,88
1+680,000	6,20	83,45	0,00	0,03	38 221,35	35 433,05	2 788,30
1+690,000	7,65	69,17	0,03	0,14	38 290,52	35 433,19	2 857,33
1+700,000	10,33	89,90	0,10	0,65	38 380,42	35 433,84	2 946,58
1+720,000	5,95	162,82	1,18	12,83	38 543,24	35 446,68	3 096,57
1+740,000	6,12	120,68	1,08	22,60	38 663,92	35 469,27	3 194,65
1+760,000	3,82	99,36	2,87	39,53	38 763,28	35 508,80	3 254,48
1+780,000	2,65	64,66	4,24	71,15	38 827,94	35 579,95	3 247,99
1+800,000	2,60	52,48	4,76	90,04	38 880,42	35 669,99	3 210,43
1+820,000	6,00	85,99	1,52	62,83	38 966,42	35 732,82	3 233,60
1+840,000	13,96	199,60	0,04	15,61	39 166,02	35 748,43	3 417,59
1+850,000	17,26	157,23	0,00	0,20	39 323,26	35 748,63	3 574,62
1+860,000	21,01	193,71	0,00	0,00	39 516,96	35 748,63	3 768,33
1+870,000	21,11	213,27	0,00	0,00	39 730,23	35 748,63	3 981,60
1+880,000	15,76	186,59	0,06	0,27	39 916,82	35 748,90	4 167,92
1+890,000	7,76	118,37	0,80	4,22	40 035,19	35 753,13	4 282,06

Continuación de la tabla IX.

1+900,000	8,88	83,20	0,40	6,02	40 118,39	35 759,14	4 359,25
1+920,000	8,06	169,47	2,87	32,75	40 287,86	35 791,89	4 495,97
1+940,000	18,67	267,36	0,14	30,16	40 555,23	35 822,05	4 733,18
1+960,000	15,52	341,92	0,21	3,58	40 897,14	35 825,63	5 071,51
1+980,000	19,14	346,60	0,13	3,41	41 243,75	35 829,04	5 414,71
2+000,000	14,54	336,83	0,51	6,33	41 580,58	35 835,37	5 745,21
2+020,000	14,74	292,82	1,39	19,01	41 873,40	35 854,38	6 019,01
2+030,000	12,15	134,47	4,88	31,36	42 007,87	35 885,74	6 122,13
2+040,000	8,79	103,48	8,64	69,23	42 111,34	35 954,97	6 156,37
2+050,000	5,56	70,46	8,14	86,91	42 181,80	36 041,89	6 139,91
2+060,000	4,35	49,03	6,13	72,67	42 230,84	36 114,56	6 116,28
2+080,000	3,89	82,32	7,63	137,64	42 313,16	36 252,19	6 060,97
2+100,000	5,62	95,03	3,61	112,37	42 408,19	36 364,56	6 043,63
2+110,000	9,63	76,22	2,05	28,30	42 484,41	36 392,87	6 091,54
2+120,000	19,41	143,24	0,20	11,60	42 627,64	36 404,47	6 223,17
2+130,000	28,10	232,79	0,00	1,06	42 860,43	36 405,53	6 454,91
2+140,000	25,94	262,81	0,00	0,00	43 123,25	36 405,53	6 717,72
2+150,000	19,22	218,97	0,05	0,27	43 342,22	36 405,80	6 936,42
2+160,000	6,42	123,82	2,52	13,97	43 466,04	36 419,77	7 046,27
2+170,000	1,10	35,58	12,60	81,62	43 501,62	36 501,39	7 000,23
2+180,000	0,00	5,09	22,90	190,48	43 506,72	36 691,87	6 814,85
2+190,000	0,00	0,00	50,09	384,46	43 506,72	37 076,33	6 430,39
2+200,000	0,00	0,00	76,12	653,19	43 506,72	37 729,51	5 777,20
2+210,000	0,00	0,00	105,88	924,96	43 506,72	38 654,47	4 852,25
2+220,000	0,00	0,00	115,57	1 107,25	43 506,72	39 761,72	3 744,99
2+230,000	0,00	0,00	52,91	842,40	43 506,72	40 604,12	2 902,59
2+240,000	0,00	0,00	17,86	348,32	43 506,72	40 952,44	2 554,28
2+250,000	5,17	26,78	1,14	91,65	43 533,50	41 044,09	2 489,41
2+260,000	18,09	120,35	0,00	5,15	43 653,85	41 049,24	2 604,61
2+270,000	24,24	219,46	0,00	0,02	43 873,31	41 049,26	2 824,06
2+280,000	27,10	265,75	0,00	0,00	44 139,07	41 049,26	3 089,81
2+290,000	19,46	239,44	0,00	0,00	44 378,51	41 049,26	3 329,25
2+300,000	7,57	138,21	0,18	0,85	44 516,71	41 050,11	3 466,60
2+310,000	2,15	49,46	2,46	12,75	44 566,17	41 062,87	3 503,31
2+320,000	17,64	99,28	0,00	12,19	44 665,46	41 075,05	3 590,40
2+340,000	29,52	471,62	0,00	0,00	45 137,08	41 075,05	4 062,02
2+360,000	47,58	770,97	0,00	0,00	45 908,05	41 075,05	4 833,00

Continuación de la tabla IX.

2+380,000	34,70	822,84	0,00	0,00	46 730,89	41 075,05	5 655,83
2+400,000	17,41	521,12	0,00	0,01	47 252,01	41 075,06	6 176,95
2+420,000	5,80	232,06	6,01	60,13	47 484,07	41 135,19	6 348,87
2+440,000	0,68	64,73	18,50	245,12	47 548,80	41 380,31	6 168,49
2+460,000	0,00	6,76	21,77	402,72	47 555,56	41 783,03	5 772,53
2+480,000	0,90	9,01	6,23	280,00	47 564,57	42 063,03	5 501,53
2+490,000	4,46	26,24	2,21	42,81	47 590,81	42 105,84	5 484,97
2+500,000	8,93	65,01	0,17	12,25	47 655,82	42 118,09	5 537,73
2+510,000	7,92	82,23	0,00	0,93	47 738,05	42 119,02	5 619,03
2+520,000	7,14	74,17	0,00	0,04	47 812,22	42 119,06	5 693,16
2+530,000	7,97	75,18	0,00	0,00	47 887,40	42 119,06	5 768,34
2+540,000	6,66	73,14	0,00	0,00	47 960,54	42 119,06	5 841,48
2+560,000	7,87	145,30	0,00	0,00	48 105,84	42 119,06	5 986,78
2+580,000	8,42	162,93	0,00	0,00	48 268,77	42 119,06	6 149,71
2+600,000	9,82	182,42	0,00	0,00	48 451,19	42 119,06	6 332,13
2+620,000	9,86	196,76	0,00	0,00	48 647,95	42 119,06	6 528,88
2+630,000	9,81	98,24	0,00	0,00	48 746,18	42 119,06	6 627,12
2+640,000	10,03	98,95	0,00	0,00	48 845,14	42 119,06	6 726,07
2+650,000	9,55	97,70	0,00	0,00	48 942,83	42 119,06	6 823,77
2+660,000	8,50	90,20	0,00	0,00	49 033,03	42 119,06	6 913,97
2+680,000	8,20	167,08	0,00	0,00	49 200,11	42 119,06	7 081,05
2+700,000	9,35	175,54	0,00	0,00	49 375,66	42 119,06	7 256,59
2+710,000	9,47	94,05	0,00	0,00	49 469,71	42 119,06	7 350,65
2+720,000	10,68	100,54	0,00	0,00	49 570,25	42 119,06	7 451,19
2+730,000	10,73	106,87	0,00	0,00	49 677,11	42 119,06	7 558,05
2+740,000	11,80	112,61	0,00	0,00	49 789,73	42 119,06	7 670,66
2+760,000	12,46	242,55	0,00	0,00	50 032,28	42 119,06	7 913,22
2+780,000	12,91	253,65	0,00	0,00	50 285,92	42 119,06	8 166,86
2+800,000	12,62	255,29	0,00	0,00	50 541,22	42 119,06	8 422,15
2+820,000	11,71	243,32	0,00	0,00	50 784,54	42 119,06	8 665,47
2+840,000	13,61	253,23	0,00	0,00	51 037,77	42 119,06	8 918,71
2+860,000	4,55	181,59	0,06	0,63	51 219,36	42 119,69	9 099,67
2+880,000	0,00	45,46	11,84	119,00	51 264,82	42 238,69	9 026,13
2+900,000	0,00	0,00	22,46	342,94	51 264,82	42 581,63	8 683,19
2+920,000	0,00	0,00	30,09	525,51	51 264,82	43 107,14	8 157,68
2+940,000	0,00	0,00	30,42	605,13	51 264,82	43 712,27	7 552,55
2+960,000	0,00	0,00	21,02	514,38	51 264,82	44 226,65	7 038,17

Continuación de la tabla IX.

2+970,000	0,00	0,00	40,42	308,37	51 264,82	44 535,03	6 729,80
2+980,000	0,00	0,00	58,21	498,32	51 264,82	45 033,35	6 231,47
2+990,000	0,00	0,00	52,09	557,08	51 264,82	45 590,43	5 674,39
3+000,000	0,00	0,00	40,14	463,36	51 264,82	46 053,79	5 211,03
3+020,000	0,00	0,00	19,41	595,53	51 264,82	46 649,32	4 615,50
3+030,000	0,00	0,00	13,48	164,49	51 264,82	46 813,82	4 451,00
3+040,000	0,00	0,00	9,66	115,85	51 264,82	46 929,67	4 335,15
3+050,000	0,00	0,00	8,83	92,91	51 264,82	47 022,57	4 242,25
3+060,000	0,00	0,00	8,34	86,79	51 264,82	47 109,37	4 155,45
3+070,000	0,00	0,00	7,60	80,52	51 264,82	47 189,89	4 074,94
3+080,000	0,00	0,00	7,50	76,11	51 264,82	47 266,00	3 998,83
3+090,000	0,00	0,00	5,96	67,86	51 264,82	47 333,85	3 930,97
3+100,000	0,00	0,00	4,85	54,40	51 264,82	47 388,25	3 876,57
3+110,000	0,00	0,00	3,74	43,06	51 264,82	47 431,31	3 833,51
3+120,000	0,00	0,00	2,81	32,74	51 264,82	47 464,05	3 800,77
3+140,000	0,00	0,00	1,67	44,74	51 264,82	47 508,79	3 756,03
3+160,000	0,05	0,51	0,79	24,51	51 265,33	47 533,30	3 732,03
3+180,000	1,60	16,74	0,06	8,52	51 282,07	47 541,82	3 740,25
3+190,000	26,24	191,92	0,00	0,31	51 474,00	47 542,14	3 931,86
3+200,000	13,80	206,55	0,05	0,22	51 680,54	47 542,36	4 138,19
3+220,000	2,44	159,94	0,11	1,60	51 840,48	47 543,96	4 296,52
3+230,000	2,38	22,82	0,09	1,30	51 863,30	47 545,26	4 318,04
3+240,000	2,06	22,19	0,09	0,91	51 885,49	47 546,17	4 339,32
3+260,000	5,24	73,07	1,35	14,33	51 958,57	47 560,50	4 398,07
3+280,000	7,53	127,78	0,39	17,35	52 086,35	47 577,85	4 508,50
3+300,000	10,78	183,15	0,02	4,08	52 269,50	47 581,93	4 687,57
3+320,000	5,13	159,16	0,41	4,31	52 428,66	47 586,24	4 842,42
3+340,000	0,00	51,35	5,73	61,40	52 480,01	47 647,64	4 832,36
3+360,000	0,64	6,37	0,34	60,64	52 486,38	47 708,29	4 778,09
3+370,000	2,79	17,14	0,00	1,73	52 503,52	47 710,02	4 793,50
3+380,000	3,02	29,08	0,00	0,05	52 532,59	47 710,07	4 822,52
3+390,000	3,24	31,30	0,00	0,00	52 563,89	47 710,07	4 853,82
3+400,000	3,88	35,59	0,00	0,00	52 599,48	47 710,07	4 889,41
3+420,000	4,33	82,07	0,00	0,00	52 681,55	47 710,07	4 971,48
3+440,000	4,62	89,42	0,00	0,00	52 770,97	47 710,07	5 060,90
3+460,000	5,09	97,07	0,00	0,00	52 868,03	47 710,07	5 157,97
3+480,000	5,93	110,19	0,00	0,00	52 978,23	47 710,07	5 268,16

Continuación de la tabla IX.

3+500,000	6,77	127,00	0,00	0,00	53 105,22	47 710,07	5 395,16
3+520,000	7,39	141,64	0,00	0,00	53 246,87	47 710,07	5 536,80
3+540,000	7,97	152,77	0,00	0,00	53 399,64	47 710,07	5 689,57
3+560,000	8,26	162,33	0,00	0,00	53 561,97	47 710,07	5 851,90
3+580,000	9,34	176,01	0,00	0,00	53 737,98	47 710,07	6 027,91
3+600,000	9,31	186,52	0,00	0,00	53 924,50	47 710,07	6 214,43
3+620,000	11,02	203,30	0,00	0,00	54 127,80	47 710,07	6 417,73
3+640,000	12,03	230,51	0,00	0,00	54 358,31	47 710,07	6 648,25

Fuente: elaboración propia.

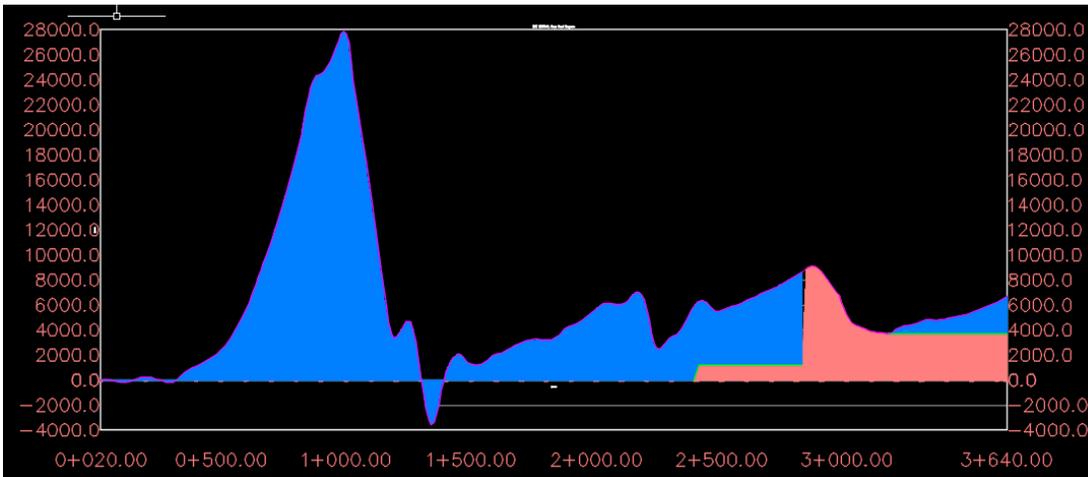
2.1.5.4.3. Balance de masas

La curva de balance de masas es utilizada para el cálculo del volumen de acarreo de materiales, de esta gráfica se puede conocer en qué zonas hace falta material y en cuáles hay material sobrante.

Según las especificaciones para la construcción de carreteras y puentes de Guatemala, el acarreo libre comprende traslado de material no clasificado proveniente de corte o relleno para una distancia menor o igual a 1 000 m.

Para la carretera en este proyecto, de acuerdo con los volúmenes de corte y relleno acumulado, se obtiene el diagrama de masas que se muestra en la figura 7.

Figura 7. Diagrama de masas no balanceado



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUP.

En la figura 7 se aprecia que se tiene un volumen de 6 647 m³ sobrantes para el alineamiento de la carretera.

2.1.6. Diseño de pavimento

El diseño de pavimento toma en consideración distintas variables entre las cuales se puede mencionar: el tráfico promedio diario (TPD), velocidad de diseño, topografía del terreno, resistencia del suelo.

Para el proyecto de carretera se ha determinado un TPD de 20 vehículos pesados y 27 automóviles datos obtenidos del aforo vehicular. La velocidad de diseño será de 30 km/hora, ya que la carretera es tipo F en una región montañosa con ancho de calzada 5,5 m.

2.1.6.1. Diseño de elementos estructurales del pavimento

- Subbase: es una capa que forma parte de la estructura del pavimento, su función es soportar y distribuir uniformemente las cargas impartidas a la carpeta de rodadura hacia la subrasante. Generalmente, es una mezcla de materiales pétreos seleccionados, tales como gravas, arenas y limos.
- Base: es una capa del conjunto estructural del pavimento, su función es proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta de rodadura, disminuyendo los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior. Además, permite drenar el agua evitando que se pueda infiltrar por ascenso capilar. Para esta capa, el valor soporte del suelo es más importante, por lo que estas pueden ser de materiales granulares o bien por mezclas bituminosa, o mezclas de suelto con cemento.
- Carpeta de rodadura: es la capa que recibe directamente las cargas del tránsito, y las transfiere a la capa inmediatamente inferior. Su función es transferir las cargas provenientes del tránsito a las capas de soporte inferior, subbase, base o subrasante. Deben tener un buen comportamiento ante el deslizamiento. También, debe proporcionar una superficie uniforme y segura para garantizar la seguridad de los vehículos. Debe impermeabilizar la superficie para evitar que el agua de lluvia se filtre a las capas inferiores. Además, protege las capas inferiores evitando su desintegración debido a las cargas del tránsito vehicular.

Es posible evitar el uso de una capa de base y subbase. Esto es permitido ya que la *American Concrete Pavement Association* (ACPA) indica que para carreteras cuyo tránsito de diseño es menor que 1 000 000 18-kip ESAL, la aplicación no será necesaria, ya que la existencia de estas capas no reduce significativamente el espesor de la losa para la condición antes mencionada.

Por lo que el aumentar el espesor de la losa resulta más factible en términos económicos que el aplicar una capa de base y sub base. Al evitar su uso será necesario reacondicionar la subrasante, para ello se deberá excavar y compactar al 95 % una capa con espesor de 50 cm del material de la subrasante. Otra condición importante para evitar la utilización de base y subbase, es que el material de la subrasante debe tener una baja presencia de finos, y poca plasticidad.

El suelo de la subrasante cuenta con una cantidad de 47 % de grava, 33 % arena y 20 % de finos. Además, el tráfico de diseño para el proyecto es de 520 000 18-kip ESAL, como se detalla más adelante.

Ya que el suelo y el tráfico de diseño cumplen con las condiciones indicadas por la *American Concrete Pavement Association*, no se hará necesario la implementación de una capa de base y subbase.

Pero será necesario remover una capa de 50 cm de material de la subrasante y volverlo a compactar al 95 % de densidad máxima. Este material deber ser mezclado a manera de alcanzar una composición homogénea.

2.1.6.1.1. Diseño de pavimento método AASHTO

- Determinación espesor carpeta de rodadura

- Se determina el índice de serviciabilidad inicial, este depende de la calidad final del pavimento con base en la aplicación del sistema constructivo. Este índice varía desde 0 hasta 5.

$$P(0) = 4,2$$

- Se determina el índice de serviciabilidad final, el cual se puede extraer de la siguiente tabla, se escoge 2,0 ya que la ruta por diseñar es una carretera que comunica aldeas dentro del municipio.

$$P(t) = 2,0$$

Tabla X. **Valores de serviciabilidad final (Pt) en función del tipo de camino**

Tipo de camino	Serviciabilidad final (Pt)
Autopistas	2,5
Carreteras	2,0
Zonas Industriales	1,8
Pavimentos urbanos principales	1,8
Pavimentos urbanos secundarios	1,5

Fuente: ARROYO, Hilton. *Diseño y conservación de pavimentos rígidos tabla 3.1. p. 55.*

- Se calcula $\Delta PSI = P(0) - P(t)$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2 = 2,2$$

- Se calcula el valor del coeficiente de transmisión de carga J, el cual depende del tipo de pavimento y si este es armado con juntas o continuo.

Tabla XI. **Valores de coeficiente de transmisión de carga J**

Tipo de pavimento	Hombro elementos de transmisión de carga	
	SÍ	NO
No reforzado o armado con juntas	2,5 – 3,2	3,6 – 4,2
Armado continuo	2,3 – 2,9	-

Fuente: ARROYO, Hilton. *Diseño y conservación de pavimentos rígidos tabla 3.1.* p. 55.

Ya que en el pavimento se realizará con concreto hidráulico armado con juntas y sin hombro, se obtiene de la tabla XI, un rango de valores por utilizar entre 3,6 a 4,2. Se utilizará el punto medio entre esos dos valores.

$$J = 3,9$$

- Se determina el número de ejes equivalentes ESAL de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ESAL = N * FE * TPD * 365 * f_j * G_r$$

Donde:

N = número de ejes

FE = factor de carga equivalente (se obtiene mediante tablas)

TPD= tráfico promedio diario en el carril de diseño

f_j = porcentaje de tráfico en el carril de diseño

G_r = crecimiento vehicular para el periodo de diseño calculado como:

$$G_r = \frac{(1 + r)^t - 1}{r}$$

Siendo:

r = tasa de crecimiento anual

t = periodo de diseño del proyecto

Para este proyecto se utilizará una tasa de crecimiento del 2,52 % relacionado con la tasa de crecimiento poblacional.

Del aforo vehicular se obtuvieron los siguientes datos de TPD (tráfico promedio diario) en ambos sentidos:

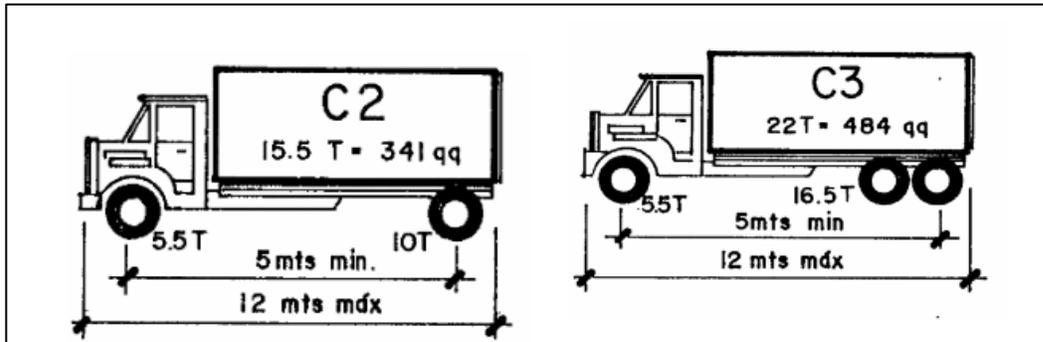
Tabla XII. **Resultados aforo vehicular en un sentido**

Tipo Vehículo	Cantidad	Numero de ejes por vehículo			
		Simples automóviles	Simpes camión 2 ruedas	Simples camión 4 ruedas	Tándem camión 8 ruedas
Automóvil	27	54	0	0	0
Bus	10	0	10	10	0
Camión tipo C2	6	0	6	6	0
Camión tipo C3	4	0	4	0	4
Ejes totales		68	20	16	4

Fuente: elaboración propia.

Ahora, se deben clasificar los ejes de acuerdo con peso que soportan, para ello la base en el reglamento de pesos y dimensiones de la dirección general de caminos.

Figura 8. Pesos y dimensiones vehículos



Fuente: Acuerdo Gubernativo 379-2010. *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones*. p. 41.

Abreviaturas y definiciones de vehículos tipo:

- C-2: es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
- C-3: es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o tándem (eje de tracción).

Tabla XIII. Cantidad ejes y sus pesos correspondientes

Tipo de eje	No de ejes	Peso [Ton]	Peso [kN]
Simple (2 ruedas) automóvil	160	1,75	17,43
Simple (2 ruedas) C2 Y C3	10	5,5	54,8
Simple (4 ruedas) C2 Y C3	6	10	99,64
Tándem (8 ruedas) C3	4	16,5	165,4

Fuente: elaboración propia.

Nota: ya que los vehículos ligeros tienen una incidencia muy pequeña en el cálculo de los ESAL, estos pueden ser despreciados.

Para utilizar las tablas de FE se necesita usar la pérdida de serviciabilidad calculada y asumir un espesor de losa.

Para los ejes simples de 5,5 toneladas.

Se obtiene de la tabla de factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, $pt = 2,0$ para una carga de 54,8 KN y un espesor supuesto de 6 pulgadas.

Tabla XIV. **Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos ejes simples $pt=2,0$**

Carga por eje (kips)	Carga por eje (KN)	D									
		6.0 (152.4)	7.0 (177.8)	8.0 (203.2)	9.0 (228.6)	1.0 (254.0)	11.0 (279.4)	12.0 (304.8)	13.0 (330.2)	14.0 (355.6)	
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	
4	17.8	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	
6	26.7	.011	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010	
8	35.6	.035	.033	.032	.032	.032	.032	.032	.032	.032	
10	44.5	.087	.084	.082	.081	.080	.080	.080	.080	.080	
12	53.4	.186	.180	.176	.175	.174	.174	.173	.173	.173	
14	62.3	.353	.346	.341	.338	.337	.336	.336	.336	.336	
16	71.2	.614	.609	.604	.601	.599	.599	.598	.598	.598	
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
20	89.0	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59	
22	97.9	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41	2.42	
24	106.8	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55	3.55	
26	115.7	4.76	4.69	4.77	4.88	4.97	5.02	5.04	5.06	5.06	
28	124.6	6.58	6.44	6.52	6.70	6.85	6.94	7.00	7.02	7.04	
30	133.5	8.92	8.68	8.74	8.98	9.23	9.39	9.48	9.54	9.56	
32	142.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.2	12.4	12.6	12.7	12.7	
34	151.3	15.5	15.0	14.9	15.3	15.8	16.2	16.4	16.6	16.7	
36	160.0	20.1	19.3	19.2	19.5	20.1	20.7	21.1	21.4	21.5	
38	169.1	25.6	24.5	24.3	24.6	25.4	26.1	26.7	27.1	27.4	
40	178.0	32.2	30.8	30.4	30.7	31.6	32.6	33.4	34.0	34.4	
42	186.9	40.1	38.4	37.7	38.0	38.9	40.1	41.3	42.1	42.7	
44	195.8	49.4	47.3	46.4	46.6	47.6	49.0	50.4	51.6	52.4	
46	204.7	60.4	57.7	56.6	56.7	57.7	59.3	61.1	62.6	63.7	
48	213.6	73.2	69.9	68.4	68.4	69.4	71.2	73.3	75.3	76.8	
50	222.5	88.0	84.1	82.2	82.0	83.0	84.9	87.4	89.8	91.7	

Fuente: Instituto boliviano del cemento y el hormigón. *Diseño de pavimentos AASHTO 93*. p. 21.

Ya que el valor de carga no se encuentra en la tabla se procede a interpolar.

$$0,186 + \frac{0,353 - 0,186}{62,3 - 53,4} * (54,8 - 53,4) = 0,212$$

Se obtiene entonces: FE = 0,212

Luego se determina el valor ESAL sustituyendo las variables de acuerdo con los valores obtenidos.

$$ESAL = 10 \text{ ejes} * 0,212 * 365 \text{ días} * 0,5 * \frac{(1+0,0252)^{20}-1}{0,0252}$$

$$ESAL = 9\ 903 \text{ ejes equivalentes de } 8,2 \text{ Ton}$$

- Para los ejes simples de 10 toneladas

Se obtiene de la tabla de factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, pt = 2,0 para una carga de 99,64 KN y un espesor supuesto de 6 pulgadas.

Ya que el valor de carga no se encuentra en la tabla se procede a interpolar.

$$2,32 + \frac{2,32 - 3,37}{97,9 - 106,8} * (99,64 - 97,9) = 2,53$$

$$ESAL = 6 \text{ ejes} * 2,53 * 365 \text{ días} * 0,5 * \frac{(1+0,0252)^{20}-1}{0,0252}$$

$$ESAL = 70\ 910 \text{ ejes equivalentes de } 8,2 \text{ Ton}$$

- Para los ejes tándem de 16,4 toneladas

Se obtiene de la tabla de factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, $pt = 2,0$ para una carga de 165,4 KN y un espesor supuesto de 6 pulgadas.

Tabla XV. Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, $pt = 2,0$

Carga por eje (kips)	(KN)	D								
		6.0 (152.4)	7.0 (177.8)	8.0 (203.2)	9.0 (228.6)	10.0 (254.0)	11.0 (279.4)	12.0 (304.8)	13.0 (330.2)	14.0 (355.6)
2	8.9	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
4	17.8	.0006	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005
6	26.7	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
8	35.6	.006	.006	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.005
10	44.5	.014	.013	.013	.012	.012	.012	.012	.012	.012
12	53.4	.028	.026	.026	.025	.025	.025	.025	.025	.025
14	62.3	.051	.049	.048	.047	.047	.047	.047	.047	.047
16	71.2	.087	.084	.082	.081	.081	.080	.080	.080	.080
18	80.0	.141	.136	.133	.132	.131	.131	.131	.131	.131
20	89.0	.216	.210	.206	.204	.203	.203	.203	.203	.203
22	97.9	.319	.313	.307	.305	.304	.303	.303	.303	.303
24	106.8	.454	.449	.444	.441	.440	.439	.439	.439	.439
21	115.7	.629	.626	.622	.620	.618	.618	.618	.618	.618
28	124.6	.852	.851	.850	.850	.850	.849	.849	.849	.849
30	133.5	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	142.4	1.48	1.48	1.49	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51
34	151.3	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97
36	160.0	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53
38	169.1	3.04	3.04	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.21
40	178.0	3.79	3.74	3.80	3.89	3.95	3.98	4.00	4.01	4.01
42	186.9	4.67	4.59	4.66	4.78	4.87	4.93	4.95	4.97	4.97
44	195.8	5.72	5.59	5.67	5.82	5.95	6.03	6.07	6.09	6.10
46	204.7	6.94	6.76	6.83	7.02	7.20	7.31	7.37	7.41	7.43
48	213.6	8.36	8.12	8.17	8.40	8.63	8.79	8.88	8.93	8.96
50	222.5	10.00	9.69	9.72	9.98	10.27	10.49	10.62	10.69	10.73
52	231.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.8
54	240.3	14.0	13.5	13.5	13.8	14.2	14.6	14.9	15.0	15.1
56	249.2	16.5	15.9	15.8	16.1	16.6	17.1	17.4	17.6	17.7
58	258.1	19.3	18.5	18.4	18.7	19.3	19.8	20.3	20.5	20.7
60	267.0	22.4	21.5	21.3	21.6	22.3	22.9	23.5	23.8	24.0
62	275.9	25.9	24.9	24.6	24.9	25.6	26.4	27.0	27.5	27.7
64	284.7	29.9	28.6	28.2	28.5	29.3	30.2	31.0	31.6	31.9
66	293.6	34.3	32.8	32.3	32.6	33.4	34.4	35.4	36.1	36.5
68	302.5	39.2	37.5	36.8	37.1	37.9	39.1	40.2	41.1	41.6
70	311.4	44.6	42.7	41.9	42.1	42.9	44.2	45.5	46.6	47.3
72	320.3	50.6	48.4	47.5	47.6	48.5	49.9	51.4	52.6	53.5
74	329.2	57.3	54.7	53.6	53.6	54.6	56.1	57.7	59.2	60.3
76	338.1	64.6	61.7	60.4	60.3	61.2	62.8	64.7	66.4	67.7
78	347.0	72.5	69.3	67.8	67.7	68.6	70.2	72.3	74.3	75.8
80	355.9	81.3	77.6	75.9	75.7	76.6	78.3	80.6	82.8	84.7
82	364.8	90.9	86.7	84.7	84.4	85.3	87.1	89.6	92.1	94.2
84	373.7	101.	97.	94.	94.	95.	97.	99.	102.	105.
86	382.6	113.	107.	105.	104.	105.	107.	110.	113.	116.
88	391.5	125.	119.	116.	116.	116.	118.	121.	125.	128.

Fuente: Instituto boliviano del cemento y el hormigón. *Diseño de pavimentos AASHTO 93*. p. 22.

Ya que el valor de carga no se encuentra en la tabla se procede a interpolar.

$$2,42 + \frac{3,04 - 2,42}{169,1 - 160} * (165,4 - 160) = 2,79$$

$$ESAL = 4 \text{ ejes } 2,79 * 365 \text{ días} * 0,5 * \frac{(1 + 0,0252)^{20} - 1}{0,0252}$$

$$ESAL = 52\,131 \text{ ejes equivalentes de } 8,2 \text{ Ton}$$

Se calcula el valor total de ESAL sumando los valores para los distintos ejes.

$$ESAL = 9,903 + 70,910 + 52,131 = 132,944 \text{ ejes de } 8,2 \text{ Ton}$$

- Se determina módulo de reacción de subrasante mediante la conversión del calor soporte california CBR.

Se obtuvo un valor de 6,5 % de CBR mediante ensayos de laboratorio, al 95 % de compactación. Con el valor de CBR se busca el valor k correspondiente en la siguiente gráfica.

Tabla XVI. **Correlación aproximada entre la clasificación de suelos y los diferentes ensayos**

Clasificación Unificada	OH CH OL MH	ML CL	SM SP SC	GP GM GC SW	GW	A-1-a A-1-b A-2-6 . A-2-7 A-2-4 . A-2-5 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7-5 . A-7-6	A-4	A-5	A-6	A-7-5 . A-7-6	Valor de Resistencia, R (HVEEM)	1	10	20	30	40	50	60	70								
												Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130	150	180	200	220
												Módulo de reacción de la subrasante k (kg/cm³)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	18	20	22
												Valor Soporte (psi)	10	20	30	40	50	60									
												CBR	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100				

Fuente: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos capítulo 4.* p. 15.

Entonces $k = 4,70 \frac{kg}{cm^3}$ o su equivalente a 170 PCI

- Estimación de confiabilidad

Tabla XVII. **Niveles de confiabilidad aconsejados por AASHTO**

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 – 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO – 93. *Diseño de pavimentos*. p. 125.

Ya que la carretera conecta dos aldeas dentro del municipio, se considera un tipo de camino local. Además, se ubica en una zona rural, por lo que se escoge dentro del rango aconsejado por AASHTO.

$$R = 70 \%$$

Se obtiene el valor de la desviación normal estándar en la tabla XVIII:

Tabla XVIII. **Valor de Zr recomendado en función de la confiabilidad**

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z _r
50	0,000
60	0,253
70	0,524
75	0,674
80	0,841
85	1,037
90	1,282
91	1,340
92	1,405
93	1,476
94	1,555
95	1,645
96	1,751
97	1,881
98	2,054
99	2,327
99,9	3,090
99,99	3,750

Fuente: AASHTO – 93. *Diseño de pavimentos*. p. 125.

Entonces para un valor de confiabilidad 70 %:

$$Z_r = 0,524$$

El valor de la desviación estándar se obtiene en la tabla XIX:

Tabla XIX. **Valores de desviación estándar S_o .**

Condición de diseño	Desviación estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (pav. rígidos)
	0,44 (pav. flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (pav. rígidos)
	0,49 (pav. flexibles)

Fuente: AASHTO – 93. *Diseño de pavimentos*. p. 125.

Ya que los datos recolectados sobre el tránsito para este proyecto pueden contener errores se utilizará la siguiente desviación estándar:

$$S_o = 0,39$$

- Se determinan las propiedades mecánicas del concreto por utilizar.

Para un concreto $f'c = 4\ 000$ PSI se obtiene el módulo elástico:

$$Ec = 57\ 000(f'c)^{0,5}$$

$$Ec = 57\ 000(4\ 000)^{0,5}$$

$$Ec = 3\ 604\ 996,53\ psi$$

Se determina el valor del M_r del concreto según la siguiente ecuación:

$$Ec = K(f'c)^{0,5}$$

Donde K es una constante cuyo valor varía entre (7 y 12)

Utilizando el valor promedio de K= 9,5

$$E_c = 9.5(4\ 000)^{0.5} = 600\ psi$$

- Se determina el valor del coeficiente de drenaje.

Tabla XX. **Tipo de suelo según tiempo de drenaje**

Calidad de drenaje	50 % saturación en	85 % saturación en
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy malo	El agua no drenaje	Mucho más de 10 horas

Fuente: AASHTO – 93. *Diseño de pavimentos*. p. 130.

Para este proyecto, el tipo de suelo por trabajar es regular ya que tarda alrededor de 1 semana en perder 50 % de la saturación.

Tabla XXI. **Coeficiente de drenaje según tiempo en niveles próximos a la saturación**

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	>25 %
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: AASHTO – 93. *Diseño de pavimentos*. p. 130.

El tiempo de exposición a niveles próximos a la saturación para el suelo del área del proyecto es alrededor de 5 al 25 %, por lo que, al ser un suelo regular, se obtiene de la tabla el coeficiente de drenaje:

$$C_d=1,0$$

- Resumen de variables y valores

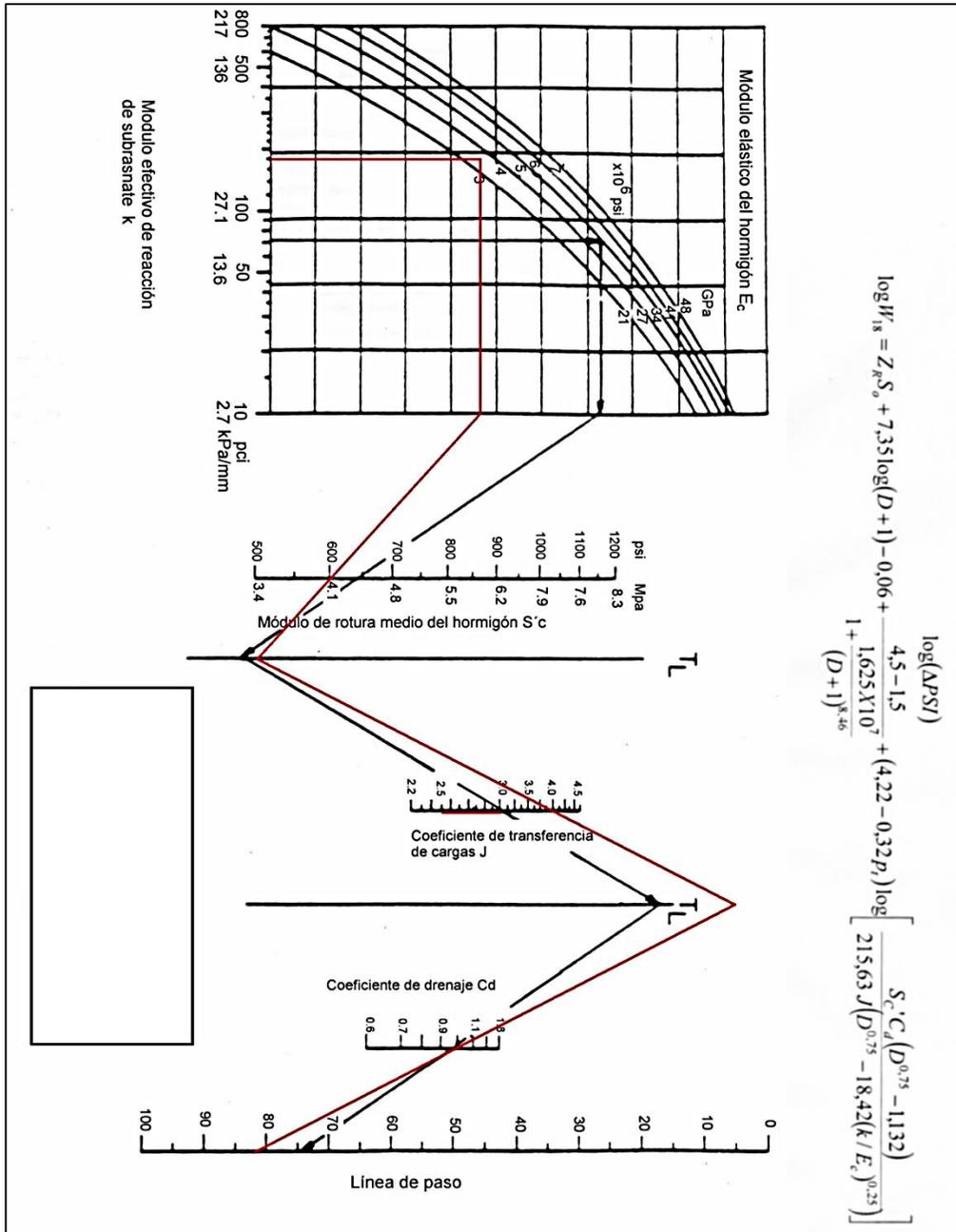
Tabla XXII. **Resumen de variables**

Variable	Variable - Dimensionales	Valor
Serviciabilidad inicial	$P_0=Adim$	4,2
Serviciabilidad final	$P_t=Adim$	2,0
Perdida serviciabilidad	$\Delta PSI = adim$	2,2
Coeficiente transmisión de cargas	$J=adim$	3,9
Módulo de reacción del suelo	$K=PCI$	170
Módulo elasticidad concreto	$E_c=psi$	$3,6 \times 10^6$
Módulo de ruptura del concreto	$MR=psi$	600
Coeficiente de drenaje	$C_d=Adim$	1
Confiabledad	$R=\%$	70
Desviación normal estándar	$Z_r=Adim$	0,524
Desviación estándar	$S_0=Adim$	0,39
Carga equivalente	$ESAL= kip 10^6$	0,133

Fuente: elaboración propia.

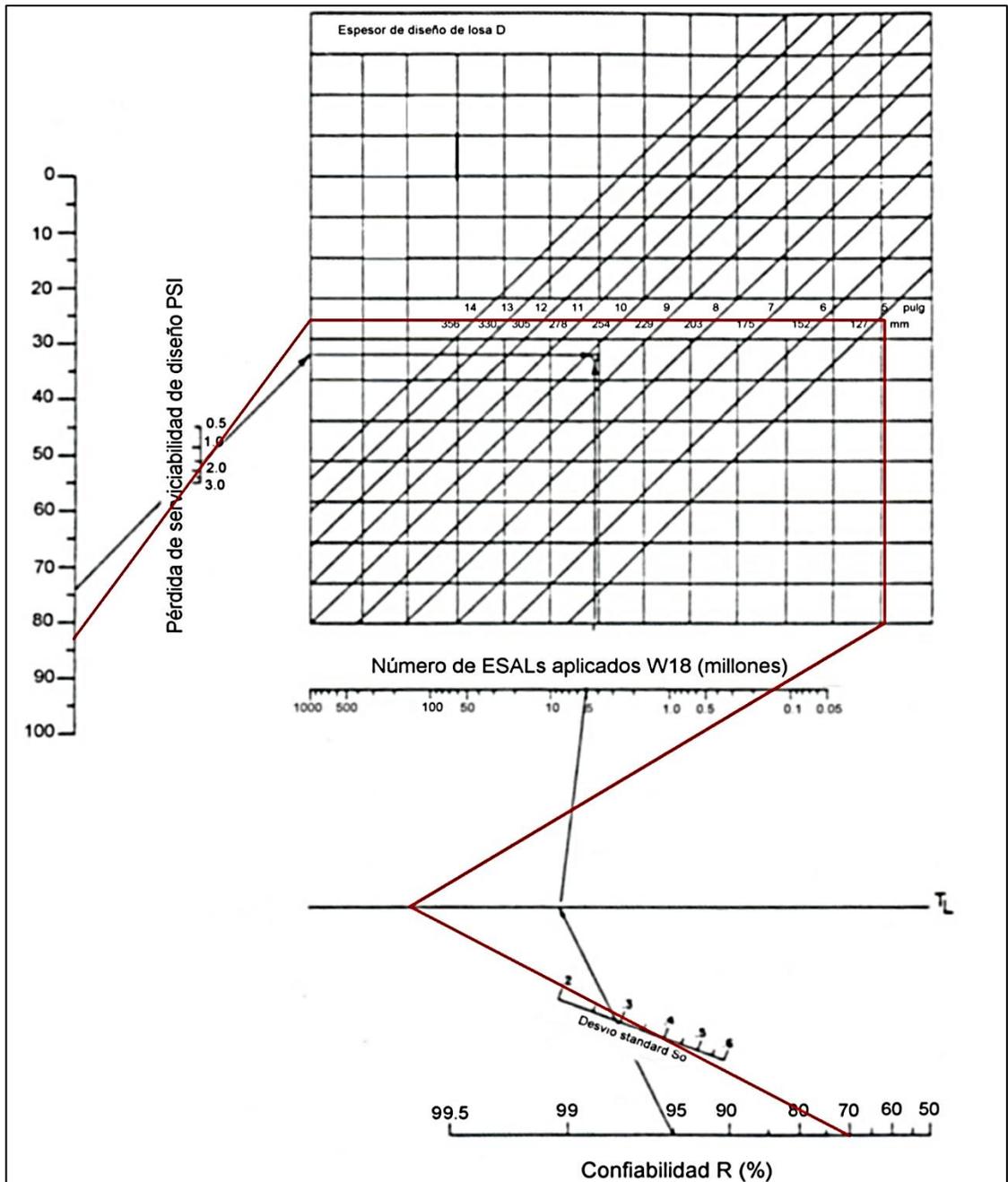
Con los datos de la tabla se encuentran y unen mediante una línea (ver línea roja) las variables involucradas en los nomogramas de la figura 9:

Figura 9. **Nomograma para cálculo de espesor de carpeta de rodadura 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 10. **Nomograma para cálculo de espesor de carpeta de rodadura 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Al trazar sobre los nomogramas la línea que une las variables involucradas se obtiene el resultado para el espesor de la losa de: 5 pulgadas equivalente a 13 cm, lo cual es adecuado debido a la baja carga vehicular en el tramo carretero.

2.1.6.1.2. Diseño de juntas

Juntas de contracción: la función de este tipo de juntas es limitar las dimensiones de las losas, con el objetivo de disminuir a valores permisibles las tensiones generadas por los cambios de temperatura, evitando así que se generen fisuras.

Juntas de contracción transversales: son colocadas en el sentido transversal entre las losas, su función es permitir la contracción provocada por el paso de los vehículos en el sentido de la carretera.

Juntas de contracción longitudinales: son colocadas a lo largo del eje longitudinal de la carretera. Su función es permitir la contracción provocada por el paso de los vehículos, cuando estos hacen cambio de carril o se trasladan a una losa lateral.

La distancia a la que deben colocarse juntas de contracción depende de los parámetros de retracción del concreto hidráulico, el coeficiente de dilatación, el espesor de la losa, la amplitud de variaciones de temperatura y el rozamiento que existe entre la losa y la capa base.

Sin embargo, esta distancia se puede calcular empíricamente, por lo que es necesario conocer únicamente el espesor de la losa. Esta distancia no debe

exceder más de 25 veces el espesor de la losa, según el *Manual de diseño de pavimentos de concreto* del Instituto Colombiano de productores de cemento.

$$L = 20 * \text{espesor de la losa}$$

$$L = 20 * 7 \text{ pulgadas} = 140 \text{ pulgadas} * \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulgadas}} * \frac{1 \text{ metro}}{3,28 \text{ pies}} = 3,55 \text{ metros}$$

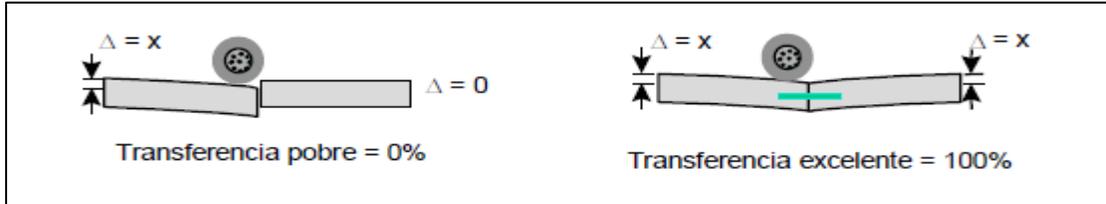
La longitud será de 3,50 metros en sentido longitudinal para facilidad de la construcción y, debido a los criterios de diseño, el ancho de calzada es de 5,50 metros, lo que da un ancho de carril de 2,75 metros. Por ende, la losa del pavimento tendrá dimensiones de 2,75 x 3,50 metros. Para losas rectangulares, la relación entre el lado mayor de la losa y el lado menor no debe ser mayor a 1,5 de lo contrario deberá diseñarse una junta intermedia.

$$\frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}} = \frac{3,50 \text{ m}}{2,75 \text{ m}} = 1,27$$

Ya que la relación largo/ancho, no es mayor a 1,5 no será necesario diseñar una junta intermedia.

Pasa juntas: son dispositivos que tiene como objetivo mejorar la transferencia de carga entre las losas adyacentes, reduciendo significativamente los esfuerzos y deflexiones que se generan en las juntas del pavimento. Así mismo, reducen el riesgo de falla por agrietamiento, alabeo, falla de soporte y por cavitación.

Figura 11. **Transferencia de carga longitudinal**



Fuente: AASHTO-93. Diseño de pavimentos método AASHTO-93. p. 135.

Las barras pasajuntas deben permitir el movimiento de las losas en la dirección paralela a la superficie del pavimento, evitando que se generen tensiones excesivas. Para lograr esto, las barras deben ser de acero liso y tratadas con un elemento antiadherente. Son colocadas a la mitad del espesor de la losa y el espaciamiento depende del tráfico.

La implementación de pasajuntas disminuye significativamente el costo del mantenimiento de los pavimentos de concreto. Las tensiones de trabajo para las barras nunca deben ser mayor al 75 % del valor de fluencia. Para calcular el refuerzo necesario en las juntas se utiliza la siguiente tabla:

Tabla XXIII. **Recomendaciones para la selección de pasadores de carga**

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

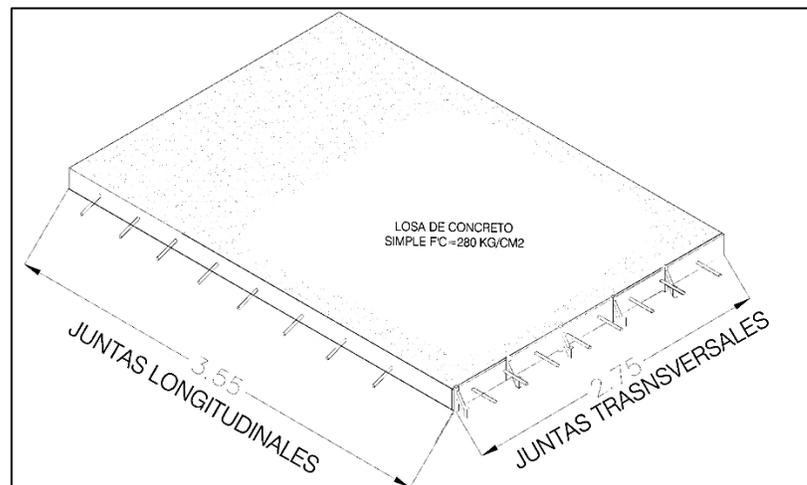
Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño de pavimentos de concreto*. p. 26.

Ya que el espesor de pavimento determinado para este proyecto es de 7 pulgadas (18 cm) se definen los siguientes parámetros para los pasadores de cargar:

- Diámetro 7/8 de pulgada
- Longitud 35 centímetros
- Separación: 30 centímetros

Se aplicará refuerzo de barra lisa 7/8 en sentido transversal, y para el sentido longitudinal se utilizará barra corrugada de 7/8 ambas de 35 cm de largo espaciadas unos 30 cm.

Figura 12. **Juntas transversales y longitudinales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.6.2. Diseño de mezcla

Se utilizará el método de diseño de mezcla del Centro de Investigaciones de Ingeniería según los siguientes parámetros de la Dirección General de Caminos:

Tabla XXIV. **Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos**

Relación Agua cemento Máxima	Temperatura de concreto	Asentamiento AASTHO T119	Contenido de aire mínimo	Resistencia a la compresión ASSTHO T-22	Resistencia a la Flexión AASTHO T-97
0,49	20+- 10 °C	40+- 20 mm	4,5 %	28 MPa (4 000 psi)	4,5 MPa (650 psi)

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. p. 18.

Para el agregado fino, el módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 ni variar en más de 0,20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto.

Para el agregado grueso, el valor de desgaste debe no ser mayor de 40 % en masa después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión.

Se realizará el diseño de mezcla para un agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y para un agregado fino con módulo de finura de 2,6, para el concreto el $f'c$ será de 4 000 psi y un peso específico de $2\,400 \frac{kg}{m^3}$; y un asentamiento de de 8 cm debido a la calidad de trabajo en el lugar.

Figura 13. Datos para diseño de mezclas

TABLA No. 6
DATOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS (Calculados para 1 m³ de concreto fresco)*

Resistencia media requerida a los 28 días Kg./cm ²	Tamaño máximo del agregado mm.	Concentración de pasta W/C	C/W	Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.				% de agregado fino Vol. Abs./Agr. Total			% aire				
				0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	M.F.			M.F.				
				2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2						
140	2,000	19.1	3/4	0.65	1.54	165	175	186	197	47	49	51	4.8	4.9	5
		25.4	1	0.65	1.54	157	165	173	181	44	46	48	4.4	4.5	4.6
175	2,500	19.1	3/4	0.60	1.67	165	175	183	197	45	47	49	4.3	4.4	4.5
		25.4	1	0.60	1.67	157	165	173	181	42	44	46	3.7	3.8	3.9
210	3,000	19.1	3/4	0.56	1.79	184	171	184	195	44	46	48	3.6	3.7	3.8
		25.4	1	0.56	1.79	158	164	172	180	41	43	45	3	3.1	3.2
246	3,500	19.1	3/4	0.52	1.92	184	174	184	195	42	44	46	3.1	3.2	3.3
		25.4	1	0.52	1.92	156	164	172	180	41	43	45	2.3	2.4	2.5
281	4,000	19.1	3/4	0.49	2.04	162	172	182	193	40	42	44	1.9	2	2.1
		25.4	1	0.49	2.04	155	163	171	179	37	39	41	2	2.1	2.2
316	4,500	19.1	3/4	0.46	2.17	162	172	182	193	38	40	42	2.4	2.5	2.6
		25.4	1	0.46	2.17	155	163	171	179	35	37	39	1.7	1.8	1.9
		38.1	1 1/2	0.46	2.17	154	160	166	189	33	35	37	1.4	1.5	1.6

CORRECCIONES DE VALORES PARA OTRAS CONDICIONES

Uso de pedrín	Uso de arena triturada	Uso de agentes adicionados
+ 10 kg. Agua	+ 5 kg. Agua	Al usar atrapador de aire u otro agente adicionado al concreto, deberá hacerse correcciones a los datos de la tabla y deberá consultarse al laboratorio.
+ 2.5 % agregado fino	2.2 % arena	
+ 0.5 % de aire		

*Tomando de referencia No. 6

Fuente: Manual de laboratorio del curso de materiales de construcción. p. 5.

De la tabla datos para diseño de mezclas se obtiene para 1 m³ de concreto:

- Relación agua cemento: 0,49
- Cantidad de agua: 182 litros equivalente a 182 kg
- Porcentaje de agregado fino: 40 %

Entonces para la cantidad de cemento

$$Cemento = \frac{Agua}{0,49} = \frac{182 \text{ kg}}{m^3 \text{ concreto}} * \frac{1}{0,49} = 371 \frac{kg}{m^3 \text{ concreto}}$$

Para calcular el peso correspondiente al volumen agregados:

$$\text{Agregados} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \text{Agua} - \text{Cemento}$$

$$\text{Agregados} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 182 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 371 \frac{351}{\text{m}^3} = 1\,847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Calculado la cantidad de agregado fino:

$$\text{Agregado fino} = \text{Agregados} * \% \text{ de agregado fino}$$

$$\text{Agregado fino} = 1\,847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 40 \% = 738,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Calculando cantidad de agregado grueso:

$$\text{Agregado grueso} = \text{Agregados} - \text{Agregado fino}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1\,847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 738,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,108,66 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla XXV. **Proporciones para mezcla de concreto para pavimento**

Elemento	Proporción en peso [kg]
Agua	182
Cemento	371
Agregado fino	738,80
Agregado grueso 3/4"	1 108,66

Fuente: elaboración propia.

La relación de proporciones en peso finales será:

$$\text{Vol cemento} = \frac{\text{Peso cemento}}{\text{P.U. cemento}} = \frac{371}{1\,506} = 0,25$$

$$\text{Vol agregado fino} = \frac{\text{Peso agregado fino}}{\text{P.U. agregado fino}} = \frac{738,80}{1\ 530} = 0,48$$

$$\text{Vol agregado grueso} = \frac{\text{Peso agregado grueso}}{\text{P.U. agregado grueso}} = \frac{1\ 108,66}{1\ 395} = 0,79$$

$$\text{Proporción} = 1: \frac{\text{Agregado fino}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{agregado grueso}}{\text{cemento}} : \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$$

$$\text{Proporción en volumen} = 1: \frac{0,48}{0,25} : \frac{0,79}{0,25} : 0,49$$

$$\text{Proporción en volumen} = 1: 1,9: 3,15: 0,49$$

2.1.7. Drenaje

El drenaje es la estructura cuyo propósito es evacuar el agua proveniente de la precipitación y conducirla hacia un lugar adecuado para su desfogue, evitando la inundación de la losa y la saturación del suelo donde esta se apoya.

2.1.7.1. Drenaje longitudinal (cunetas)

Las cunetas son canales ubicados a los costados de una carretera, con el fin de brindar conducción al agua proveniente de la precipitación hasta un punto seguro de desfogue, evitando así la erosión de los costados de la carretera. Estas pueden tener distintas formas geométricas: trapezoidales y circulares siendo las más comunes las triangulares.

En el diseño de las cunetas se ve involucrado la cantidad de precipitación de la región la cual se obtiene de las curvas intensidad frecuencia y duración. El área que se desea drenar y el tipo de material que se encuentra en dicha área.

Para calcular el caudal de diseño se utiliza el método racional cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

Q = es el caudal en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = es la intensidad de lluvia en mm/hr

A = es el área en hectáreas

Figura 14. **Cuenca del alineamiento**



Fuentes: elaboración propia, empleando SketchUP.

Se tomará como longitud máxima para la cuneta 200 m por lo que se debe drenar de la carretera un área de 200 m longitudinales y 100 m provenientes de los taludes más el área del carril.

La ecuación que determina la intensidad de lluvia para la cuenca es la siguiente:

$$i = \frac{285,3266 * T^{0,236123}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia en mm/h

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación (min)

Según la ecuación de Kirpich se calcula el tiempo de concentración de la siguiente manera:

$$t = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

Donde:

L = es la longitud del cauce más largo dentro de la cuenta en m

H = es la diferencia de altura del terreno

$$t = \frac{3 * 1866^{1,15}}{154 * 190^{0,38}} = 15,31 \text{ minutos}$$

El diseño de la cuneta para la carretera de este proyecto se hará para un período de 20 años.

Entonces la intensidad de lluvia es:

$$i = \frac{285,3266 * 20^{0,236123}}{15,31^{0,61885}} = 106,96 \text{ mm/hr}$$

Tomando en cuenta que para el área de bosque el coeficiente de escorrentía es de 0,14 y para el carril de concreto es de 0,92, entonces el caudal de diseño es el siguiente:

$$Q = 106,96 * \frac{\frac{2,75 * 200}{10,000} * 0,92 + \frac{200 * 100}{10,000} * 0,14}{360} = 0,0981 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar las dimensiones de la cuneta se utilizará la ecuación de Meanning.

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Donde:

Q = caudal en m³/s.

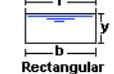
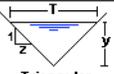
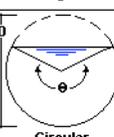
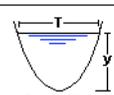
N = coeficiente de Meanning

Rh = radio hidráulico

S = pendiente de diseño

A = área de la sección

Figura 15. **Propiedades geométricas de canales**

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2}) D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. p. 105.

Se ha seleccionado un canal triangular para el diseño de la cuenta usando un talud z:1 de acuerdo con la figura 15. Tomando en cuenta que el valor del coeficiente de Manning para el concreto es de 0,014 y que la pendiente mínima del trayecto antes del centro poblado es de 1,08 %, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{0,014} * \frac{z * y^{\frac{2}{3}}}{2\sqrt{1+z^2}} * 0,011^{\frac{1}{2}} * z * y^2$$

$$Q = \frac{1}{0,014} * \frac{1 * y^{\frac{2}{3}}}{2\sqrt{1+1^2}} * 0,0011^{\frac{1}{2}} * 1 * y^2$$

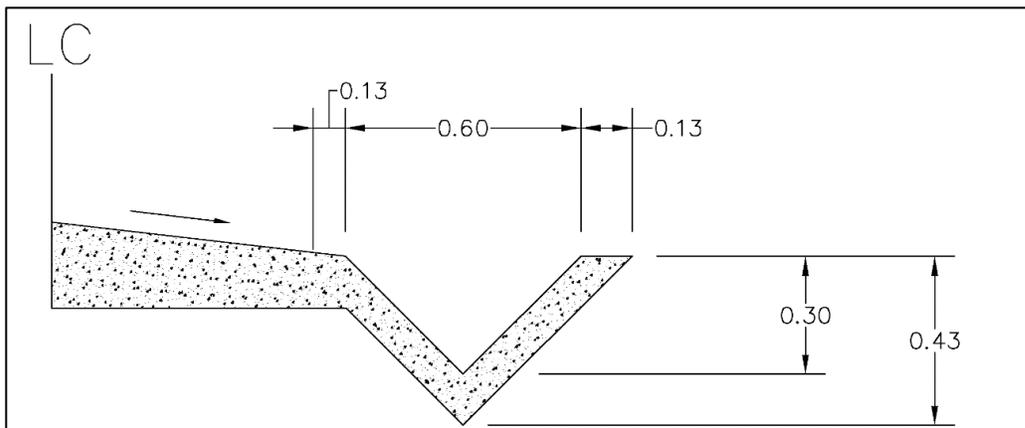
Despejando y:

$$y = \left[\frac{Q * n * (2\sqrt{1+z^2})^{2/3}}{S^{1/2} * z} \right]^{3/8}$$

$$y = \left[\frac{0,098 * 0,014 * (2\sqrt{1 + 1^2})^{2/3}}{0,0108^{1/2} * z} \right]^{3/8} = 0,26 \text{ m}$$

Se utilizará un valor de $y = 30 \text{ cm}$ para que la cuneta no presente desborde en situaciones críticas, por lo que las dimensiones finales de la cuenta serán 60 cm de ancho por 30 cm de alto.

Figura 16. **Sección transversal cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.2. **Drenaje transversal**

El drenaje transversal es una estructura que permite transportar las aguas pluviales provenientes de una cuenta, atravesando la carretera para desembocar en el lado opuesto. Es utilizado cuando no es posible desechar las aguas pluviales en el lugar donde se encuentran.

Para el diseño de drenajes transversales, se utiliza la fórmula de Manning para una tubería circular actuando como canal abierto. El caudal por evacuar es

el mismo que transportan las cunetas al final de su recorrido más un área de 20 m x 200 m aledaña a la carretera proveniente de los taludes.

Tabla XXVI. **Coefficientes de escorrentía 1**

Uso del suelo	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+
Cultivado	0.08 a	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31a
	0.14 b	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41b
Pastos	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Praderas	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Bosques	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Residencial Lotes 0.05ha	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Lotes menos de 0.1Ha	0.22	0.26	0.29	0.24	0.29	0.33	0.27	0.31	0.36	0.30	0.34	0.40
	0.30	0.34	0.37	0.33	0.37	0.42	0.36	0.40	0.47	0.38	0.42	0.52
Lotes de 0.13Ha	0.19	0.23	0.26	0.22	0.26	0.30	0.25	0.29	0.34	0.28	0.32	0.39
	0.28	0.32	0.35	0.30	0.35	0.39	0.33	0.38	0.45	0.36	0.40	0.50
Lotes de 0.2Ha	0.16	0.20	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.30	0.37
	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Lotes 0.5 Ha	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.20	0.25	0.31	0.24	0.29	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.40	0.31	0.35	0.46
Industrial	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Comercial	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90
Calles	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Parques	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
Estacionamientos	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

Fuente MCCUEN, Richard. *Hydrologic analysis and design*. p. 145.

La región aledaña a la carretera corresponde a un bosque por lo que el coeficiente de escorrentía es 0,14.

El caudal que se drenará será el proveniente de las cunetas entonces:

Para un canal circular al 50 % de su capacidad total.

$$Rh = \text{Diámetro}/4$$

$$A = \pi D^2/8$$

La ecuación de Manning queda de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Tomando en cuenta un valor de $n=0,009$ según las especificaciones de AMANCO para tuberías PVC.

$$Q = \frac{1}{0,009} * \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4} * 0,03^{\frac{1}{2}} * \pi \frac{D^2}{8}$$

Despejando D:

$$D = \left(\frac{Q * 0,009 * 8 * 4^{2/3}}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Para una pendiente del 6 % caudal de 0,0116 m³/s se tiene un diámetro de:

$$D = \left(\frac{0,0981 * 0,009 * 8 * 4^{2/3}}{0,03^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,28 \text{ m} \approx 11''$$

Se obtiene como resultado una tubería de 11 pulgadas como parte del drenaje transversal. Según lo establecido en el *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica*

las tuberías para drenaje menor deben tener un diámetro mínimo de 91 cm equivalente a 36” por facilidad de mantenimiento se pueden utilizar materiales como concreto, metal, PVC, entre otros.

2.1.8. Presupuesto

La integración de precios unitarios y el resumen del presupuesto se puede encontrar en el apéndice de este documento. En la integración de precios unitarios se encuentran los elementos involucrados en cada renglón, tales como materiales, maquinaria y mano de obra, así como los cargos administrativos.

2.1.9. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución físico y financiero se puede encontrar en el apéndice de este documento, en él se detalla la duración de cada actividad para el desarrollo del proyecto relacionado al puente junto con el importe monetario asignado a cada etapa.

2.1.10. Evaluación de impacto ambiental inicial

La evaluación de impacto ambiental consiste en el formulario propuesto por el MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales), se puede encontrar en los anexos, en él se detallan todos los parámetros solicitados por dicho ministerio.

2.2. Diseño de puente vehicular ingreso a San José del Golfo Guatemala

En los apartados siguientes se explicará con detalle el proyecto:

2.2.1. Descripción del proyecto

Se diseñará un puente paralelo, al actual puente La Periquera, el cual brinda acceso al municipio de San José del Golfo, desde la ciudad de Guatemala. El nuevo puente tiene como objetivo facilitar el acceso al municipio al permitir el tránsito en ambos sentidos, beneficiando alrededor de 5 000 habitantes. Este nuevo puente tendrá una longitud de 25 metros.

Se realizará el diseño cumpliendo o superando las especificaciones mínimas de la normativa vigente, mediante la realización del estudio técnico adecuado para la región contemplando los aspectos topográficos, geológicos, hidrológicos y riesgo sísmico de la zona, a fin de equiparlo con los dispositivos de seguridad necesarios para prevenir daños en la integridad de los usuarios y de la propia estructura.

Se diseñará bajo el método de diseño de puentes LRFD, contemplando indicaciones especiales del normativo ASHTO y, principalmente, cumpliendo con lo estipulado en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala.

El puente se diseñará bajo el concepto de viga-losa, ya que, debido a la longitud del tramo, esta es la configuración estructural más idónea. Este sistema se basa en una losa colocada sobre las vigas, fundidas monolíticamente, el acero de refuerzo para estos elementos no necesita ser sometido a preesfuerzo.

2.2.2. Conceptos básicos sobre un puente

- Puentes Losa: estos puentes consisten, únicamente, de una losa que está apoyada en los dos extremos del tramo a cubrir, no se hace necesario el uso de elementos adicionales para la transmisión de cargas a los apoyos. Este sistema funciona para un tramo de luz libre menor a 18 metros.
- Puentes viga-losa: estos puentes están conformados por vigas sobre las cuales se apoya la losa, este sistema puede utilizarse para longitudes de 18 a 25 metros.
- Puentes viga-losa pretensados: estos puentes son similares a los puentes viga-losa convencionales, con la diferencia de que estos están reforzados con cables de acero pretensados, lo cual les permite soportar cargas más grandes y formar tramos mayores de longitud. Este sistema es aplicable para puentes con tramos de más de 25 metros de luz libre.

2.2.2.1. Elementos que lo conforman

Un puente es una estructura que se construye para sortear un obstáculo permitiendo la continuidad de la vía esta puede ser una carretera o una vía férrea. Además, los puentes también pueden transportar tuberías y líneas de distribución eléctrica.

2.2.2.2. Súper estructura

La superestructura es la parte del puente que está conformada por el tablero que soporta directamente las cargas, también se incluyen: vigas, cables, arcos, y todos los elementos que tienen como función transmitir las cargas del tablero a los apoyos.

2.2.2.3. Infraestructura

La infraestructura es el conjunto de elementos del puente que soporta directamente la súper estructura y los cimientos que transmiten los esfuerzos al terreno, elementos tales como: pilares (apoyos centrales), estribos (apoyos extremos), zapatas y pilotes.

2.2.2.4. Cargas

Las cargas son las fuerzas aplicadas sobre un elemento, estas pueden permanecer constantes durante el tiempo (cargas muertas), las cuales son resultado de la propia estructura, como el peso de la losa y de las vigas. También existen cargas que no son permanentes y se aplican solo en algunos periodos de tiempo (cargas vivas). Son resultado de elementos que interactúan con la estructura tales como el peso de los vehículos, el peso del equipo y mobiliario que se ubica sobre la estructura y otros. Se utilizará como camión de diseño el vehículo HL-93 para el análisis de cargas vivas.

Existe otro tipo de cargas conocidas, como cargas sísmicas, que son resultado del efecto que tienen las ondas de un evento sísmico sobre la estructura, estas cargas son de magnitud y dirección variable y son aplicadas por un periodo de tiempo determinado.

2.2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico consiste en la obtención de datos de campo conocidos como puntos, con el fin de determinar su altitud y su ubicación sobre un plano ortogonal. Estos datos son obtenidos mediante instrumentos ópticos o

de tecnología GPS. Esta actividad se desarrolla con el fin de conocer la geometría y relieve del terreno de interés.

Para el proyecto expuesto en este informe, el levantamiento topográfico fue realizado con los siguientes recursos:

- Estación total trimble 5603
- Bastón de 3,6 m sokia
- Prisma 360 trimble
- Plomada
- Brújula
- Trípode
- Pintura en aerosol
- Estacas

Para el proyecto del puente expuesto en este informe, se realizó la toma de puntos en una cuadrícula de 3x3 metros sobre el cauce del río para un área total de 50 x 50 metros, con el fin de determinar curvas de nivel con precisión.

2.2.3.1. Planimetría

La planimetría es la parte de la topografía correspondiente al estudio de los métodos y procedimientos que permiten representar puntos relevantes del terreno sobre una superficie plana.

2.2.3.2. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía correspondiente al estudio de los métodos y procedimientos para obtener con precisión la altura o cota de cada

punto de interés sobre el terreno respecto a un plano de referencia. Esto permite así representar el relieve del terreno mediante planos de curvas de nivel y perfiles.

2.2.4. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es de gran importancia para el diseño del puente, ya que la estructura puede verse afectada debido a la corriente del agua. La crecida máxima será quien determine la altura de la súper estructura del puente, de manera que esta no alcance la parte inferior del puente. Se utilizará el método racional para conocer el caudal correspondiente a la venida máxima para el periodo de diseño, luego se determinará la altura del flujo sobre el cauce del río mediante el método sección pendiente, con el fin de determinar la altura segura a la cual deberá ubicarse el puente.

2.2.4.1. Método racional

El método racional consiste en calcular el caudal máximo para un punto de la cuenca, tomando en cuenta el área tributaria que contribuye con escorrentía superficial hacia dicho punto. Se toma en cuenta el efecto de una tormenta máxima la cual debe prolongarse durante un periodo igual o mayor, al tiempo que necesita una gota de agua que proviene del punto más lejano de la cuenca hasta el punto de interés (tiempo de concentración). La ecuación del método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

2.2.4.3. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el que le toma a una gota de agua que se precipitó en el punto más lejano del cauce, hasta llegar al punto de interés. Este tiempo puede estimarse mediante la ecuación de Kirpich en el cual se involucra la longitud del cauce del río y la diferencia de alturas entre el punto más lejano y el punto de interés.

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del cauce principal (metros)

ΔH = diferencia de altura (metros)

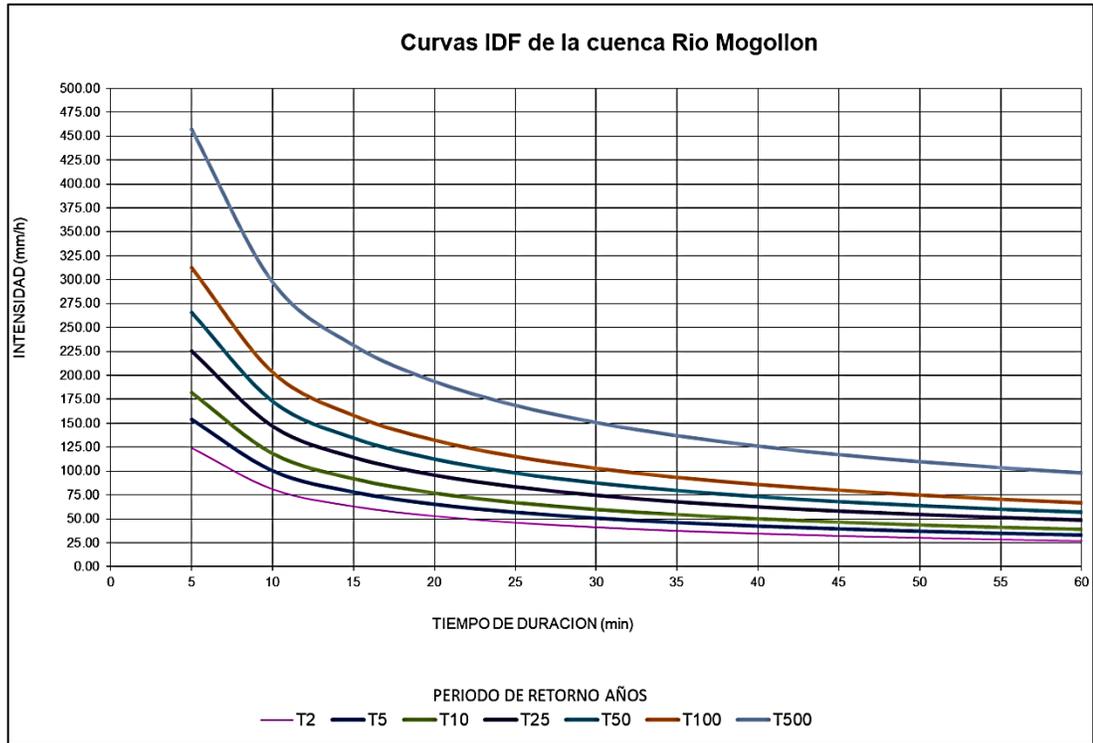
Entonces para la cuenca del río Mogollón se tiene:

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{11\ 222^3}{1\ 640 - 1\ 060} \right)^{0,385} = 80,15 \text{ minutos}$$

2.2.4.4. Intensidad de lluvia

Para la determinación de la intensidad de lluvia se utilizaron los datos proporcionados por el Insivumeh correspondientes a la estación meteorológica automática del municipio de San Pedro Ayampuc cuya estación es la más cercana al punto de interés.

Figura 18. Curvas IDF río Mogollón



Fuente: elaboración propia.

La figura 18 describe las curvas de intensidad frecuencia y duración para la cuenca del río Mogollón, las cuales están definidas por la siguiente ecuación.

$$i = \frac{153,5418 * T^{0,190272}}{t^{0,61885}}$$

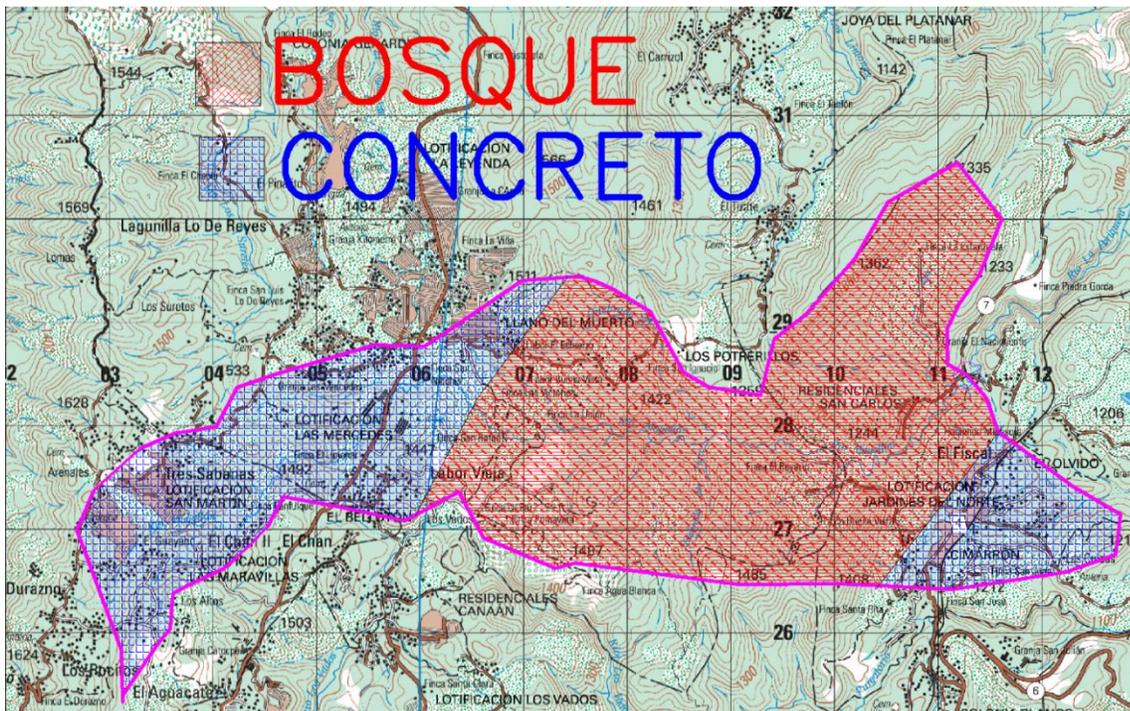
Donde:

- I = intensidad de lluvia en mm/h
- T = período de retorno en años
- T = duración de la precipitación (min)

El periodo de diseño del puente de este proyecto será de 100 años y el tiempo de concentración es de 80,15 minutos, por lo que la ecuación para determinar la intensidad de lluvia es la siguiente:

$$i = \frac{153,5418 * 100^{0,90272}}{80,15^{0,61885}} = 24,45 \text{ mm/hr}$$

Figura 19. **Uso del suelo en la cuenca del río Mogollón**



Fuentes: elaboración propia, empleando SketchUP.

La cuenca del río Mogollón cuenta con un área de bosque de 12,64 m2 y 8,03 km2 de área residencial (concreto).

Tabla XXVII. Coeficientes de escorrentía 2

Uso del suelo	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+
Cultivado	0.08 a 0.14 b	0.13 0.18	0.16 0.22	0.11 0.16	0.15 0.21	0.21 0.28	0.14 0.20	0.19 0.25	0.26 0.34	0.18 0.24	0.23 0.29	0.31a 0.41b
Pastos	0.12 0.15	0.20 0.25	0.30 0.37	0.18 0.23	0.28 0.34	0.37 0.45	0.24 0.30	0.34 0.42	0.44 0.52	0.30 0.37	0.40 0.50	0.50 0.62
Praderas	0.10 0.14	0.16 0.22	0.25 0.30	0.14 0.20	0.22 0.28	0.30 0.37	0.20 0.26	0.28 0.35	0.36 0.44	0.24 0.30	0.30 0.40	0.40 0.50
Bosques	0.05 0.08	0.08 0.11	0.11 0.14	0.08 0.10	0.11 0.14	0.14 0.18	0.10 0.12	0.13 0.16	0.16 0.20	0.12 0.15	0.16 0.20	0.20 0.25
Residencial Lotes 0.05ha	0.25 0.33	0.28 0.37	0.31 0.40	0.27 0.35	0.30 0.39	0.35 0.44	0.30 0.38	0.33 0.42	0.38 0.49	0.33 0.41	0.36 0.45	0.42 0.54
Lotes menos de 0.1Ha	0.22 0.30	0.26 0.34	0.29 0.37	0.24 0.33	0.29 0.37	0.33 0.42	0.27 0.36	0.31 0.40	0.36 0.47	0.30 0.38	0.34 0.42	0.40 0.52
Lotes de 0.13Ha	0.19 0.28	0.23 0.32	0.26 0.35	0.22 0.30	0.26 0.35	0.30 0.39	0.25 0.33	0.29 0.38	0.34 0.45	0.28 0.36	0.32 0.40	0.39 0.50
Lotes de 0.2Ha	0.16 0.25	0.20 0.29	0.24 0.32	0.19 0.28	0.23 0.32	0.28 0.36	0.22 0.31	0.27 0.35	0.32 0.42	0.26 0.34	0.30 0.38	0.37 0.48
Lotes 0.5 Ha	0.14 0.22	0.19 0.26	0.22 0.29	0.17 0.24	0.21 0.28	0.26 0.34	0.20 0.28	0.25 0.32	0.31 0.40	0.24 0.31	0.29 0.35	0.35 0.46
Industrial	0.67 0.85	0.68 0.85	0.68 0.86	0.68 0.85	0.68 0.86	0.69 0.86	0.68 0.86	0.69 0.86	0.69 0.87	0.69 0.86	0.69 0.86	0.70 0.88
Comercial	0.71 0.88	0.71 0.88	0.72 0.89	0.71 0.89	0.72 0.89	0.72 0.90						
Calles	0.70 0.76	0.71 0.77	0.72 0.79	0.71 0.80	0.72 0.82	0.74 0.84	0.72 0.84	0.73 0.85	0.76 0.89	0.73 0.89	0.75 0.91	0.78 0.95
Parques	0.05 0.11	0.10 0.16	0.14 0.20	0.08 0.14	0.13 0.19	0.19 0.26	0.12 0.18	0.17 0.23	0.24 0.32	0.16 0.22	0.21 0.27	0.28 0.39
Estacionamientos	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97

Fuente MCCUEN, Richard. *Hydrologic analysis and design*. p. 145.

De la tabla XXVII obtenemos los coeficientes de escorrentía de acuerdo con el uso de suelo. Por ejemplo, el suelo de la cuenca se encuentra en el Grupo B, ya que los suelos en la región son una mezcla de arcilla y arena. La cuenta tiene pendiente entre 2 a 6 %.

Para el área de bosque se utilizará:

$$C_{bosque} = 0,11$$

Para el área residencial e industria (concreto) se empleará:

$$C_{Residencial} = 0,30$$

Utilizando el método racional se calcula el caudal en el punto de interés de la siguiente forma:

$$Q = \frac{24,45 * (0,14 * 1264 + 0,39 * 8030)}{360} = 224,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.4.5. Cálculo de crecida máxima por HEC-RAS

Utilizando el programa HEC-RAS se determinó el tirante y velocidad de la crecida máxima. Basándose en las secciones transversales ingresadas al programa, junto con los parámetros hidráulicos de la sección caudal y coeficiente de Manning.

Al procesar la información en el software se obtuvieron los resultados indicados en la figura 20:

Figura 20. Resultados HEC-RAS para la crecida máxima

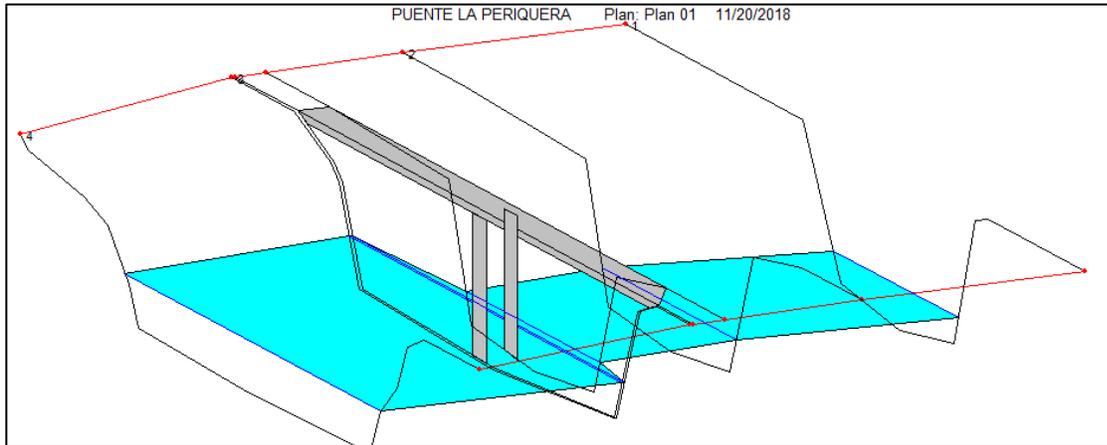
The screenshot shows the 'Cross Section Output' window in HEC-RAS. The window title is 'Cross Section Output'. The menu bar includes 'File', 'Type', 'Options', and 'Help'. The 'River' dropdown is set to 'PERIQUERA', 'Profile' to 'PF 1', 'Reach' to 'LAPERIQUERA', 'RS' to '3', and 'Plan' to 'Plan 01'. Below the controls is a table with the following data:

Plan: Plan 01 PERIQUERA LAPERIQUERA RS: 3 Profile: PF 1					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	490.17				
Vel Head (m)	0.22				
W.S. Elev (m)	489.94				
Crit W.S. (m)					
E.G. Slope (m/m)	0.000898				
Q Total (m3/s)	224.00				
Top Width (m)	17.80				
Vel Total (m/s)	2.10				
Max Chl Dpth (m)	6.99				
Conv. Total (m3/s)	7474.1				
Length Wtd. (m)	1.80				
Min Ch El (m)	482.95				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.00				
C & E Loss (m)	0.06				
Wt. n-Val.		0.035			
Reach Len. (m)	1.80	1.80	1.80		
Flow Area (m2)		106.89			
Area (m2)		106.89			
Flow (m3/s)		224.00			
Top Width (m)		17.80			
Avg. Vel. (m/s)		2.10			
Hydr. Depth (m)		6.00			
Conv. (m3/s)		7474.1			
Wetted Per. (m)		27.92			
Shear (N/m2)		33.72			
Stream Power (N/m s)		70.67			
Cum Volume (1000 m3)		0.55			
Cum SA (1000 m2)		0.12			

Fuente: elaboración propia.

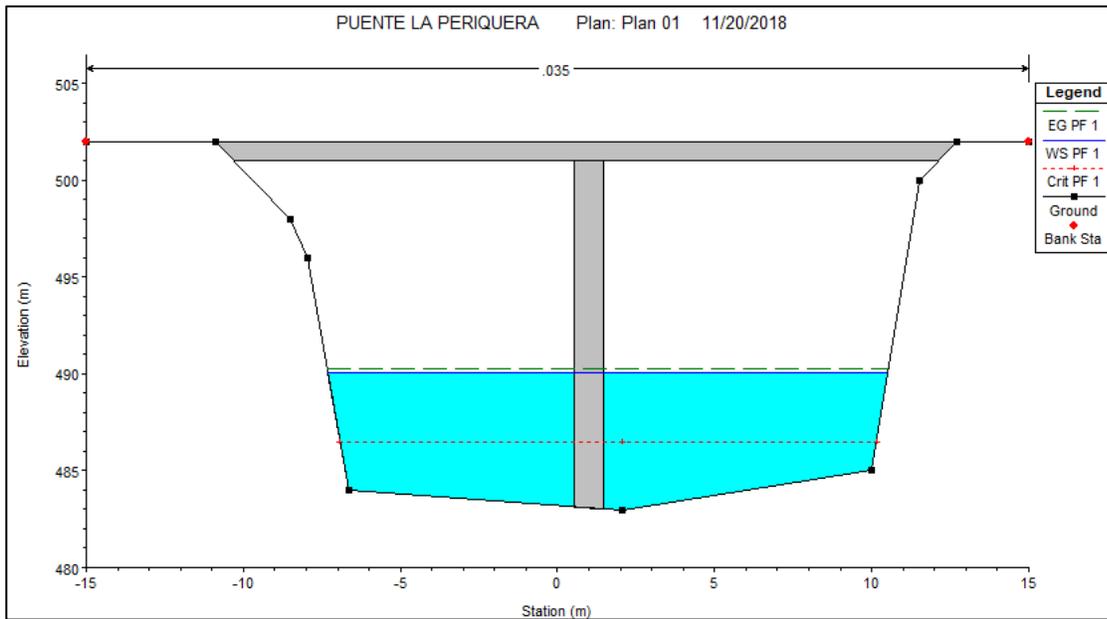
Adicionalmente, el software generó un modo tridimensional de la crecida máxima, la cual se puede apreciar en la figura 21.

Figura 21. **Modelo 3d crecida máxima por HEC-RAS**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUP.

Figura 22. **Sección crítica debido a crecida máxima por HEC-RAS**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUP.

De acuerdo con los resultados calculados mediante HEC-RAS, se ha determinado que un tirante máximo de 6 m y una velocidad de 2,10 m/s para la sección donde se ubicará el puente. Según las especificaciones AASHTO se requiere de 1,5 metros entre el espejo de agua y la parte inferior del puente. Según lo anterior, la crecida máxima no afectará al puente ya que la parte más baja supera esta longitud mínima.

2.2.5. Estudio de suelos

El suelo será el elemento final que resistirá las cargas provenientes de la estructura y de los vehículos que transitan el puente, por ello es que se hace importante conocer las propiedades mecánicas del mismo, lo cual se logra mediante el estudio de suelos.

2.2.5.1. Ensayo triaxial

El ensayo consiste someter una probeta de suelo a una presión en confinamiento sobre toda su superficie. La probeta se encuentra sumergida en un líquido y aislada por una capa de látex. Se incrementa la carga axial a velocidad constante, hasta que la probeta presenta una falla, mientras esto sucede se realizan anotaciones de la medición de los deforme metros. Se repite el ensayo con varias probetas cambiando únicamente la presión de confinamiento.

Con los resultados obtenidos se realiza la gráfica correspondiente a los círculos de Mohr, definiendo la aproximación de la mejor envolvente de dichos círculos. Luego se procede a determinar los valores del ángulo de fricción interna y la cohesión.

2.2.5.2. Valor soporte del suelo

El valor soporte del suelo es un parámetro que determina cuanta carga puede resistir el suelo. Se calcula mediante las ecuaciones de la teoría de Terzaghi utilizando los valores obtenidos en el ensayo triaxial.

Tabla XXVIII. Resultados de prueba triaxial

Parámetro	Valor
Cohesión (Cu)	4,31 Ton/m ²
Ángulo de fricción interna ϕ	37,49°
Peso específico del suelo	1,49 Ton/m ³
Desplante	8 m
Tipo de suelo	Arena cementada

Fuente: elaboración propia.

Ángulo de fricción interna en radianes

$$\phi_{rad} = \frac{\phi * \pi}{180} = \frac{37,49 * \pi}{180} = 0,6543 \text{ rad}$$

Factores de flujo de carga

$$\phi = 37,49 \frac{\pi}{180} = 0,6543 \text{ rad}$$

$$N_q = e^{\pi * \tan(\phi)} * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi * \tan(37,49)} * \tan^2 \left(45 + \frac{37,49}{2} \right) = 45,75$$

$$N_c = \cot(\phi)(N_q - 1) = \cot(37,49)(45,75 - 1) = 58,34$$

$$N_\gamma = 1,8(N_q - 1) \tan(\phi) = 1,8(45,75 - 1) \tan(37,49) = 61,79$$

- Capacidad de carga última

De acuerdo con la expresión propuesta de Terzaghi, la capacidad soporte del suelo se calcula de la siguiente forma.

$$q_u = C_u N_c S_c + D_f * \gamma * N_q S_q + \frac{1}{2} B * \gamma * N_\gamma S_\gamma - \gamma * D$$

Donde:

C_u = es la cohesión en Ton/m²

D_f = desplante de cimentación

γ = peso específico del suelo

N_q, N_c, N_γ = factores de flujo de carga

S_c, S_q, S_γ = son factores de forma todos igual 1 para cimentación corrida

D = profundidad de desplante

B = ancho de cimentación

Entonces la carga última para este suelo es:

$$q_u = 4.31 * 58.34 * 1 + 1 * 1.49 * 45.75 + \frac{1}{2} * 61.79 * 1.49 * 1 - 1.49 * 1$$

$$q_u = 364.14 \text{ Ton/m}^2$$

- Capacidad de carga última admisible

Consiste reducir la capacidad soporte última dentro de un factor comprendido entre 3 y 4.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{3} = \frac{364,14}{3} = 121,39 \text{ Ton/m}^2$$

Ya que el tipo de suelo en el lugar de la cimentación consiste en una arena cementada, se procede a verificar el valor calculado con valores de referencia según el tipo de suelo.

Tabla XXIX. **Presiones admisibles en roca**

Roca	q_{adm} (kg/cm ²)
Rocas ígneas (granitos y gneiss) sanas	100
Calizas y areniscas duras	40
Esquistos y pizarras	30
Argilitas y limolitas duras y areniscas blandas	20
Arenas cementadas	10
Argilitas y limolitas blandas	6-10
Calizas blandas y porosas	6

Fuente: código inglés CP:2004/1972.

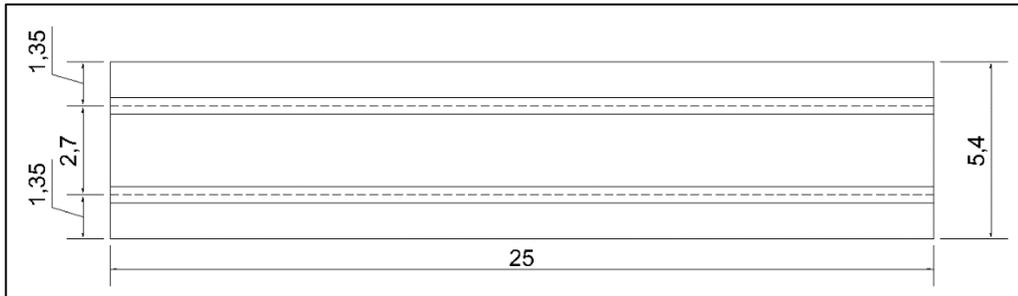
De acuerdo con el código inglés CP:2004/1972, la carga admisible para arenas cementadas es de 10 kg/cm equivalente a 100 Ton/m² entonces:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{3} = \frac{364,14}{3} = 100 \text{ Ton/m}^2$$

2.2.6. **Diseño de superestructura**

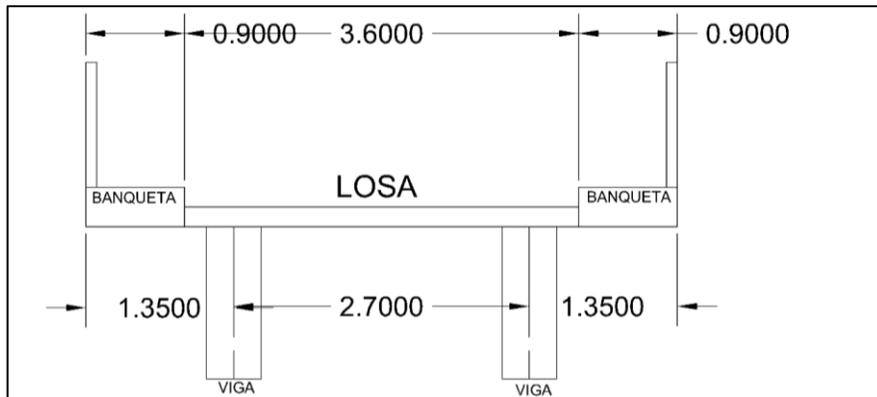
El puente por diseñar tendrá una longitud de 25 metros y un ancho de 5,40 dejando un ancho libre de calzada de 3,60 m y banquetas de 0,90 cm. Tendrá una luz entre vigas de 2,70 m.

Figura 23. **Planta dimensiones del puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 24. **Sección transversal dimensiones del puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.1. **Predimensionamiento de los elementos estructurales**

- Losa

El predimensionamiento del peralte de la losa se hará según AASHTO 9.7.1.1, el cual indica que para losas continuas con refuerzo

perpendicular a la dirección del tránsito, el espesor mínimo es de 17,5 cm. Tomando en cuenta el efecto del desgaste se utilizará un espesor de 20 cm.

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

- Vigas

AASHTO indica que el peralte de la viga para tramos simples se puede calcular como $h=0,07L$ donde L es la longitud de la viga. Además, la base de la viga debe ser como mínimo $2/5$ del peralte. Al cumplir estas condiciones se puede evitar el chequeo por deflexión y por alabeo.

- Peralte

$$H = 0,07 * 25 = 1,75m \sim 1,75m$$

Se usará $H = 1,40 \text{ m}$

- Base

$$B = \frac{2}{5} * H = \frac{2}{5} * 1,4 = 0,56$$

Se usará: $B = 0,60 \text{ m}$

- Diafragmas

Los diafragmas son elementos que brindan a la superestructura rigidez proporcionando una conectividad entre las vigas principales y haciendo que

estas trabajen en conjunto. Además, proporcionan resistencia a las fuerzas laterales y excéntricas que actúan en la superestructura. Se colocan en los extremos de las vigas y en el punto de máximo momento positivo.

- Diafragma externo

$$H = \frac{1}{2} H_{viga} = \frac{1}{2} * 1,4 = 0,7 \text{ m} \sim 0,7 \text{ m}$$
$$B = 0,35 \text{ m}$$

- Diafragma interno

$$H = \frac{3}{4} H_{viga} = \frac{3}{4} * 1,4 = 1,05 \text{ m}$$
$$B = 0,35 \text{ m}$$

- Cortina

La función de la cortina es proporcionar soporte al relleno en el sentido longitudinal, su altura depende del peralte de la viga principal. La base mínima es de 30 cm.

$$H_{cortina} = H_{vigaprincipal} - losa = 1,2$$
$$B_{cortina} = 30 \text{ cm}$$

- Viga de apoyo

La viga de apoyo debe tener un peralte como mínimo de 40 cm.

Se calculará el peralte utilizando la siguiente expresión:

$$b_{min} = 0,02 * Longitud\ viga\ principal$$

$$b_{min} = 0,02 * 25 = 0,5\ m$$

$$b_{total} = b_{minima} + b_{cortina}$$

$$b_{total} = 0,5 + 0,30 = 0,80$$

Peralte de viga de apoyo

$$H = 0,40\ m$$

2.2.6.2. Diseño de losa

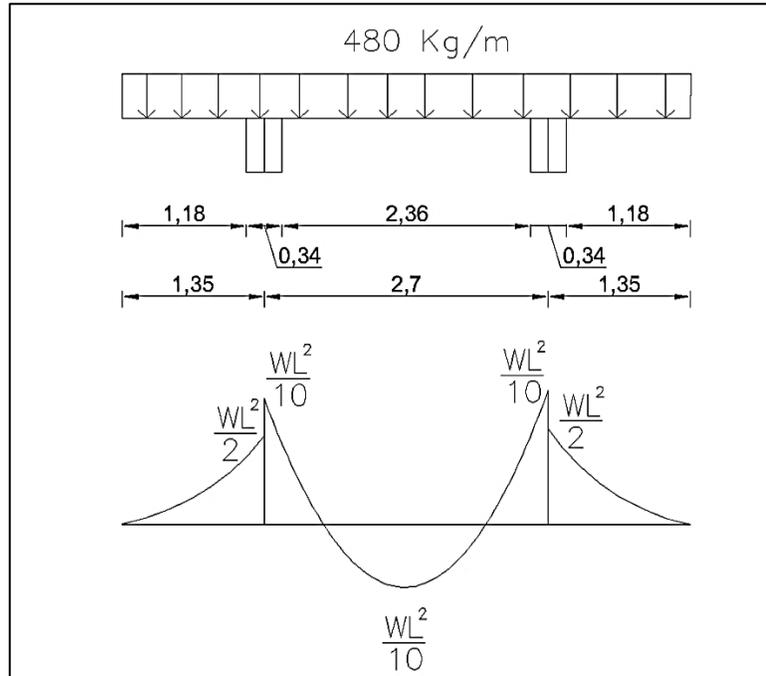
Para el diseño de la losa, se calcula el momento producido por las cargas vivas y por las cargas muertas, con el fin de determinar del momento último mediante las combinaciones de carga y así calcular el refuerzo necesario para la sección de la losa.

2.2.6.2.1. Momento debido a la carga muerta

Según AASHTO LRFD 4.6.2.16 el cálculo de momentos negativos para estructuras monolíticas de concreto se puede calcular para la sección de la cara de apoyo. Carga distribuida:

$$W = 2\ 400 \frac{kg}{m^3} * 1m * 0,20 = 480\ kg/m$$

Figura 25. Diagrama de carga y momento de cargas muerta en losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Momento para voladizo

$$M = \frac{480 * 1,18^2}{2} = 334,18 \text{ kg m}$$

Momento para tramo intermedio

$$M = \frac{480 * 2,37^2}{10} = 269,61 \text{ kg m}$$

Momento para carga puntal del barandal

Se tomará el barandal como una carga puntal la cual se integra de la siguiente manera:

$$P = \text{peso concreto} + \text{peso tubo}$$

$$P = 2\,400(0,15 * 0,15 * 1,15 + 0,5 * 0,15 * 1,15 * 0,15) + 3 * 8,76$$

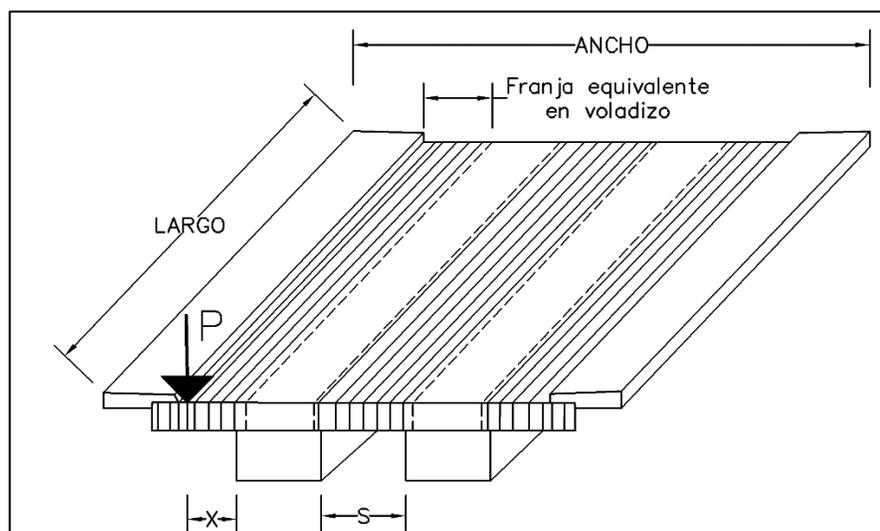
$$P = 93,15 + 25,40 = 118,55 \text{ kg}$$

$$M = P * L = 118,55 * 1,18 = 139,90 \text{ kg m}$$

2.2.6.2.2. Momento debido a la carga viva

Consiste en el momento producido por la carga que ejerce el camión de diseño. Se procede a calcular la franja equivalente según la Norma AASHTO LRFD 4.6.2.1.3-1 para concreto colocado *in situ*.

Figura 26. Franja equivalente AASHTO LRFD 4.6.2.1.3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para voladizo

$$\text{Franja equivalente voladizo} = 1\,140 + 0,833 * X$$

Momento positivo

$$\text{Franja equivalente } M+ = 660 + 0,55 * S$$

Momento negativo

$$\text{Franja equivalente } M- = 1\,220 + 0,25 * S$$

Donde:

X = distancia entre carga y punto de apoyo en mm

S = espacio entre elementos de apoyo

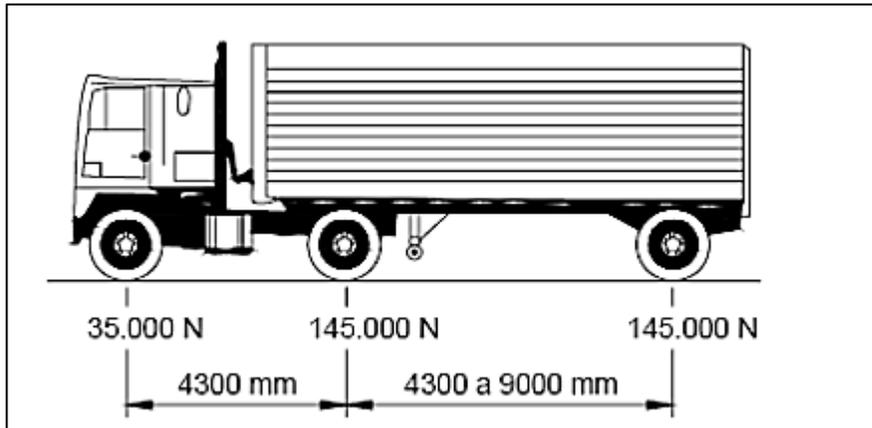
$$\text{Franja equivalente voladizo} = 1\,140 + 0,833 * 450 = 1\,514,85 \text{ mm} = 1,51 \text{ m}$$

$$\text{Franja equivalente } M+ = 660 + 0,55 * 2\,360 = 1\,958 \text{ mm} = 1,96 \text{ m}$$

$$\text{Franja equivalente } M- = 1\,220 + 0,25 * 2\,360 = 1\,810 \text{ mm} = 1,81 \text{ m}$$

- Camión de diseño (ver figura 27)

Figura 27. Camión de diseño HL-93



Fuente: Norma AASHTO LRFD 4.6.2.1.3-1.

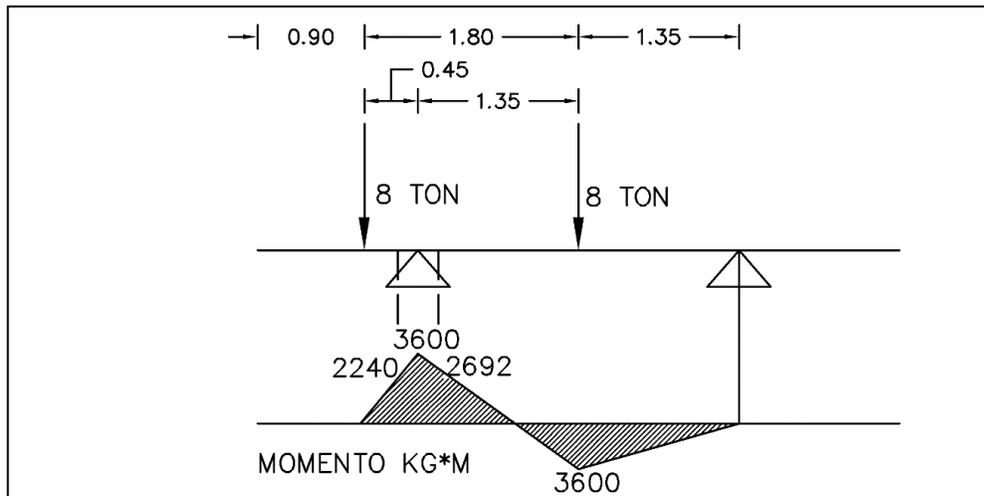
Tabla XXX. Factores de presencia múltiple

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple "m"
1	1,20
2	1,00
3	0,85
>3	0,65

Fuente: Norma AASHTO LRD 2010, *Factores y cargas*.

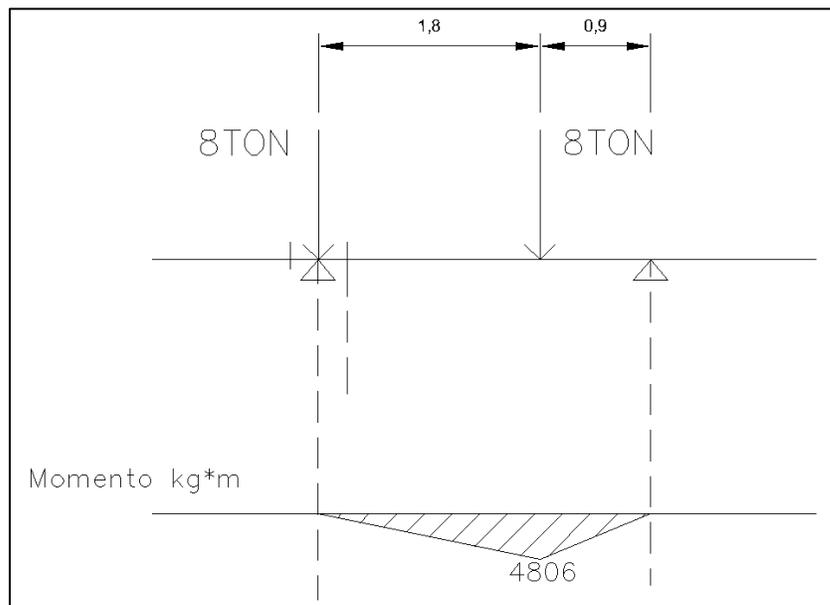
Para determinar el momento máximo, se evaluarán diferentes ubicaciones de carga para el camión de diseño, utilizando la carga del eje máximo de 16 Ton aplicando 8 Ton en cada rueda, con una separación de 1,8 metros entre ruedas.

Figura 28. **Caso 1: rueda entre banqueta y viga**



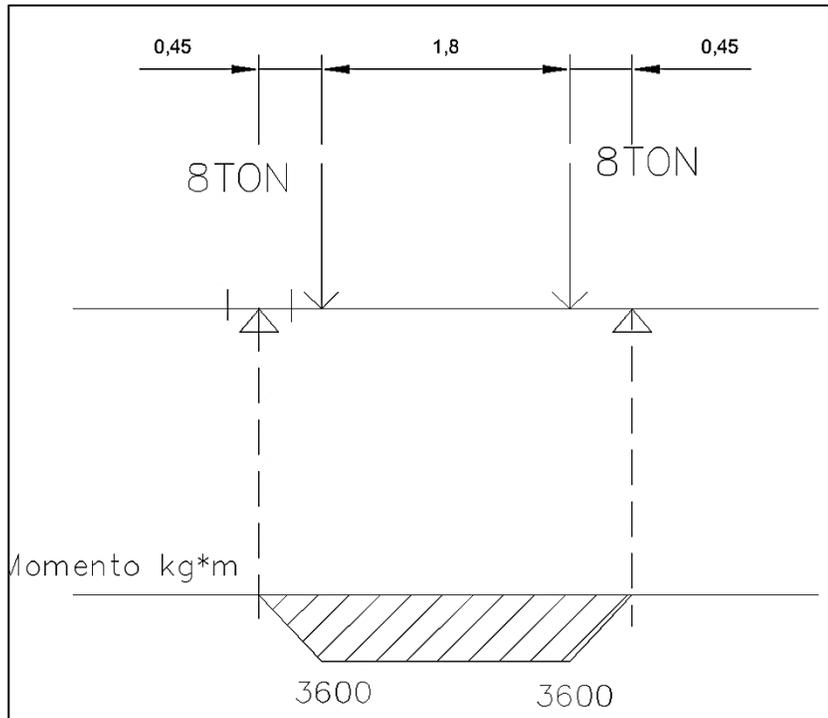
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 29. **Caso 2: una rueda sobre viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 30. **Caso 3: ruedas equidistantes a las vigas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se hará uso de los valores de momento máximo a rostro de vigas para el tramo en voladizo y para el momento negativo. Se utilizará el momento máximo del caso 2 para el momento positivo.

Al dividir los momentos máximos dentro del valor de la franja equivalente y multiplicándolo por el factor de presencia múltiple se tiene:

Momento voladizo

$$M_{voladizo} = \frac{2\ 240}{1.51} * 1.2 = 1\ 780,13\ kg * m$$

Momento negativo

$$M_{-} = \frac{2\,692}{1,81} * 1,2 = 1\,784,75 \text{ kg} * \text{m}$$

Momento positivo

$$M_{+} = \frac{4\,806}{1,96} * 1,2 = 2\,942,45 \text{ kg} * \text{m}$$

2.2.6.2.3. Momento debido a la carga de impacto

AASHTO LRFD 3.6.2 indica un incremento del 33 % de la carga viva por efecto de la carga dinámica.

2.2.6.2.4. Momento último

Se calculará el momento último por medio de la combinación de cargas por estado límite de resistencia I, de acuerdo con la sección de cargas y factores de cargas AASHTO LRFD 2010.

$$M_u = n[1,25M_{DC} + 1,5M_{DW} + 1,75M_{LL+IM}]$$

$$n = n_D n_R n_1 = 1$$

Donde:

N =modificador de carga

Mu =momento último de diseño

M_{DC} =momento por carga muerta

M_{DW} =momento por carpeta asfáltica

M_{LL+IM} =momento por carga viva y carga dinámica

Momento para el voladizo

$$M_{u \text{ voladizo}} = 1[1,25 * (334,18 + 139,90) + 1,75(1\ 780)] = 3\ 707 \text{ kg} * \text{m}$$

Momento positivo

$$M_{u+} = 1[1,25 * (269,61) + 1,75 * 1,33 * (2\ 942)] = 7\ 184,52 \text{ kg} * \text{m}$$

Momento negativo

$$M_{u-} = 1[1,25 * (269,61) + 1,75 * 1,33 * (1\ 784,75)] = 4\ 491 \text{ kg} * \text{m}$$

2.2.6.2.5. Cálculo de acero de refuerzo

- Acero negativo (perpendicular al tráfico)

$$d = \text{Peralte} - \text{Recubrimiento} - \frac{\emptyset}{2}$$

$$d = 20 - 5 - \left(\frac{4}{8} * 2,54\right) / 2 = 14,365$$

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * b * d}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * M_u}{0,85\emptyset * f'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280 * 100 * 14,365}{4\ 200} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * 449\ 100}{0,85(0,9) * 280 * 100 * 14,365^2}} \right)$$

$$A_s = 8,72 \text{ CM}^2$$

Acero grado 60 #4 @ 14 cm

- Acero mínimo

Según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2, el acero mínimo debe ser capaz de resistir el menor valor de:

$$1,2M_c = 0,402\sqrt{f'c} * b * h^2 = 0,402\sqrt{280} * 100 * 20^2 = 2\,690 \text{ Kg} * m$$

$$\phi M_n > 1,33M_u$$

$$M_n = 0,9 * AS * fy * \left(d - \frac{As * fy}{0,85 * f'c * b} \right)$$

$$M_n = 0,9 * 8,72 * 4\,200 * \left(14,37 - \frac{14,37 * 4\,200}{0,85 * 280 * 100} \right) = 390,071 \text{ Kg} * cm$$

$$1,33M_u = 1,33 * 449\,100 = 597,303 \text{ kg} * cm$$

Cumple con:

$$1,2M_{cr} = 2690 \text{ Kg} * m < 4491 \text{ kg} * m$$

- Acero máximo

Según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2, el acero máximo debe cumplir con:

$$\frac{c}{d} \leq 0,42 = \frac{\frac{As * fy}{0,85 * f'c * b}}{\beta} = \frac{\frac{8,72 * 4\,200}{0,85 * 280 * 100}}{0,85} = 0,13 < 0,42$$

Sí cumple

- Acero positivo (perpendicular al tráfico)

Se calcula el acero de igual manera, con la diferencia que el recubrimiento es de 2,5.

$$d = 20 - 2,5 - \left(\frac{5}{8} * 2,54\right) / 2 = 16,70$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280 * 100 * 16,70}{4 200} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * 718,400}{0,85(0,9) * 280 * 100 * 16,70^2}}\right)$$

$$A_s = 12,12 \text{ CM}^2$$

- Acero grado 60 #5 @ 16 cm
- Acero mínimo

Cumple con:

$$\circ \quad 1,2M_{cr} = 3 558,45 \text{ Kg} * m < 7 184 \text{ kg} * m$$

- Acero máximo

$$\frac{c}{d} \leq 0,42 \quad == \quad \frac{\frac{12,12 * 4 200}{0,85 * 280 * 100}}{16,70} = 0,15 < 0,42$$

Sí cumple

- Acero por temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = 0,0018 * b * d = 0,0018 * 100 * 20 = 3,60 \text{ cm}^2$$

Acero grado 60 #3 @ 20cm

- Acero de distribución

Para la parte inferior de las losas, se colocará la armadura en la dirección paralela al tráfico en un porcentaje del acero positivo igual a:

$$\% \frac{3\,840}{\sqrt{5}} \leq 67\% = \frac{3\,840}{\sqrt{2\,360}} = 79,05\%$$

El porcentaje calculado es mayor al 67 %, por lo tanto, se usará 67 %

$$A_{\text{inferior}} = 0,67 * A_{\text{positivo}} = 0,67 * 12,12 = 8,12 \text{ cm}^2$$

Acero grado 60 #4 @ 15 cm

- Acero por esviaje

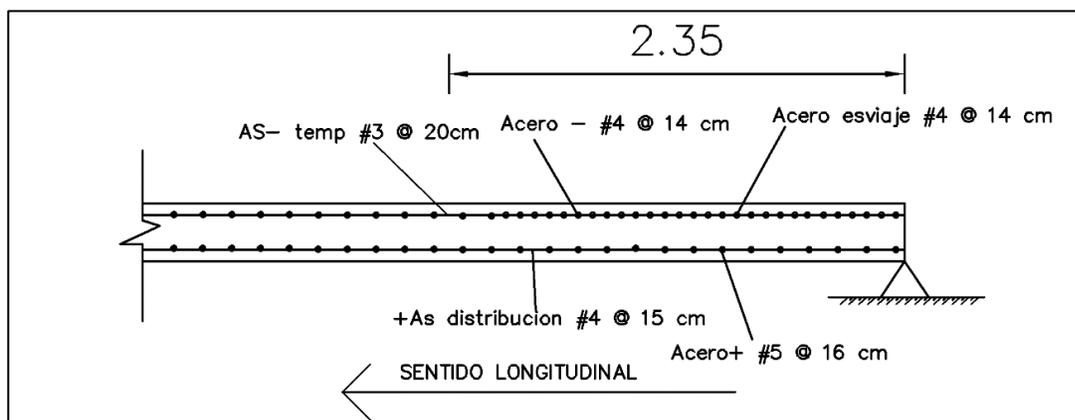
AASHTO LRFD 2010 indica en 9.7.2.5 que, para puentes con esviajes de losa mayor a 25°, será necesario duplicar el área de refuerzo calculado en los extremos de la losa, eso se aplicará en la longitud del largo efectivo de la losa. Ya que el esviaje del puente en este proyecto es de 34°, será necesario colocar el refuerzo adicional.

El largo efectivo de la losa, según AASHTO LRFD 2010 9.7.2.3, indica que para losas fundidas monolíticamente con las vigas, el largo efectivo es igual a la distancia entre los rostros de las vigas. Para este proyecto será de 2,36 metros.

El refuerzo por esviaje constará de varillas grado 60 número 4, colocadas en el centro del espacio libre entre las varillas del acero negativo; se colocarán perpendicularmente al tráfico, aplicado solamente en los primeros 2 metros de cada extremo de la losa.

Se distribuirá el refuerzo adicional por esviaje como se muestra en la figura 31.

Figura 31. **Armado de losa en zona de esviaje**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.3. **Diseño de vigas**

Las vigas son elementos estructurales cuya función es recibir las cargas de la losa y transmitirla hacia los apoyos, estas son diseñadas para soportar flexión principalmente. Se analizarán como vigas T debido a que están fundadas monolíticamente con la losa.

Las vigas para el proyecto correspondiente al puente tendrán una luz de 12,5 metros separadas, 2,70 cm entre ejes. Serán diseñadas para cumplir las solicitaciones de AASHTO LRFD 2010.

Del predimensionamiento inicial se obtuvo un valor de 0,85, se utilizará 0,85 m para realizar las evaluaciones.

2.2.6.3.1. Momento por carga muerta

La carga muerta estará comprendida por el peso de la losa, los barandales, los diafragmas y el peso de las vigas. El ancho tributario para cada viga será la mitad del ancho total.

Cargas distribuidas

$$W_{losa} = 2\,400 * 0,20 * 2,70 = 1\,296 \text{ kg/m}$$

$$W_{barrandal} = \frac{1\,18,55}{1,5} = 79,03 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = 2\,400 * 0,60 * 1,2 = 1\,728 \text{ kg/m}$$

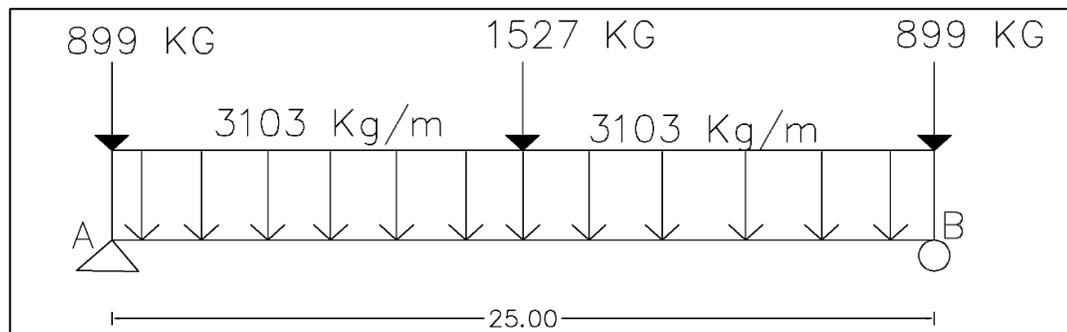
$$W_{total} = 1\,296 + 79,03 + 1\,612 = 3\,103 \text{ kg/m}$$

Cargas puntuales

$$P_{diafragma \text{ int}} = (2,70 - 0,56) * 0,35 * 0,85 * 2\,400 = 1\,527 \text{ kg}$$

$$P_{diafragma \text{ ext}} = (2,70 - 0,56) * 0,35 * 0,50 * 2\,400 = 899 \text{ kg}$$

Figura 32. Carga muerta en viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Momento por carga muerta

$$MM_{DC} = \frac{WL^2}{8} + \frac{P * L}{4} = \frac{3103 * 25^2}{8} + \frac{1527 * 25}{4} = 251,965 \text{ kg * m}$$

2.2.6.3.2. Momento por carga viva

Se calculará el momento máximo producido sobre el eje longitudinal. Este momento constará del momento producido por la carga de carril, la cual es de 9,3 N/mm distribuido sobre un ancho de 3 metros.

El momento máximo se calculará por el teorema de Barré, el cual consiste en determinar una carga puntal ubicada en el centro de gravedad de la viga, esta carga punta es la sumatoria de las cargas de cada eje del camión.

En la siguiente tabla se encuentra los momentos calculados para el camión de diseño, la carga de impacto y la carga de carril provocados por camión HL-93.

Figura 33. **Momento y reacción máximos por carga HL-93**

MOMENTO y REACCIÓN MÁXIMOS POR CARGA HL-93									
CON IM=0.33									
MOMENTO (Tn-m)					REACCIÓN (Tn)				
LUZ (m)	X (m) PUNTO DE MOM. MÁX.	CAMIÓN δ (1)= TANDEM	S/C EQUIV	M(LL+IM)	LUZ (m)	CAMIÓN	TANDEM	S/C EQUIV	V(LL+IM)
1	0.50	3.70	0.12	5.04	1	14.80	11.20	0.48	20.16
2	1.00	7.40	0.48	10.32	2	14.80	15.68	0.96	21.81
3	1.50	11.10	1.08	15.84	3	14.80	17.92	1.44	25.27
4	1.70	16.18 ⁽¹⁾	1.88	23.40	4	14.80	19.04	1.92	27.24
5	2.20	21.68 ⁽¹⁾	2.96	31.80	5	16.87	19.71	2.40	28.62
6	2.70	27.22 ⁽¹⁾	4.28	40.47	6	18.99	20.16	2.88	29.69
7	3.20	32.77 ⁽¹⁾	5.84	49.42	7	20.51	20.48	3.36	30.64
8	3.70	38.33 ⁽¹⁾	7.64	58.62	8	21.65	20.72	3.84	32.63
9	4.20	43.90 ⁽¹⁾	9.68	68.07	9	22.69	20.91	4.32	34.50
10	4.70	49.48 ⁽¹⁾	11.96	77.77	10	23.74	21.06	4.80	36.37
11	5.20	55.06 ⁽¹⁾	14.48	87.71	11	24.60	21.18	5.28	38.00
12	5.28	61.50	17.03	98.83	12	25.32	21.28	5.76	39.43
13	5.78	69.69	20.03	112.72	13	25.92	21.37	6.24	40.72
14	6.28	77.90	23.27	126.87	14	26.44	21.44	6.72	41.89
15	6.78	86.11	26.75	141.28	15	26.89	21.50	7.20	42.97
16	7.28	94.34	30.47	155.94	16	27.29	21.56	7.68	43.97
17	7.78	102.58	34.43	170.85	17	27.64	21.61	8.16	44.91
18	8.28	110.82	38.63	186.02	18	27.94	21.65	8.64	45.81
19	8.78	119.07	43.07	201.43	19	28.22	21.69	9.12	46.65
20	9.28	127.32	47.75	217.09	20	28.47	21.73	9.60	47.47
21	9.78	135.58	52.67	232.99	21	28.70	21.76	10.08	48.24
22	10.28	143.84	57.83	249.14	22	28.90	21.79	10.56	49.00
23	10.78	152.11	63.23	265.53	23	29.09	21.82	11.04	49.73
24	11.28	160.38	68.87	282.17	24	29.26	21.84	11.52	50.43
25	11.78	168.65	74.75	299.05	25	29.42	21.86	12.00	51.12

Fuente: AASHTO LRFD 2010. *Diseño de Puentes*. p. 136.

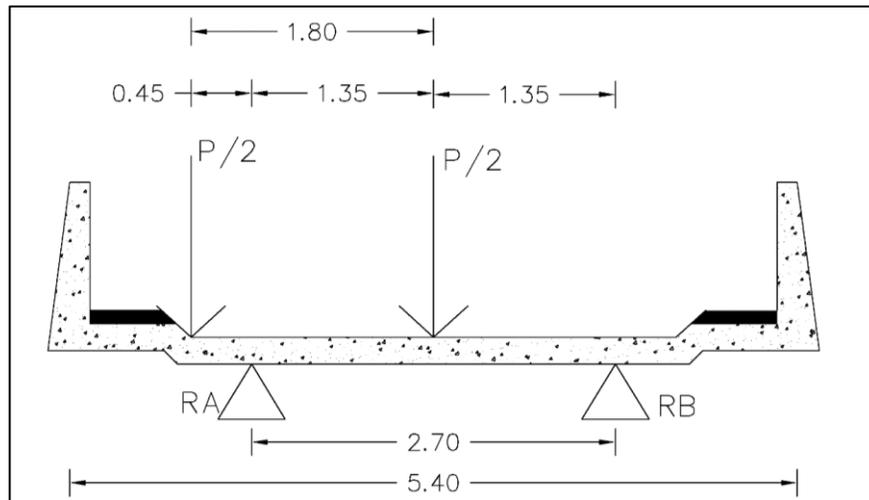
Para una luz de 25 metros, se obtiene un momento debido a la carga viva de:

$$M_{LL+IM} = 299,05 \text{ Ton} * m$$

- Factor de distribución

El factor de distribución para una viga externa se calcula bajo suposición de la condición crítica según AASHTO LRFD 4.6.2.2.2. Para la condición crítica se realiza sumatoria de momentos sobre una viga, para calcular su reacción.

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre para factor de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Sumatoria de momentos en $R_b=0$ se obtiene R_A

$$R_A = \frac{P}{2} \left(\frac{1,35 + 3,15}{2,70} \right) = 0,84P$$

$$R_A = g * P \text{ entonces } g = 0,84$$

El factor de distribución deberá ser multiplicado por el de distribución múltiple de un carril (1,2) y por el factor de esviaje. Ya que el ángulo de esviaje es de 34 deberá utilizarse la siguiente ecuación según AASHTO LRFD 4.6.2.2.2e-1 para calcular el factor de esviaje.

$$1 - c_1 \tan(\theta)^{1,5}$$

Donde:

θ : ángulo de esviaje

$$C_1 = 0,25 \left(\frac{(I + A * e_g^2)}{L * t_s^3} \right)^{0,25} * \frac{S^{0,5}}{L}$$

Donde:

I = inercia de la viga

A = área de la viga

Eg = distancia entre los centro de gravedad de la viga y la losa

L = longitud de la viga

Ts = profundidad de la losa de hormigón

S = separacion a rostros de la vigas

$$C_1 = 0,25 \left(\frac{\left(\frac{1}{12} b * h^3 + A * e_g^2 \right)}{L * t_s^3} \right)^{0,25} * \frac{S^{0,5}}{L}$$

$$C_1 = 0,25 \left(\frac{\left(\frac{1}{12} 0,56 * 1,4^3 + 0,78 * 1,35^2 \right)}{25 * 0,20^3} \right)^{0,25} * \frac{2,70^{0,5}}{25} = 0,127$$

Entonces

$$F_{sviaje} = 1 - 0,127 \tan(34)^{1,5} = 0,93$$

- Calculando el momento maximo por carga viva

$$M_{LL+IM} = (299,05) * 0,84 * 1,2 * 0,93 = 280 \text{ Ton} * m$$

- Momento de diseño

De la misma manera que para la losa se utilizará la combinación por estado límite de resistencia 1.

$$M_u = n[1,25M_{DC} + 1,5M_{DW} + 1,75M_{LL+IM}]$$

$$M_u = [1,25 * 252 + 1,75(280)] = 805 \text{ Ton} * m$$

2.2.6.3.3. Acero de refuerzo longitudinal

Se determinará el acero de refuerzo según el procedimiento para vigas T, utilizando las especificaciones de 4.6.2 AASHTO LRFD 2010 de acuerdo con este se utilizará el ancho efectivo de la viga como el ancho tributario.

- Espesor (t) = 20 cm
- Recubrimiento (d)= 5 cm
- Ancho del alma (b_w)=34 cm
- Ancho efectivo de patín (b)=270 cm
- Peralte (d) = $140 - 5 - \frac{10}{8} * \frac{2,54}{2} = 133,41 \text{ cm}$

Suponiendo $c = t = 0,20m$

$$a = 0,85 * c = 0,85 * 20 = 17 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9 * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{80\,500,000}{0,9 * 4\,200 * \left(133,41 - \frac{17}{2}\right)} = 170,49 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = \frac{170,49}{270 * 133,41} = 0,0047$$

$$c = 1,18 \frac{\rho * f_y * d}{0,85 * f'_c} = 1,18 \frac{0,0047 * 4\,200 * 133,41}{0,80 * 280} = 13,87 \text{ cm}$$

Como $c < t$ entonces se diseñará como viga rectangular.

- Acero requerido

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * b * d}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * M_u}{0,85 \phi * f'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = 167 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 21 varillas # 10 grado 60 para el acero longitudinal.

- Acero mínimo

Según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2 El acero mínimo debe ser capaz de resistir el menor valor de:

$$1,2M_{cr} = 0,402 \sqrt{f'c} * b * h^2 = 0,402 \sqrt{280} * 270 * 140^2 = 35,597,943 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$\phi M_n > 1,33 M_u$$

$$1,33 M_u = 1,33 * 80,500,000 = 107\,065,000 \text{ kg} * \text{cm}$$

Cumple con $M_u > 1,2 M_{cr}$

Según ACI 318-14 10.5.1.

$$1,4 \frac{b_w * d}{f_y} = 1,4 * 60 * \frac{133,41}{4\,200} = 2,67 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

El acero máximo debe cumplir con AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2:

$$\frac{c}{d} \leq 0,42$$

$$a = \frac{A_s * 4200}{0,85 * 280 * b} = \frac{167 * 4200}{0,85 * 280 * 270} = 10,92 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,92}{0,85} = 12,84 \text{ cm}$$

$$\frac{12,61}{133,41} = 0,10 \leq 0,42 \text{ Cumple}$$

Según ACI 318-14 21.3.2.1

$$0,025 * b * d = 0,025 * 60 * 133,41 = 200,12 \text{ cm}^2$$

Sí cumple.

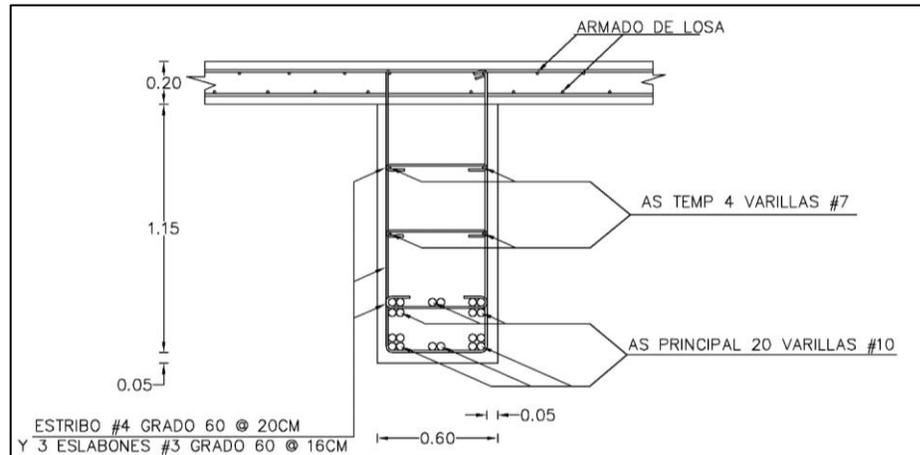
2.2.6.3.4. Acero de refuerzo por temperatura

Ya que la distancia entre las camas del armado es mayor a 30 cm, se colocará acero de refuerzo adicional para contracción y temperatura.

$$A_{stem} = 0,0018 * A_{gruesa} = 0,0018 * 60 * (140) = 15,12 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 4 varillas #7 grado 60, como refuerzo por temperatura.

Figura 35. Armado longitudinal de viga principal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.3.5. Diseño por corte

Se calculará el corte según AASHTO LRFD 2010 5.8, el cual indica que la sección crítica por corte se calculará desde la cara interna del apoyo. Suponiendo un apoyo de 25 cm.

$$d_v = \text{peralte e corte efectivo} = d - \frac{a}{2} = 133,41 - \frac{10,72}{2} = 128,05 \text{ cm}$$

No deberá ser menor que el mayor de:

$$0,90 * d_v = 0,90 * 128 = 115,25$$

$$0,72 * h = 0,72 * 140 = 100,8$$

La distancia desde el eje de apoyo hasta la sección de corte es de:

$$12,5 + 115,25 = 127,75 \sim 128 \text{ cm}$$

2.2.6.3.6. Corte producido por carga muerta

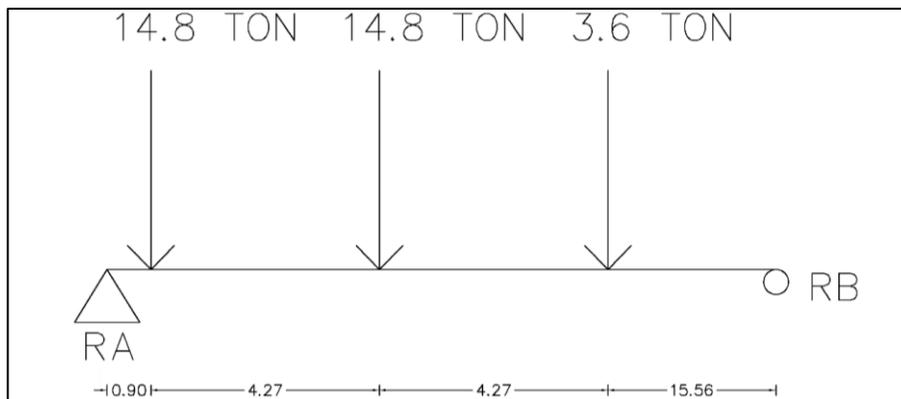
El valor de corte por carga muerta se calcula de acuerdo con los valores de carga distribuida y cargas puntales por los diafragmas, cuyos valores ya se han calculado antes.

$$V_{DC} = (3\ 103 * 12,5) + \frac{1527}{2} - (1,28 * 3\ 103) = 35,579\ Kg$$

2.2.6.3.7. Corte producido por carga viva

El valor de corte por carga viva se calcula según a los valores de carga de cada eje que posee el camión de diseño.

Figura 36. Diagrama de cargas para cálculo de corte



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se encontrarán las reacciones en los extremos:

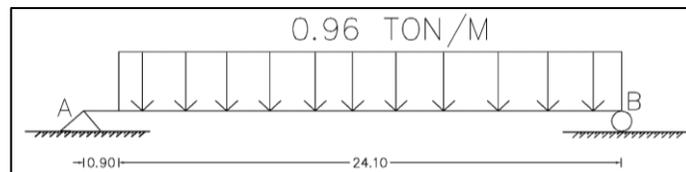
$$+\circlearrowleft \sum M_A = 0,90(14,8) + 5,17(14,8) + 9,44(3,6) - RB(25)$$

$$RB = 4,95 \text{ Ton}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 4,95 - 14,8 - 14,8 - 3,6 + RA = 0$$

$$RA = 28,25 \text{ Ton}$$

Figura 37. Diagrama de cargas para cálculo de corte por carga de carril



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se encontrarán las reacciones en los extremos:

$$+\circlearrowleft \sum M_A = 0,96 * (24,10) * \left(0,90 + \frac{24,10}{2}\right) - RB * 25 = 0$$

$$RB = 10,04 \text{ ton}$$

$$+\uparrow \sum F_y = RA - 0,96(24,10) + 10,04 = 0$$

$$RA = 13,1 \text{ ton}$$

2.2.6.3.8. Cortante último

Para determinar el cortante último, se deberá multiplicar por el factor de esviaje (0,94) por el factor de distribución g (0,84) y por el factor de carril (1,2), además de agregar la carga por impacto y de carril.

$$V_{LL+IM} = (28,25 * 1,33 + 13,1) * 0,84 * 1,2 * 0,93 = 47,5 \text{ ton}$$

$$V_u = n[1,25V_{DC} + 1,5V_{DW} + 1,75V_{LL+IM}]$$

$$V_u = 1[1,25 * 35,58 + 1,75(47,50)] = 127,60 \text{ ton}$$

2.2.6.3.9. Acero de refuerzo transversal por corte

Se calcula el cortante según la Norma AASHTO LRFD 5.8.3.3-3.

$$V_c = 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = 0,53\sqrt{280} * 60 * 128 = 68,110 \text{ Kg}$$

Se propone como refuerzo transversal estribos #4 grado 60 cada 20 cm y dos eslabones #3 grado 60, con lo que se obtiene un área de acero de 4,67 cm².

Calculando el valor cortante que resiste el armado propuesto.

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v}{S} = \frac{4,67 * 4200 * 128}{20} = 125529 \text{ Kg}$$

Obteniendo el cortante resistente total del acero y concreto trabajando en conjunto.

$$V_{resistente} = \phi V_n = \phi(V_c + V_s) = 0,9 * (68,10 + 125,53) = 174,27 \text{ Ton}$$

El cortante resistente debe ser mayor que el cortante actuante.

$$V_{Resistente} > V_{actuante}$$

$$174,27 \text{ ton} > 127,60 \text{ ton}$$

Sí cumple.

- Refuerzo transversal mínimo

El refuerzo transversal mínimo utilizando un espaciamiento de 20 cm debe cumplir con la Norma AASHTO LRFD 2010 5.8.2.5-1.

$$A_{vmin} \geq 0,27 \sqrt{f'c} \frac{b * S}{f_y}$$
$$0,27 * \sqrt{280} * \frac{60 * 20}{4 * 200} = 1,29 \text{ cm}^2 < 4,67 \text{ cm}^2$$

El acero de refuerzo propuesto es mayor al mínimo por lo cual cumple esta condición. El espaciamiento máximo del refuerzo transversal debe cumplir con AASTHTO LRFD 2010 5.8.2.7.

$$V = \frac{V_u}{\phi * b * d} = \frac{127\ 600}{0,90 * 60 * 128} = 18,46 \text{ kg/cm}^2$$

Para determinar el espaciamiento máximo el valor anterior debe ser comparado con las condiciones siguientes:

$$\text{Si } V < 0,125f'c \text{ Entonces } S_{max} = 0,80d \leq 60\text{cm}$$

$$\text{Si } V > 0,125 * f'c \text{ Entonces } S_{max} = 0,4d \leq 30\text{cm}$$

Como $19,46 < 0,125(280)$ entonces:

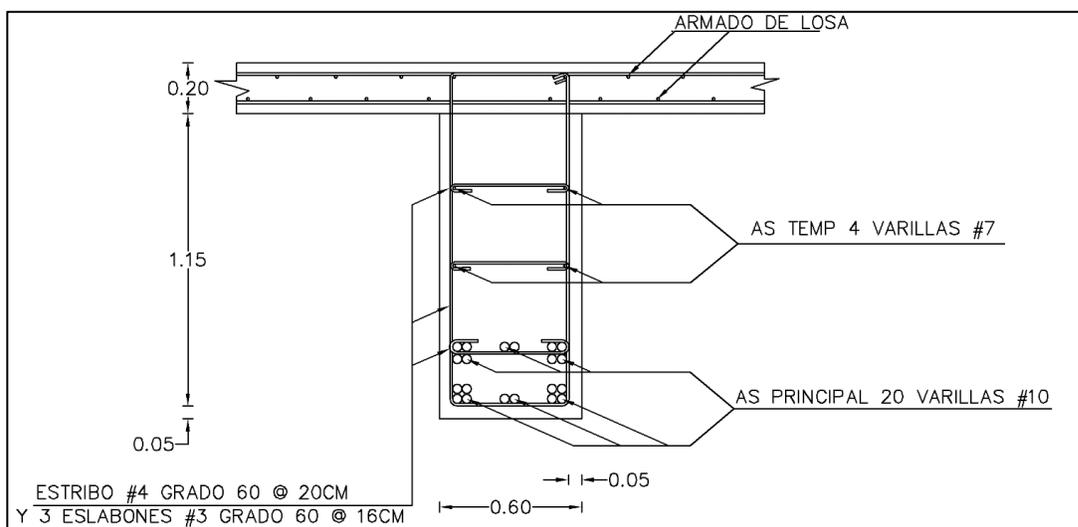
$$S_{max} = 0,80 * 128 = 102,40 \text{ entonces } S_{max} = 60\text{cm}$$

$$S < S_{max}$$

$$20 \text{ cm} < 60 \text{ cm Si cumple}$$

De acuerdo con la Norma AASHTO LRFD 2010 puede aplicarse el confinamiento propuesto en toda la longitud de la viga. Por lo que el refuerzo transversal final constará de estribos #4 y 3 eslabones #3 en ambos casos acero grado 60, con espaciamiento de 16 cm.

Figura 38. Sección de viga con acero de refuerzo transversal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.4. Diseño de diafragma externo

Se calculará el refuerzo longitudinal por la ecuación de acero mínimo establecida en ACI 318-14 9.6.1.2-b.

$$A_s \min = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$d = \text{altura diafragma} - \text{recubrimiento} = 0,7 - 5 = 65 \text{ cm}$$

$$A_s \min = \frac{14,1}{4\ 200} * 35 * 65 = 7,64 \text{ cm}^2$$

Para satisfacer el área de acero mínima requerida, se colocarán 4 varillas #5 grado 60, tanto en la cama superior como inferior para el refuerzo longitudinal.

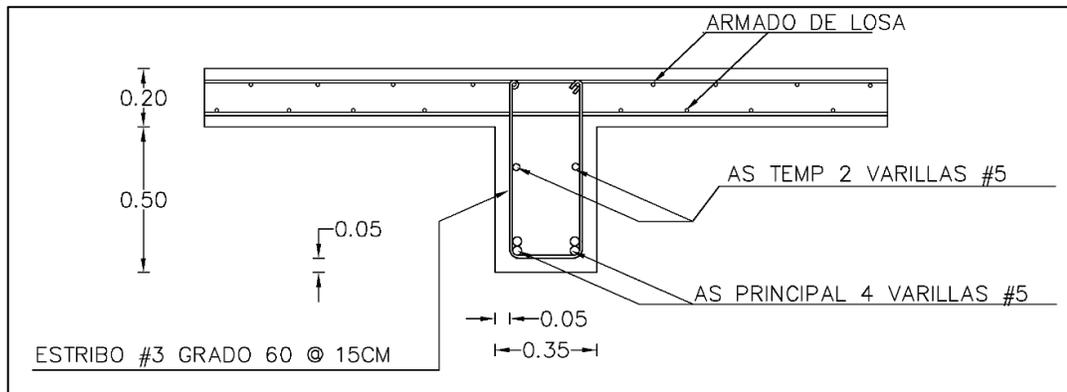
$$A_{stemp} = 0,0018 * A = 0,0018 * 35 * 70 = 4,4 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo por corte

El espaciamiento máximo para el refuerzo transversal para cortante no deberá ser mayor a $d/2$.

El refuerzo transversal por corte comprende estribos #3 grado 60 espaciados una distancia de 15 cm.

Figura 39. **Sección diafragma externo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.5. Diseño de diafragma interno

Se calculará el refuerzo longitudinal de la misma manera que para el diafragma externo.

$$d = \text{altura diafragma} - \text{recubrimiento} = 105 - 5 = 100 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} * 35 * 100 = 11,75 \text{ cm}^2$$

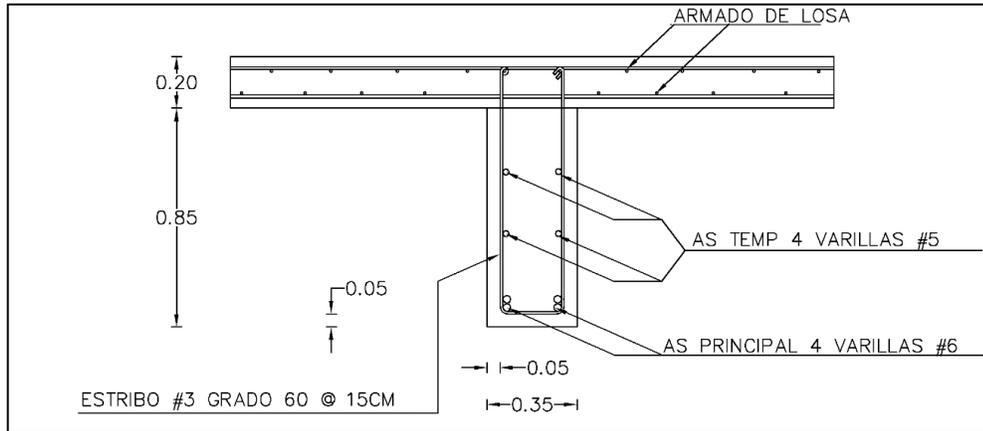
Para satisfacer el área de acero mínima requerida, se colocarán 4 varillas #6 grado 60 como refuerzo longitudinal.

Ya que existe una distancia mayor de 30 cm sin acero de refuerzo, será necesario colocar acero de refuerzo por temperatura.

$$A_{stem} = 0,0018 * A = 0,0018 * 35 * 100 = 6,3 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 4 varillas #5 grado, como refuerzo adicional por contracción y temperatura. Para el refuerzo transversal se utilizará estribos #3 grado 60 espaciados 15 cm.

Figura 40. **Sección diafragma interno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.6. **Diseño del barandal**

Al ser un camino rural, se asume que no existirán colisiones vehiculares contra la baranda. Por lo tanto, se diseñará como baranda peatonal de acuerdo con las especificaciones AASHTO LRFD 2010 13.8.

Se utilizarán postes de concreto armado, junto con tubos de acero estructural con diámetro de 1,5 pulgadas, la separación entre los postes de concreto será de 1,5 metros, la altura del barandal será de un metro y 10 cm.

Se diseñarán los tubos de acero estructural para soportar una carga distribuida de 0,73 N/mm vertical y horizontal mente. Además de una carga concentrada de 890 N en cualquier punto y en cualquier dirección en la parte superior del elemento longitudinal.

La condición crítica será determinada como:

$$M = \frac{P * L}{8} + \frac{W * L^2}{10}$$

Donde:

M= momento actuante

P= carga punta igual a 890 N → 91 kg

L= separación entre postes igual a 2 metros

W= carga distribuida de 0,73 N/m → 75 kg/m

Entonces

$$M_{act} = \frac{91 * 1,5}{8} + \frac{75 * 1,5^2}{10} = 33,94 \text{ kg} * \text{m}$$

Calculando la resistencia del tubo propuesto:

$$M_r = \frac{2 * I * F}{\phi}$$

Donde:

Mr = momento resistente

I = inercia del tubo: 0,31 *pulg*⁴

F = fluencia del tubo = 20 000 psi

ϕ = diámetro externo = 1,9 pulgadas

$$M_r = \frac{2 * 0,31 * 20\ 000}{1,9} = 6\ 526,32\ lb * plg \sim 74\ kg * m$$

$M_r > M_{actuante}$ (Si cumple)

Los postes de las barandas deben soportar una sobrecarga concentrada aplicada transversalmente en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior. El valor de la sobrecarga en N será determinado por:

$$P_{LL} = 890 + 0,76 * L$$

Donde:

PLL= carga concentrada

L = es la separación entre postes en mm

$$P_{LL} = 890 + 0,76 * 1\ 500 = 2\ 030\ N \sim 207\ kg$$

La condición crítica está determinada por:

$$M = P * L$$

Donde:

M= momento de diseño

P= carga concentrada = 207 kg

Entonces:

$$M = 207 * 1 + 75 * 1,5 * 1 + 75 * 1,5 * 0,75 + 75 * 1,5 * 0,45 = 454,50\ kg * m$$

La sección crítica tiene las siguientes dimensiones.

Base (b) = 15 cm

Ancho (h)=30 cm

Recubrimiento (t) = 3 cm

Peralte (d) =27 cm

Se utilizará acero grado 40 y concreto con f'c =3 000 psi.

- Acero mínimo

$$A_s min = \frac{14,1}{2810} * 15 * 27 = 2,03 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

$$\rho_b = \frac{0,85 * \phi * f'c * 6120}{f_y * (6120 + f_y)} = \frac{0,85 * 0,9 * 210 * 6120}{2860 * (6120 + 2860)} = 0,0383$$

$$A_s max = 0,5 * \rho_b * b * d = 0,5 * 0,0383 * 15 * 27 = 7,76 \text{ cm}^2$$

Área de acero requerida:

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * b * d}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * M_u}{0,85(0,9) * f'c * b * d^2}} \right)$$

As= área de acero (cm²)

B = ancho unitario (cm)

D = peralte efectivo (cm)

Mu= momento último (kg*m)

f'c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

fy = resistencia a la fluencia del acero (kg/cm²)

$$A_s = \frac{0,85 * 210 * 15 * 27}{2810} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * 45500}{0,85(0,9) * 210 * 15 * 27^2}} \right)$$
$$A_s = 0,74 \text{ cm}^2$$

Refuerzo por cortante:

El cortante actuante es la sumatoria de todas las fuerzas transversales aplicadas.

$$V_{actuante} = 207 + 112,50 + 112,50 + 112,50 = 544,50$$

El cortante resistente por el concreto es:

$$V_{resistente} = 0,53 * \phi * \sqrt{f'c} * b * d = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 15 * 27 = 2644 \text{ kg}$$

El cortante resistente por el concreto es mayor que el cortante actuante. Por lo que se utilizará el refuerzo transversal mínimo.

El refuerzo para los postes de distribuye de la siguiente manera: 4 varillas #3 grado 40 longitudinalmente y estribos número 2 a cada 20 cm. Ver detalle en plano de armado de losa.

2.2.7. Diseño de subestructura

La subestructura comprende los apoyos elastoméricos, la cortina y los estribos. Su función es transmitir todas las cargas de la superestructura hacia el suelo donde se apoyan.

2.2.7.1. Diseño de apoyos de neopreno

Los apoyos de neopreno son dispositivos cuya función es transmitir las cargas de la súper estructura hacia la subestructura permitiendo rotaciones y desplazamientos.

El apoyo elastomérico consistirá en un elemento compuesto de acero y neopreno, donde el acero brindará la resistencia necesaria al dispositivo y el neopreno permitirá distribuir las cargas uniformemente sobre las irregularidades de la superficie.

Para el diseño de los apoyos elastómeros se utilizará el método B de AASHTO LRFD 2010 14.7.5, para un elastómero tipo SHORE A 60 de la tabla 14.7.6.2-1. Las cargas de diseño serán las que se han calculado anteriormente.

- Carga muerta: 46,94 ton
- Carga viva: 37,68 ton
- Carga de servicio (carga muerta + carga viva): 84,62 ton
- Base de la viga: 60 cm
- Rotación máxima de carga de servicio (θ) = 0,007 *rad*
- Tipo de acero: A-36
- Resistencia del acero: 36 KSI
- Módulo de cortante del elastómero: 1,14 kg/cm²

El área mínima de la almohadilla de apoyo se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_s \leq 2,00GS \leq 122kg/cm^2$$

Donde σ_s es la resistencia del elastómero contra deformación cortante.

$$A_{req} = \frac{P}{\sigma_s} = \frac{84\,600}{122} = 693,44\,cm^2$$

Para cumplir con el área mínima determinada en la ecuación anterior se utilizarán las siguientes dimensiones para la almohadilla:

Ancho (W) = 30 cm

Largo (L) = 25 cm

- Factor de forma mínimo (S)

Para carga total

$$S = \frac{P}{\frac{A}{2 * G}} = \frac{84\,600}{\frac{30 * 25}{12}} = 4,70$$

Para carga viva

$$S = \frac{P}{\frac{A}{G}} = \frac{37\,680}{\frac{30 * 25}{12}} = 4,19$$

El factor de forma mínimo (S) será el siguiente: 4,70.

- Grosor de la capa interior (h_{ri})

Para carga total

$$h_{ri} \leq \frac{L * W}{2 * S(L + W)} = \frac{25 * 30}{2 * 4,70 * (25 + 30)} = 1,45 \text{ cm}$$

Para carga viva

$$h_{ri} \leq \frac{L * W}{2 * S(L + W)} = \frac{25 * 30}{2 * 4,19 * (25 + 30)} = 1,63 \text{ cm}$$

Se utilizará un valor de $h_{ri} = 1,25 \text{ cm}$

Se verificará que el grosor de la capa interior cumpla con el facto de forma.

$$S \geq \frac{L * W}{2 * h_{ri} * (L + W)} = \frac{25 * 30}{2 * 1,25 * (25 + 30)} = 5,45 > 4,70 \text{ Sí cumple}$$

- Número de capas interiores de elastómero (n)

Compresión y rotación combinados

$$n > GS \left(\frac{\theta_s}{\sigma_s} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 = 12 * 5,45 \left(\frac{0,007}{\frac{84\ 600}{750}} \right) \left(\frac{25}{1,25} \right)^2 = 1,62$$

$$n > -0,167\phi \frac{\left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2}{\left(\frac{\sigma_s}{2,25 * G * S} - 1 \right)} =$$

$$n > -0,167(0,007) \frac{\left(\frac{25}{1,25}\right)^2}{\left(\frac{112,80}{2,25 * 12 * 5,45} - 1\right)} = 2$$

Se utilizarán 3 capas interiores de 12,5 mm y 2 capas exteriores de 9 mm, ya que las capas exteriores deben tener un espesor mayor al 70 % del de las capas interiores.

El grosor total es:

$$h_{rt} = 2(9 \text{ mm}) + 3(12,5 \text{ mm}) = 55,50 \text{ mm}$$

- Estabilidad del elastómero

$$A = \frac{1,92 * \frac{h_{rt}}{L}}{\sqrt{1 + \frac{2L}{W}}} = \frac{1,92 * \frac{5,5}{25}}{\sqrt{1 + \frac{2 * 25}{30}}} = 0,26$$

$$B = \frac{2,67}{(S + 2) \left(1 + \frac{L}{4W}\right)} = \frac{2,67}{(5,45 + 2) \left(1 + \frac{25}{4 * 30}\right)} = 0,30$$

El apoyo será estable si cumple una de las siguientes condiciones:

$$2A \leq B \quad \therefore 2 * 0,26 \leq 0,30$$

$$A - B \leq 0 \quad \therefore 0,26 - 0,30 = -0,04 < 0 \text{ Sí cumple}$$

Como el apoyo cumple con la segunda condición se considera estable.

- Cálculo de placas de refuerzo en el elastómero h_s

En el estado límite de servicio:

$$h_s = \frac{3 * h_{max} \sigma_s}{f_y} = \frac{3 * 1,25 * 112,8}{2531} = 0,17$$

En el estado límite de fatiga:

$$h_s \geq \frac{2 * h_{max} \sigma_L}{\Delta F_{TH}} = \frac{2 * 1,25 * 50,24}{1683} = 0,0496$$

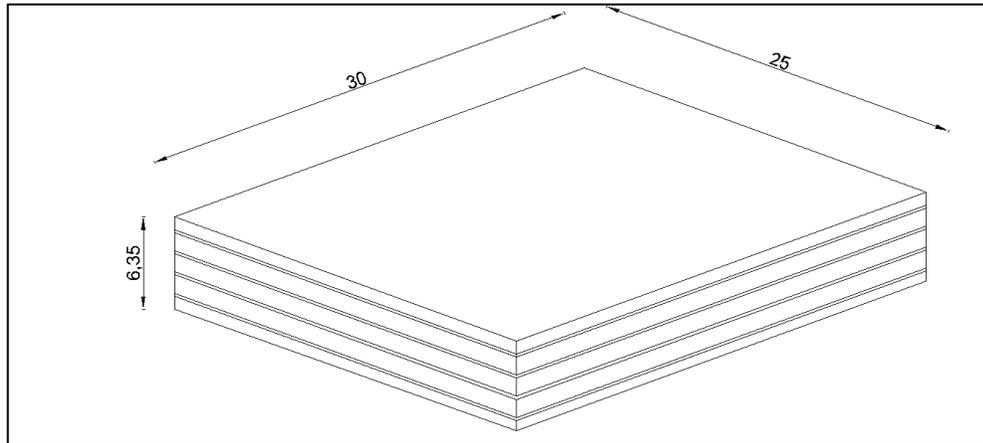
Tabla XXXI. **Constante de amplitud de fatiga crítica ΔF_{TH}**

Categoría	$(\Delta F)_{TH}$ (kg/cm ²)
A	1683
B	1122
B'	843
C	704
C'	843
D	493
E	316
E'	183
Pernos en Tensión Axial M 164M(A 325M)	2182
Pernos en Tensión Axial M 253M(A 490M)	2672

Fuente: Norma AASHTO LRFD 2010. *Diseño de puentes*. p. 125.

Se usará un $h_s = 2 \text{ mm}$ y se usarán 4 capas de 2 mm de espesor.

Figura 41. **Detalle del apoyo elastomérico reforzado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- El apoyo queda configurado de la siguiente manera:
 - 4 capas de refuerzo de 2 mm
 - 3 capas interiores de 12,5 mm
 - 2 capas exteriores de 9 mm

2.2.7.2. Diseño de la cortina

La cortina es el elemento encargado de contener el relleno utilizado, el peralte depende de la viga principal del puente y se considera empotrada a la viga de apoyo.

$$b_{cortina} = 30 \text{ cm}$$

$$H_{cortina} = 1,20 \text{ cm}$$

AAHSTO LRFD 2010 3.11.5.5 establece que debe aplicar una sobrecarga del suelo equivalente líquido no inferior a 480 kg/m³, aplicándose 0,61 metros por encima de la superficie de rodadura.

- Sobrecarga

$$S_{OB} = 480 \frac{kg}{m^3} * 0,61 m = 292,80 \frac{kg}{m^2}$$

- Presión al pie de la cortina

$$S_s = 480 \frac{kg}{m^3} * 1,2 m = 576 \frac{kg}{m^2}$$

- Empuje total del suelo

$$E = E_{SOB} + E_s = 292,80(1,2) + 576\left(\frac{1,2}{2}\right) = 697,96 \frac{kg}{m^2}$$

- Momentos por empuje del suelo

$$M_{Esob} = 292,80 * 1,2 * \frac{1,2}{2} = 210,82 kg * m$$

$$M_{Es} = 576 \left(\frac{1,2}{2}\right) * \frac{1,2}{3} = 138,24 kg * m$$

- Fuerza de frenado

Según AASHTO LRFD 2010 3.6.4, la fuerza de frenado se asumirá que actúa a una distancia de 1,8 metros sobre la superficie de la calzada. El valor de esta fuerza deber ser el mayor de los siguientes:

- 25 % de los pesos por eje del camión de diseño o tándem de diseño.

$$BR_1 = 0,25 * 14,8 = 3,7 \text{ ton}$$

- 5 % del camión de diseño más la carga del carril o 5 % del tándem de diseño más la carga del carril.

$$BR_2 = 0,05(33,2 + (25) * 0,96) = 2,86 \text{ ton}$$

- Momento por fuerza de frenado.

$$M_{FL} = BR * d = 2,86(1,2 + 1,8) = 8,58 \text{ ton}$$

- Fuerza de sismo.

Esta fuerza se aplica sobre el centro de la cortina y con un valor considerado del 15 % del peso de la cortina.

$$W_{cortina} = 1,2m * 0,30m * 1m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 864 \text{ kg}$$

$$S = F_{sismo} = 0,15 * 864 = 129,6 \text{ kg} * m$$

- Momento de sismo

$$M_{sismo} = 129,6 * \frac{1,2}{2} = 77,76 \text{ kg}$$

- Cálculo de momentos por combinaciones AAHSTO LRFD 2010 3.4.1-1

Resistencia IV

$$M = 1,35 * EH + 1,50 * ES + 1,35 * BR$$

$$M = 1,35 * 138,24 + 1,50 * 210,82 + 1,35 * 8\ 580 = 12\ 085\ kg * m$$

Evento extremo II

$$M = 1,35 * EH + 1,50 * ES + 0,5 * BR + 1 * EQ$$

$$M = 1,35 * 138,24 + 1,50 * 210,82 + 0,5 * 8\ 580 + 1 * 77,76 = 4\ 870\ kg * m$$

- Cálculo de refuerzo

El momento de diseño es: 12 085 kg*m

Recubrimiento 5 cm

Varillas #5

$$d = 30 - 5 - \frac{1,59}{2} = 24,20\ cm$$

$$As = \frac{0,85 * 280 * 100 * 24,36}{4\ 200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1\ 208\ 500}{0,85(0,9) * 280 * 100 * 24,36^2}} \right)$$

$$As = 13,92\ cm^2$$

Se consideran varillas grado 60 #5 @ 14 cm

- Acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 24,20 = 8,12\ cm^2$$

El área de acero calculada cumple con el acero mínimo.

- Revisión por cortante

- Resistencia IV

$$V = 1,35 * EH + 1,50 * ES + 1,35 * BR$$

$$V = 1,35 * 576 + 1,50 * 293 + 1,35 * 3\ 700 = 6\ 212,10\ kg$$

- Evento extremo II

$$V = 1,35 * EH + 1,50 * ES + 0,5 * BR + EQ$$

$$V = 1,35 * 576 + 1,50 * 293 + 0,5 * 3\ 700 + 1 * 129,6 = 3\ 196\ kg$$

- Corte que resiste el concreto

$$V_{CR} = 0,53 * 0,85 * 100 * 24,20\sqrt{280} = 18,243\ kg$$

Ya que el concreto absorbe el corte no ser necesario calcular acero, por lo que el refuerzo se dispone de la siguiente manera:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{24,36}{2} = 12\ cm$$

Se colocarán estribos número 3 a cada 12 cm como refuerzo transversal.

2.2.7.3. Diseño de la viga de apoyo

La viga de apoyo se reforzará con el acero mínimo.

Base: 80 cm

Peralte: 40 cm

$$A_{smin} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} * 50 * 40 = 6,71 \text{ cm}^2$$

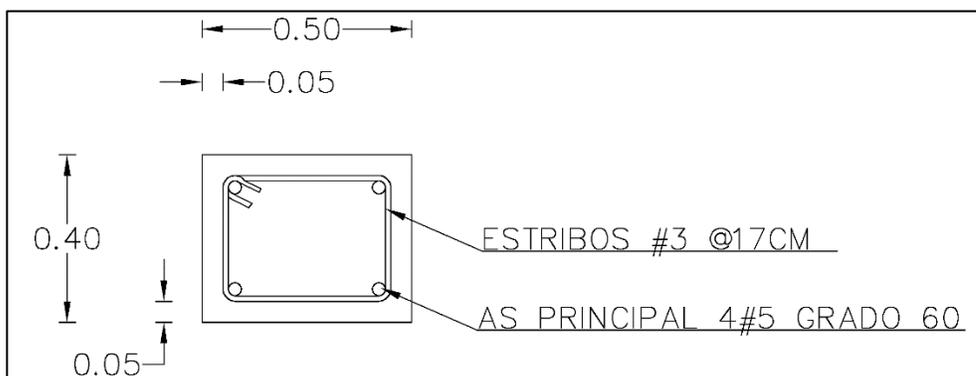
Se utilizarán 4 varillas grado 60 #5.

Refuerzo transversal:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{40 - 5}{2} = 17,50 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos #3 a cada 17 cm.

Figura 42. Armado viga de apoyo



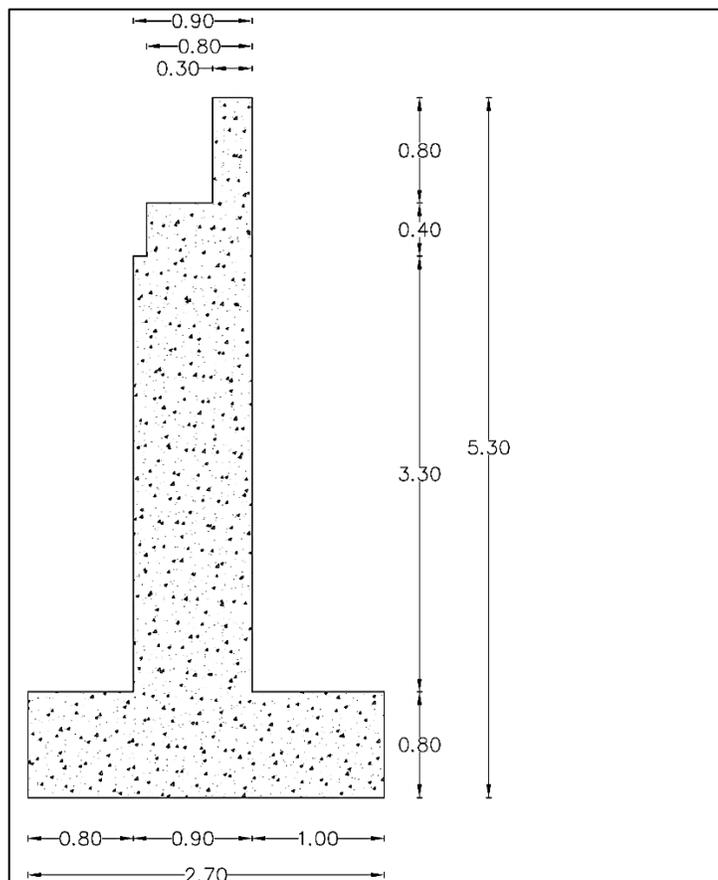
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.4. Diseño del estribo

El estribo es la estructura que soporta el tramo de un puente en uno de sus extremos y se encarga de contener el material de relleno sobre el cual se apoya el camino de ingreso al puente.

Para este proyecto se diseñará un estribo como muro de voladizo, el cual tendrá una altura de 5,30 metros.

Figura 43. Dimensiones del estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.4.1. Carga viva

Se tomará en cuenta la carga producida por el camión de diseño y la carga de carril, exceptuando la carga por impacto. Esta carga se divide dentro de la longitud del estribo.

$$P_{LL} = \frac{(28\ 250 + 13\ 100)}{6} = 6\ 891\ Kg/m$$

2.2.7.4.2. Carga muerta

Está integrada por el peso de todos los elementos que componen la súper estructura y la subestructura. Esta carga se divide entre los dos apoyos y dentro de la longitud del estribo.

$$P_{Losa} = \frac{0,20 * 5,40 * 25 * 2\ 400}{2 * 6} = 5\ 400\ Kg/m$$

$$P_{viga} = \frac{2 * 0,60 * 1,2 * 25 * 2\ 400}{2 * 6} = 7\ 200\ Kg/m$$

$$P_{diafragma} = \frac{899 * 2 + 1\ 527}{2 * 6} = 277,06\ Kg/m$$

$$P_{barrera} = \frac{118,55 * 2 * 25}{2 * 6} = 493,96\ Kg/m$$

$$P_{DC\ super\ estructura} = 5\ 400 + 7\ 200 + 277,06 + 493,96 = 13\ 371\ Kg/m$$

$$DC_1 = 1,4 * 0,3 * 2\ 400 = 1\ 008\ kg/m$$

$$DC_2 = 0,40 * 0,5 * 2\ 400 = 480\ Kg/m$$

$$DC_3 = (3,10 * 0,9) * 2\ 400 = 6\ 696\ Kg/m$$

$$DC_4 = 2,7 * 0,8 * 2\ 400 = 5\ 184\ Kg/m$$

$$P_{DC4\ subestructura} = 1\ 008 + 480 + 6\ 696 + 5\ 184 = 13\ 368\ Kg/m$$

2.2.7.4.3. Carga de frenado

Calculada según AASHTO LRFD 2010 3.6.4, y dividida dentro de la longitud del estribo.

$$BR_2 = \frac{0,05(33,2 + 25 * 0,96)}{6} = 476,7 \text{ kg/m}$$

2.2.7.4.4. Carga del suelo

Se calculará de acuerdo con AASHTO LRFD 2010 3.11.5, la carga resultante de la presión del suelo estará aplicada a 1/3 de la altura del estribo medida desde la base. Se considera que el suelo de relleno puede drenar libremente.

$$p = k * \gamma_s * z$$

Donde:

p = fuerza resultante

k = coeficiente de empuje lateral

γ_s = peso específico del suelo

Z = profundidad el suelo bajo la superficie

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_f + \delta) * \sin(\phi_f - \beta)}{\sin(\theta - \delta) * \sin(\theta + \beta)}} \right]^2$$
$$k_a = \frac{\sin^2(\theta + \phi_f)}{\Gamma[\sin^2(\theta) * \sin(\theta - \delta)]}$$

Donde:

δ = ángulo de fricción entre el relleno y muro

β = ángulo que forma la superficie del relleno respecto de la horizontal

θ = ángulo que forma el respaldo del muro respecto de la horizontal

ϕ_f = ángulo efectivo de fricción interna

Tabla XXXII. **Ángulo de fricción entre diferentes materiales**

Materiales en interfase	Ángulo de fricción, δ (°)	Coefficiente de fricción, $\tan \delta$
Hormigón masivo sobre los siguientes materiales de fundación:		
• Roca sana y limpia	35	0,70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0,55 a 0,60
• Arena limpia fina a media, arena limosa media a gruesa, grave limosa o arcillosa	24 a 29	0,45 a 0,55
• Arena fina limpia, arena limosa o arcillosa fina a media	19 a 24	0,34 a 0,45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0,31 a 0,34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0,40 a 0,49
• Arcilla de rigidez media y rígida; arcilla limosa	17 a 19	0,31 a 0,34
Sobre estos materiales de fundación la mampostería tiene los mismos factores de fricción.		

Fuente: Wikipedia. *U.S Department of the Navy 1982^a*.

https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Department_of_the_Navy. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Considerando que el ángulo entre la superficie del relleno y la horizontal es igual a 0 y que el ángulo entre el respaldo del muro y la horizontal igual a 90°, utilizando un material de relleno como limo fino arenoso $\delta=18$.

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(37,49 + 18) * \sin(37,49)}{\sin(90 - 18) * \sin(90)}} \right]^2 = 2,97$$

$$k_a = \frac{\sin^2(90 + 37,49)}{2,97 * [\sin^2(90) * \sin(90 - 18)]} = 0,22$$

Asumiendo un peso específico γ de 1 500 kg/m³ para el relleno.

$$P = K_a * h * \gamma = 0,22 * 5,30 * 1 500 = 1 749 \frac{kg}{m^2}$$

$$EH = \frac{1}{2} b * h = \frac{1}{2} * 1 749 * 5,30 = 4 634,85 \text{ kg/m}$$

Carga vertical producía por EH.

$$EH_v = EH * \sin(\delta) = 4 634,85 * \sin(18) = 1 432 \text{ kg/m}$$

Carga horizontal producida por EH.

$$EH_H = EH * \cos(\delta) = 4 634,85 * \cos(18) = 4 408 \text{ kg/m}$$

Carga vertical por suelo sobre talón.

$$EV = b * h * \gamma_s = 1 * 4,5 * 1 500 = 6 750 \text{ kg/m}$$

2.2.7.4.5. Sobrecarga por carga viva

Según AASHTO LRFD 2010 3.11.6.4 se deberá aplicar una sobrecarga viva si se anticipa que habrá cargas vehiculares actuando sobre la superficie del relleno en una distancia igual a la mitad de la altura del muro.

$$\Delta p = k * \gamma_s * h_{eq}$$

Donde:

Δp = empuje horizontal debido a la sobrecarga viva (kg)

γ_s = peso específico del suelo (kg/m^3)

h_{eq} = altura del suelo equivalente para carga vehicular (mm)

Tabla XXXIII. **Altura del suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos**

Altura del estribo (mm)	h_{eq} (mm)
1500	1200
3000	900
≥ 6000	600

Fuente: AASHTO LRFD 2010 3.11.6.4-2. *Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD.* p. 87.

Entonces:

$$\Delta p = k_a * \gamma_s * h_{eq} = 0,22 * 1\ 500 * 0,9 = 297 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$LS = b * h = 297 * 5,30 = 1\,574 \frac{kg}{m}$$

Carga vertical producida por LS:

$$LS_v = LS * \sin(\delta) = 1\,574 \sin(18) = 486,40 \text{ Kg/m}$$

Carga horizontal producida por LS:

$$LS_H = LS * \cos(\delta) = 1\,574 \cos(18) = 1\,496,96 \text{ Kg/m}$$

2.2.7.4.6. Cálculo de carga por sismo

El coeficiente sísmico de aceleración horizontal será calculado según las Normas de seguridad estructura de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala AGIES NSE 2-10. La carga sísmica será calculada según AAHSTO LRFD 2010 11.1

Los datos por tener en cuenta para el cálculo de la carga por sismo son los siguientes:

- Categoría obras importantes
- Clase de obra: D
- Ubicación: San José del Golfo, Guatemala.
- Zona sísmica: 4
- Clase de sitio: D
- Sismo considerado: ordinario
- Probabilidad de exceder sismo de diseño en 50 años 5 %

El coeficiente de aceleración máxima del suelo tiene un valor de 0,4160 los cálculos están detallados en el apéndice 1.

De acuerdo con AAHSTO LRFD 2010 11.11.1.1 la fuerza provocada por el sismo es aplicada a la mitad de la altura del estribo.

El coeficiente de presión activa sísmica del terreno se calcula de la siguiente manera.

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos(\theta) * \cos^2(\beta) * \cos(\phi + \theta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) * \text{sen}(\phi - \beta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) * \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

Donde:

δ = ángulo de fricción entre el relleno y muro = 0°

β = ángulo que forma el respaldo del muro respecto a la horizontal = 0

ϕ_f = ángulo efectivo de fricción interna del relleno = $37,49$

K_{AE} = coeficiente de presión activa sísmica

I = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

K_h = coeficiente de aceleración horizontal = $0,50 * A = 0,50 * 0,146 = 0,208$

K_v = coeficiente de aceleración vertical = 0

K_a : coeficiente de empuje activo = $0,22$ (calculado en 2.2.14.5)

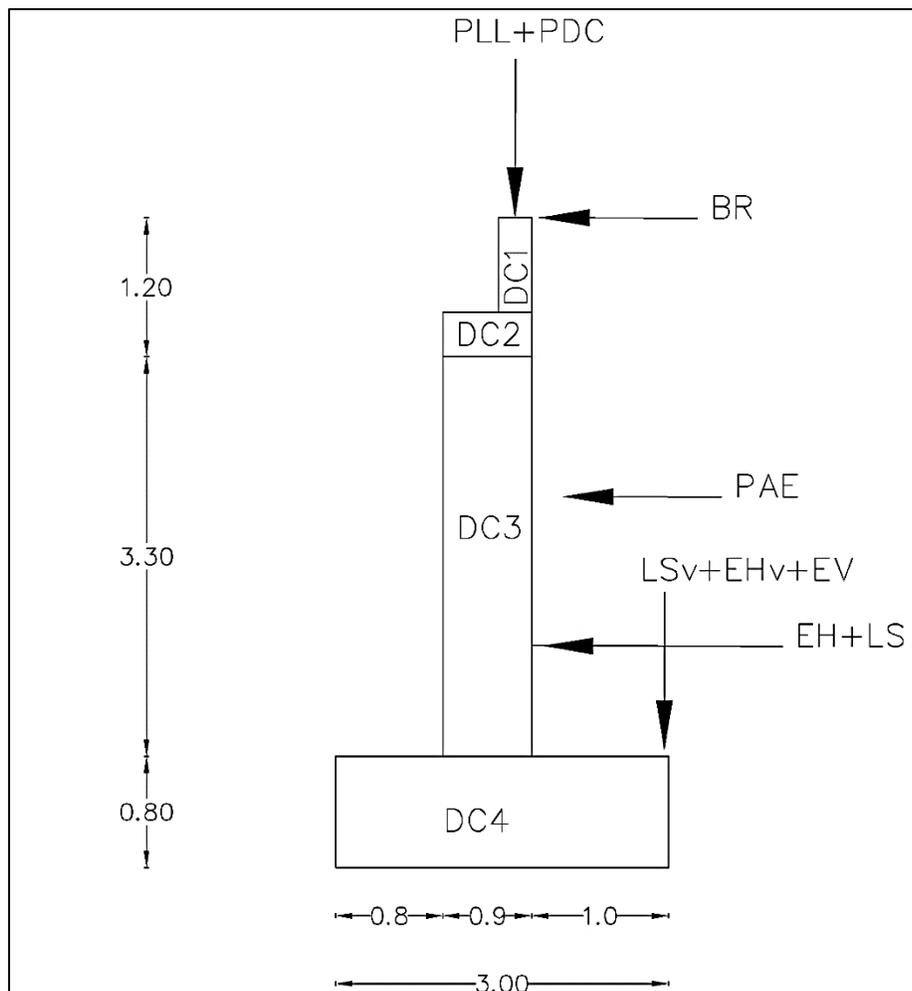
$$\theta = \arctan\left(\frac{K_h}{1 - k_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,208}{1 - 0}\right) = 11,75^\circ$$

$$K_{AE} = 0,45$$

Entonces la fuerza por sismo es:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t * H^2 * (K_{AE} - K_a) = \frac{1}{2} 1\,500 * 5,30^2 * (0,45 - 0,22) = 4\,845 \text{ kg}$$

Figura 44. **Fuerzas verticales y horizontales aplicadas en el estribo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.4.7. Revisión por deslizamiento

De acuerdo con AASHTO LRFD 2010 10.6 las fuerzas actuantes horizontalmente sobre el estribo no deben exceder la fuerza de fricción ejercida por las cargas verticales. De la tabla 10.5.5.2.2-1 AAHSTO LRFD 2010 se extrae el factor de resistencia ϕ para concreto fundido *in situ* es 0,80.

Las fuerzas horizontales serán multiplicadas por un factor de 1,5 y las de frenado por 1,75. Para la combinación de evento extremo 1, la fuerza del frenado, empuje de suelo y del sismo tendrán un factor de mayorero de 1. Además, las fuerzas verticales serán reducidas por un factor de 0,9.

Se utilizará un ángulo de fricción δ de entre el suelo y el cimiento de 29.

- Caso 1 muro sin superestructura

$$H_u = 1,5 * (EH_h + LSh) = 1,5 * (4\ 408 + 1\ 497) = 8\ 857,5\ kg$$

$$F_f = \tan(\delta) * \phi * (0,9 * D_c + LS_v + EH_v + EV)$$

$$F_f = 0,8 \tan(29) (0,9 * (13,368) + 486,40 + 1\ 432 + 6\ 750) \\ = 9\ 179,18\ kg$$

$$F_f > H_u \text{ (Si cumple)}$$

- Caso 2 muro con superestructura combinación resistencia 1

$$\begin{aligned}
 Hu &= 1,5 * (EHh + LSh) + 1,75BR \\
 &= 1,5 * (4\ 408 + 1497) + 1,75 * 477 \\
 Hu &= 9\ 692\ kg
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ff &= \tan(\delta) * \phi * (0,9(D_c + P_{DC} + P_{LL}) + LS_v + EH_v + EV) \\
 Ff &= 0,8 \tan(29) (0,9 * (13\ 368 + 13\ 371 + 6\ 891) + 486 + 1\ 432 + 6\ 750) \\
 Ff &= 17\ 265\ Kg \\
 F_f &> H_u \text{ (Sí cumple)}
 \end{aligned}$$

- Caso 3 muro con superestructura combinación evento extremo 1

$$\begin{aligned}
 Hu &= 1 * (EHh + LSh) + 1 * BR + 1 * P_{AE} \\
 Hu &= 1 * (4\ 408 + 1,497) + 1 * 477 + 1 * 4\ 485 = 10\ 867\ Kg
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ff &= \tan(\delta) * \phi * (0,9(D_c + P_{DC} + P_{LL}) + LS_v + EH_v + EV) \\
 Ff &= 0,8 \tan(29) (0,9 * (13\ 368 + 13\ 371 + 6\ 891) + 486 + 1\ 432 + 6\ 750) \\
 Ff &= 17\ 265\ Kg \\
 F_f &> H_u \text{ (Sí cumple)}
 \end{aligned}$$

2.2.7.4.8. Revisión por volteo

De igual manera se utilizarán los casos por combinación de resistencia 1 y la combinación de evento extremo 1 utilizando los mismos factores de mayorero y reducción que fue utilizado en la revisión por deslizamiento.

Se calculará la excentricidad de la resultante sobre el punto eje O de la base del estribo.

$$x_0 = \frac{\sum M_{vu} - \sum M_{hu}}{\sum V_u}$$

$$e = \left(\frac{B}{2} - x_0 \right)$$

Donde:

M_{vu} = momento producido por fuerzas verticales

M_{hu} = momento producido por fuerzas horizontales

V_u = fuerzas verticales

E = excentricidad

e_{max} = excentricidad máxima B/4 para resistencia 1 AAHSTO 11.6.3

e_{max} = excentricidad máxima B/4 para evento extremo 1 AAHSTO 11.6.5

Tabla XXXIV. **Momentos en estribo sin superestructura**

Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Verticales				
DC1	1,01	0,90	1,55	1,41
DC2	0,48	0,90	1,15	0,50
DC3	6,70	0,90	1,25	7,53
DC4	1,38	0,90	1,35	1,68
Ehv	1,43	1,00	2,70	3,87
LSv	0,49	1,00	2,70	1,31
EV	6,75	1,00	2,20	14,85
Total	18,23			31,14
Horizontales				
Ehh	4,41	1,50	1,77	11,68
LSh	1,50	1,50	1,77	3,97
Total	5,91			15,65

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Momentos en estribo resistencia 1**

Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Verticales				
DC1	1,01	0,90	1,55	1,41
DC2	0,48	0,90	1,15	0,50
DC3	6,70	0,90	1,25	7,53
DC4	1,38	0,90	1,35	1,68
Ehv	1,43	1,00	2,70	3,87
LSv	0,49	1,00	2,70	1,31
PLL	6,89	0,90	1,15	7,13
PDC	13,37	0,90	1,15	13,84
EV	6,75	1,00	2,20	14,85
Total	38,50			52,11
Horizontales				
Ehh	4,41	1,50	1,77	11,68
LSh	1,50	1,50	1,77	3,97
BR	0,48	1,00	5,30	2,53
Total	5,91			18,18

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Momentos en estribo evento extremo 1**

Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Verticales				
DC1	1,01	0,90	1,55	1,41
DC2	0,48	0,90	1,15	0,50
DC3	6,70	0,90	1,25	7,53
DC4	1,38	0,90	1,35	1,68
Ehv	1,43	1,00	2,70	3,87
LSv	0,49	1,00	2,70	1,31
PLL	6,89	0,90	1,15	7,13
PDC	13,37	0,90	1,15	13,84
EV	6,75	1,00	2,20	14,85
Total	38,50			52,11
Horizontales				
Ehh	4,41	1,00	1,77	7,79
LSh	1,50	1,00	1,77	2,64
BR	0,48	1,00	5,30	2,53
PAE	4,49	1,00	2,65	11,89
Total	10,87			24,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Revisión por volteo**

	Vu (Ton)	Mvu	Mhu	xo	e	emax	Cumple
Sin Superestructura	18,23	31,14	15,65	0,85	0,50	0,68	Sí
Resistencia 1	38,50	52,11	18,18	0,88	0,47	0,68	Sí
Evento extremo 1	38,50	52,11	24,85	0,71	0,64	1,08	Sí

Fuente: elaboración propia

2.2.7.4.9. Revisión capacidad soporte del suelo

La presión aplicada sobre el suelo por la estructura debe ser menor que la capacidad soporte del suelo. De acuerdo con AASHTO LRFD 2010 3.4.1-2 se utilizará un factor de mayorero de 1,25 para el peso de la estructura, 1,35 para la presión vertical del suelo, y 1,50 para la presión horizontal del suelo.

Esta revisión se hará para la condición crítica, con la combinación de resistencia 1, tomando en cuenta la carga viva ejercida por el camión de diseño, así como la carga de carril. El factor de mayorero para la carga viva será de 1,75 de acuerdo con AAHSTO LRFD 2010 3.4.1-1.

Las ecuaciones por utilizar para calcular la presión actuante son las siguientes:

$$x_o = \frac{\sum M_{vu} - \sum M_{hu}}{\sum V_u}$$

$$e = \left(\frac{B}{2} - x_o \right)$$

$$q = \frac{V_u}{B - 2e}$$

Donde:

B = base del estribo

M_{vu} = momento producido por fuerzas verticales

M_{hu} = momento producido por fuerzas horizontales

V_u = fuerza vertical

e = excentricidad

q = presión actuante

V_s = capacidad soporte del suelo 100 ton/m²

Tabla XXXVIII. **Momentos en estribo combinación resistencia 1**

Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Verticales				
DC1	1,01	1,25	1,55	1,95
DC2	0,48	1,25	1,15	0,69
DC3	6,70	1,25	1,25	10,46
DC4	1,38	1,25	1,35	2,33
Ehv	1,43	1,35	2,70	5,22
LSv	0,49	1,35	2,70	1,77
PLL	6,89	1,75	1,15	13,87
PDC	13,37	1,25	1,15	19,22
EV	6,75	1,35	2,20	20,05
Total	38,50			75,56
Horizontales				
Ehh	4,41	1,50	1,77	11,68
LSh	1,50	1,50	1,77	3,97
Total	25,49			15,65

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Presión ejercida por estribo**

Combinación	Vu (kg)	Mvu	Mhu	xo	e	q(TON/M2)
Resistencia 1	38,50	75,56	15,65	1,55644838	-0,21	12,367

Fuente: elaboración propia.

$$q = 11,96 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$V_s = 100 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q < V_s \text{ (S\u00ed cumple)}$$

El estribo dise\u00f1ado cumple contra falla por deslizamiento, por volteo y por capacidad soporte. Seg\u00fan recomendaci\u00f3n del asesor se implementar\u00e1n pilotes en la cimentaci\u00f3n, debido al tipo de suelo encontrado en el sitio del proyecto.

2.2.7.5. Dise\u00f1o de pie del estribo

Se reforzar\u00e1 el pie del estribo con el acero m\u00ednimo en el sentido transversal. Se aplicar\u00e1 refuerzo por contracci\u00f3n y temperatura en sentido longitudinal. Adem\u00e1s, se revisar\u00e1 por corte, para verificar que las dimensiones propuestas resistan las fuerzas aplicadas.

- Refuerzo transversal

Utilizando varillas #8

$$A_s \text{ min} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} * 100 * \left(80 - 5 - \frac{2,54}{2}\right) = 24,75 \text{ cm}^2$$

Se aplicar\u00e1 refuerzo de varillas #8 grado 60 espaciadas 18 cm

- Refuerzo longitudinal

Utilizando varillas #6

$$A_s \text{ temp} = 0,0018 * 80 * 100 = 14,4 \text{ cm}^2$$

Se aplicará refuerzo de varillas #6 grado 60 espaciadas 18 cm

- Revisión por corte

$$V_{act} = (12,37 * 0,8 - 0,8 * 0,8 * 2,4) * 1,75 = 14,63 \text{ ton}$$

$$V_{resistente} = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 100 * \left(80 - 5 - \frac{2,54}{2}\right) = 55\,580 \text{ Kg} = 55,58 \text{ ton}$$

$$V_{act} < V_{resistente} \text{ (SÍ cumple)}$$

2.2.7.6. Diseño de talón

Se aplicará refuerzo por contracción y temperatura en sentido longitudinal. Además, se revisará por corte, para verificar que las dimensiones propuestas resistan las fuerzas aplicadas.

- Refuerzo transversal

Tabla XL. **Momento actuante en talón del estribo**

Talón				
Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Verticales				
Peso talón	1,92	1,25	0,50	1,20
Ehv	1,43	1,75	1,00	2,51
LSv	0,49	1,75	1,00	0,85
EV	6,75	1,75	0,50	5,91
Presión del suelo	-12,37	1,75	0,5	-10,82
Total	-1,78			-0,36

Fuente elaboración propia.

$$d = 80 - 5 - \frac{2,54}{2} = 73,73$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280 * 100 * 73,73}{4\,200} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * 36\,000}{0,85(0,9) * 280 * 100 * 73,73^2}}\right)$$

$$A_s = 0,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{14,1}{4 \cdot 200} * 100 * 73,73 = 24,75 \text{ cm}^2$$

Ya que el acero calculado es menor que el acero mínimo requerido se procederá a utilizar el área de acero mínimo (24,75) cm². Distribuido de la siguiente manera: varillas #8 grado 60 espaciadas 18 cm.

- Refuerzo longitudinal

Utilizando varillas #6

$$A_{s,temp} = 0,0018 * 80 * 100 = 14,4 \text{ cm}^2$$

Se aplicará refuerzo de varillas #6 grado 60 espaciadas 18 cm

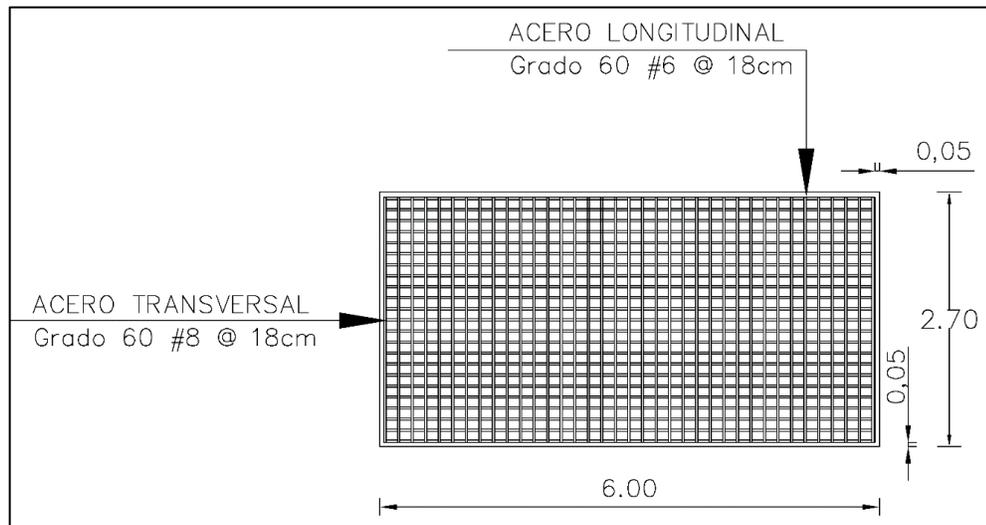
- Revisión por corte

$$V_{act} = (12,37 * 1 - 1 * 0,8 * 2,4) * 1,75 = 18,29 \text{ ton}$$

$$V_{resistente} = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 100 * \left(80 - 5 - \frac{2,54}{2}\right) = 55 \ 5780 \text{Kg} = 55,58 \text{ ton}$$

$$V_{act} < V_{resistente} \text{ (Sí cumple)}$$

Figura 45. **Fuerzas verticales y horizontales aplicadas en el estribo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.7. Diseño de pantalla

El refuerzo para el sentido transversal será el mayor entre el acero calculado y el acero mínimo se aplicará refuerzo por contracción y temperatura en sentido longitudinal. Además, se revisará por corte.

- Refuerzo transversal

Utilizando la combinación de carga de evento extremo 1 por ser la más crítica se obtiene.

Tabla XLI. **Momento actuante en pantalla de estribo**

Elemento	Vu (Ton)	Factor	Brazo (m)	Momento (TON*m)
Horizontales				
Ehh	4,41	1,00	1,77	7,79
LSh	1,50	1,00	1,77	2,64
BR	0,48	1,00	5,30	2,53
PAE	4,49	1,00	2,65	11,89
Total	10,87			24,85

Fuente: elaboración propia.

Utilizando varillas número 10.

$$d = 90 - 5 - \frac{1,59}{2} = 84,21 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280 * 100 * 84,21}{4 * 200} \left(1 - \sqrt{\frac{2 * 2485,000}{0,85(0,9) * 280 * 100 * 84,21^2}} \right)$$

$$A_s = 7,87 \text{ cm}^2$$

Calculando el acero mínimo

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{4 * 200} * 100 * \left(90 - 5 - \frac{2,54}{2} \right) = 28,10 \text{ cm}^2$$

Ya que el acero calculado es mayor que el acero mínimo requerido, se utilizará un área de acero de refuerzo de 28,10 cm² distribuido de la siguiente forma: se aplicará refuerzo de varillas #8 grado 60 espaciadas 16 cm

- Refuerzo longitudinal

Utilizando varillas #6

$$A_{s\text{temp}} = 0,0018 * 90 * 100 = 16,20 \text{ cm}^2$$

Se aplicará refuerzo de varillas #6 grado 60 espaciadas 16 cm.

- Revisión por corte

$$V_{act} = 10,87 \text{ ton}$$

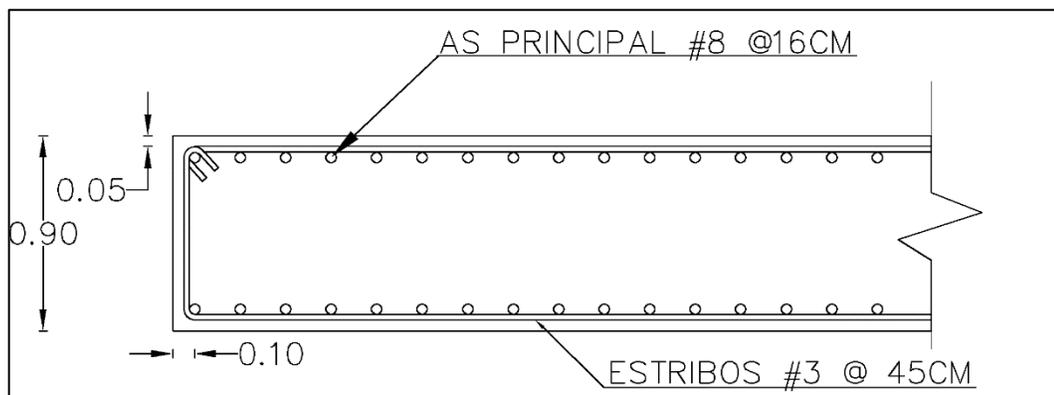
$$V_{resistente} = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 100 * 84,21 = 63,480 \text{ Kg} = 63,48 \text{ ton}$$

$$V_{act} < V_{resistente} \text{ (Sí cumple)}$$

Se utilizarán estribos #3 @45 cm como refuerzo transversal.

Las dimensiones de la pantalla satisfacen las condiciones propuestas, por lo tanto, las dimensiones del estribo son las adecuadas.

Figura 46. **Armado de pantalla para estribo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.8. Diseño de pilotes

Los pilotes son elementos estructurales, insertados en el suelo con el fin de transmitir las cargas de las estructuras hacia los estratos inferiores. Se utilizan para eliminar asentamientos no permitidos en las estructuras, así como también la mejorar de transferencia de cargas de una estructura que se encuentra en un estrato blando hasta estratos inferiores más resistentes. También se pueden utilizar para alcanzar profundidades de cimentación que no estén expuestas a erosión socavación o efectos similares como normalmente ocurre en pilas y estribos de puentes. Existen dos tipos de pilotes: hincados y fundidos *in situ*.

Pilotes hincados, son pilotes prefabricados generalmente en forma circular o cuadrada, el método de instalación en el terreno es mediante la aplicación de una fuerza externa para insertar el elemento en el suelo.

Pilotes *in situ*, son pilotes cuya característica es ser construidos en el sitio final, consiste en la perforación de suelo mediante una broca u otro medio, para después introducir la armadura de refuerzo en el agujero y posteriormente verter la mezcla de concreto.

2.2.7.8.1. Integración de cargas

Las cargas que serán soportadas por los pilotes corresponden a la carga viva, la carga muerta de la súper estructura y la carga muerta del estribo, la cual se obtiene así de acuerdo con lo calculado anteriormente.

$$Q_{ml} = P_{superestructura} + P_{subestructura} + P_{LL} + EH_v + LS_v + E_v$$

$$Q_{ml} = 13,37 + 13,37 + 6,89 + 1,43 + 0,49 + 6,75 = 42,30 \frac{ton}{m}$$

$$Q_t = Q_{ml} * Longitud \ estribo = 42,30 * 6 = 253,8 \ ton$$

2.2.7.8.2. Capacidad de carga admisible

La capacidad de carga de un pilote se determina mediante la suma de la carga que resiste la punta del pilote, más la carga que lo resiste por fricción lateral. El resultado se ve influido por las características mecánicas del suelo, así como la longitud del pilote. La expresión para el cálculo es la siguiente:

$$Q = Q_{punta} + Q_{friccion \ lateral}$$

Se aplica un factor de seguridad comprendido entre 2,5 y 4 para calcular la capacidad de carga de trabajo. Para pilotes circulares la capacidad de carga de punta se calcula con la siguiente expresión.

$$q_u = \pi * r^2 (C * N_c + D_f * \gamma * N_q + \frac{1}{2} * r * \gamma * N_\gamma)$$

Donde:

- qu = capacidad de carga de punta ton
- Cu = es la cohesión en ton/m²
- Df = desplante de cimentación m
- γ = peso específico del suelo ton/m³
- Nq, Nc, Nγ = factores de flujo de carga
- R = radio del pilote

Para este proyecto se utilizará solamente la resistencia de punta de cada pilote con un factor de seguridad de 3,5 y con una sección circular propuesta con diámetro de 60 cm.

$$q_u = \pi * 0,3^2(4,31 * 58,34 + 12 * 1,49 * 45,75 + \frac{1}{2} * 0,3 * 1,49 * 61,79)$$

$$q_u = 328,4$$

$$q_{admisible} = \frac{qu}{3,5} = \frac{328,4}{3,5} = 94 \text{ ton por pilote}$$

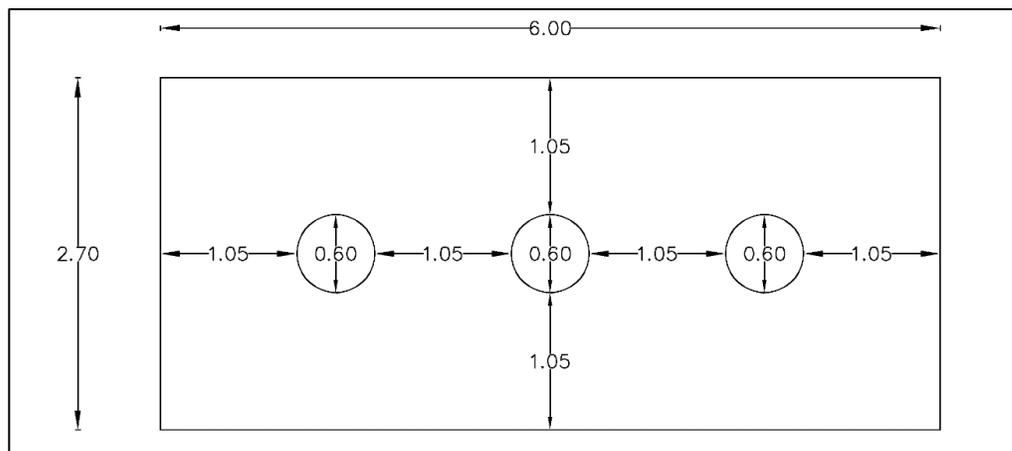
2.2.7.8.3. Conjunto de pilotes

La cantidad de pilotes necesarios será determinada al distribuir la carga total de la estructura que se debe transmitir al suelo dentro de la carga que cada pilote puede soportar individualmente.

$$\#Pilotes = \frac{Q_t}{Q_{admisible}} = \frac{254 \text{ ton}}{100 \text{ ton por pilote}} = \sim 3 \text{ pilotes}$$

Serán necesarios tres pilotes para soportar la carga total ejercida por la estructura. Estos serán distribuidos en la zapata de la siguiente manera:

Figura 47. **Distribución del con junto de pilotes**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.7.8.4. Cálculo del acero de refuerzo

El acero de refuerzo para el armado de los pilotes será calculado según ACI 318-14, tratándose este como una columna. ACI 318-14 10.6.1.1 indica que el acero longitudinal mínimo debe ser al menos el 1 % del área de la sección transversal del pilote.

$$A_s = 0,01 * \pi * r^2 = 0,01 * \pi * 30^2 = 28,27 \text{ cm}^2$$

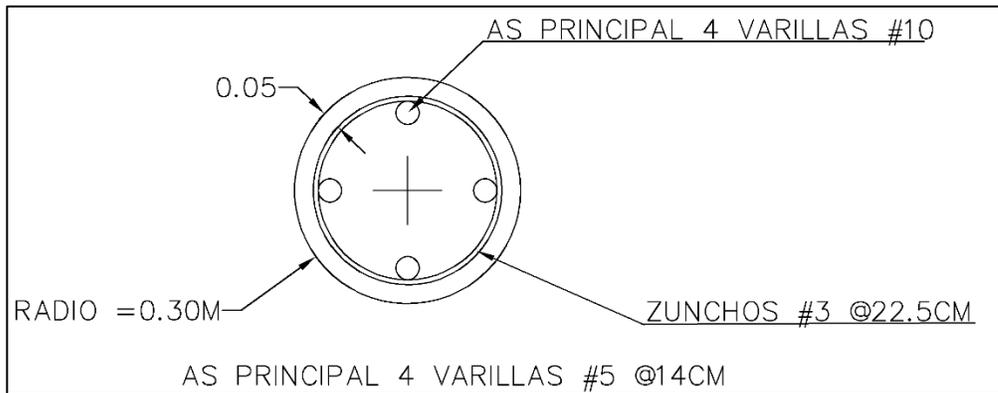
El acero longitudinal constara de 4 varillas #10 grado 60

Según con ACI 318-14 10.7.6.1.4 el refuerzo trasversal en espiral debe tener un diámetro mínimo de 0,02 veces la dimensión lateral del miembro, utilizando como mínimo barras #3 y como máximo barras #5.

Según AASHTO LRFD 2010 5.13.4.6.3d el espaciamiento máximo para el refuerzo en espiral es de 22,5 cm.

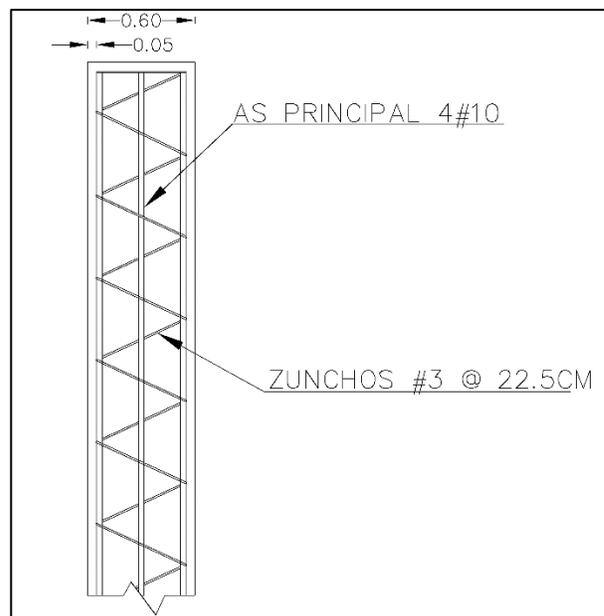
De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el refuerzo trasversal se especifica de la siguiente manera: zunchos # 5 con distancia de paso de 22,5 cm grado 40.

Figura 48. Armado de pilote vista planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 49. Armado de pilote vista perfil



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.8. Presupuesto

La integración de precios unitarios y el resumen del presupuesto se pueden encontrar en el apéndice de este documento. En la integración de precios unitarios hay que encontrar los elementos involucrados en cada renglón, tales como materiales, maquinaria y mano de obra, así como los cargos administrativos.

2.2.9. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución físico y financiero se puede encontrar en el apéndice de este documento, en él se detalla la duración de cada actividad para el desarrollo del proyecto relacionado al puente junto con el importe monetario asignado a cada etapa.

2.2.10. Evaluación de impacto ambiental inicial

La evaluación de impacto ambiental consiste en el formulario propuesto por el MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). Se puede encontrar en los anexos, en él se ubican todos los parámetros solicitados por dicho ministerio.

CONCLUSIONES

1. El estudio monográfico, por medio de las características económicas y sociales de la región, ayudó a descubrir que las necesidades prioritarias de la comunidad son los proyectos de pavimento y el puente vehicular.
2. La carretera pavimentada beneficiará a los pobladores de la aldea El Jabillal, permitiendo el paso ininterrumpido y seguro en toda época del año, mejorando la calidad de vida de los pobladores y fomentando el crecimiento económico de la aldea.
3. El nuevo puente vehicular en el ingreso al municipio de San José del Golfo aliviará la carga de tránsito que recibe el puente existente de un solo carril. Con esto permite el paso en ambos sentidos a la vez al utilizar los dos puentes en conjunto y así agilizar el tránsito de los vehículos, lo cual mejorará el comercio y la calidad del municipio.
4. Los planos, presupuestos y cronogramas muestran la información necesaria para la materialización de los proyectos de manera factible, junto con la evaluación ambiental los proyectos podrán ser desarrollados cumpliendo los requerimientos establecidos por el marco legal.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo del estado de la carretera, por lo menos una vez al año, con el fin de evaluar su estado y determinar si necesita mantenimiento correctivo.
2. Realizar un monitoreo del estado del puente, al menos una vez al año después de la época lluviosa o después de una tormenta de magnitud considerable, para determinar si la estructura necesita reparación.
3. Para evitar daños por lluvias en la carretera, limpiar las cunetas y drenajes transversales al inicio y a la mitad de la época lluviosa, se debe remover los residuos sólidos que pudieran ocasionar taponamiento.
4. Para garantizar el correcto desarrollo de los proyectos propuestos, estos deberán ser supervisados por un profesional que verifique los trabajos necesarios cumplan con las especificaciones indicadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of state Highway and Transportation Officials. *AASHTO LRFD bridge design specifications*. 5a ed. Washington DC, Estados Unidos: AASHTO, 2010. 1635 p.
2. _____. *AASHTO Design of pavement structures*. Washington DC, Estados Unidos: AASHTO, 1992. 624 p.
3. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14)*. Michigan, Estados Unidos: ACI, 2014. 592 p.
4. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 337 p.
5. CABRERA, Jadenon Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1*. Guatemala: 1994, 178 p.
6. CORDO, Óscar. *Diseño de pavimentos – AASHTO 93*. [en línea]. <https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
7. CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: STECA, 2002. 289 p.

8. Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Colombia: Ministerio de Transporte, 2008. 298 p.
9. NAVARRO, Sergio. *Diseño y calculo geométrico de viales – alineamiento horizontal*. Nicaragua: Universidad nacional de Ingeniería, 2011. 112 p.
10. RODRÍGUEZ SERQUÉN, Arturo. *Diseño de puentes con AASHTO-LRFD 2010*. [en línea]. <<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/puentes-ing-arturo-rodriguez-serquen.pdf>>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
11. Secretaria General de la Presidencia. *Plan de desarrollo municipal 2010*. Guatemala: Consejo Municipal de Desarrollo, 2010 54 p.
12. URIBE, Álvaro. *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Medellín, Colombia: Instituto Nacional de Vidas, 2008. 114 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resumen de presupuesto para el proyecto puente vehicular

RESUMEN PRESUPUESTO					
SUBREGLON		CANTIDAD	UNIDAD	PU	TOTAL
1.1	MOVILIZACION DESMOVILIZACION	1.00	GLOBAL	Q 14,981.64	Q 14,981.64
1.2	LIMPIA CAHEPO Y DESTRONQUE	560.00	Ha	Q 0.84	Q 471.85
1.3	REPLANTEO TOPOGRAFICO	1.00	GLOBAL	Q 2,941.40	Q 2,941.40
2.1	EXCAVACION DE DESPERDICIO	604.20	M3	Q 36.27	Q 21,914.44
2.3	EXCAVACION PILOTES	72.00	ML	Q 436.31	Q 31,414.50
3.1	ARMADO DE PILOTES G60	1880.93	KG	Q 14.11	Q 26,534.88
6.1	FUNDICION DE PILOTES	20.36	M3	Q 1,336.99	Q 27,217.82
4.1	FORMALETEADO DE ESTRIBOS	434.00	M2	Q 323.59	Q 140,436.75
3.1	ARMADO DE ESTRIBOS G60	6280.16	KG	Q 14.11	Q 88,596.29
3.2	ARMADO DE ESTRIBOS G40	249.15	KG	Q 13.55	Q 3,376.92
6.1	FUNDICION DE ESTRIBOS	102.26		Q 1,336.99	Q 136,714.03
2.2	RELLENO	105.30	M3	Q 188.63	Q 19,863.20
4.4	FORMALETEADO DE VIGAS	150.00	ML	Q 323.59	Q 48,538.05
3.1	ARMADO DE VIGAS G60	8318.25	KG	Q 14.11	Q 117,348.32
6.1	FUNDICION DE VIGAS	36.00		Q 1,336.99	Q 48,131.68
4.1	FORMALETEADO DE DIAFRAGMAS	12.96	M2	Q 323.59	Q 4,193.69
3.1	ARMADO DE DIAFRAGMAS G60	350.85	KG	Q 14.11	Q 4,949.54
6.1	FUNDICION DE DIAFRAGMAS	2.87	M3	Q 1,336.99	Q 3,842.78
4.1	FORMALETEADO DE LOSA	145.00	M2	Q 323.59	Q 46,920.11
3.1	ARMADO DE LOSA G60	3808.25		Q 14.11	Q 53,724.30
6.1	FUNDICION DE LOSA	28.35		Q 1,336.99	Q 37,903.70
4.1	FORMALTEADO BARANDA	30.00	M2	Q 14.11	Q 423.22
3.2	ARMADO DE BARANDA G40	124.71	KG	Q 13.55	Q 1,690.27
6.1	FUNDICION BARANDA	1.24	M3	Q 1,336.99	Q 1,654.53
5.1	DRENAJE	25.00	UNIDADES	Q 99.23	Q 2,480.80
7.1	APOYOS	4.00	UNIDADES	Q 2,826.71	Q 11,306.83
7.2	JUNTAS	16.20	ML	Q 522.58	Q 8,465.82
8.1	TUBO ESTRUCTURAL	150.00	KG	Q 39.15	Q 5,872.97
9.1	SEÑALES	4.00	UNIDADES	Q 495.75	Q 1,983.00
	TOTAL				Q 913,893.32

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cronograma de ejecución el puente vehicular

	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-13	S-14	S-15	S-16	S-20	S-21	S-23	S-24	
Movilización	■																			
Limpia chapeo y destronque	■																			
Replanteo topográfico	■																			
Excavación		■																		
Excavación pilotes				■	■															
Armado de pilotes				■	■															
Fundición de pilotes				■	■															
Armado de estribo								■	■	■										
Fundición de estribo								■	■	■										
Relleno											■									
Colocación de apoyos												■	■	■						
Armado de vigas y losa												■	■	■						
Drenaje													■	■						
Instalación de juntas															■					
Fundición de vigas y losa																■	■			
Barandal																		■	■	
Señalización y limpieza																				■

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cálculo coeficiente sísmico

Información General		Referencia	
Municipio	San José del Golfo		
Departamento	Guatemala		
Clase de Obra	III Obras importantes		NSE 1 p.7
Parámetros de diseño			
Índice de sismicidad I_0	4		NSE 2 figura 4-1
Scr (g)	1,3		NSE 2 figura 4-1
S1r (g)	0,5		NSE 2 figura 4-1
Clase de obra	D		
Tipo de fuente sísmica	B		NSE 2 tabla 4-5
Clase de sitio	D		NSE 2 tabla 4-4
Fa	1		NSE 2 tabla 4-2
Fv	1,5		NSE 2 tabla 4-3
Scs=Scr*Fa	1,3		
S1s=S1r*Fv	0,75		
Intensidades sísmicas especiales			
Na	Distancia \geq 10 Km	1	NSE tabla 4-6
Nv	Distancia = 10 Km	1	NSE tabla 4-7
Scs=Scr*Fa*Na	1,3		
S1s=S1r*Fv*Nv	0,75		
Intensidades sísmicas especiales			
Probabilidad de exceder sismo de diseño en 50 años		50 %	NSE 2 tabla 4-1
Factor de escala Kd			
Sismo	Sismo ordinario	0,8	NSE 2 4.3.4.1
Espectro calibrado a nivel de diseño requerido			
Scd= Kd*Scs		1,04	
S1d= Kd*S1s		0,6	
Aceleración máxima del suelo			
AMSd=0,40*Scd		0,416	
Aceleración vertical máxima del suelo			
Svd= 0,15*Scd		0,156	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Resumen del presupuesto del proyecto de carretera

Resumen presupuesto						
Renglón	Subrenglón		Cantidad	Unidad	PU	Total
1	1.1	Mobilización desmovilización	1	Global	Q 14 981,64	Q 14 981,64
1	1.2	Replanteo topográfico	5	KM	Q 2 941,40	Q 14 707,02
1	1.3	Limpia chapeo y destronque	9,5503	Ha	Q 2 144,77	Q 20 483,23
2	2.1	Excavación no clasificada desperdicio	6647	M3	Q 33,13	Q 220 191,70
2	2.2	Excavación no clasificada	47711	m3	Q 58,38	Q 2 785 305,15
2	2.3	Relleno base drenaje transversal	103,50	ML	Q 27,74	Q 20 624,90
2	2.4	Excavación y relleno alcantarilla	237,33	M3	Q 86,90	Q 2 871,14
3	3.1	Tratamiento subrasante	22	M2	Q 25,39	Q 574 961,56
4	4.1	Drenaje transversal	103,5	ML	Q 2 441,94	Q 252 741,15
4	4.2	Cunetas revestidas	8743,00	ML	Q 136,05	Q 1 189 504,72
4	4.3	Concreto ciclópeo alcantarilla	58,32	M3	Q 1 060,17	Q 61 828,93
5	5.1	Concreto hidráulico 13cm m2 con pasajuntas	22 643	M2	Q 411,00	Q 9 306 326,97
6	6.1	Señales verticales	36	Unidad	Q 495,75	Q 17 846,98
7	7.1	Limpieza final	2 264,3	Ha	735 350,784	Q 1 665,05
Total						Q 14 484 040,15

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5.

Cronograma de ejecución para el proyecto de carretera

Cronograma de ejecución físico y financiero diseño de pavimento para la aldea la Choleña a Jabillal, San José del Golfo											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11
Movilización desmovilización											
Replanteo topográfico											
Limpia chapeo y destronque											
Excavación no clasificada desperdicio											
Excavación no clasificada											
Excavación alcantarilla											
Relleno alcantarilla											
Tratamiento subrasante											
Drenaje transversal											
Cunetas revestidas											
Concreto cidopeo caja drenaje transversal											
Concreto hidráulico (pavimentación)											
Instalación de pasajuntas											
Instalación señales verticales											
Limpieza final											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Integración de precios unitarios para proyecto de
carretera

Proyecto: Puente vehicular ingreso a San José del Golfo Guatemala						
Costo unitario						
Renglón	1	Preliminares				
Subrenglón	1.1	Movilización y desmovilización				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Materiales						
1	Madera	200	tablas	Q 17,00	Q	3 400,00
2	Lámina	50	unidad	Q 74,00	Q	3 700,00
3	Clavos	5	Libra	Q 3,25	Q	16,25
Total de materiales					Q	7 116,25
Mano de obra						
Especializada						
1	Encargado	1 250	m2	0,6	Q	750,00
Total mano de obra especializada					Q	750,00
No especializada						
2	Peón	1 250	m2	0,96	Q	1 200,00
Total mano de obra no especializada					Q	1 200,00
Prestaciones			66 %		Q	1 287,00
Total mano de obra					Q	3 237,00
Herramientas						
1	Martillo tenaza	3 % Mano de obra		Q 97,11		
Pala, piocha, azadón, barreta, carreta, sierra y serrucho						
Total costo directo					Q	10 450,36
Costo indirecto						
Administración		5 %			Q	522,52
Supervisión		10 %			Q	1 045,04
Gastos legales		6 %			Q	627,02
Utilidad		7 %			Q	731,53
Total costos indirectos					Q	2 926,10
Total sin IVA					Q	13 376,46
IVA					Q	1 605,18
Total con IVA					Q	14 981,64
Precio unitario					Q	14 981,64

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	1	Preliminares				
Subrenglón	1.2	Replanteo topográfico (KM)				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Mano de obra						
Especializada						
1	Cuadrilla de topografía	1,00	Km	1 200	Q	1 200,00
					Q	1 200,00
No especializada						
					Q	-
Prestaciones		66 %			Q	792,00
					Q	1 992,00
Herramientas						
		1,00	3 % mano de obra		Q	59,76
					Q	2 051,76
Costo indirecto						
Administración		0,05			Q	102,59
Supervisión		0,10			Q	205,18
Gastos legales		0,06			Q	123,11
Utilidad		0,07			Q	143,62
					Q	574,49
					Q	2 626,25
					Q	315,15
					Q	2 941,40
					Q	2 941,40
Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	1	Preliminares				
Subrenglón	1.3	Limpia chapeo y destronque Ha				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Mano de obra						
Capataz						
		1,00	Ha	q 175,00	Q	175,00
					Q	175,00
No especializada						
Peón						
		1,00	Ha	q 700,00	Q	700,00
					Q	700,00
Prestaciones		66 %			Q	577,50
					Q	1 452,50
Herramientas						
Machete azadón piocha		1,00	3 % mano de obra		Q	43,58
					Q	1 496,08
Costo indirecto						
Administración		0,05			Q	74,80
Supervisión		0,10			Q	149,61
Gastos legales		0,06			Q	89,76
Utilidad		0,07			Q	104,73
					Q	418,90
					Q	1 914,98
					Q	229,80
					Q	2 144,77
					Q	2 144,77

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	2	Movimiento de tierras				
Subrenglón	2.1	Excavación no clasificada de desperdicio m3				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Maquinaria y equipo						
1	Retroexcavadora (rendimiento 60 m3/hr)	0,02	hr	Q 448,23	Q	7,49
2	Combustible retroexcavadora (rendimiento 4,5 gal/hora)	0,08	galones	Q 21,81	Q	1,64
3	Tractor D6 (rendimiento 90 m3/hr)	0,01	hr	Q 448,23	Q	4,98
4	Combustible tractor D6 (rendimiento 90 m3/hr)	0,04	galones	Q 21,81	Q	0,97
5	Camión de volteo (10 m3)	0,05	hr	Q 112,65	Q	5,63
Total maquinaria y equipo					Q	20,70
Mano de obra						
Especializada						
	Supervisor	1,00	m3	Q 0,73	Q	0,73
Total mano de obra especializada					Q	-
No especializada						
	Peón	1,00	m3	Q 0,83	Q	0,83
	Operadores (retro excavadora tractor camión)	1,00	m3	Q 1,30	Q	1,30
Total mano de obra no especializada					Q	1,30
	Prestaciones	66 %			Q	0,86
Total mano de obra					Q	2,16
Herramientas						
	(pala azadón banderines)	1,00	3 % Mano de obra		Q	0,06
Total costo directo					Q	22,93
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	1,15
	Supervisión	0,10			Q	2,29
	Gastos legales	0,06			Q	1,38
	Utilidad	0,07			Q	1,60
	Traslado de maquinaria	0,01			Q	0,23
Total costos indirectos					Q	6,65
Total sin IVA					Q	29,58
IVA					Q	3,55
Total con IVA					Q	33,13
Precio unitario					Q	33,13

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	2	Movimiento de tierras				
Subrenglón	2.2	Excavación no clasificada m3				
Costo directo						
Núm.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Maquinaria y equipo						
1	Retroexcavadora (Rendimiento 60 m3/hr)	0,02	hr	Q 448,23	Q	7,49
2	Combustible retroexcavadora (Rendimiento 4,5 gal/hora)	0,08	galones	Q 21,81	Q	1,64
3	Tractor D6 (rendimiento 90 m3/hr)	0,01	hr	Q 448,23	Q	4,98
4	Combustible tractor D6 (rendimiento 90 m3/hr)	0,04	galones	Q 21,81	Q	0,97
5	Camión de volteo (10 m3)	0,05	hr	Q 112,65	Q	5,63
6	Motoniveladora (rendimiento 60 m3/hr)	0,02	hr	Q 336,48	Q	5,62
7	Combustible motoniveladora (10gal/km)	0,10	galones	Q 21,81	Q	2,18
8	Vibro compactadora (rendimiento 60 m3/hr)	0,02	hr	Q 238,23	Q	3,98
9	Combustible (rendimiento 10 gal/km)	0,10	galones	Q 21,81	Q	2,18
10	Camión cisterna	0,01	hr	Q 112,28	Q	0,82
Total maquinaria y equipo					Q	32,48
Mano de obra						
Especializada						
	Supervisor	1,00	m3	Q 0,73	Q	0,73
Total mano de obra especializada					Q	0,73
No especializada						
	Operadores (retroexcavadora, tractor, camión, motoniveladora, vibro compactadora)	1,00	m3	Q 2,24	Q	2,24
	Peón	1,00	m3	Q 1,67	Q	1,67
Total mano de obra no especializada					Q	3,91
	Prestaciones	66 %			Q	3,06
Total mano de obra					Q	7,69
	Herramientas (pala, azadón, banderines)	1,00	3 % Mano de obra		Q	0,23
Total costo directo					Q	40,41
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	2,02
	Supervisión	0,10			Q	4,04
	Gastos legales	0,06			Q	2,42
	Utilidad	0,07			Q	2,83
	Traslado de maquinaria	0,01			Q	0,40
Total costos indirectos					Q	11,72
Total sin IVA					Q	52,12
IVA					Q	6,25
Total con IVA					Q	58,38
Precio unitario					Q	58,38

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: tramo carretero San José del golfo- aldea La Choleña, a Jabillal					
Costo unitario					
Renglón	2	Movimiento de tierras			
Subrenglón		2.3	Base drenaje transversal ml		
Costo directo					
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total
	Materiales				
	Material selecto para base	0,22	M3	65,3	Q 14,20
				Total materiales	Q 14,20
	Maquinaria y equipo				
1	Compactadora manual (14 m3/hr)	0,02	hr	Q 112,16	Q 1,76
2	Combustible compactadora (rendimiento 10 m3/gal)	0,02	galones	Q 21,81	Q 0,47
				Total maquinaria y equipo	Q 2,24
	Mano de obra				
	Especializada				
	Capataz	1,00	m2	Q 0,36	Q 0,36
				Total mano de obra especializada	Q 0,36
	No especializada				
	Operador	1,00	m3	Q 0,83	Q 0,83
	Peón	1,00	m3	Q 0,42	Q 0,42
				Total mano de obra no especializada	Q 1,25
	Prestaciones			66 %	Q 1,07
				Total mano de obra	Q 2,68
	Herramientas	1,00		3 % Mano de obra	Q 0,08
	pala, azadón, piocha, barreta, carreta				
				Total costo directo	Q 19,20
	Costo indirecto				
	Administración	0,05			Q 0,96
	Supervisión	0,10			Q 1,92
	Gastos legales	0,06			Q 1,15
	Utilidad	0,07			Q 1,34
	Traslado de maquinaria	0,01			Q 0,19
				Total costos indirectos	Q 5,57
				Total sin IVA	Q 24,77
				IVA	Q 2,97
				Total con IVA	Q 27,74
				Precio unitario	Q 27,74

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	2	Movimiento de tierras				
Subrenglón	2,4	Excavación y relleno alcantarillas m3				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Maquinaria y equipo						
1	Retroexcavadora (rendimiento 60 m3/hr)	0,03	hr	Q 448,23	Q	14,97
2	Combustible retroexcavadora (rendimiento 4,5 gal/hr)	0,08	galones	Q 21,81	Q	1,64
3	Compactadora manual (14 m3/hr) combustible compactadora (rendimiento 10 m3/gal)	0,08	hr	Q 112,16	Q	9,08
		0,10	galones	Q 21,81	Q	2,18
Total maquinaria y equipo					Q	27,88
Mano de obra						
Especializada						
	Capataz	1,00	m2	Q 18,25	Q	18,25
Total mano de obra especializada					Q	18,25
No especializada						
	Operador	1,00	m3	Q 0,94	Q	0,94
	Peón	1,00	m3	Q 0,63	Q	0,63
Total mano de obra no especializada					Q	0,63
	Prestaciones	66 %			Q	12,46
Total mano de obra					Q	31,33
Herramientas						
	pala, azadón, piocha, carreta	1,00	3 % Mano de obra		Q	0,94
Total costo directo					Q	60,15
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	3,01
	Supervisión	0,10			Q	6,01
	Gastos legales	0,06			Q	3,61
	Utilidad	0,07			Q	4,21
	Traslado de maquinaria	0,01			Q	0,60
Total costos indirectos					Q	17,44
Total sin IVA					Q	77,59
IVA					Q	9,31
Total con IVA					Q	86,90
Precio unitario					Q	86,90

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	3	Subbases y bases				
Subrenglón	3.1	Tratamiento de sub rasante (m2)				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Maquinaria y equipo						
1	Tractor d6 (rendimiento 90 m3/hr)	0,01	hr	Q 448,23	Q	5,02
2	Combustible tractor d6 (rendimiento 4 gal/hr)	0,04	galones	Q 21,81	Q	0,98
3	Motoniveladora (rendimiento 200 m3/hr)	0,01	hr	Q 336,48	Q	1,68
4	Combustible motoniveladora (10 gal/km)	0,04	galones	Q 21,81	Q	0,87
5	Vibro compactadora (rendimiento 60 m3/hr)	0,02	hr	Q 238,23	Q	3,81
6	Combustible (rendimiento 10 gal/km)	0,40	galones	Q 21,81	Q	8,72
7	Camión cisterna	0,01	hr	Q 112,28	Q	0,67
Total maquinaria y equipo					Q	12,36
Mano de obra						
Especializada						
	Capataz	1,00	m2	Q 0,60	Q	0,60
Total mano de obra especializada					Q	0,60
No especializada						
	Operador	1,00	m2	Q 1,41	Q	1,41
	Peón	1,00	m2	Q 1,04	Q	1,04
Total mano de obra no especializada					Q	2,45
	Prestaciones	66 %			Q	2,01
Total mano de obra					Q	5,06
	Herramientas	1,00	3 % Mano de obra		Q	0,15
	pala, azadón					
Total costo directo					Q	17,58
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	0,88
	Supervisión	0,10			Q	1,76
	Gastos legales	0,06			Q	1,05
	Utilidad	0,07			Q	1,23
	Traslado de maquinaria	0,01			Q	0,18
Total costos indirectos					Q	5,10
Total sin IVA					Q	22,67
IVA					Q	2,72
Total con IVA					Q	25,39
Precio unitario					Q	25,39

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	4	Drenaje				
Subrenglón	4.1	Drenaje transversal diámetro 36" ml				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Materiales						
1	Tubería 36" PVC NOVAFORT M304 con empaque	0,17	tubos	Q 10,130,00	Q	1 688,67
Total maquinaria y equipo					Q	1 688,67
Mano de obra						
Especializada						
	Capataz	1,00	ml	Q 5,47	Q	5,47
Total mano de obra especializada					Q	5,47
No especializada						
	Peón	1,00	ml	Q 3,13	Q	3,13
Total mano de obra no especializada					Q	3,13
	Prestaciones			66 %	Q	5,67
Total mano de obra					Q	14,27
Herramientas						
	pala, barreta, piocha, tensor	1,00	3 % mano de obra		Q	0,43
Total costo directo					Q	1 703,36
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	85,17
	Supervisión	0,10			Q	170,34
	Gastos legales	0,06			Q	102,20
	Utilidad	0,07			Q	119,24
Total costos indirectos					Q	476,94
Total sin IVA					Q	2 180,31
IVA					Q	261,64
Total con IVA					Q	2 441,94
Precio unitario					Q	2 441,94

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	4	Drenaje				
Subrenglón	4.2	Cunetas revestidas ml				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Materiales						
1	Cemento portland 4 000 PSI	0,64	sacos	Q 78,00	Q	49,99
2	Arena	0,04	m3	Q 135,00	Q	5,29
3	Piedrín 3/4	0,05	m3	Q 150,00	Q	7,56
Total maquinaria y equipo					Q	62,84
Mano de obra						
Especializada						
1	Albañil	1,00	ml	Q 6,25	Q	6,25
Total mano de obra especializada					Q	6,25
No especializada						
1	Peón	1,00	ml	Q 12,50	Q	12,50
Total mano de obra no especializada					Q	12,50
Prestaciones			66 %		Q	12,38
Total mano de obra					Q	31,13
Herramientas						
	cuchara, cubeta, carrera, plancha, pala, azadón	1,00	3 % Mano de obra		Q	0,93
Total costo directo					Q	94,90
Costo indirecto						
Administración						
		0,05			Q	4,75
Supervisión						
		0,10			Q	9,49
Gastos legales						
		0,06			Q	5,69
Utilidad						
		0,07			Q	6,64
Total costos indirectos					Q	26,57
Total sin IVA					Q	121,48
IVA					Q	14,58
Total con IVA					Q	136,05
Precio unitario					Q	136,05

Continuación del apéndice 6.

Proyecto: Tramo carretero San José del Golfo- aldea La Choleña, a Jabillal						
Costo unitario						
Renglón	4	Drenaje				
Subrenglón	4.30	Concreto ciclópeo (m3) alcantarillas				
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Materiales						
1	Cemento portland 4 000 PSI	2,34	sacos	Q 78,00	Q	182,52
2	Arena	0,19	m3	Q 135,00	Q	25,52
3	Piedrín 3/4	0,24	m3	Q 150,00	Q	36,00
4	Piedra bola	0,69	m3	Q 128,00	Q	88,32
5	cernido	0,23	m3			
					Total materiales	Q 332,36
Maquinaria y equipo						
1	Concretara	1,00	m3	Q 27,50	Q	27,50
					Total maquinaria y equipo	Q 332,36
Mano de obra						
Especializada						
1	Albañil	1,00	m3	Q 18,75	Q	18,75
					Total mano de obra especializada	Q 18,75
No especializada						
1	Peón	1,00	m3	Q 25,00	Q	25,00
					Total mano de obra no especializada	Q 25,00
Prestaciones		66 %			Q	28,88
					Total mano de obra	Q 72,63
Herramientas						
	pala, azadón, carreta	1,00	3 % Mano de obra		Q	2,18
					Total costo directo	Q 739,51
Costo indirecto						
	Administración	0,05			Q	36,98
	Supervisión	0,10			Q	73,95
	Gastos legales	0,06			Q	44,37
	Utilidad	0,07			Q	51,77
					Total costos indirectos	Q 207,06
					Total sin IVA	Q 946,58
					IVA	Q 113,59
					Total con IVA	Q 1 060,17
					Precio unitario	Q 1 060,17

Continuación del apéndice 6.

Costo unitario						
Renglón 5		Pavimento				
Subrenglón		5.1			Concreto hidráulico 13 cm m2 y pasa juntas	
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.		Precio total
Materiales						
1	Cemento portland 4 000 psi	1,13	Sacos	Q 78,00	Q	88,14
2	Arena	0,06	M3	Q 135,00	Q	8,10
3	Piedrín 3/4	0,10	M3	Q 150,00	Q	15,00
4	Antisol	0,01	Cubeta	Q 514,00	Q	5,65
5	Sellador Sika	1,00	ML	Q 8,72	Q	8,72
6	Barras acero liso 7/8"	2,33	ML	Q 15,75	Q	36,75
7	Barras acero corrugado 7/8"	3,50	ML	Q 16,17	Q	56,58
8	Formaleta	1,00	ML	Q 14,20	Q	14,20
9	PVC 1"	2,33	ML	Q 3,29	Q	7,65
10	Desencofrante	0,01	Cubeta	Q 55,00	Q	0,73
Total materiales					Q	241,53
Maquinaria y equipo						
1	Concreteira	1,00	M2	Q 4,95	Q	4,95
2	Pavimentadora (6,25ml/h)	1,00	M2	Q 10,21	Q	10,21
3	Combustible pavimentadora 15 ml/gal	0,20	Galones	Q 21,81	Q	4,36
4	Maquina ranuradora	2,50	ML	Q 1,10	Q	2,75
Total maquinaria y equipo					Q	22,28
Mano de obra						
Especializada						
1	Supervisor	1,00	M2	Q 1,46	Q	1,46
2	Albañil	1,00	M2	Q 0,63	Q	0,63
Total mano de obra especializada					Q	2,08
No especializada						
1	Peón	3,00	M2	Q 3,33	Q	10,00
Total mano de obra no especializada					Q	10,00
Prestaciones			66 %		Q	7,98
Total mano de obra					Q	20,06
Herramientas		1,00	3 % mano de obra		Q	0,60
Cubeta, carreta, pala, azadón, plancha, rastrillo						
Total costo directo					Q	284,47
Costo indirecto						
Administración		0,05			Q	14,22
Supervisión		0,10			Q	28,45
Gastos legales		0,06			Q	17,07
Utilidad		0,07			Q	19,91
Traslado maquinaria		0,01			Q	2,84
Total costos indirectos					Q	82,50
Total sin IVA					Q	366,97
IVA					Q	44,04
Total con IVA					Q	411,00
Precio unitario					Q	411,00

Continuación del apéndice 6.

Costo unitario					
Renglón	6	Construcciones complementarias			
Subrenglón	6.1	Señales verticales			
Costo directo					
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total
Materiales					
1	Cemento	0,03	sacos	Q 78,00	Q 2,34
2	Arena	0,00	m3	Q 135,00	Q 0,45
3	Piedrín	0,00	m3	Q 150,00	Q 0,38
4	Señal metálica	1,00	unidad	Q 262,50	Q 262,50
Total materiales					Q 265,66
Mano de obra					
Especializada					
1	Capataz	1,00	m2	Q 21,88	Q 21,88
Total mano de obra especializada					Q 21,88
No especializada					
1	Peón	1,00	m3	Q 25,00	Q 25,00
Total mano de obra no especializada					Q 25,00
Prestaciones		66 %			Q 30,94
Total mano de obra					Q 77,81
Herramientas					
	carreta, pala, piocha, azadón, barreta, carreta, cubeta	1,00	3 % Mano de obra		Q 2,33
Total costo directo					Q 345,81
Costo indirecto					
	Administración	0,05			Q 17,29
	Supervisión	0,10			Q 34,58
	Gastos legales	0,06			Q 20,75
	Utilidad	0,07			Q 24,21
Total costos indirectos					Q 96,83
Total sin IVA					Q 442,63
IVA					Q 53,12
Total con IVA					Q 495,75
Precio unitario					Q 495,75

Continuación del apéndice 6.

Costo unitario						
Renglón 7		Limpieza final				
Subrenglón		7.1	Limpieza final Ha			
Costo directo						
Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Precio total	
Mano de obra						
1	Peón	1,00	Ha	Q 300,00	Q	300,00
Total mano de obra no especializada					Q	300,00
Prestaciones		66 %			Q	198,00
Total mano de obra					Q	498,00
Herramientas		1,00	3 % mano de obra		Q	14,94
pala, azadón, rastrillo, carreta, escoba						
Total costo directo					Q	512,94
Costo indirecto						
Administración		0,05			Q	25,65
Supervisión		0,10			Q	51,29
Gastos legales		0,06			Q	30,78
Utilidad		0,07			Q	35,91
Total costos indirectos					Q	143,62
Total sin IVA					Q	656,56
IVA					Q	78,79
Total con IVA					Q	735,35
Precio unitario					Q	735,35

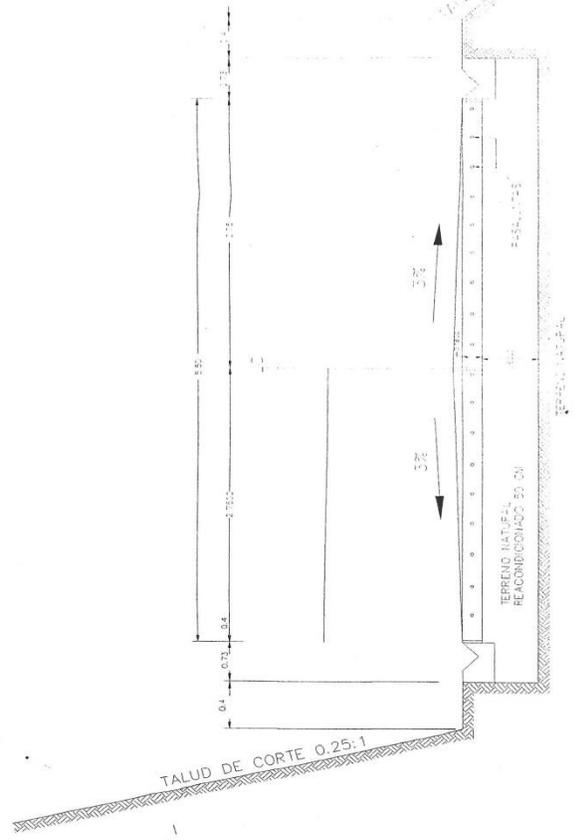
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Planos de diseño de pavimento de aldea la Choleña a Jabillal, San José del Golfo**

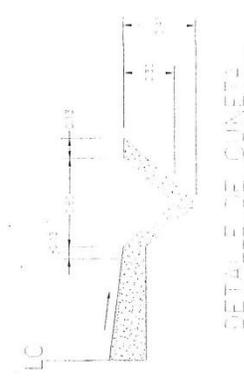
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2016.

ESPECIFICACIONES:

- 1. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA "AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION BUILDINGS DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES (1993)
- 2. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 3. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 4. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 5. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 6. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 7. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 8. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 9. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.
- 10. SEGUIR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (ESD-0-0-1) EDICION DE SEPTIEMBRE DE 2001.



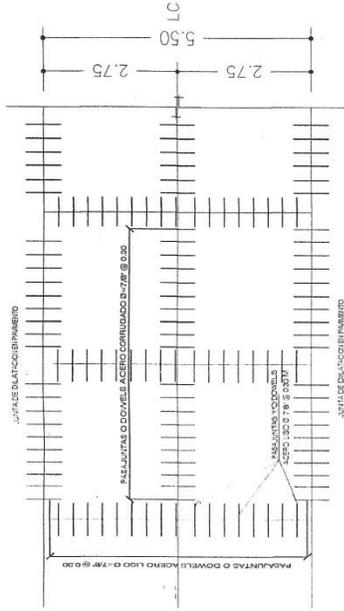
CALLEJON
ESCALA 1:25



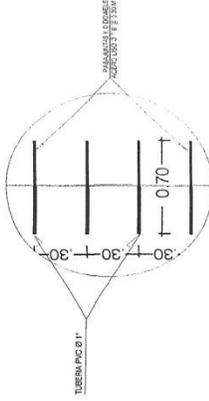
DETALLE DE CUNETA

	EPS EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE TRANSPORTES Y INFRAESTRUCTURA	ESCALA: 1:25 FECHA: JULIO 2018
		PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA PARITAL SAN JOSE DEL GOLFO
REVISION: 01 ALDEA LA CHOLEMA SAN JOSE DEL GOLFO	CONTENIDO: ESPECIFICACIONES	FOLIO: 01 DE: 01
INGENIERO: [Signature] INGENIERO EN CIVIL	INGENIERO: [Signature] INGENIERO EN CIVIL	INGENIERO: [Signature] INGENIERO EN CIVIL

3.55

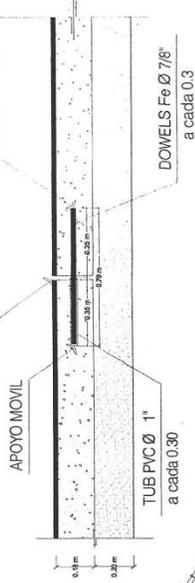


DETALLE DE PASAJUNTAS EN PAVIMENTO. ESCALA 1/50

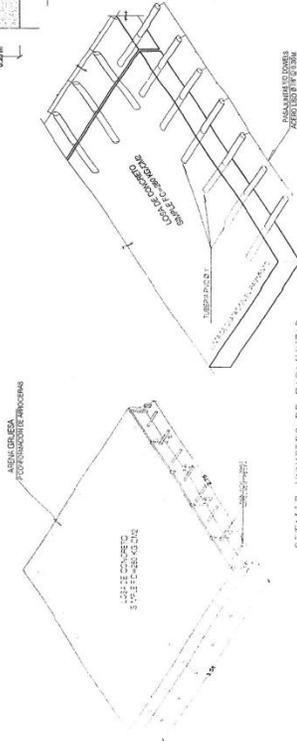


DETALLE DE PASAJUNTAS DIMENSIONES ESCALA 1/20

JUNTA DE DILATACION (25mm)



DETALLE DE PASAJUNTAS EN PAVIMENTO RIGIDO. ESCALA 1/20



DETALLE ARMETRO DE PASAJUNTAS ESCALA 1/20

	ESCALA:	FECHA:
	1/20	10/03/2018
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA GIOLENA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO		
ORGANISMO: EMPRESA DE SERVICIOS DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAN JOSE DEL GOLFO		
TITULO: DISEÑO DE PASAJUNTAS		
FOLIO: 01		
ELABORADO POR: [Firma]		
REVISADO POR: [Firma]		
APROBADO POR: [Firma]		

EST 3+643

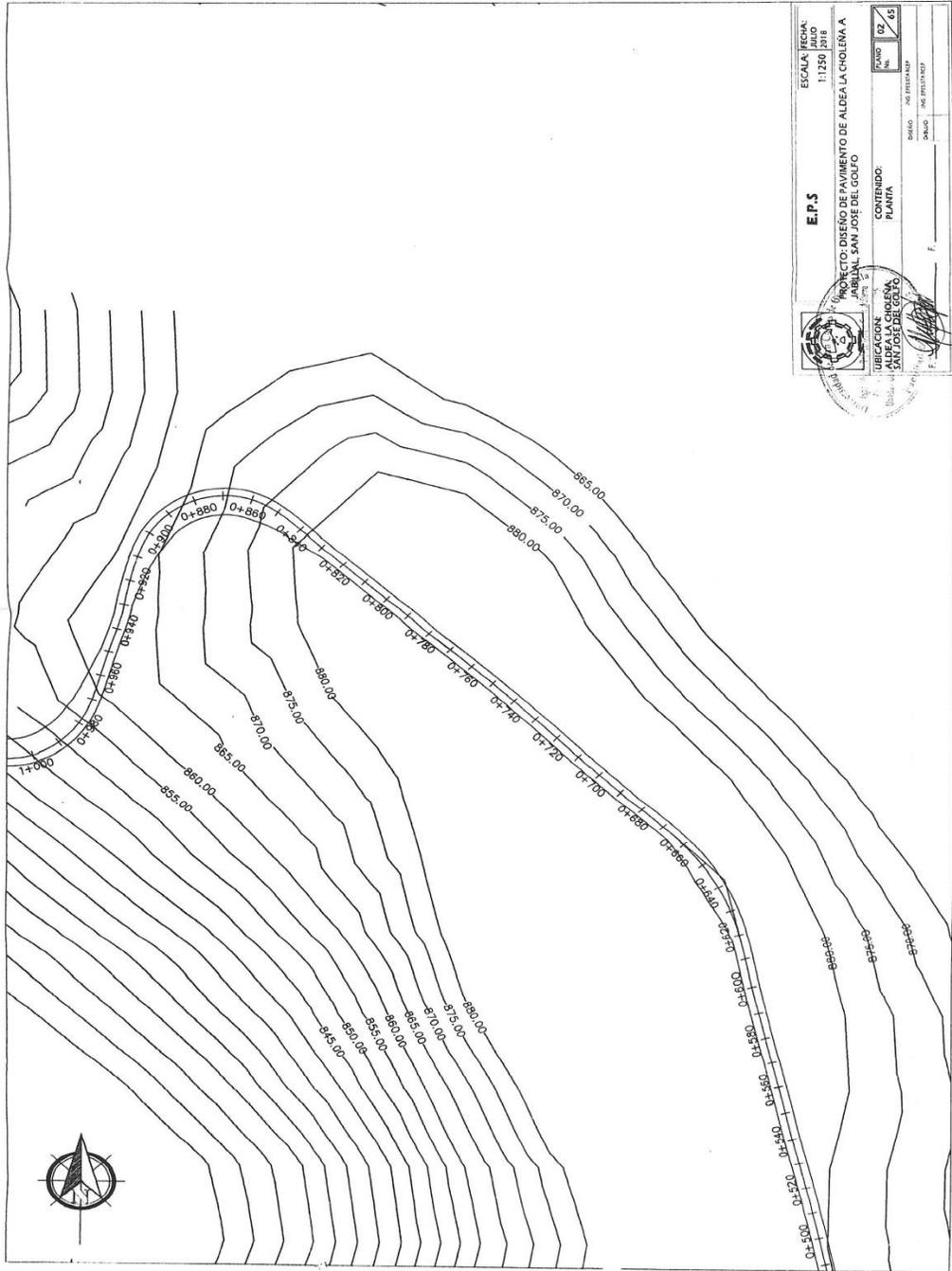
ALDEA JABILLAL



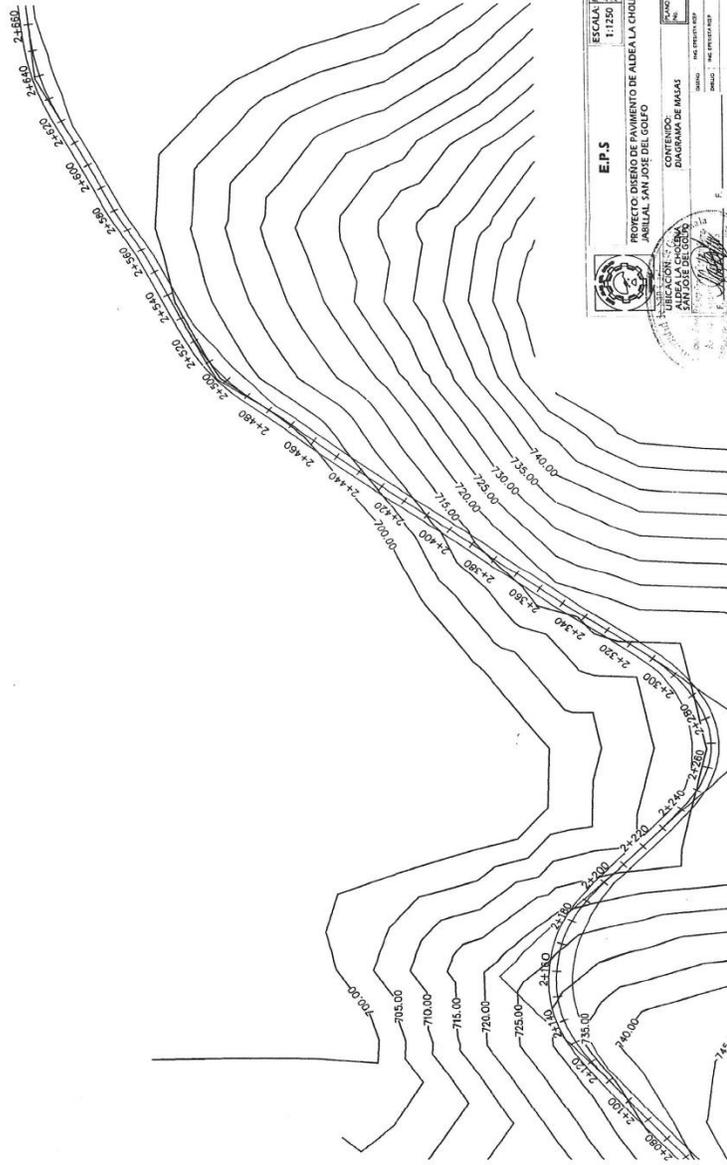
HACIA ALDEA LA CHOLEÑA

EST 0+00

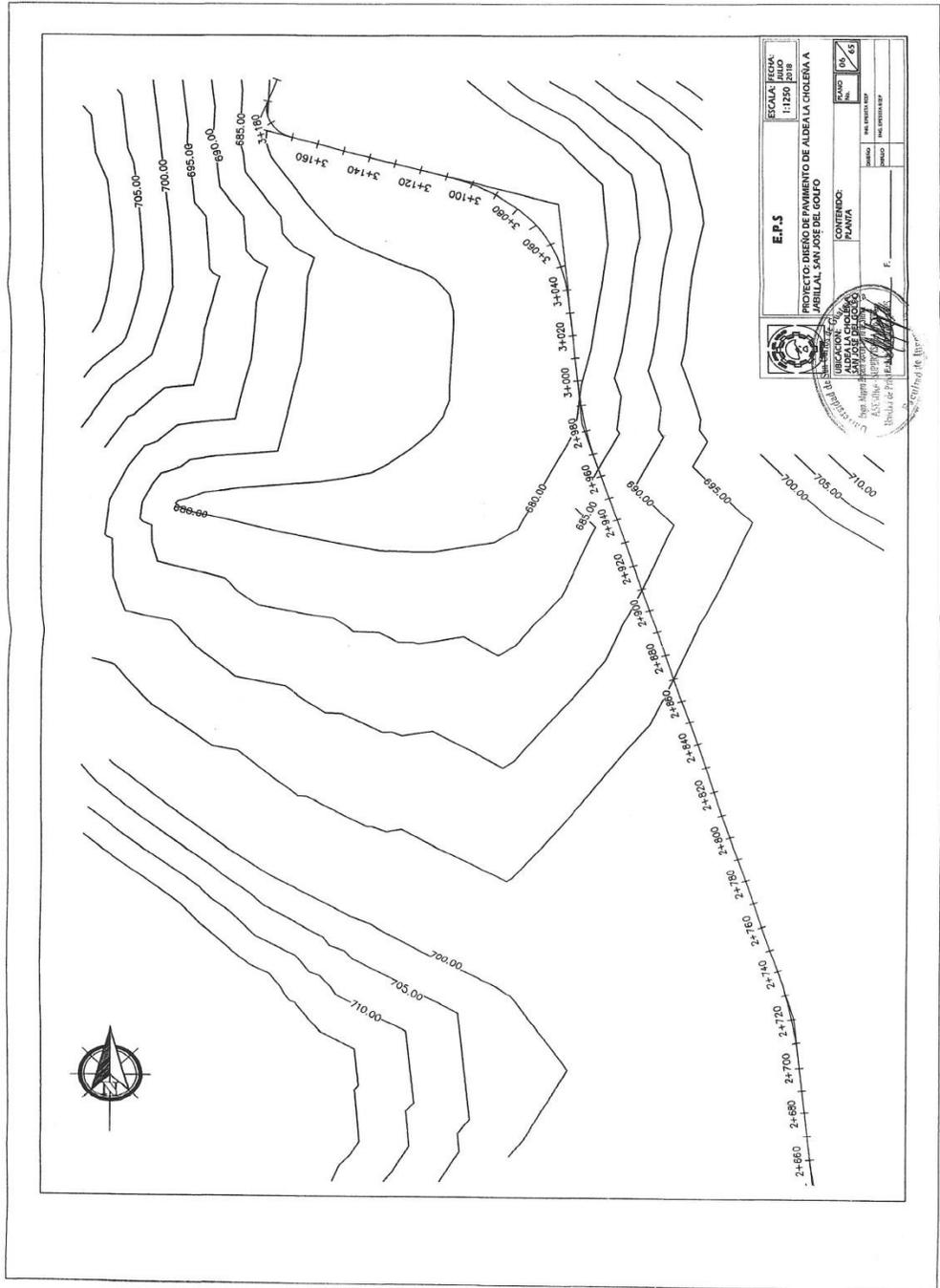
	E.P.S.	ESCALA: REGAL REGION 2018
	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL SAN JOSE DEL GOLFO	
DIRECCION: ALDEA LA CHOLEÑA		CONTENIDO: PLANTA GENERAL
AUTOR: [Signature]		FECHA: 01/01
CORRECCION: [Signature]		PROYECTO: ALDEA LA CHOLEÑA

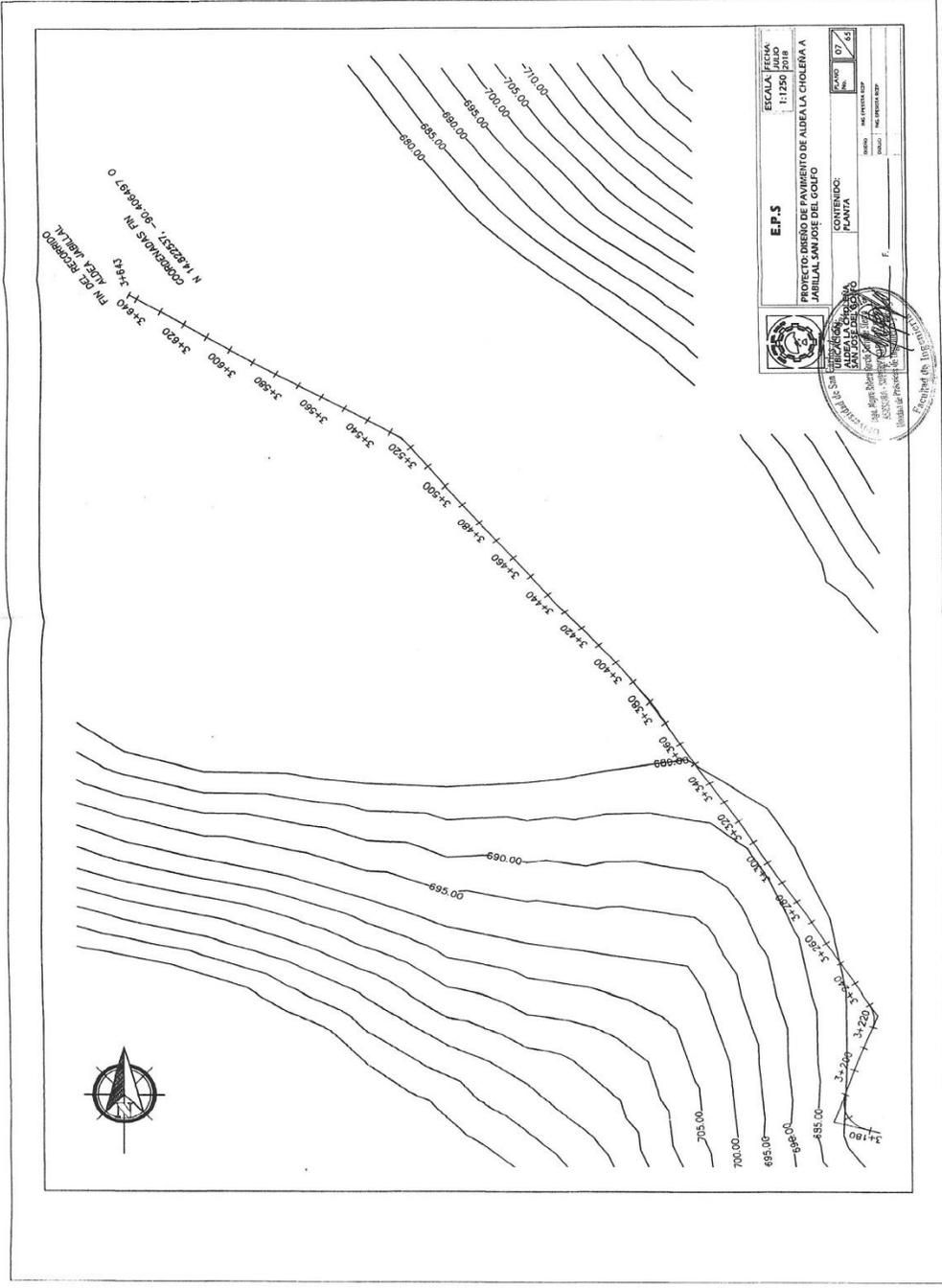


E.P.S
 ESCALA: FECHA: JULIO 2018
 1:1250
 PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHIOLINA A
 SAN JOSÉ DEL GOLFO
 UBICACION: SAN JOSÉ DEL GOLFO
 CONTENIDO: PLANTA
 FOLIO: 02 DE 65
 DISEÑO: JOSÉ ESTEBAN
 DIBUJO: JOSÉ ESTEBAN



EPS	
ESCALA	1:1250
FECHA	2018
PROYECTO	DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOENNA A ABELLAL, SAN JOSE DEL GOYO
CONTENIDO:	
1.	ALDEA LA CHOENNA
2.	DIAGRAMA DE MASAS
AUTORIZACION:	
DIRIGENTE	ING. ESTEBAN RIVERA
PROYECTANTE	ING. ESTEBAN RIVERA
REVISOR	ING. ESTEBAN RIVERA
APROBADO	ING. ESTEBAN RIVERA
F. 1	





EPS

ESCALA: 1:1250

FECHA: Julio 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A JABILLAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO: PLANTA

Hoja No. 07 de 68

INSTITUCIÓN: ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE ALDEA LA CHOLEMA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A JABILLAN JOSÉ DEL GOLFO

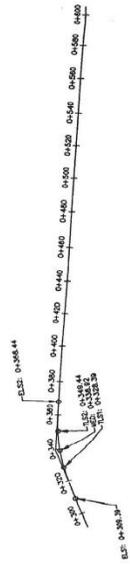
FECHA DE ELABORACIÓN: 10/07/2018

ELABORADO POR: [Firma]

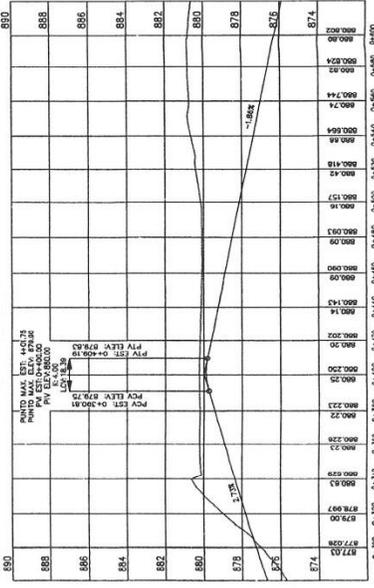
REVISADO POR: [Firma]

APROBADO POR: [Firma]

111



VISTA PERFIL 0+300 A 0+600



Curva
Eje de la curva: 0.000000
Punto de intersección: 442.02
Punto de curvatura: 438.00
Punto de tangencia: 446.04
Eje de la curva: 0.000000

PLANTA PERFIL
ESCALA VERTICAL: 1:200
ESCALA HORIZONTAL: 1:2000

E.P.S

ESCALA: 1:200
INDICADA: JULIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A
JABILLAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

URUGUAY
MUNICIPALIDAD DE LA CHOLENA
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE TRÁNSITO Y VEHÍCULOS

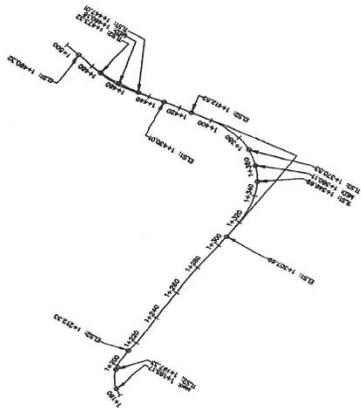
CONTENIDOS:
PUNTA PERIL

FOLIO: 09
DE: 65

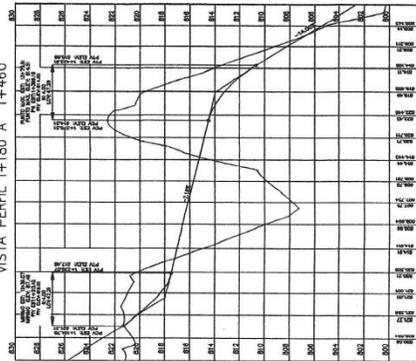
AUTOR: [Firma]
REVISOR: [Firma]
DISEÑADOR: [Firma]

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

4 2



VISTA PERFIL 1+180 A 1+460



Escala: 1:1000
 Fecha: 12/05/2018
 Proyecto: PROYECTO DE DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEALA CRODEVA A
 UBICACION: ALDEALA, SAN JOSE DEL GOLFO
 Contenido: PLANTA PERFIL
 Hoja: 12 de 55
 Autor: [Signature]
 Revisor: [Signature]
 Aprobado: [Signature]
 Fecha: 12/05/2018

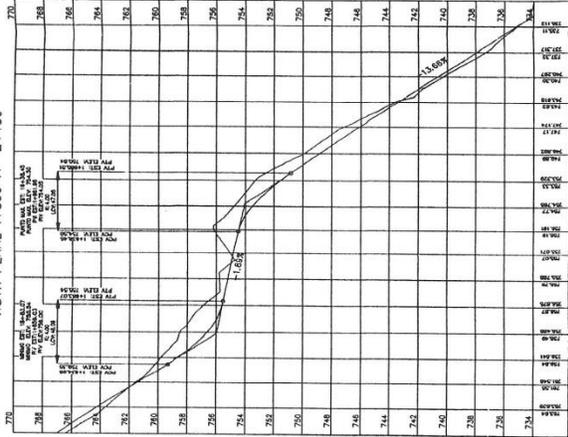
ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PLANTA PERFIL
 ESCALA VERTICAL: 1:130
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1300

E.P.S.
 PROYECTO DE DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEALA CRODEVA A
 UBICACION: ALDEALA, SAN JOSE DEL GOLFO
 CONTENIDO: PLANTA PERFIL
 Hoja: 12 de 55
 Autor: [Signature]
 Revisor: [Signature]
 Aprobado: [Signature]
 Fecha: 12/05/2018



VISTA PERFIL 1+800 A 2+100



MONTE LINDA, República de Colombia, 1977. Escala: 1:10000.000

MONTE LINDA, República de Colombia, 1977. Escala: 1:10000.000

MONTE LINDA, República de Colombia, 1977. Escala: 1:10000.000

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PLANTA PERFIL
 ESCALA VERTICAL: 1:150
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1500

E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLETA A BARRIAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: PLANTA PERFIL

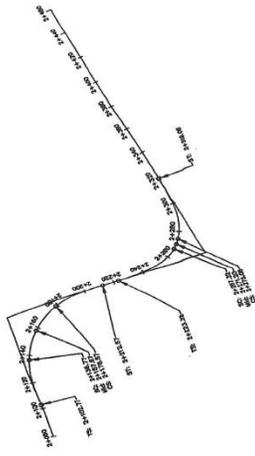
FECHA: 14/05/2018

PLANO: 14

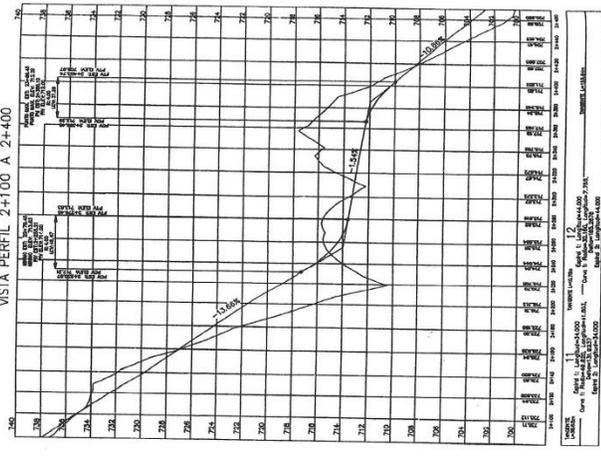
NO. DE DISEÑO: 65

FORMA: DEL PERFORADOR

NO. DE PERFORADOR: _____



VISTA PERFIL 2+100 A 2+400



ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PLANTA PERFIL
 ESCALA VERTICAL: 1:130
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1300

E.P.S.

PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A
 ABULLA SAN JOSÉ DEL GOLFO

ESCALA: FECHA: 15/05/2015
 INICIA: 15/05/2015

UBICACION: ABULLA SAN JOSÉ DEL GOLFO

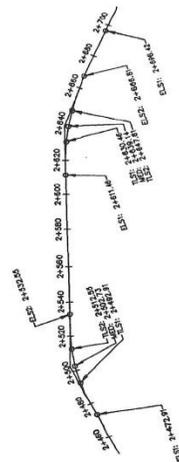
CONTENIDO: PLANTA PERFIL

ELABORADO: [Firma]

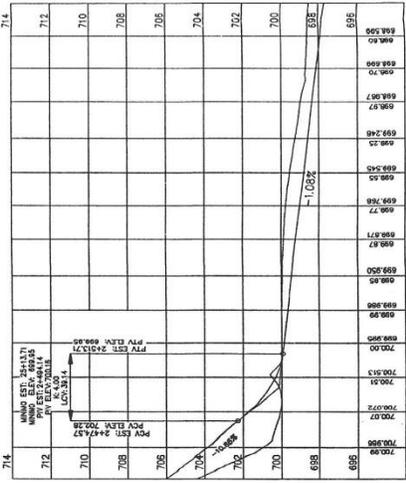
REVISADO: [Firma]

PROYECTADO: [Firma]

APROBADO: [Firma]



VISTA PERFIL 2+460 A 2+700



ALINEAMIENTO HORIZONTAL

1.7	TANGENTE	1.4	1.4
Curva 1: Longitud=20.000	L=18.5m	Espejo 1: Longitud=18.000	L=25.0m
Curva 2: Longitud=8.840		Espejo 2: Longitud=17.321	
Espejo 1: Longitud=20.000		Espejo 3: Longitud=19.000	

PLANTA PERFIL
 ESCALA VERTICAL: 1:200
 ESCALA HORIZONTAL: 1:2000

EPS

INSTITUCIÓN: EMPRESA NACIONAL DE FERROCARRILES

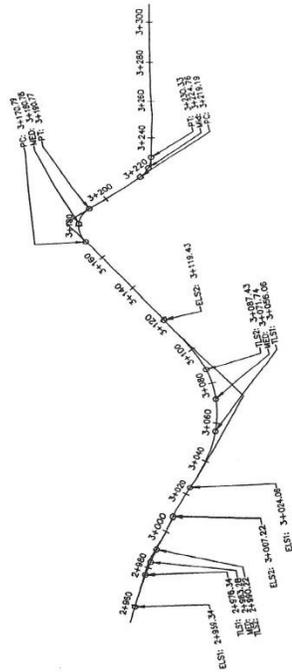
PROYECTO: FERROVIA DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A JABUAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: PLANTA PERFIL

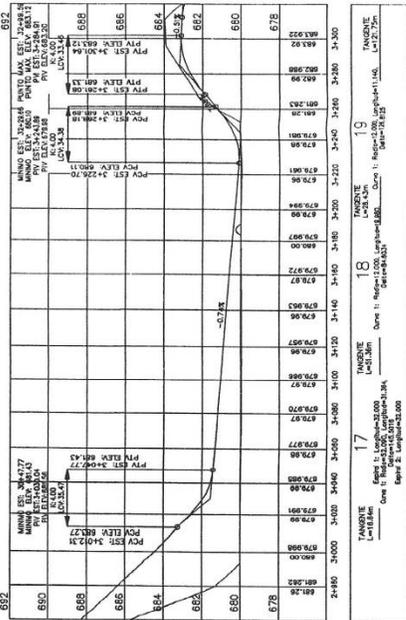
ESCALA: FECHA: 16/03/18
 INDICADA: 1018

NO. PLAN: 16/03/18

ELABORADO: ING. ESTEBAN ACEP
 DIBUJADO: ING. ESTEBAN ACEP



VISTA PERFIL 2+980 A 3+300



ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PLANTA PERFIL
 ESCALA VERTICAL: 1:200
 ESCALA HORIZONTAL: 1:2000

E.P.S

PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A
 LOCAL SAN JOSE DEL GOLFO

UBICACION: ALDEA LA CHOLENA, SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: PLANTA PERFIL

ESCALA: FECHA: JULIO 2018
 INDOCA

PLANO No. 18 65

DISEÑO: NO ENTREGADO
 DIBUJO: NO ENTREGADO

DIAGRAMA DE MASAS

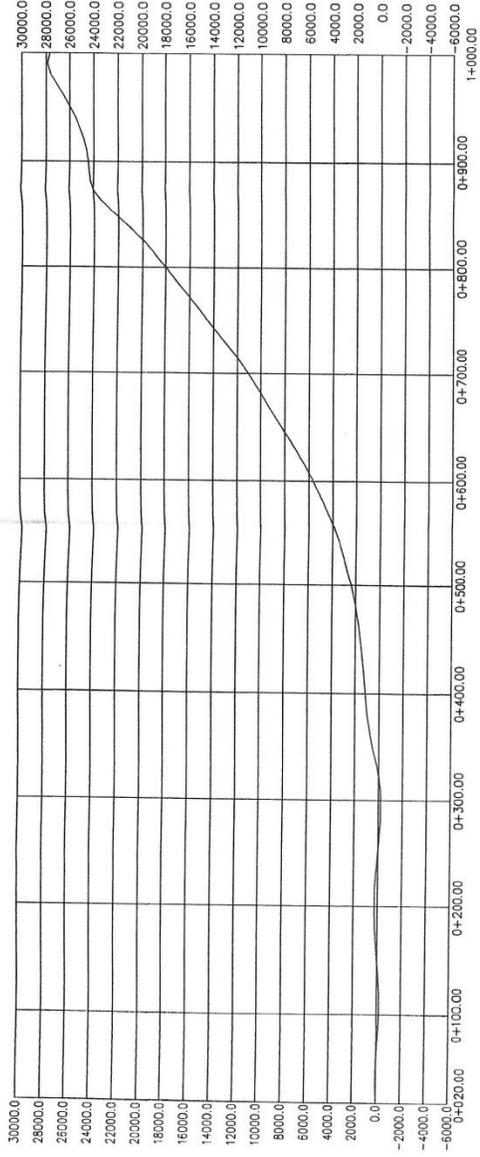


DIAGRAMA DE MASAS

ESCALA VERTICAL: 1:3200
 ESCALA HORIZONTAL: 1:160000

E.P.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN PAVIMENTOS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A
 LA ESTACION 0+000.00 DEL GRUPO

CONTENIDO:
 DIAGRAMA DE MASAS

FECHA: JULIO 2018
 ESCALA: INDICADA

PLANO No. 10 65

PROFESOR: ING. ESTEBAN RIVERA
 ALUMNO: ING. ESTEBAN RIVERA

DIAGRAMA DE MASAS

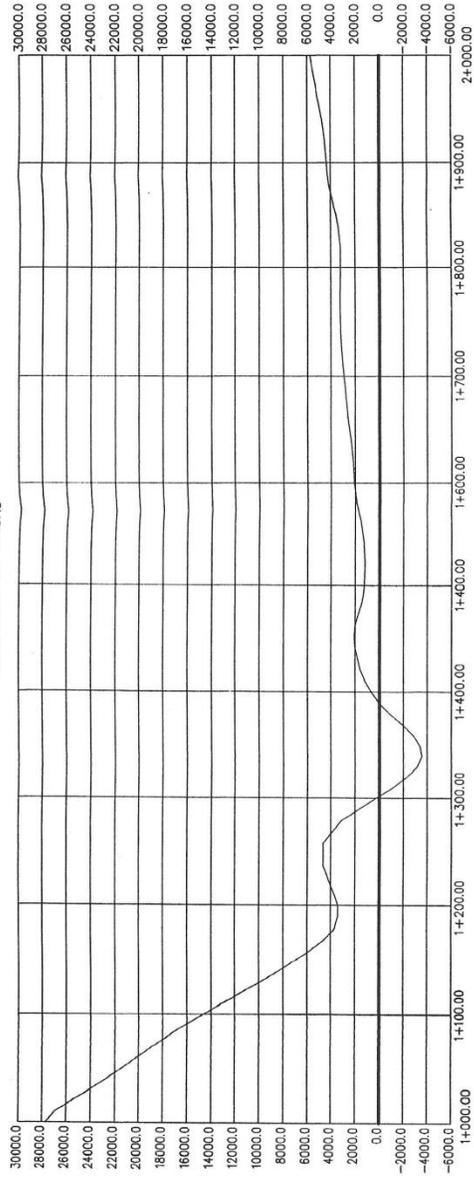


DIAGRAMA DE MASAS

ESCALA VERTICAL: 1:3200
 ESCALA HORIZONTAL: 1:160000

E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A CABALLA SAN JOSE DEL GOLFO

UBICACION: ALDEA LA CHOLENA, SAN JOSE DEL GOLFO

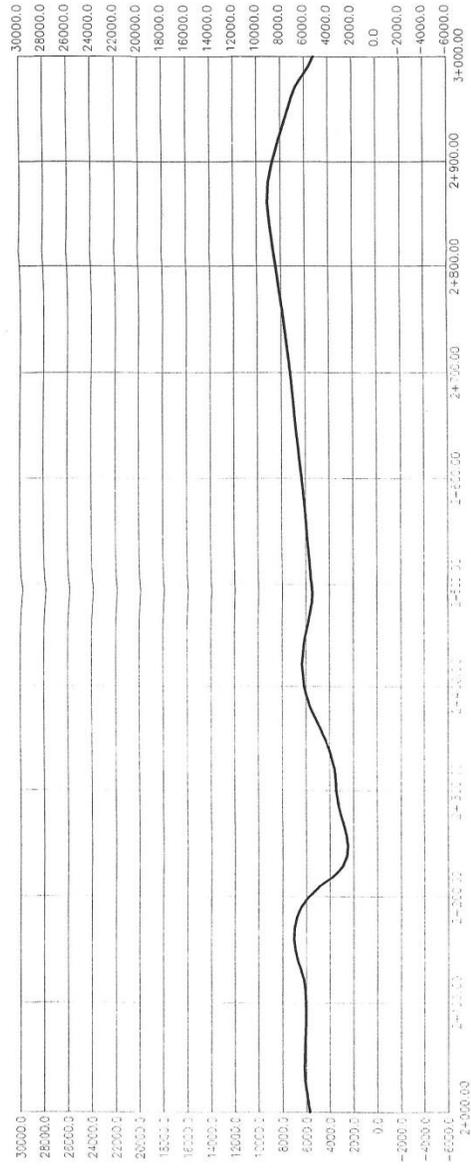
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MASAS

ESCALA: 1:3200
 FECHA: 2018

PLANO: 21
 DE: 65

ELABORADO: [Signature]
 DIBUJO: [Signature]

CONTINUA EN LA PAGINA SIGUIENTE



EPS	ESCALA:	FECHA:
	medida	2018
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A JAQUEL, SAN JOSE DEL GOLFO		
CONTENIDO: PROGRAMA DE MAQUINARIAS		
FECHA DE ELABORACION:	FECHA DE APROBACION:	FECHA DE EJECUCION:
ELABORADO POR:	APROBADO POR:	FECHA DE EJECUCION:

CONTINUA EN LA PAGINA SIGUIENTE

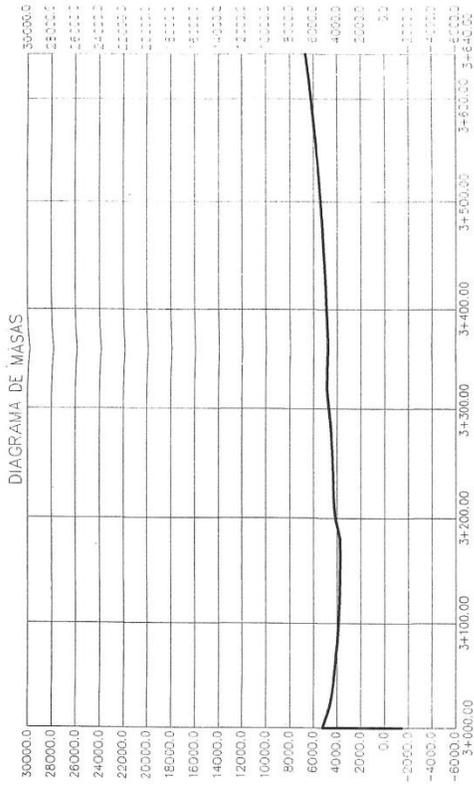
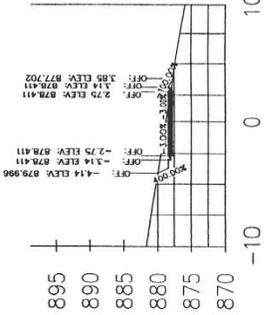


DIAGRAMA DE MASAS

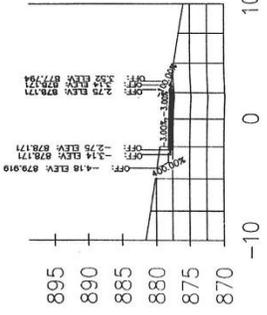
ESCALA VERTICAL: 1:3200
 ESCALA HORIZONTAL: 1:160000

EPS	ESCALA	FECHA
	INDICADA	INDICADA
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA GIOLEMA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO		
INSTITUCIÓN: SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO: DIAGRAMA DE MASAS		FOLIO: 23 DE: 65
INGENIERO: [Firma] CARGO: [Cargo]		INGENIERO AUXILIAR: [Firma] CARGO: [Cargo]

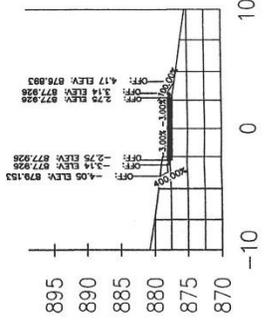
0+140.00



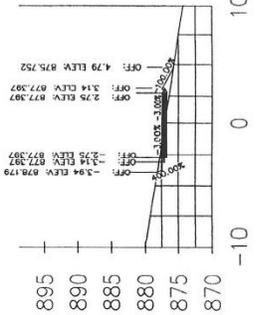
0+160.00



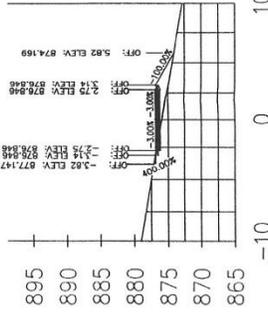
0+180.00



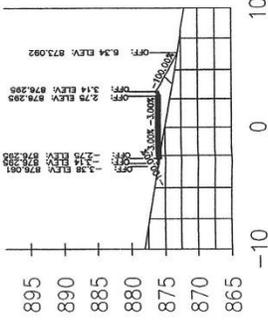
0+200.00



0+220.00



0+240.00



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

EPS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEALA CHOLENA A JABILLAN, SAN JOSE DEL GOLFO

UNIDAD: ALDEALA CHOLENA, SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: 25/05

ESCALA: 1:1142

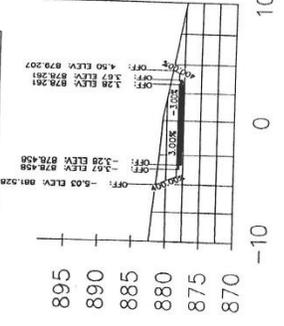
FECHA: 2018

REVISADO: [Signature]

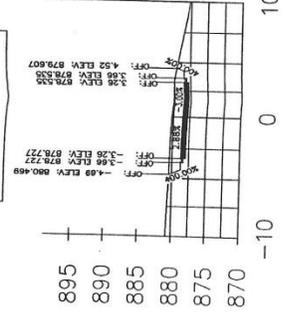
ELABORADO: [Signature]



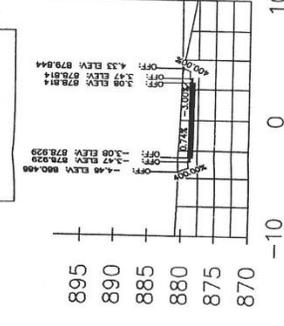
0+340.00



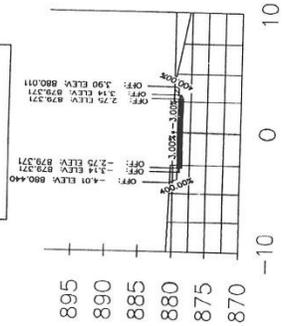
0+350.00



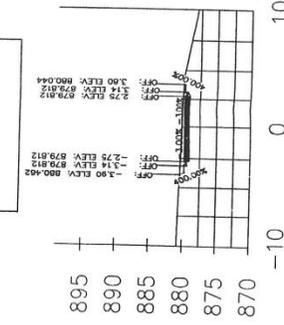
0+360.00



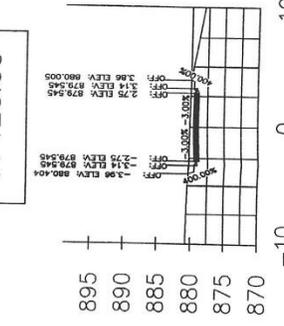
0+380.00



0+400.00



0+420.00



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA GIGLENA A
 LA ALDEA SAN JOSE DEL GOZO

UBICACION: MUNICIPIO DE SANTO ESPERIDIO

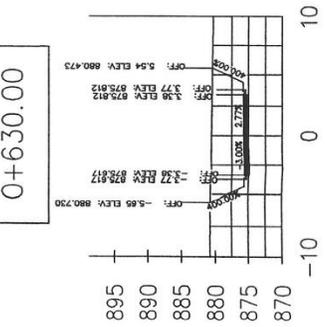
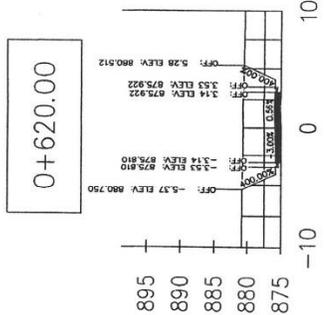
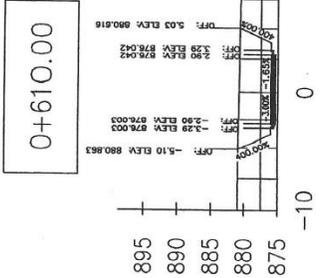
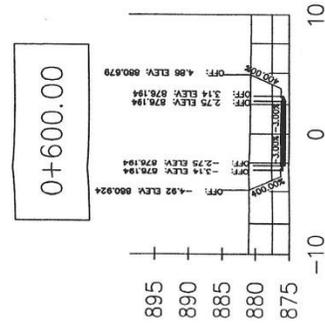
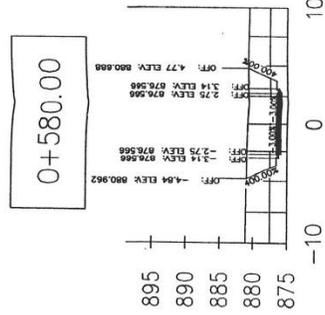
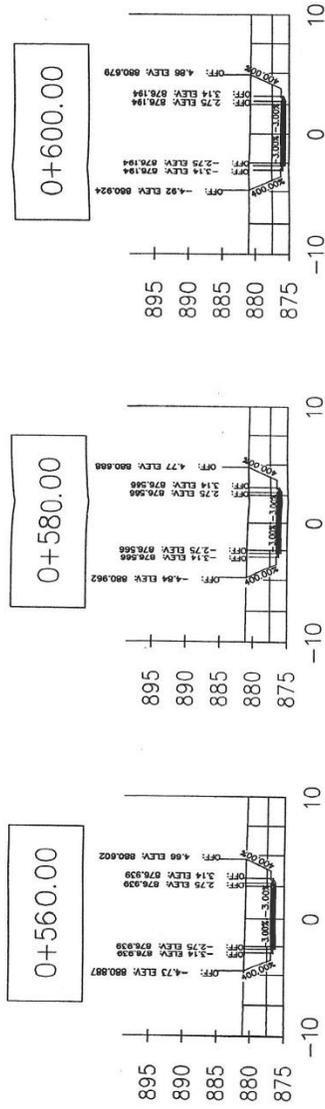
FECHA: JUNIO 2018

NO. ESTADISTICO: 37/65

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ING. ESTADISTICO: [Signature]

ING. ELECTRICIDAD: [Signature]



EPS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHILENA A
 TABALLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

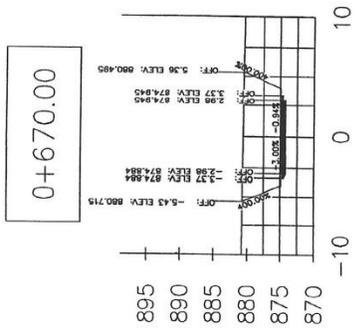
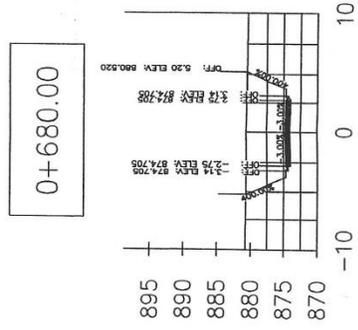
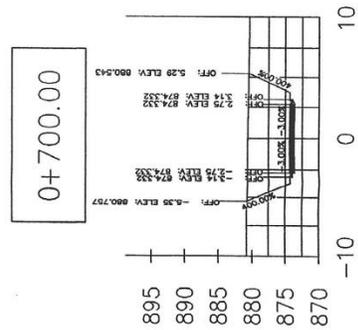
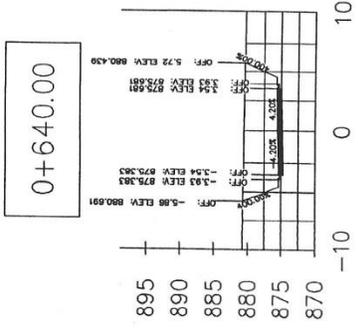
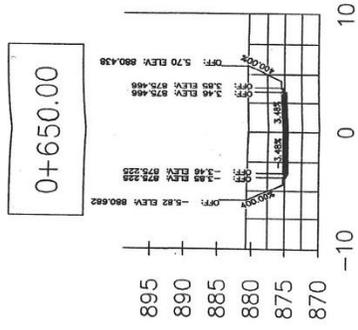
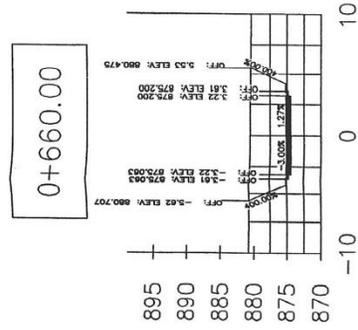
ESCALA: FECHA: INDICADA: 2018

PLANO: 29

INGENIERO: INE. ESTEBAN RIVERA
 DIBAJÓ: INE. ESTEBAN RIVERA
 DISEÑO: INE. ESTEBAN RIVERA

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE MANEJO DE ALDEA LA CIGÜENA A
MULLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

UBICACIÓN:
MULLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

Escala: 1:1142

Fecha: 10/05/2018

DISEÑO: ING. FREDY RIVERA

VERIFICADO: ING. FREDY RIVERA

Aprobado por: _____

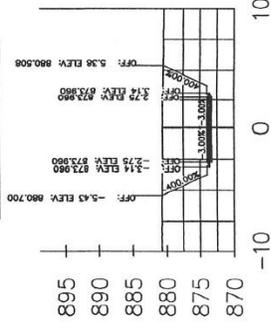
F. _____

SECCIONES TRANSVERSALES

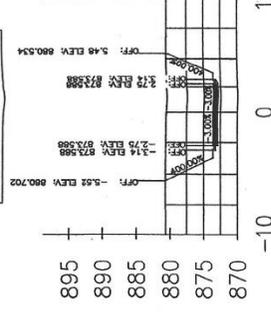
ESCALA VERTICAL: 1:1142

ESCALA HORIZONTAL: 1:285

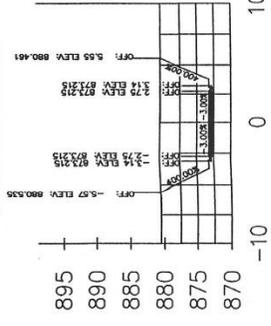
O+720.00



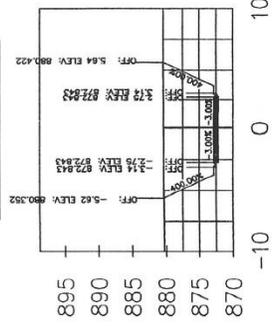
O+740.00



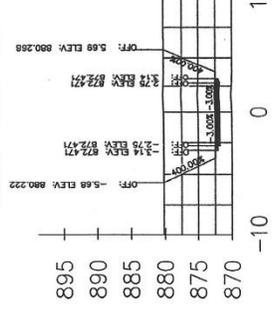
O+760.00



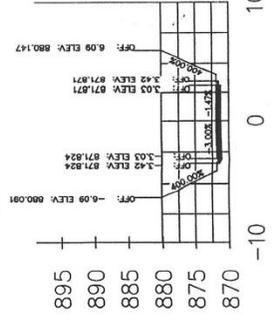
O+780.00



O+800.00



O+820.00



E.P.S.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
VICERRECTORIA DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE OBRAS
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A
MUNICIPAL SAN JOSE DEL GOLFO

ESCALA:	FECHA:
1:285	JULIO 2016
REVISOR:	PROYECTISTA:

CONTENIDO:

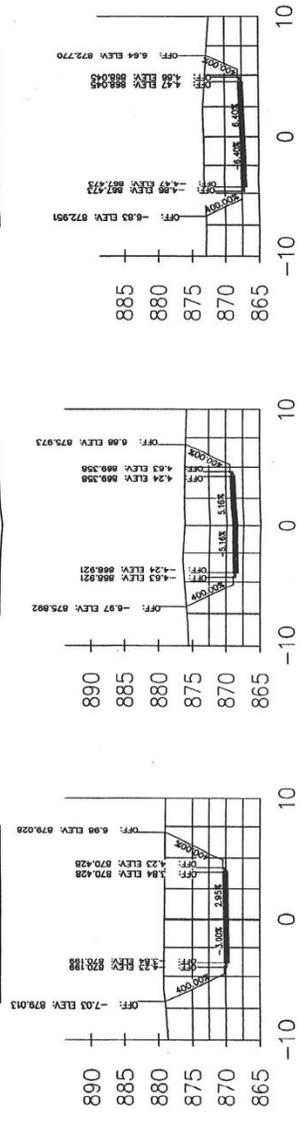
SECCIONES TRANSVERSALES	

F. F.

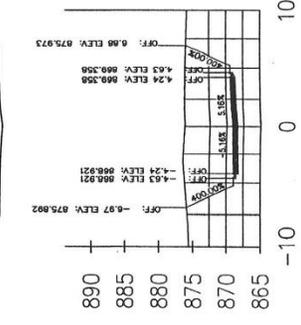
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

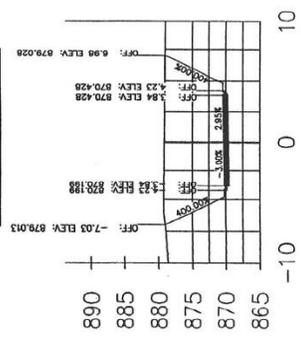
0+840.00



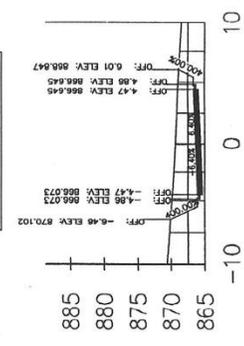
0+850.00



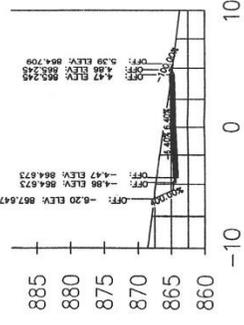
0+860.00



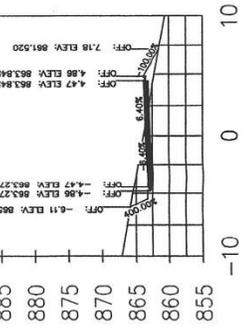
0+870.00



0+880.00



0+890.00



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

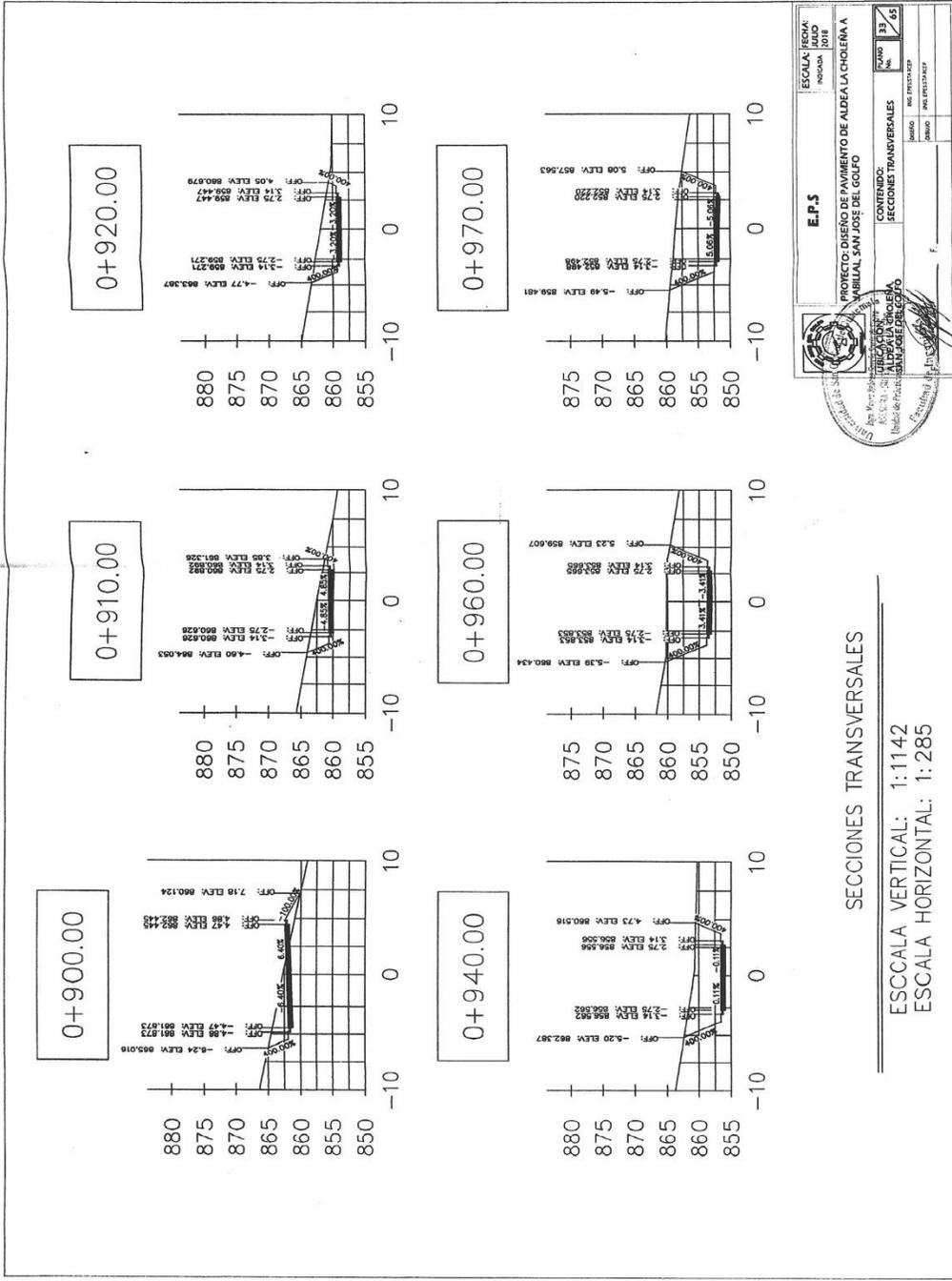
E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A CABITAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: FECHA: JUNIO 2018
HOJA: 37 DE 65

ELABORADO: [Signature]
REVISADO: [Signature]
AUTORIZADO: [Signature]



E.P.S

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A
MUNICIPAL SAN JOSE DEL GOLFO

ESCALA: FECHA: JUNIO 2018
INDICADA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

PARA: No. 65

ELABORADO: ING. FREDY TORO

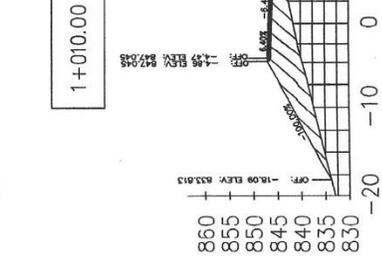
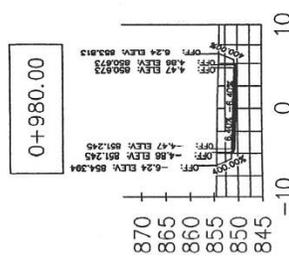
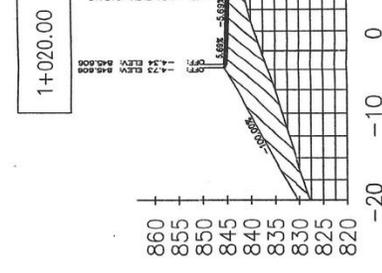
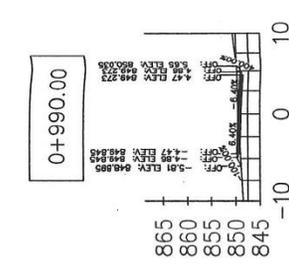
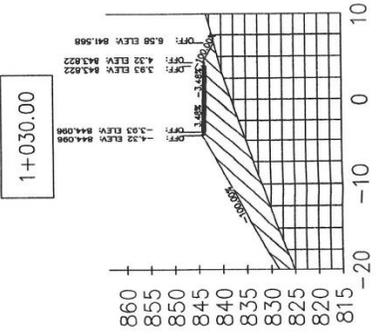
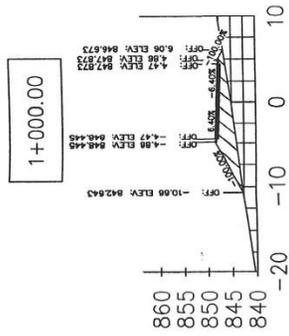
REVISADO: ING. ESTEBAN RAMÍREZ

APROBADO: F.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285



E.P.S.

ESCALA: FECHA: JULIO 2016
NOGOMA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOENA A TABALLAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

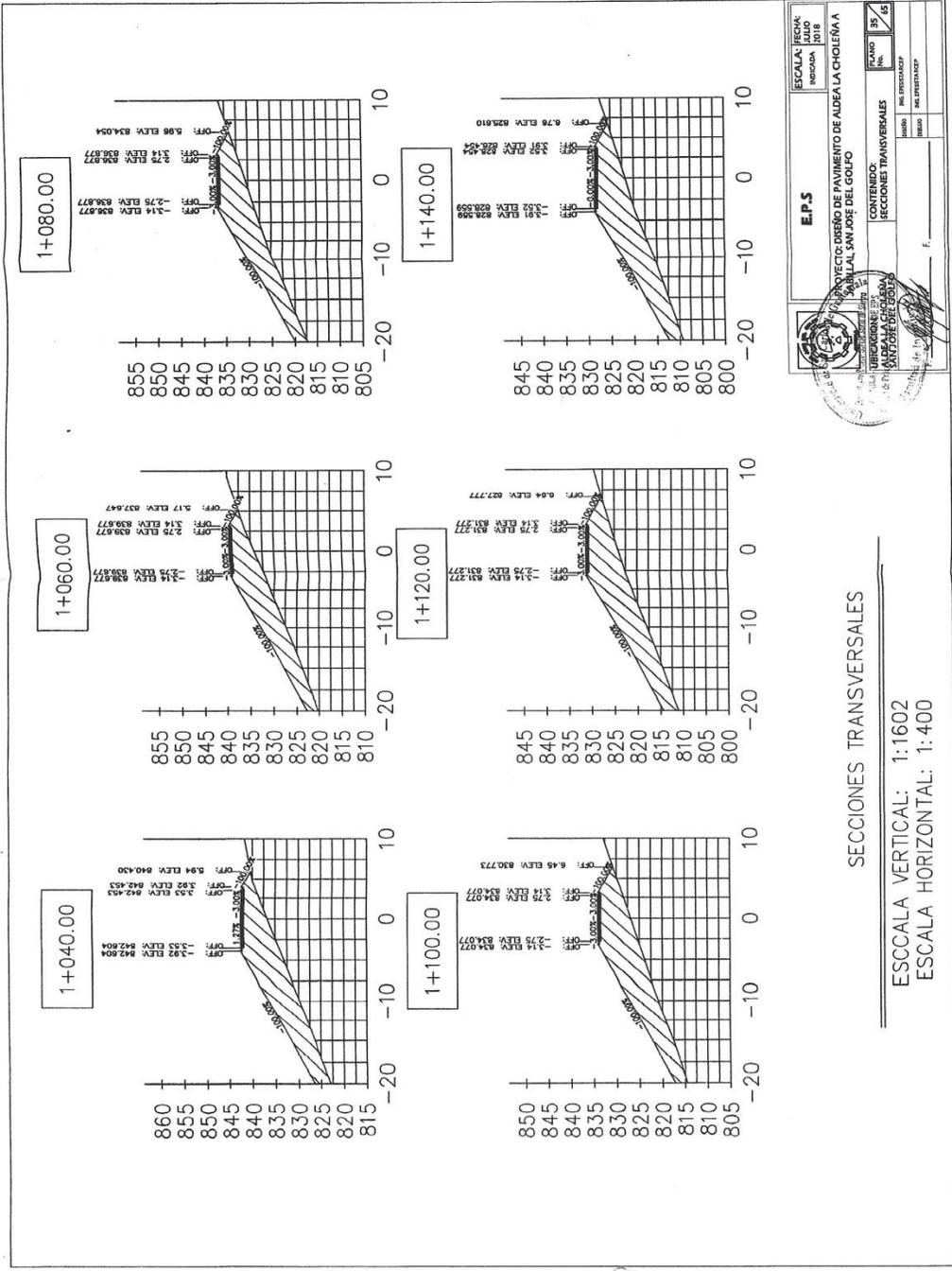
PLANO: 34
FOLIO: 65

INGENIERO: [Signature]
BO. INGENIERO: [Signature]

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1602

ESCALA HORIZONTAL: 1:400



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A SAN JUAN, SAN JOSE DEL GOLFO

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO DE LA ALDEA LA CHOLENA, SAN JOSE DEL GOLFO

FECHA: JULIO 2018

INDICADA: No

PLANO: No. 37/05

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ELABORADO: [Firma]

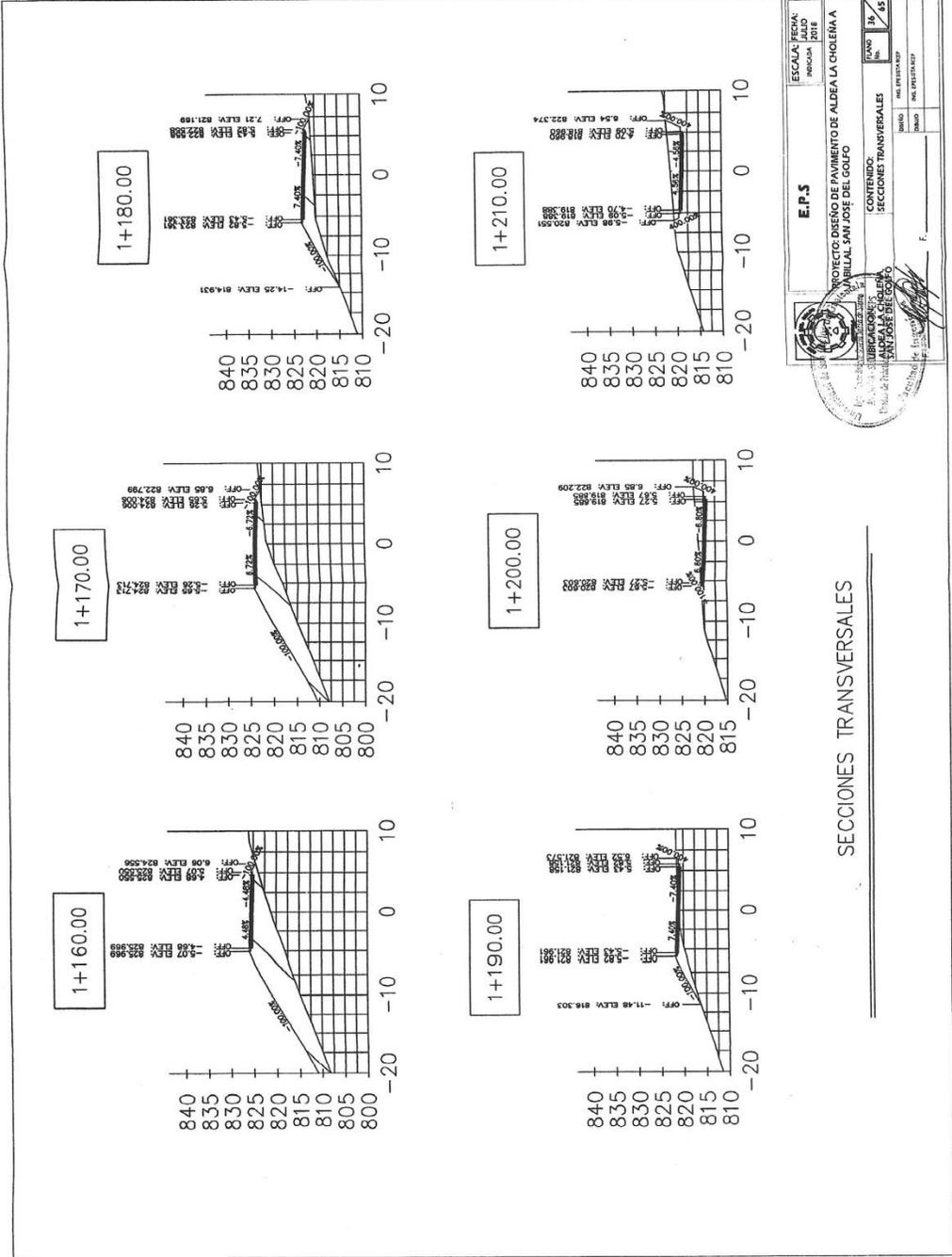
REVISADO: [Firma]

APROBADO: [Firma]

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1602

ESCALA HORIZONTAL: 1:400



SECCIONES TRANSVERSALES

E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A LA VILLA SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: FECHA: JALISCO 2016

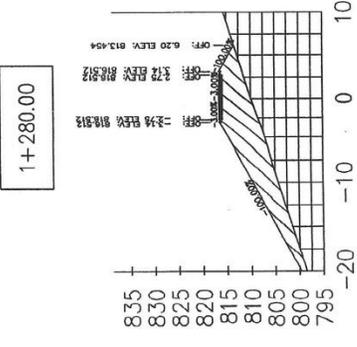
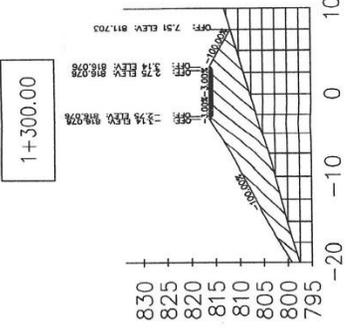
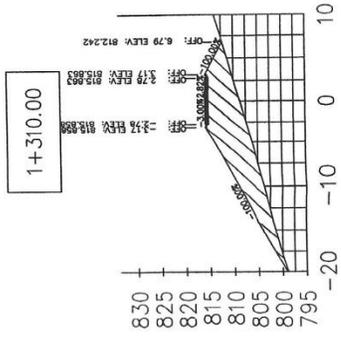
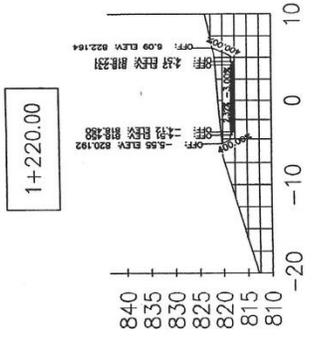
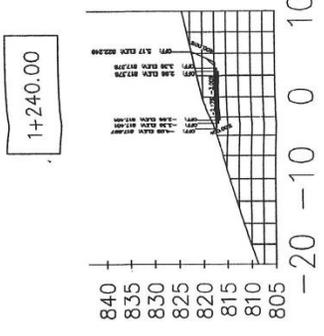
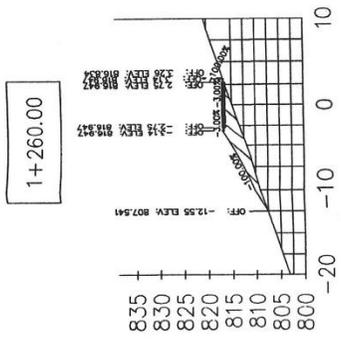
HOJA: 31 DE 65

INGENIERO: [Signature]

PROFESIONAL: [Signature]

BOLETA: [Signature]

BOLETA: [Signature]



E.P.S.

ESCALA: FECHA: JUNIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A TABIOLA SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

LIBRO: 37

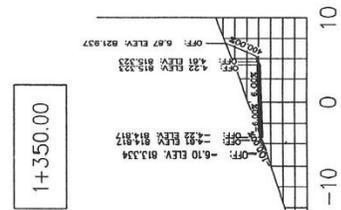
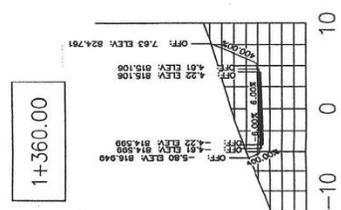
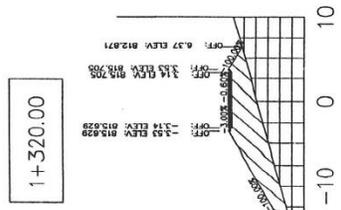
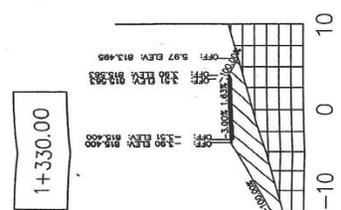
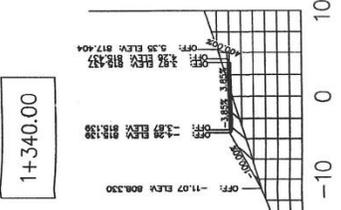
HOJA: 65

ELABORADO: [Signature]

REVISADO: [Signature]

APROBADO: [Signature]

SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285

EPS

ESCALA: 1:1142
 FECHA: JUNIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLERA A MARABALL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTRATISTA: ASOCIACION CIVIL DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

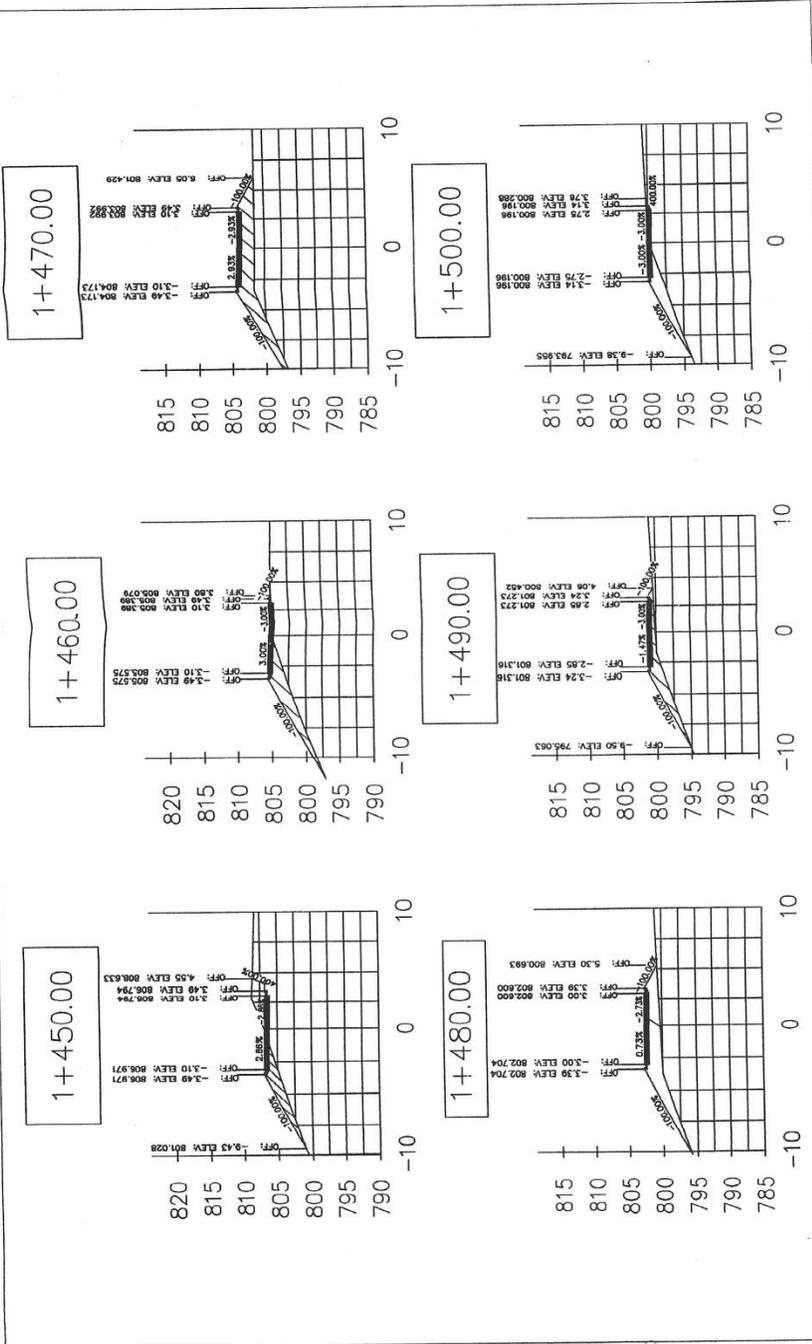
PLANO No. 38 / 65

FECHA: 18/06/2018

ELABORADO: [Signature]

REVISADO: [Signature]

APROBADO: [Signature]



E.P.S.

ESCALA: FECHA: JULIO 2018
INDICADA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEALA CHOLENA A LABALLAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO No. 40/65

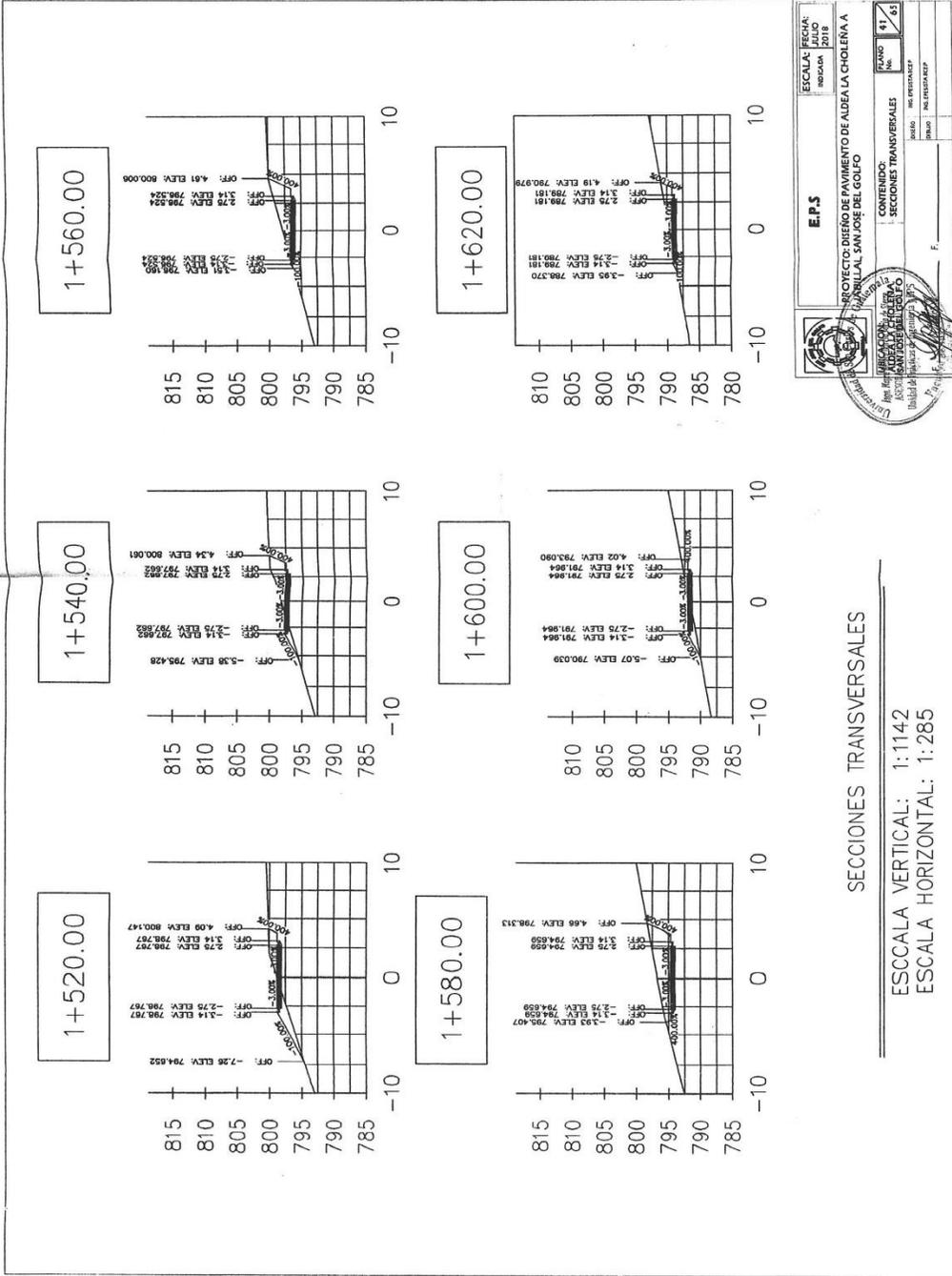
INDICACION: ALDEALA CHOLENA SAN JOSE DEL GOLFO

BOGOTÁ, D.C. 100.000.000

BOGOTÁ, D.C. 100.000.000

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:265



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

EPS

ESCALA: FECHA: JULIO 2018
INDICIA: 817

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A PARILLAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

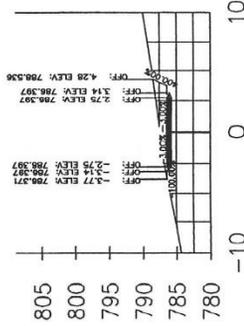
ELABORACION: [Firma]

VERIFICACION: [Firma]

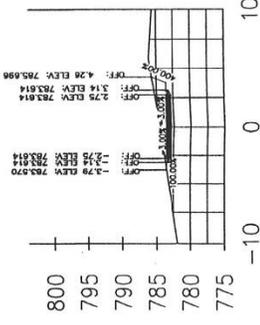
APROBACION: [Firma]

FECHA: F. _____

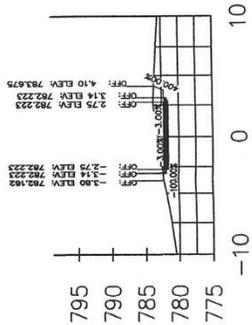
1+640.00



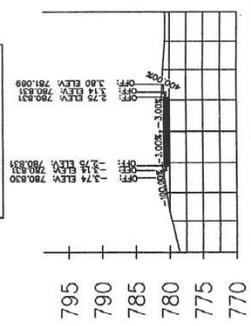
1+660.00



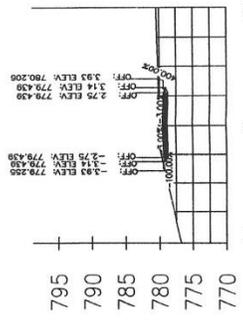
1+670.00



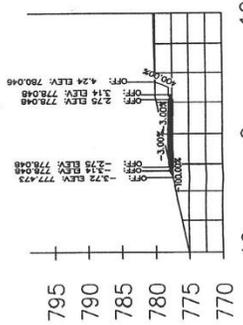
1+680.00



1+690.00



1+700.00



EPS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMIA A MANUAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

FECHA: JULIO 2018

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA No. 03 DE 05

ELABORADO: [Signature]

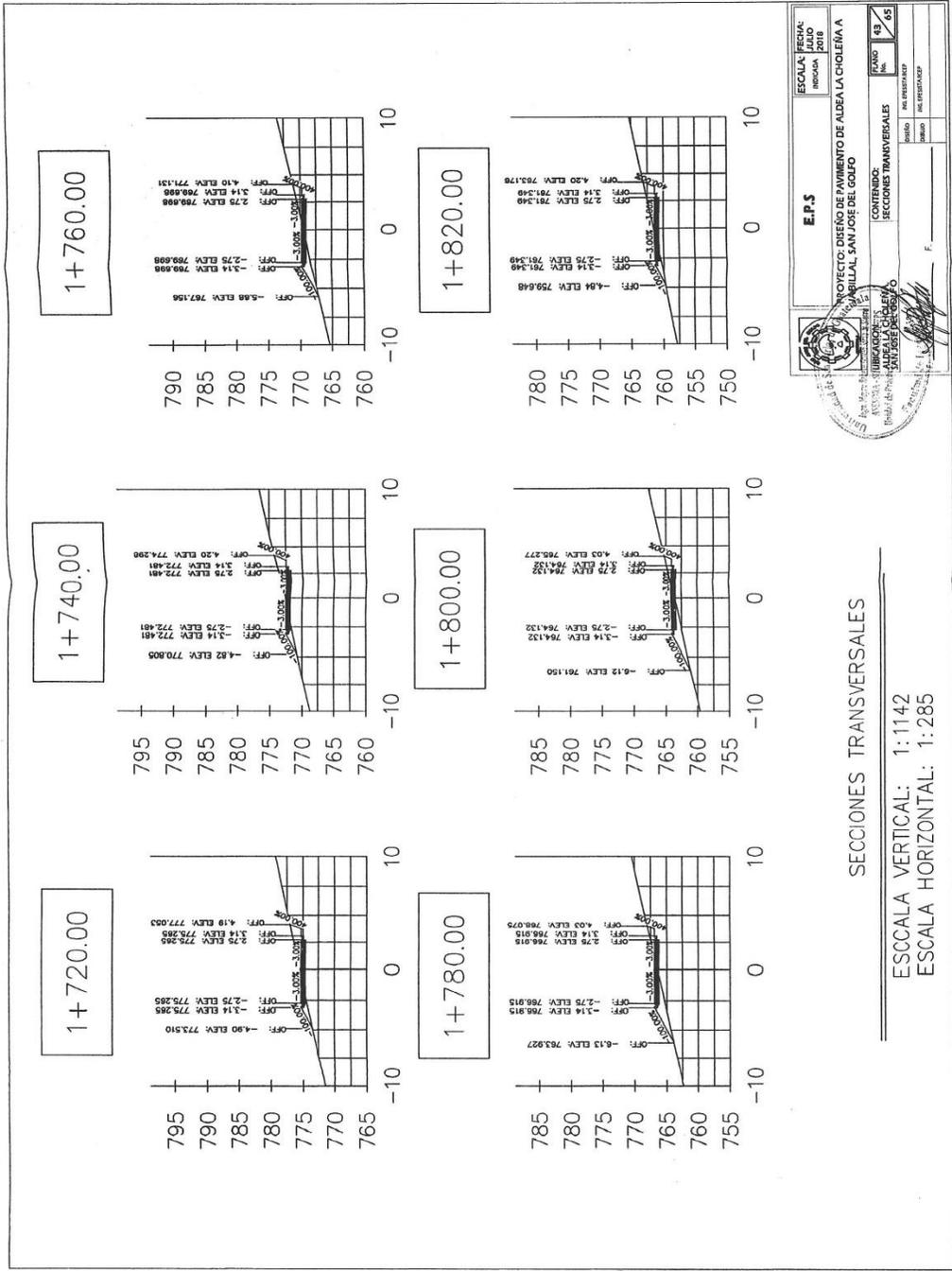
REVISADO: [Signature]

APROBADO: [Signature]

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142

ESCALA HORIZONTAL: 1:285



E.F.S

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A BARRIAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: JULIO 2018

PLANO No. 43

Hoja No. 65

INSTRUMENTOS: INCLINÓMETRO, NIVEL

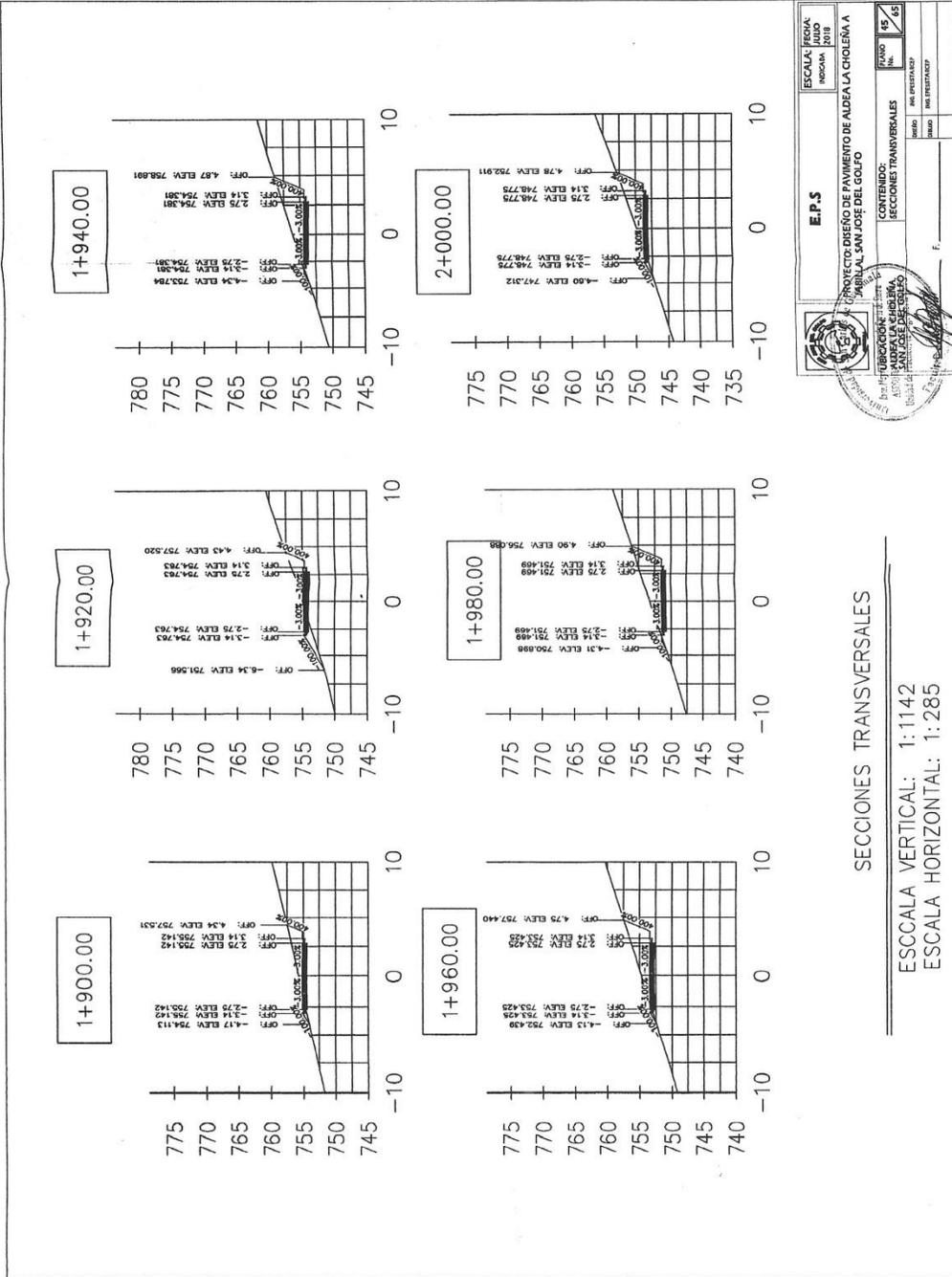
Autores: [Firma]

Revisado: [Firma]

Fecha: [Firma]

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285

E.P.S.

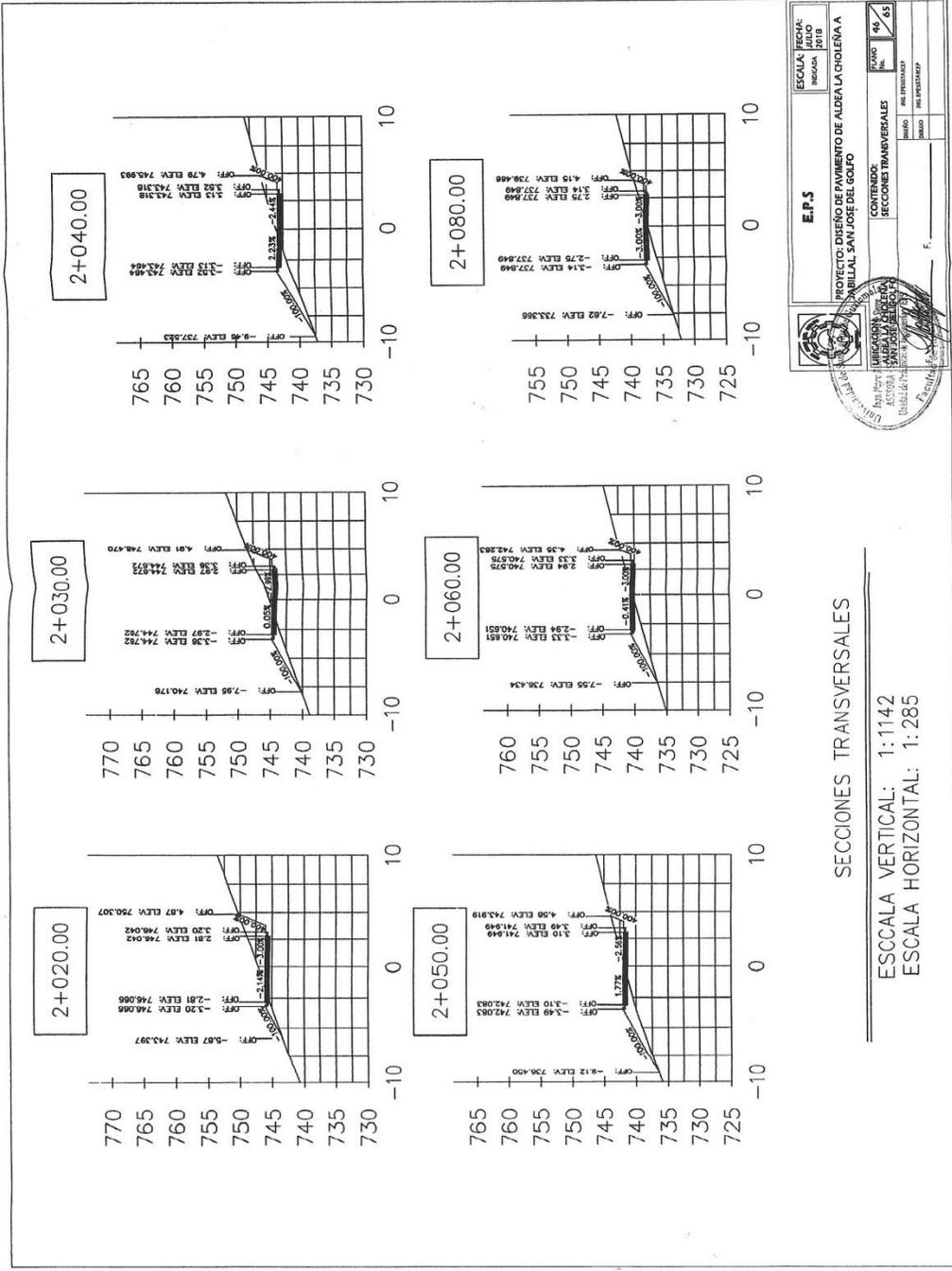
ESCALA: 1:1142
 FECHA: JUNIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A
 BARRIAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

ESTADO: 05 / 65

FECHA: 18/06/2018
 DISEÑO: 18/06/2018



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285

EPS

ESCALA: 1:1142
 FECHA: JULIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A TABILAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

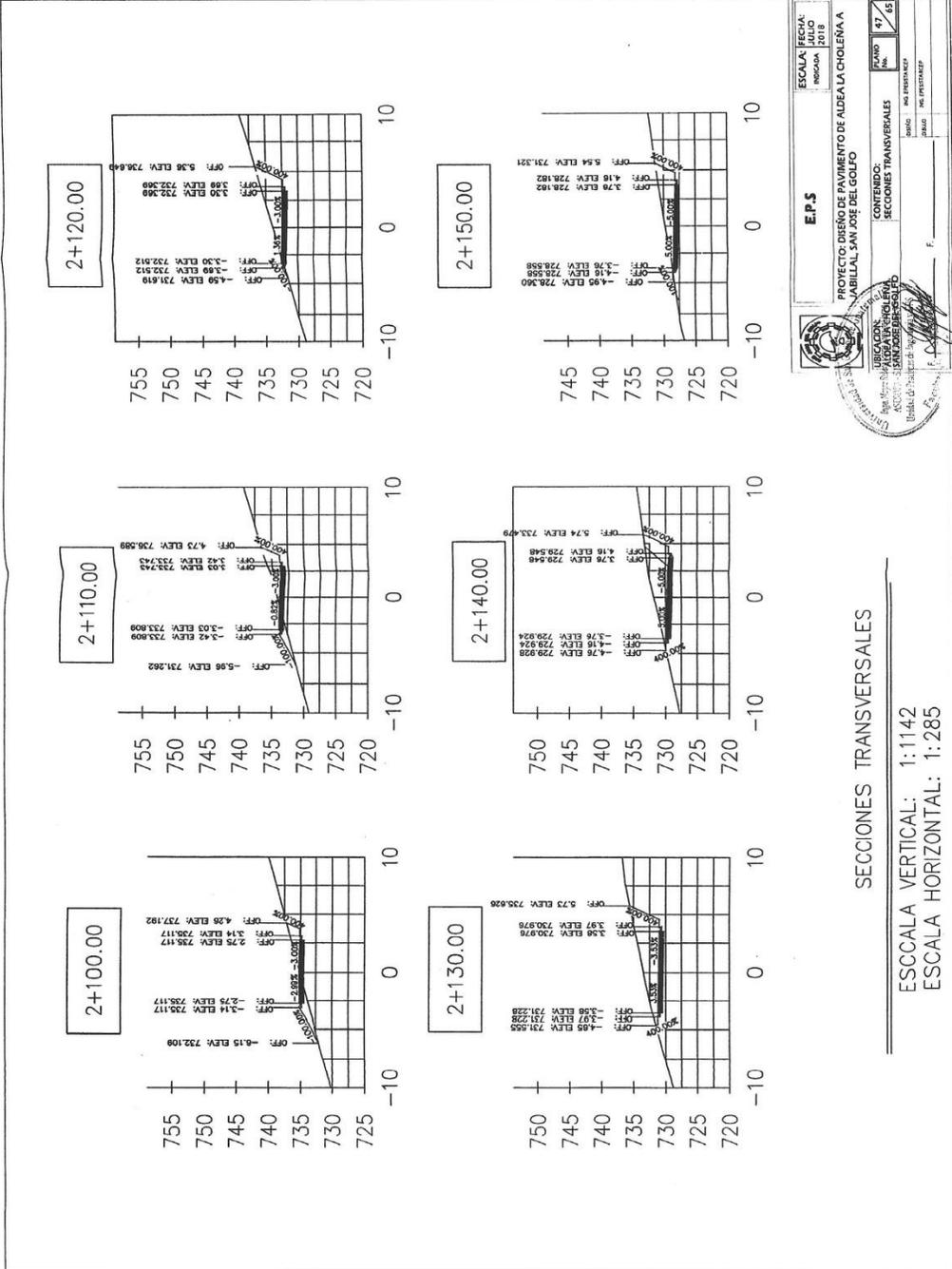
ESTADO: 45

FECHA: 14/07/2018

ELABORADO: [Signature]

REVISADO: [Signature]

APROBADO: [Signature]



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142

ESCALA HORIZONTAL: 1:285

E.P.S.

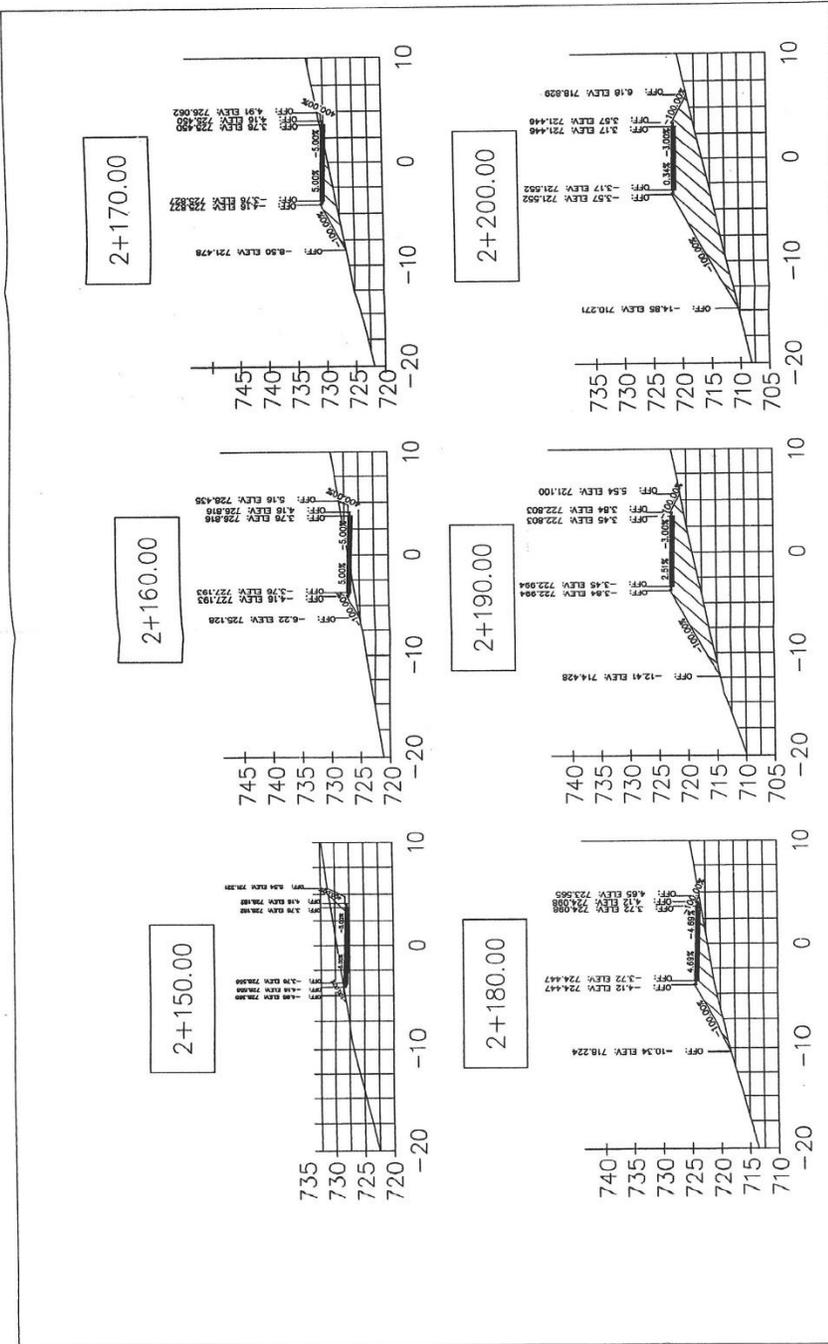
ESCALA: METRICA
 JULIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLERA A TABILLAL SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: 14/07/2018
 DISEÑADO: [Firma]
 REVISADO: [Firma]

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A VILLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTRATADO: SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO No. 08 / 05

FECHA: JUNIO 2018

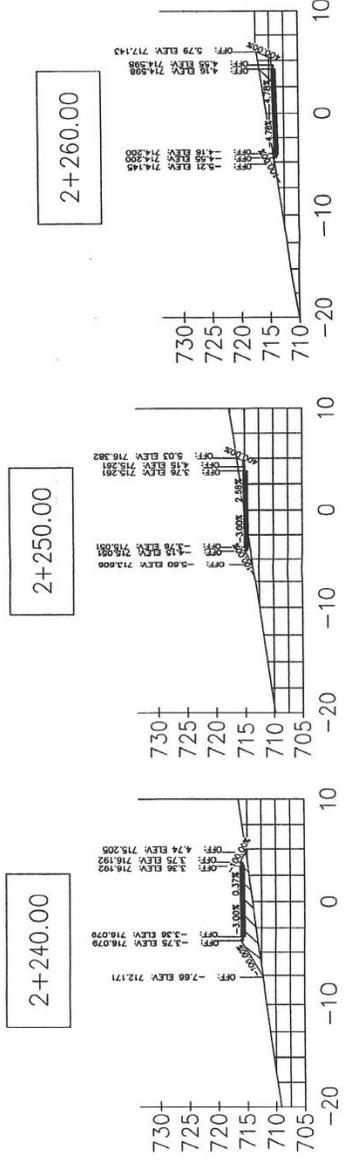
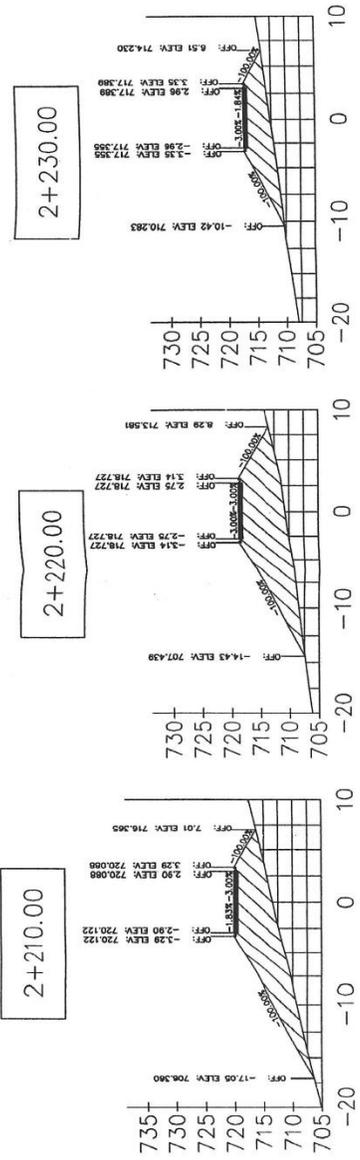
ELABORADO POR: [Signature]

REVISADO POR: [Signature]

APROBADO POR: [Signature]

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1333
 ESCALA HORIZONTAL: 1:333



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHIGLERA A TABALLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

ESCALA VERTICAL: 1:1333
ESCALA HORIZONTAL: 1:333

SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: JULIO 2018

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

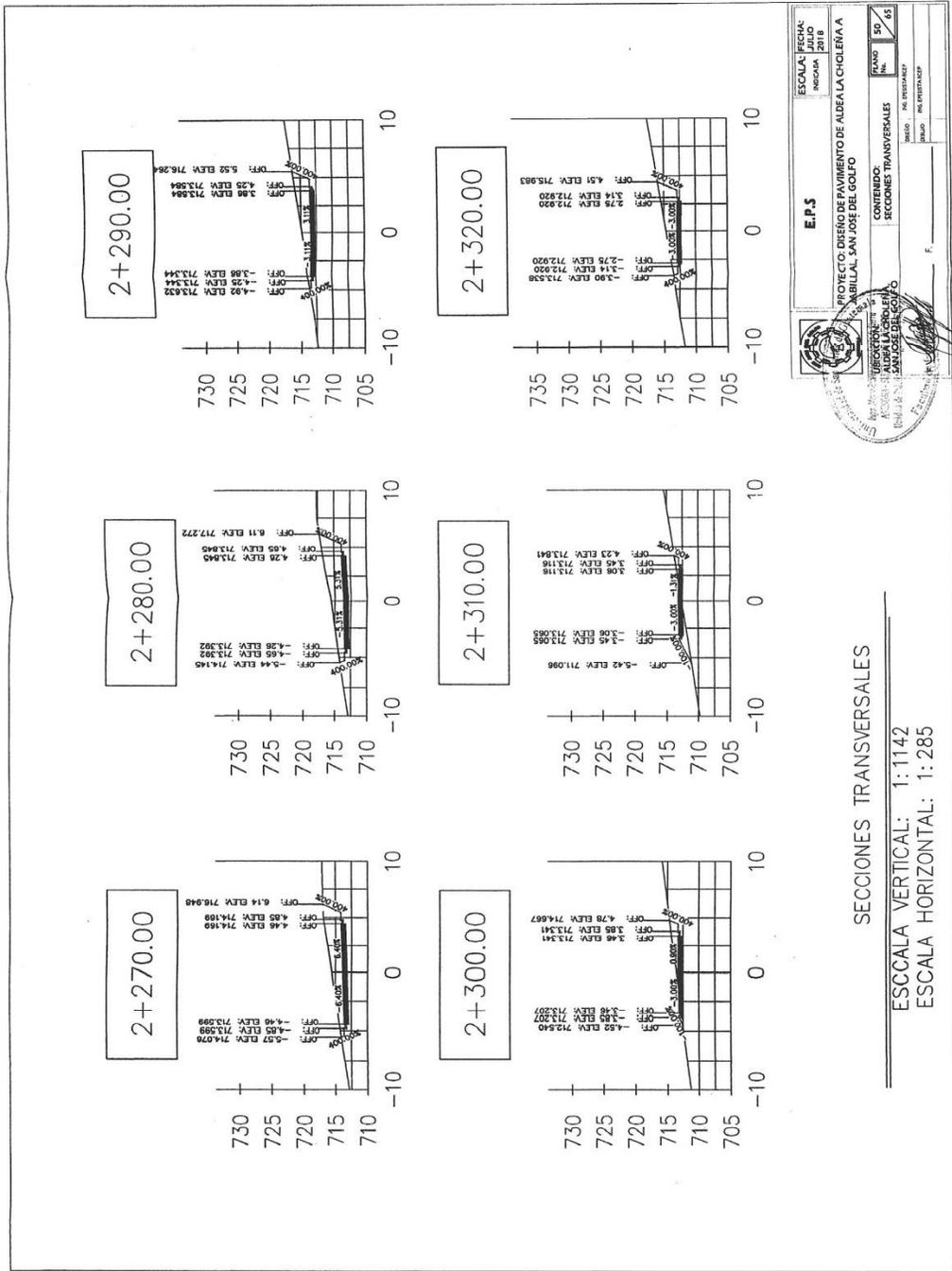
HOJA: 49 DE 65

INSTRUMENTOS: ALTA MENSURACION

PROYECTANTE: F. FERRER

REVISOR: F. FERRER

APROBADO: F. FERRER



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
 ESCALA HORIZONTAL: 1:285

ESCALA: 1:1142 VERTICAL
 1:285 HORIZONTAL
 JUNIO 2018

E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHICLERIA A ABULLAL - SAN JOSE DEL GOLFO

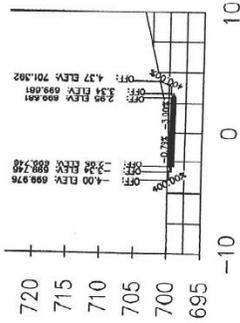
CONTENIDOS:
 ACCIONES TRANSVERSALES

HOJA: 50 DE 65

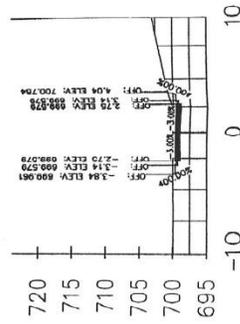
INSTRUMENTOS:
 AutoCAD 2018
 MicroStation

FECHA: F. F.

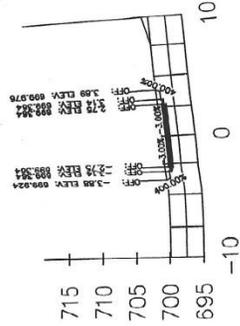
2+530.00



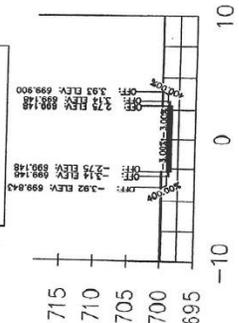
2+540.00



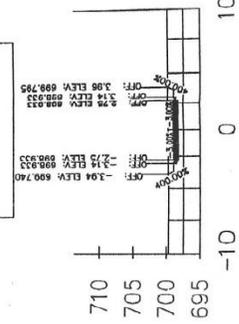
2+560.00



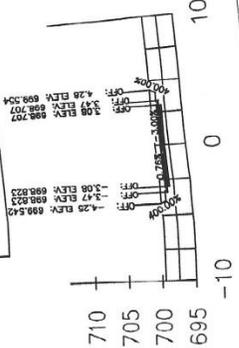
2+580.00



2+600.00



2+620.00



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CIGÜENAA
 BARRIAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

ESCALA: HORIZONTAL: 1:285
 VERTICAL: 1:1142

FECHA: 2018

INDICADA: 91/45

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

INSTRUMENTOS: NIVEL, ESTADIMETRO, TACÓMETERO

PROYECTANTE: JOSÉ DEL VALLE

REVISOR: JOSÉ DEL VALLE

APROBADO: JOSÉ DEL VALLE

ELABORADO: JOSÉ DEL VALLE

VERIFICADO: JOSÉ DEL VALLE

PROYECTANTE: JOSÉ DEL VALLE

REVISOR: JOSÉ DEL VALLE

APROBADO: JOSÉ DEL VALLE

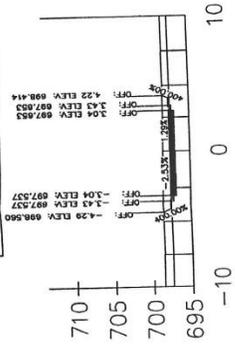
ELABORADO: JOSÉ DEL VALLE

VERIFICADO: JOSÉ DEL VALLE

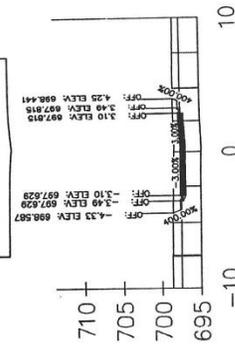
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1142
ESCALA HORIZONTAL: 1:285

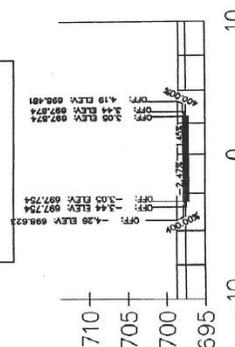
2+730.00



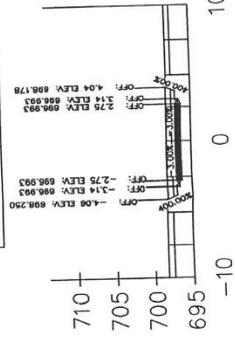
2+720.00



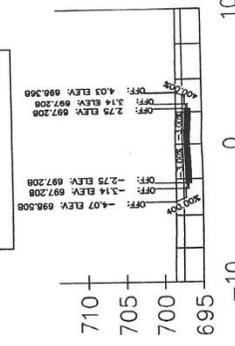
2+710.00



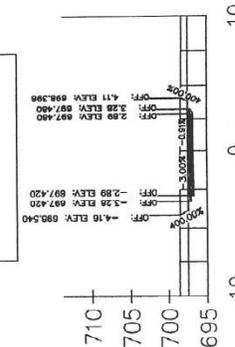
2+780.00



2+760.00



2+740.00



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLENA A JABUAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO No. 55

FECHA: JUNIO 2014

ESCALA: 1:1000

ESCALA HORIZONTAL: 1:250

SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: JUNIO 2014

PLANO No. 55

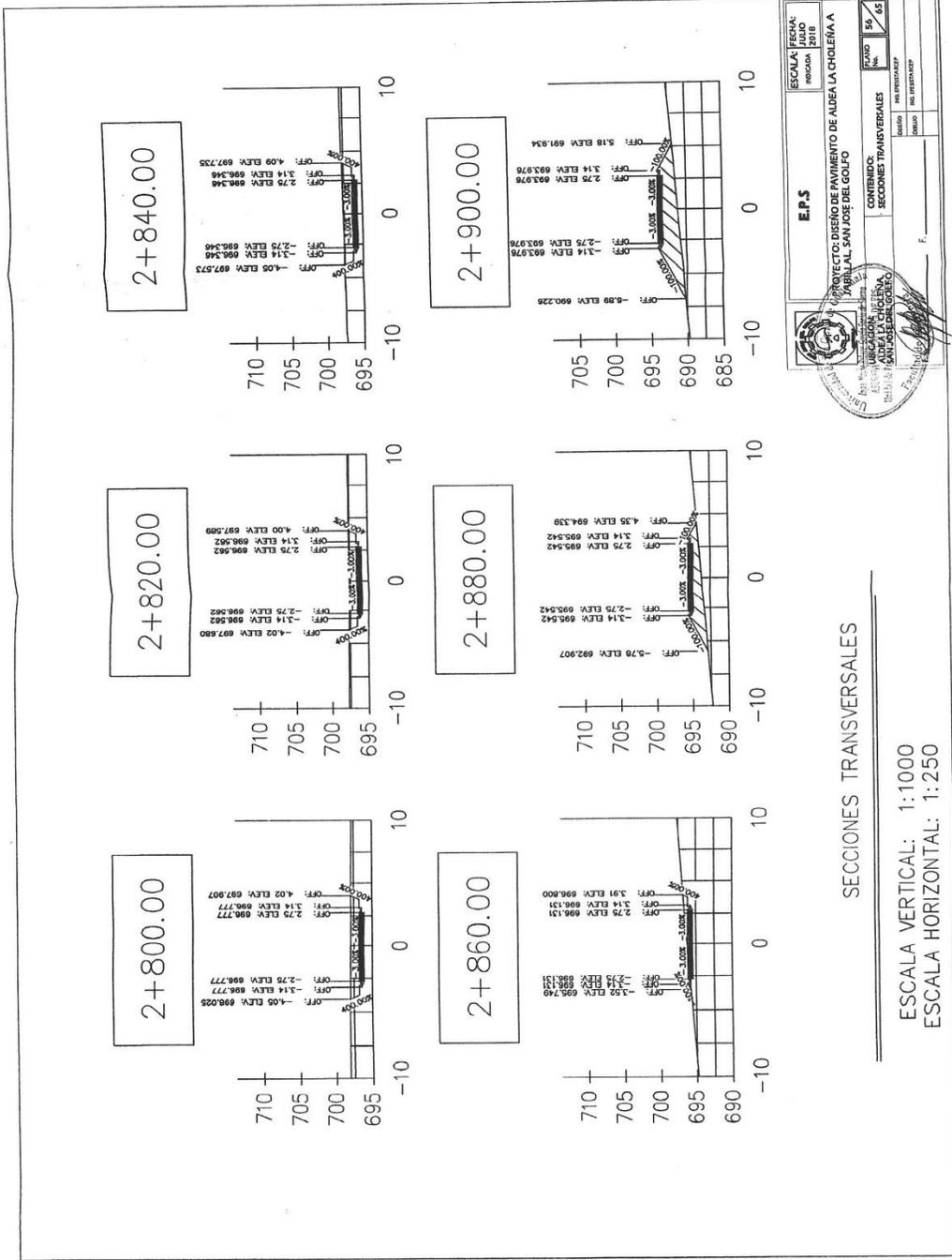
FECHA: JUNIO 2014

ESCALA: 1:1000

ESCALA HORIZONTAL: 1:250

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1000
ESCALA HORIZONTAL: 1:250



EPS

ESCALA: FECHA: JULIO 2016
 HOJA: 45

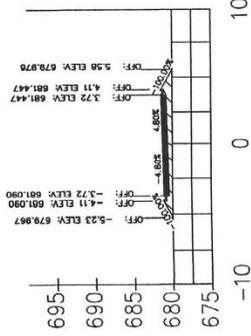
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A TABALAL SAN JOSE DEL GOLFO
 CONTRIBUCION: SECCIONES TRANSVERSALES

ESTUDIO: 100.00000000
 DISEÑO: 100.00000000

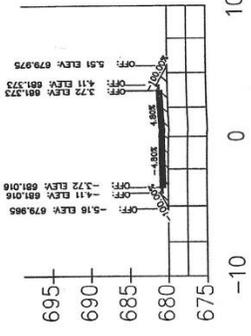
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL: 1:250

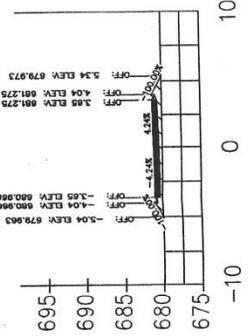
3+070.00



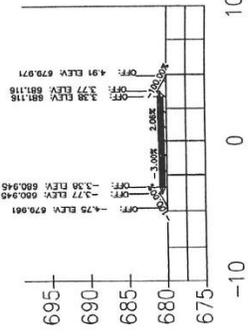
3+080.00



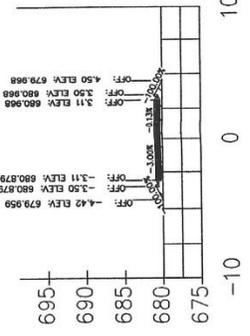
3+090.00



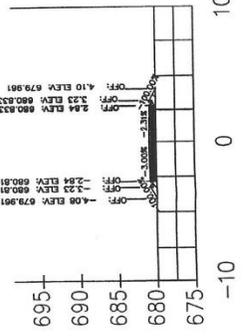
3+100.00



3+110.00



3+120.00



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEALA CHOLENA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO

FECHA: JULIO 2018

PLANO No. 59

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

UBICACION: ALDEALA CHOLENA, SAN JOSE DEL GOLFO

ASOCIACION: SUPLENTE DE INGENIERIA CIVIL

UNIDAD DE INGENIERIA DE PAVIMENTOS

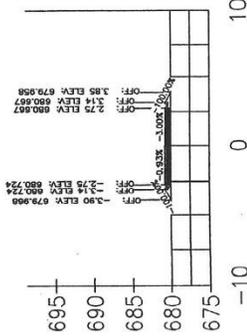
FECHA DE: F. 05

SECCIONES TRANSVERSALES

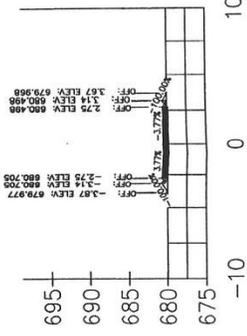
ESCALA VERTICAL: 1:1000

ESCALA HORIZONTAL: 1:250

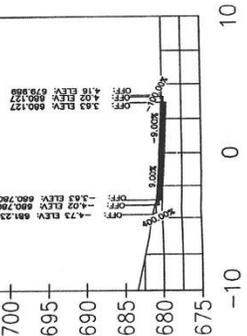
3+140.00



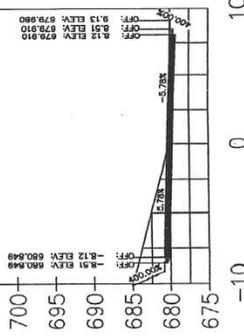
3+160.00



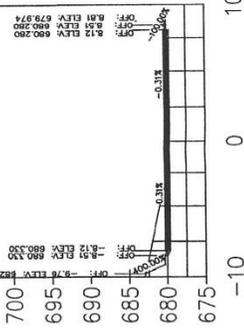
3+180.00



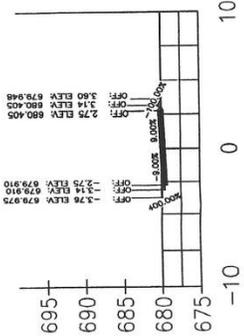
3+190.00



3+200.00

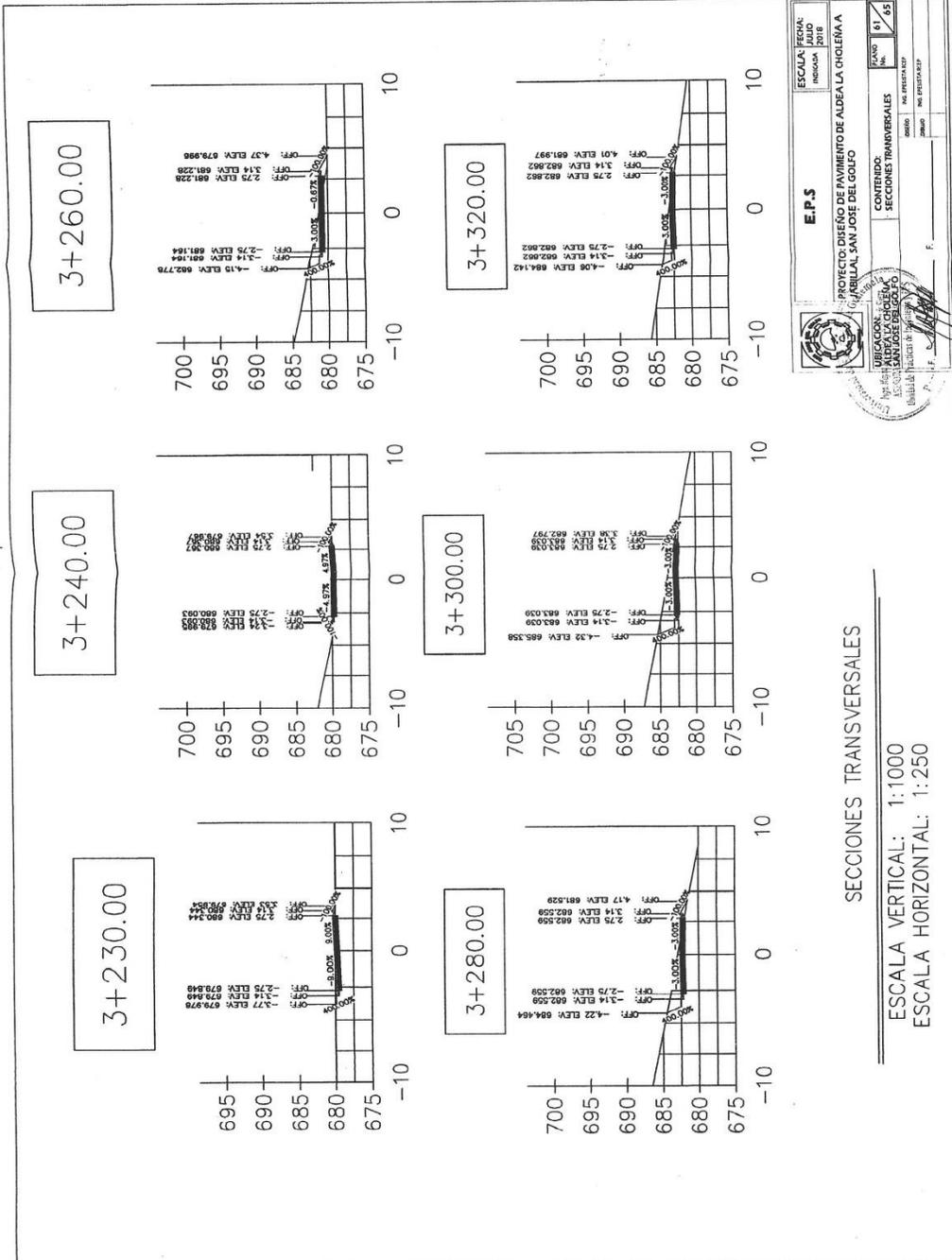


3+220.00



EPS
 ESCALA: 1:1000
 FECHA: JULIO 2018
 PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL, SAN JOSÉ DEL GOLFO
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
 FOLIO: 45
 IMPRESO: NO
 DIBUJADO: NO
 AUTORIZADO: NO

SECCIONES TRANSVERSALES
 ESCALA VERTICAL: 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL: 1:250



EPS

ESCALA: FINAL
 JUNIO
 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A
 PARILLAL SAN JOSÉ DEL GOLFO

SECCIONES TRANSVERSALES

SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA: 81
 DE: 85

FECHA: 06/06/2018

PROYECTANTE: [Signature]

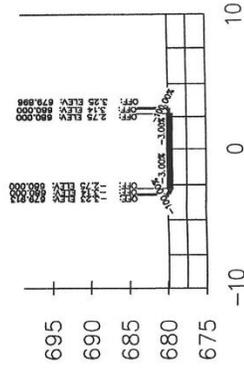
REVISOR: [Signature]

APROBADO: [Signature]

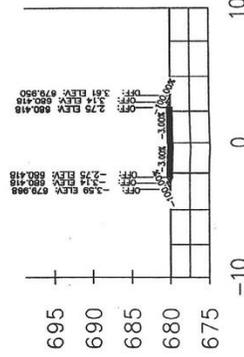
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL: 1:250

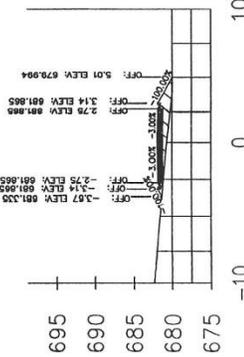
3+370.00



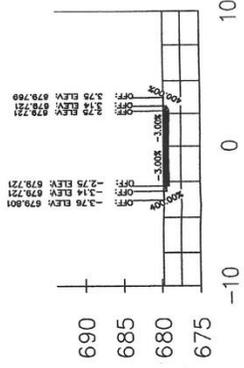
3+360.00



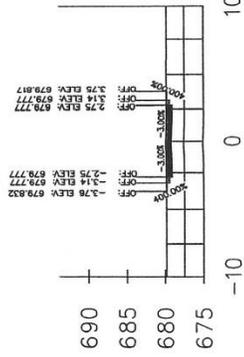
3+340.00



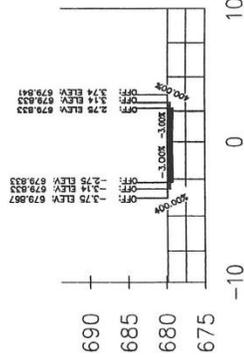
3+400.00



3+390.00



3+380.00



EPS

ESCALA: 1:1000
FECHA: JULIO 2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLERA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO

GOBIERNO REGIONAL DE SAN JOSE DEL GOLFO
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

SECCIONES TRANSVERSALES

ESTADO: EN EJECUCIÓN

FECHA: 07/07/2018

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLERA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO

GOBIERNO REGIONAL DE SAN JOSE DEL GOLFO

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

ESTADO: EN EJECUCIÓN

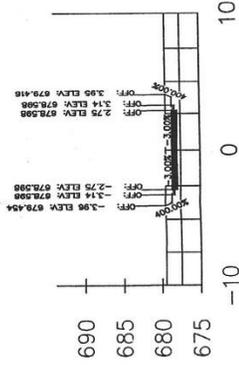
FECHA: 07/07/2018

SECCIONES TRANSVERSALES

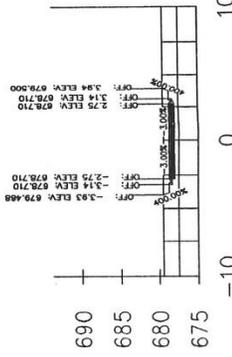
ESCALA VERTICAL: 1:1000

ESCALA HORIZONTAL: 1:250

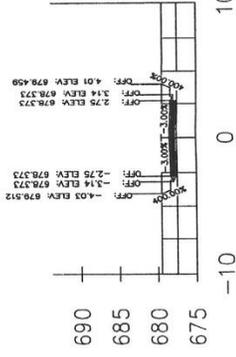
3+600.00



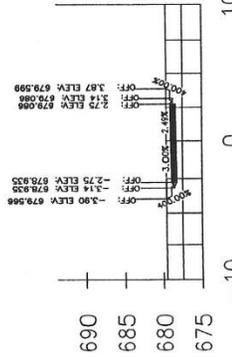
3+580.00



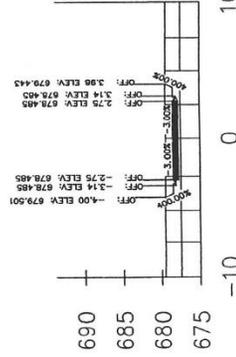
3+640.00



3+540.00



3+620.00



E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A JABILLA, SAN JOSE DEL GOLFO

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

SECCIONES TRANSVERSALES

ALDEA LA CHOLEMA, SAN JOSE DEL GOLFO

FECHA: JULIO 2018

PLANO No. 45

NO. PROYECTO: 1000

NO. ESTACION: 1000

NO. ESTACION: 1000

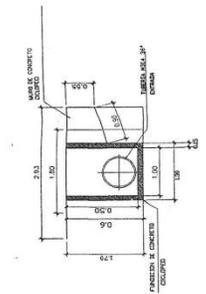
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA VERTICAL: 1:1000

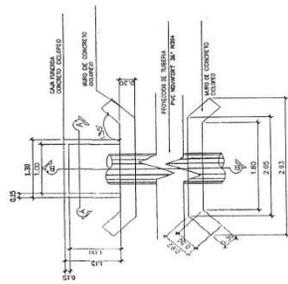
ESCALA HORIZONTAL: 1:250

**ESPECIFICACIONES TECNICAS
DRENAJE TRANSVERSAL**

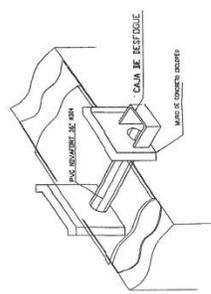
- 1.- La mezcla de concreto ciclopeo sera 1/3 de concreto (cemento:arena:pedrin) y 2/3 de piedra bola 4-6 plg. que garantice resistencia f'c 165 kg/cm2
- 2.- La tubería a utilizar sera PVC de 36" de diametro, segun norma AASHTO M304
- 3.- La profundidad minima a la que se colocara la corona de la tubería sera de 0.8 m bajo el nivel de la rasante



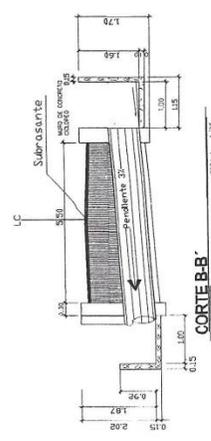
CORTE AA
ESCALA: 1:25



PLANTA
ESCALA: 1:25



ISOMETRICO DRENAJE TRANSVERSAL



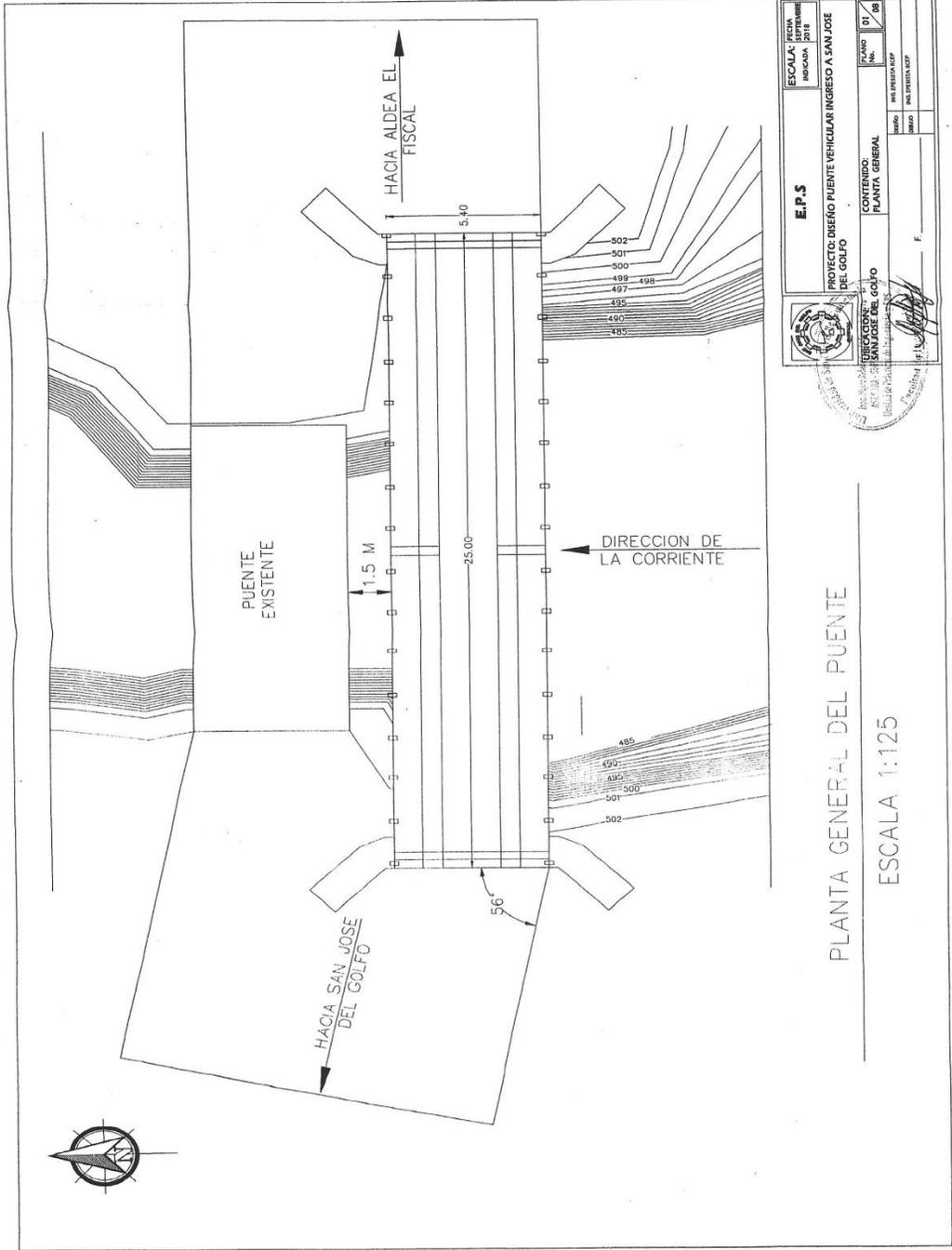
CORTE B-B
ESCALA: 1:25

DETALLES DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25

E.P.S.		ESCALA: FECHA: BOGOTÁ JULIO 2018
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEMA A JABILLAL SAN JOSE DEL GOLFO		
UBICACION: MUNICIPIO DE BOGOTÁ ASISTENTE SOCIAL UNIDAD DE PLANEACION Y F. F. F.	CONTENIDO: DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL	PLANO No. 65
		REVISADO: _____ DISEÑADO: _____ APROBADO: _____

Apéndice 8. **Planos de diseño puente vehicular de ingreso a San José del Golfo**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2016.



E.P.S.

PROYECTO: OBRERO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO

ESCALA: 1:125

FECHA: 18/08/2018

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

NO. HOJA: 01

TOTAL: 02

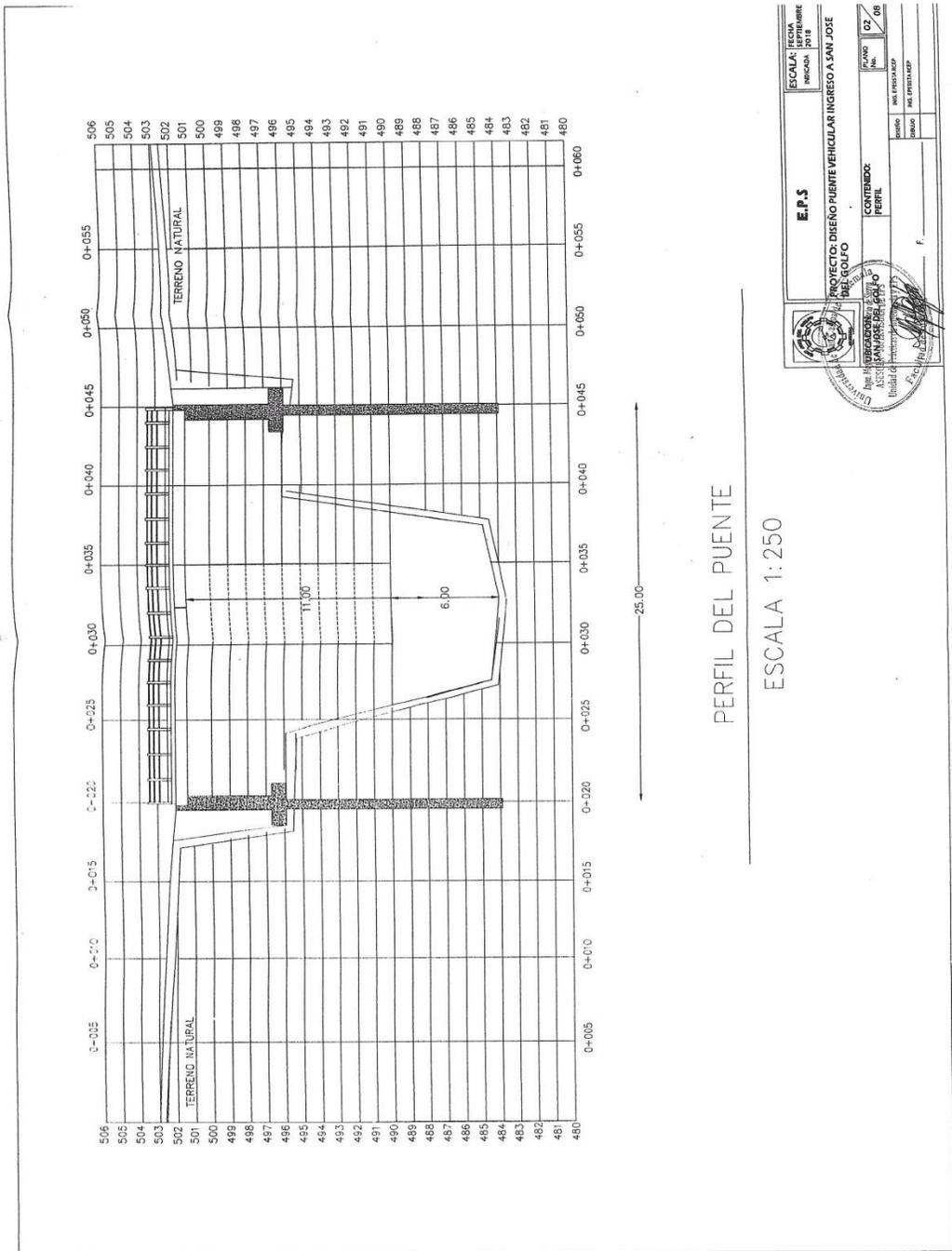
INSTRUMENTO: E.P.S.

FECHA: 18/08/2018

INSTRUMENTO: E.P.S.

PLANTA GENERAL DEL PUENTE

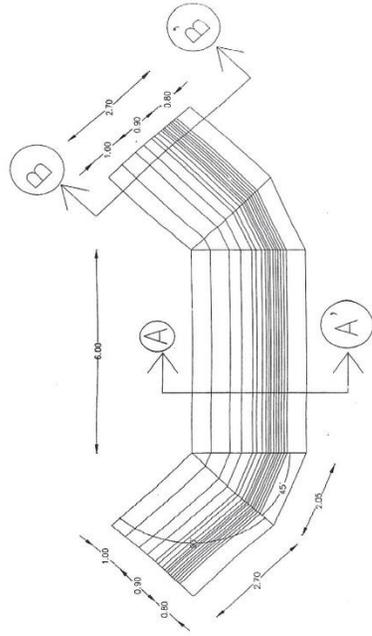
ESCALA 1:125



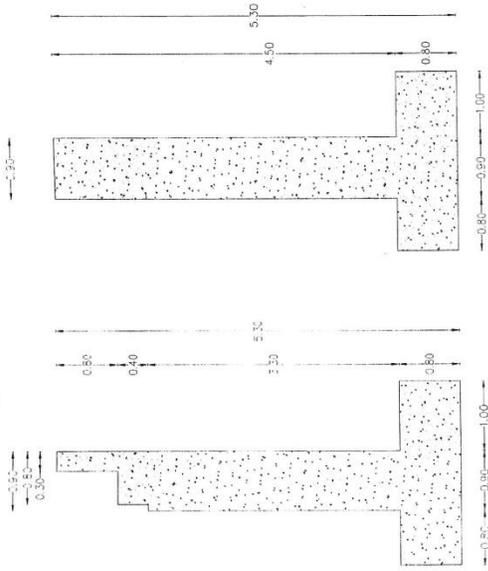
PERFIL DEL PUENTE

ESCALA 1:250

		ESCALA: 1:250 REGION: IQUITANA REGIONAL: 2018
E.P.S.		
PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO		
DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA Y ASISTENCIA TECNICA		No. de Proyecto: 02 / 08
Oficina:		No. de Proyecto:
Fecha:		No. de Proyecto:
Autor:		No. de Proyecto:
Revisor:		No. de Proyecto:
Aprobado:		No. de Proyecto:

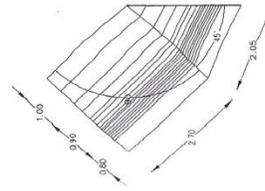


PLANTA: ESTRIBO Y ALETONES
 ESCALA: 1:100

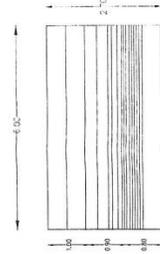


SECCION ESTRIBO A-A
 ESCALA 1:50

SECCION ALETON
 ESCALA 1:50

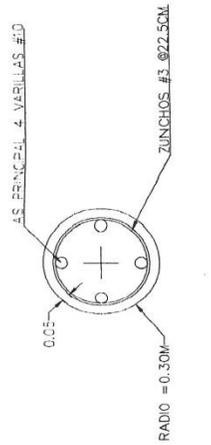


PLANTA: ALETON
 ESCALA 1:200

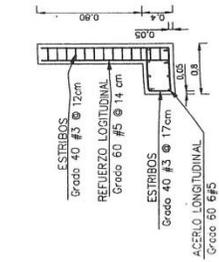


PLANTA: ESTRIBO
 ESCALA: 1:100

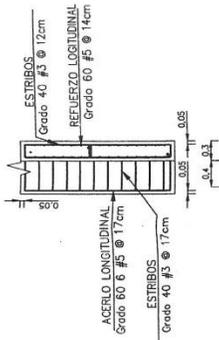
	E.P.S. ESCALA: Estructura 1/100
	PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO
DIRECCION: SAN JOSE DEL GOLFO	PLANOS: PLANTA Y SECCIONES DE ESTRIBO No. 01 02
F. J. J.	F.



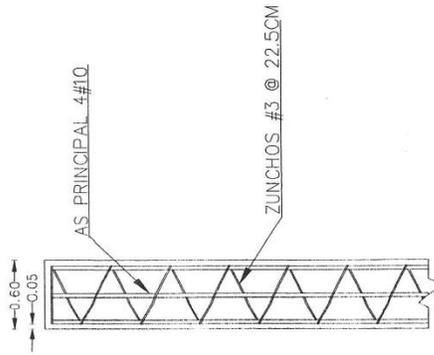
PLANTA: ARMADO DE PILOTES
ESCALA 1:20



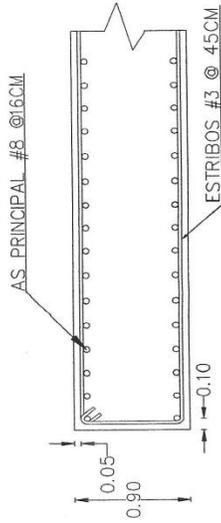
ARMADO DE CORTINA Y VIGA DE APOYO
ESCALA 1:25



PLANTA: ARMADO DE CORTINA Y VIGA DE APOYO
ESCALA 1:25

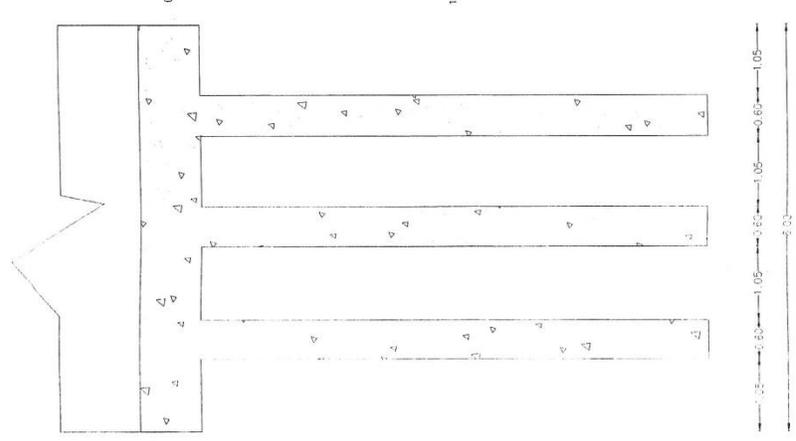


PERFIL: ARMADO DE PILOTES
ESCALA 1:30

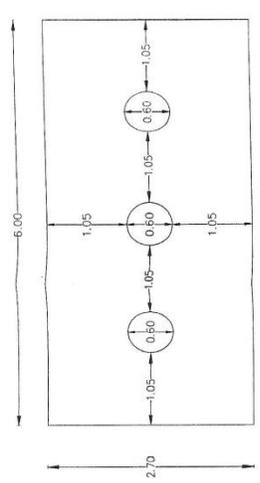


PLANTA: ARMADO PANTALLA PARA ESTRIBO
ESCALA 1:25

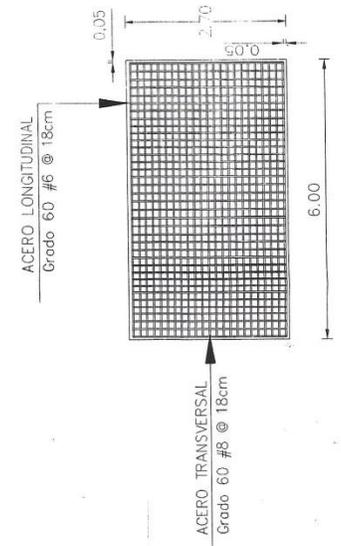
	EPS EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS DEL GOLFO	ESCALA: 1:25 ESTIMACIÓN RECIBIDA	No. 01 No. 01
	PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO	CONTENIDO: PLANILHA DE SUBESTRUCTURA	No. 01 No. 01
Ing. Msc. JUAN CARLOS ESCOBAR ASISTENTE TÉCNICO DE DISEÑO Unidad de Proyectos de Ingeniería EPS		No. 01 No. 01	No. 01 No. 01
F.		No. 01 No. 01	No. 01 No. 01



PERFIL CIMENTACION CON PILOTES
ESCALA 1:50

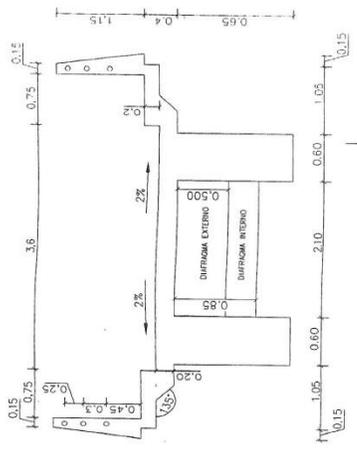


PLANTA DISTRIBUCION DE PILOTES
ESCALA 1:50

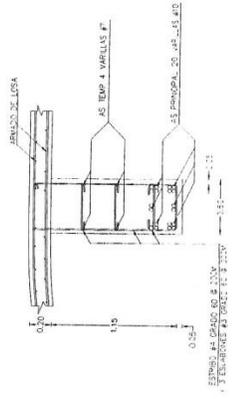


PLANTA: ARMADO DE CIMENTACION
ESCALA 1:65

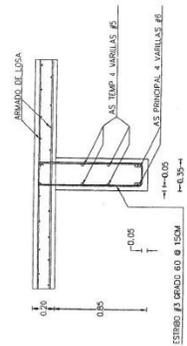
	E.P.S. ESCALA: ECONOMIA INGENIERIA: CIVIL	PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE LOCALIDAD: SAN JOSE REGION: GOLFO	AÑO: 05 SEMESTRE: 08
	CONTENIDO: ARMADO DE SUBESTRUCTURA	NOMBRE: FECHA:	INGENIERO: INGENIERIA:



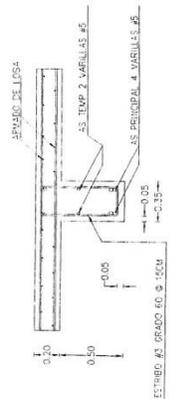
SECCION TRANSVERSAL SUPERESTRUCTURA
ESCALA 1:50



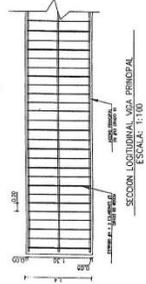
SECCION VIGA PRINCIPAL
ESCALA 1:25



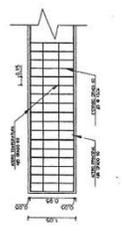
SECCION DIAFRAGMA INTERIOR
ESCALA 1:35



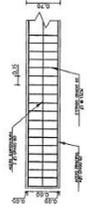
SECCION DIAFRAGMA EXTERIOR
ESCALA 1:35



SECCION LONGITUDINAL VIGA PRINCIPAL
ESCALA 1:100

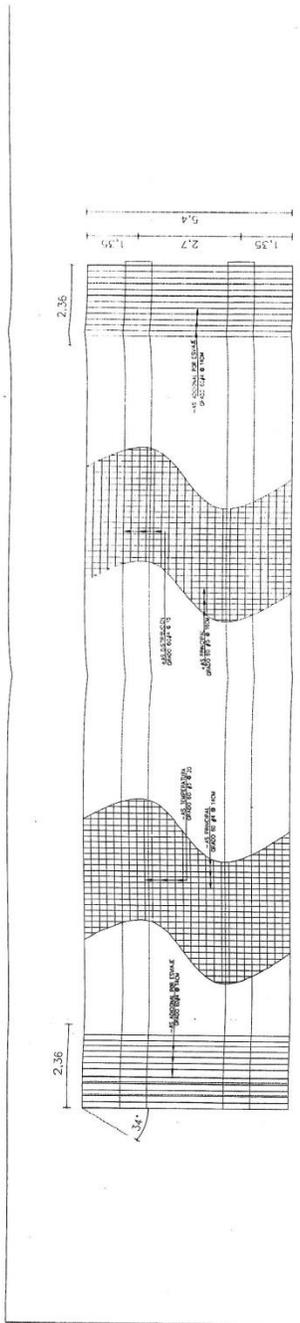


SECCION LONGITUDINAL DIAFRAGMA INTERIOR
ESCALA 1:100

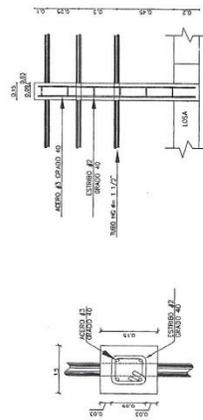


SECCION LONGITUDINAL DIAFRAGMA EXTERIOR
ESCALA 1:100

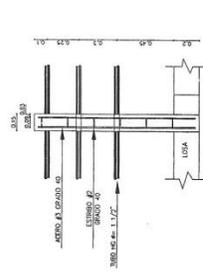
	ESCALA:	FECHA:	INDICACION:
	EPS	05/08	PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO
CONTENIDO:		PAÑO:	05/08
ARMAZON DE VIGAS		INDICACION:	05/08
F.:		INDICACION:	05/08



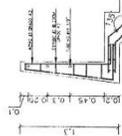
PLANTA ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:100



SECCION BARANDA PEATONAL
ESCALA 1:10



SECCION BARANDA PEATONAL
ESCALA 1:30



CONEXION BARANDA Y LOSA
ESCALA 1:50



DETALLE DE DRENAJE
ESCALA 1:50

	ESCALA:	FECHA:	INDICACION:
	EPS	18/07/2018	PROYECTO: DISEÑO PUENTE VEHICULAR INGRESO A SAN JOSE DEL GOLFO
	PROYECTO:	NUMERO:	OTRO:
	INGENIERIA CIVIL	1000	07
INGENIERO: <i>[Signature]</i> F.		INGENIERO EN CARTELERA: F.	INGENIERO EN CARTELERA: F.

ANEXOS

Anexo 1. Evaluación impacto ambiental proyecto de pavimento

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-		
EVALUACION AMBIENTAL INICIAL		
ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL		
(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)		
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN	
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	No. Expediente: Clasificación del Listado Taxativo Firma y Sello de Recibido	
I. INFORMACION LEGAL		
1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar): DISEÑO DE PAVIMENTO DE ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA.		
1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. CONSTRUCCION DE CARPETA DE RODADURA DE CONCRETO HIDRAULICO PARA TRAMO DE CARRETERA EXISTENTE.		
1.2. Información legal:		
A) Persona Individual:		
A.1. Representante Legal: Ronal Edgardo Castellanos Pineda A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2724480950104		
B) De la empresa:		
Razón social: Estado de Guatemala _____ Nombre Comercial: Municipalidad de San José del Golfo _____ No. De Escritura Constitutiva: _____ Fecha de constitución: _____ Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____		
C) De la Propiedad:		
No. De Finca: _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.		
D) De la Empresa y/o persona individual:		
Número de Identificación Tributaria (NIT): _____982563-5_____		
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gob.gt Síguenos en    		

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002		
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-			
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN		
II.4 Actividades colindantes al proyecto: NORTE <u>ALDEA EL JABILLA</u> SUR <u>ALDEA LA CHOLEÑA</u> ESTE <u>BARRANCO</u> OESTE <u>BARRANCO</u>			
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):			
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	
ALDEA EL JABILLAL	NORTE	0m	
ALDEA LA CHOLEÑA	SUR	0m	
BARRANCO	ESTE	1m	
BARRANCO	OESTE	1m	
II.5 Dirección del viento: <p style="text-align: center;">Noreste</p>			
II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto? a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos (X) d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro ()			
Detalle la información Existe riesgo de deslizamiento por parte de los taludes existentes debido a que estos no están debidamente diseñados en el tramo carretero. <hr/>			
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna () Nocturna () Mixta (X) Horas Extras _____ b) Número de empleados por jornada <u>25</u> Total empleados <u>50</u>			
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO... 			
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> www.mam.gob.gt Síguenos en <div style="display: flex; gap: 10px;">     </div> </div>			

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002				
FORMATO	DVGA-GA-002						
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-							
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN						
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
Agua	Tipo	Si/No	Cantidad (mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
	Servicio público		5000 l/día	Municipalidad	Fundición		Cisterna
	Fozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	SI	10 gal/día	Municipalidad	Transporte ligero		Cisterna
	Diesel	SI	50 gal/día	Municipalidad	Transporte pesado y maquinaria		Cisterna
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							
NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia							
III. IMPACTO AL AIRE GASES Y PARTICULAS III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Debido a la excavación del terreno en el lugar se generara polvo, el uso de la maquinaria generara humo. MITIGACION III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Se brindará equipo de protección a los trabajadores tales como mascarillas, a los vecinos se les informará sobre las medidas de precaución							
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gov.gt							
Síguenos en    							

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <div style="text-align: center;">SI</div>	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) <div style="text-align: center;">En el tramo carretero.</div>	
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? <div style="text-align: center;">Se brindará equipo de protección a los trabajadores, a los vecinos se les informara sobre las medidas de precaución.</div>	
OLORES	
III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: <div style="text-align: center;">No se generan olores.</div>	
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) <u>Otro</u> ; Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado. Se generan aguas ordinarias provenientes de los sanitarios para los trabajadores, el cauda es de 0.014 litros por segundo.	
IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios <u>3</u>	
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gob.gt Síguenos en:    	

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) a) sistema de tratamiento: se tratan mediante medios físicos para se desfogados a los pozos municipales b) Capacidad: se cuenta con una fosa séptica con capacidad de 5000 libros c) Operación y mantenimiento Se le dará mantenimiento cada 10 días d) Caudal a tratar 0.014 libros/sec		
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES		
IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior <p style="text-align: center;">Colector municipal</p>		
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)		
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.) <p style="text-align: center;">El agua de lluvia será descargada en los zanjones aledaños</p>		
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)		
DESECHOS SÓLIDOS		
VOLUMEN DE DESECHOS		
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:		
<input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día <input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día <input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día <input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día		
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.): <p style="text-align: center;">Se genera basura común</p>		
V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? <p style="text-align: center;">No se generan desechos peligrosos</p>		
V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado <p style="text-align: center;">No se efectúa ningún tratamiento</p>		
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado <p style="text-align: center;">Camiones municipales</p>		
V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? <p style="text-align: center;">No</p>		
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)		
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500		
www.marn.gov.gt		Siguenos en:    

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA		
CONSUMO		
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____		500 Kw/Mes _____
VI.2 Forma de suministro de energía		
a) Sistema público _____		
b) Sistema privado _____		
c) generación propia _____		Generadores de gasolina _____
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?		
SI _____		NO <input checked="" type="checkbox"/> _____
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?		
Utilizar aparatos con la máxima eficiencia posible		
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)		
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:		
- Bosques _____		
- Animales _____		
- Otros _____ Bosques _____		
Especificar información: En los alrededores del tramo carretero esta rodeado de bosques de árboles del lugar donde habitan animales silvestres tales como tacuazines, armadillos, conejos y serpientes _____		
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?		
SI _____		
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI (X) NO () Por qué?		
Debido a la tala de árboles y la implementación del tramo carretero algunos animales pueden reducir su población.		
VIII. TRANSPORTE		
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:		
a) Número de vehículos _____ 15 _____		
b) Tipo de vehículo _____ Pickup y camiones _____		
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ Predio de materiales _____		
d) Horario de circulación vehicular _____ 6:00 a 17:00 _____		
e) Vías alternas _____ No _____		
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS		
ASPECTOS CULTURALES		
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Ninguna		
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500		
www.marn.gob.gt		Síguenos en:    

Continuación del anexo 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente: a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____ Ampliar información de la respuesta seleccionada		
ASPECTOS SOCIAL IX.3 En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X) IX.4 Qué tipo de molestias? Ninguna IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?		
PAISAJE IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué? Sí, ya que no se conserva el paisaje natural debido a la nueva carretera que lo atraviesa.		
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD		
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:		
X.3 riesgos ocupacionales: <input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: Puede provocar enfermedades respiratorias debido al polvo generado		
Equipo de protección personal X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO () X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Botas, Mascarillas, Tapones para los oídos, Cascos, chalecos. X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Informar a los pobladores sobre las medidas de precaución y dar a los trabajadores equipo de protección.		
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500		
www.marn.gob.gt		Síguenos en:    

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Evaluación impacto ambiental proyecto de pavimento.* p. 15.

Continuación del anexo 2.

		FORMATO	DVGA-GA-002
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN	
I.3 Teléfono 40849313		Correo electrónico: ronaldcastellanos5@hotmail.com	
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)			
km 22.5, SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA			
Especificar Coordenadas Geográficas			
<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>			
LATITUD: 14°43'35.0"N			
LONGITUD: 90°23'37.0"W			
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)			
1ra avenida 2-05 Zona 1, San José del Golfo,			
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo			
Ronal Edgardo Castellanos Pineda tel: 40849313 email: ronaldcastellanos5@hotmail.com			
II. INFORMACION GENERAL			
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:			
II.1 Etapa de Construcción <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • Actividades para realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza del terreno. 2. Topografía 3. Excavación 4. Relleno 5. Fundición 6. Limpieza 	Operación <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Transito vehiculos ligeros • Transito vehiculos pesados. 	Abandono <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre • Desalojo de maquinaria y equipo • Señalización • Limpieza 	
II.3 Área			
a) Área total de terreno en metros cuadrados: 1,250 _____			
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 135 _____			
Área total de construcción en metros cuadrados: 135 _____			
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500			
www.marn.gov.gt		Síguenos en:    	

Continuación del anexo 2.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-	FORMATO	DVGA-GA-002				
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN					
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
Agua	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
	Servicio público		1000 l/día	Municipalidad	Fundición		Cisterna
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
	Otro						
	Gasolina	SI	5 gal/día	Municipalidad	Transporte ligero		Cisterna
	Diesel	SI	20 gal/día	Municipalidad	Transporte pesado y maquinaria		Cisterna
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Otros	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> <p>III. IMPACTO AL AIRE</p> <p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p style="padding-left: 40px;">Debido a la excavación del terreno en el lugar se generara polvo, el uso de la maquinaria generara humo.</p> <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p style="padding-left: 40px;">Se brindará equipo de protección a los trabajadores tales como mascarillas, a los vecinos se les informará sobre las medidas de precaución</p>							
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gob.gt							
Síguenos en:    							

Continuación del anexo 2.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table> <p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002		
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN		
RUIDO Y VIBRACIONES			
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? SI</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) En el sitio de construcción del puente.</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Se brindará equipo de protección a los trabajadores, a los vecinos se les informara sobre las medidas de precaución.</p>			
OLORES			
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No se generan olores.</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>			
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA			
AGUAS RESIDUALES			
CHARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES			
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ Se generan aguas ordinarias provenientes de los sanitarios para los trabajadores, el cauda es de 0.09 litros por segundo _____ _____ _____</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____2_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500 www.marn.gob.gt			
Síguenos en:    			

Continuación del anexo 2.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		FORMATO DVGA-GA-002
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-		
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)		
a) sistema de tratamiento: se tratan mediante medios físicos para se desfogados a los pozos municipales b) Capacidad: se cuenta con una fosa séptica con capacidad de 3000 litros c) Operación y mantenimiento Se le dará mantenimiento cada 10 días d) Caudal a tratar 0.09 litros/sec		
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES		
IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior <p style="text-align: center;">Colector municipal</p>		
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)		
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.) <p style="text-align: center;">El agua de lluvia será descargada en los zanjones aledaños</p>		
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)		
DESECHOS SÓLIDOS		
VOLUMEN DE DESECHOS		
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:		
<input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día <input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día <input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día <input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día		
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.): <p style="text-align: center;">Se genera basura común</p>		
V.3 Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? <p style="text-align: center;">No se generan desechos peligrosos</p>		
V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado <p style="text-align: center;">No se efectúa ningún tratamiento</p>		
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado <p style="text-align: center;">Camiones municipales</p>		
V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? <p style="text-align: center;">No</p>		
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)		
7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500		
www.marn.gob.gt		Síguenos en    

Continuación del anexo 2.

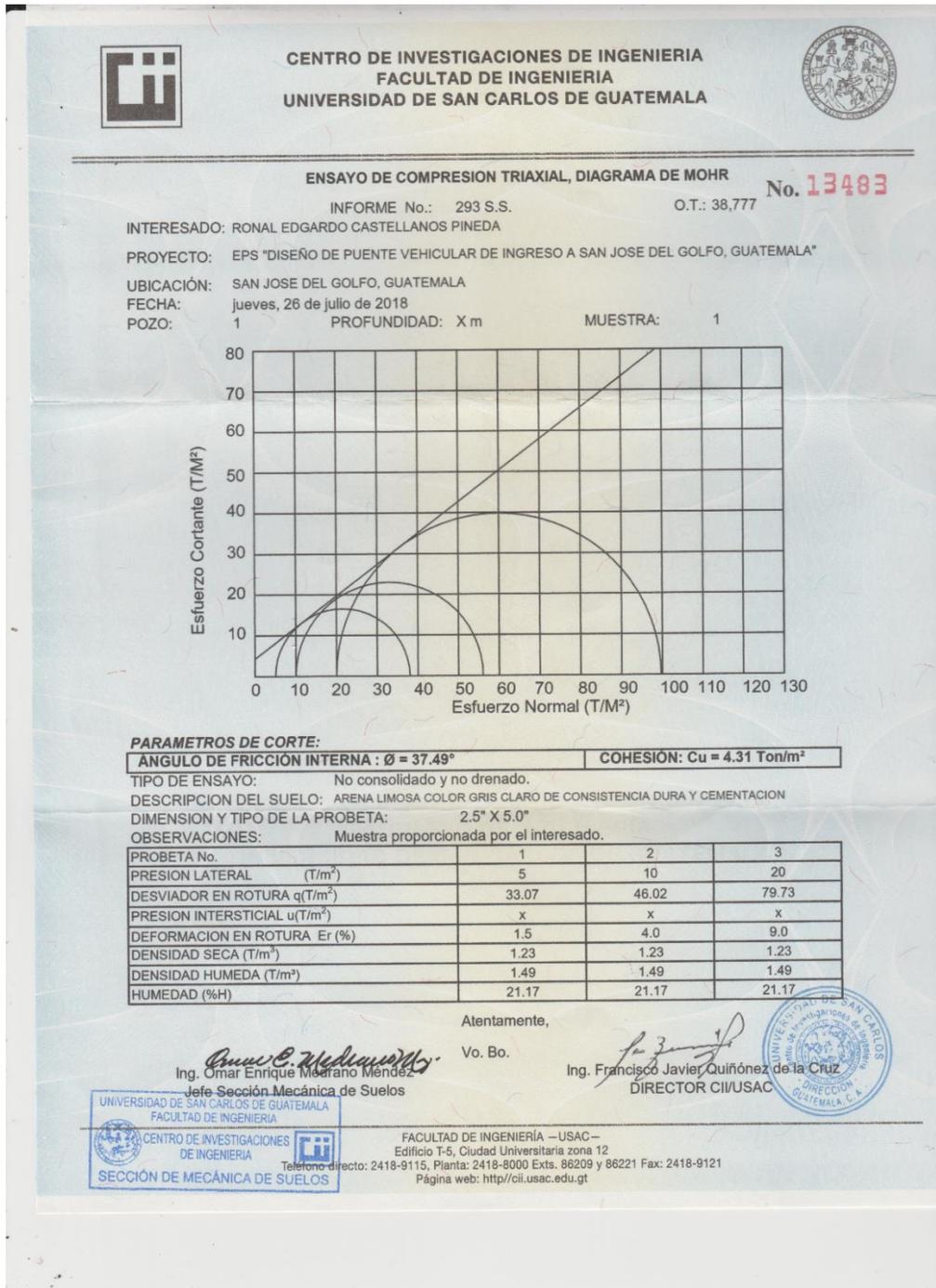
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p> <p style="text-align: right;">DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>		
<p>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</p> <p>CONSUMO</p> <p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 400 Kw/Mes _____</p> <p>VI.2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado _____</p> <p>c) generación propia _____ Generadores de gasolina _____</p> <p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO _____ X _____</p> <p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Utilizar aparatos con la máxima eficiencia posible</p>		
<p>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</p> <p>VI.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques _____ - Animales _____ - Otros _____ Bosques _____ <p>Especificar información: En los alrededores del puente esta rodeado de bosques de árboles del lugar donde habitan animales silvestres tales como tacuzines, armadillos, conejos y serpientes _____</p> <p>VI.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? SI _____</p> <p>VI.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI (X) NO (X) Por qué? Ya que el puente es solamente un elemento para sortear el cauce, lo que no afecta la movilidad de los animales.</p>		
<p>VIII. TRANSPORTE</p> <p>VI.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos _____ 6 _____</p> <p>b) Tipo de vehículo _____ Pickup y camiones _____</p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ Predio de materiales _____</p> <p>d) Horario de circulación vehicular _____ 6:00 a 17:00 _____</p> <p>e) Vías alternas _____ No _____</p>		
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p> <p>ASPECTOS CULTURALES</p> <p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Ninguna</p>		
<p>7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500</p> <p>www.marn.gob.gt    </p>		

Continuación del anexo 2.

 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>		<p>FORMATO DVGA-GA-002</p>
<p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico. _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico. _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico. _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>		
<p>ASPECTOS SOCIAL IX.3 En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? Ninguna</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>		
<p>PAISAJE IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué? Si, ya que no se conserva el paisaje natural debido al nuevo puente que atraviesa el cauce.</p>		
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD		
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>		
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: Puede provocar enfermedades respiratorias debido al polvo generado</p>		
<p>Equipo de protección personal X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Botas, Mascarrillas, Tapones para los oídos, Cascos, chalecos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Informar a los pobladores sobre las medidas de precaución y dar a los trabajadores equipo de protección.</p>		
<p>7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500</p> <p style="font-size: small;">www.marn.gob.gt Síguenos en    </p>		

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Evaluación impacto ambiental proyecto de pavimento.* p. 15.

Anexo 3. Resultados ensayo compresión Triaxial



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. USAC.

Anexo 4. Resultados ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 224 S.S.

O.T.: 38,610 **No. 13339**

Interesado: RONAL EDGARDO CASTELLANOS PINEDA

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA".

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA.

FECHA: jueves, 21 de junio de 2018

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	30.88	5.07	ML	GRAVA CON ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ ROJIZO

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar Enrique Medrano Mendez
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo.Bo.

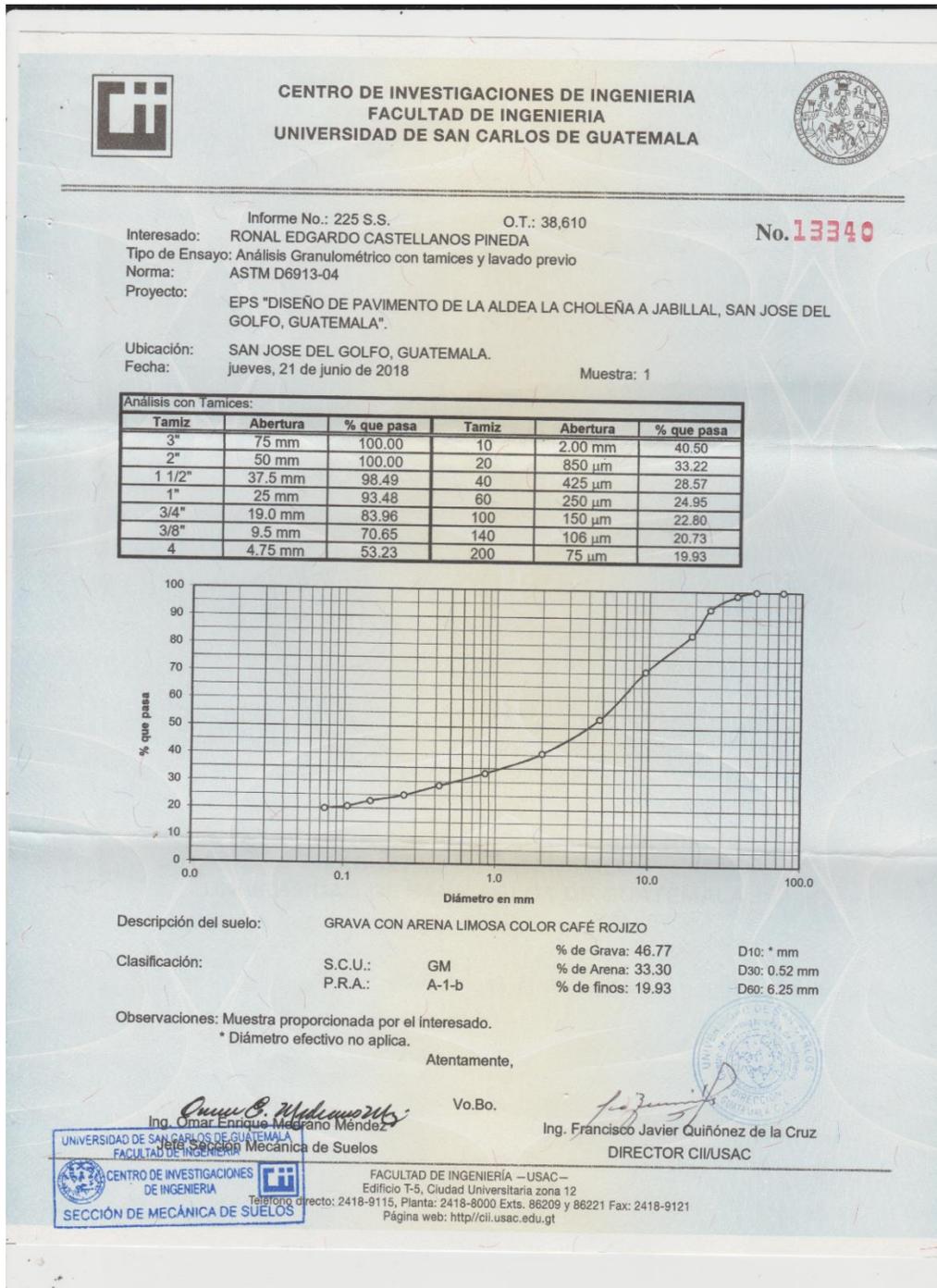
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. USAC.

Anexo 5. Resultados ensayo de Granulometría



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. Usac.

Anexo 6. Resultados ensayo de compactación



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



INFORME No. 226 S.S. O.T.: 38,610

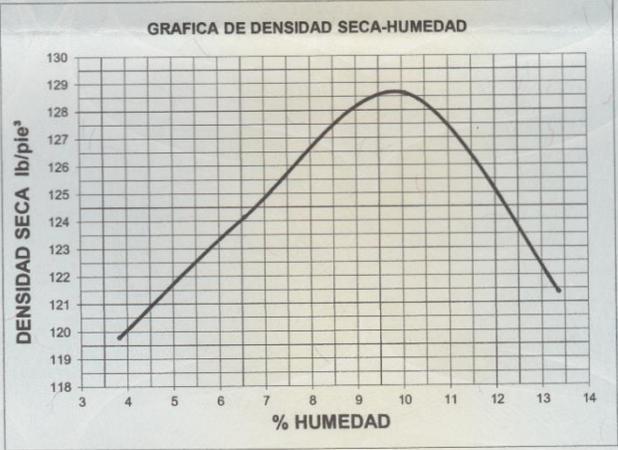
No. 13401

Interesado: RONAL EDGARDO CASTELLANOS PINEDA
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA".

Ubicación: SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA
 Fecha: jueves, 21 de junio de 2018 Muestra: 1

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
4	120.0
5	122.0
6	123.5
7	125.0
8	127.0
9	128.5
9.75	128.65 (Peak)
10	128.0
11	126.0
12	123.0
13	121.0

Descripción del suelo: GRAVA CON ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ ROJIZO
 Densidad seca máxima γ_d : 2,060.97 Kg/m³ 128.65 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 9.75 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar Enrique Meléndez Méndez
 Ing. Omar Enrique Meléndez Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo. *Francisco Javier Quiñonez de la Cruz*
 Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. USAC.

Anexo 7. Resultados ensayo de C.B.R.



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



INFORME No. 227 S.S.

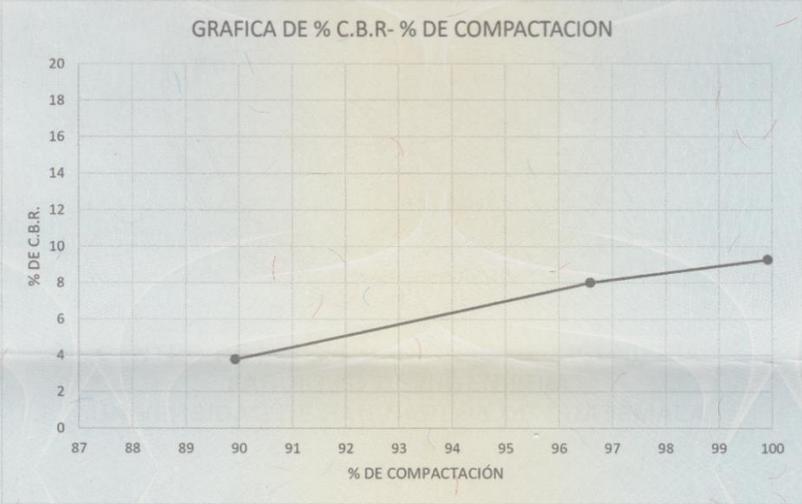
O.T. No. 38,610

No. 13402

Interesado: RONAL EDGARDO CASTELLANOS PINEDA
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA ALDEA LA CHOLEÑA A JABILLAL, SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA".
 Ubicación: SAN JOSE DEL GOLFO, GUATEMALA.
 Descripción del suelo: GRAVA CON ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ ROJIZO
 Fecha: jueves, 21 de junio de 2018 Muestra: 1

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	9.75	115.70	89.9	1.96	3.77
2	30	9.75	124.27	96.6	1.53	8.00
3	65	9.75	128.56	99.9	1.48	9.27

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION

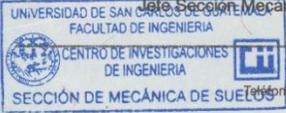


Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar Enrique Medrano Mendez
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo. *Francisco Javier Quirón de la Cruz*
 Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. USAC

