



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

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL
CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO,
CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**

Julio Higinio Morán Gallardo

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL
CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO,
CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO HIGINIO MORÁN GALLARDO
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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 GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de abril de 2009.



Julio Higinio Morán Gallardo



Guatemala 30 de octubre de 2009.
Ref.EPS.DOC.1532.10.09

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), del estudiante universitario **Julio Higinio Morán Gallardo** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200212613**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ".

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"


Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
LGAV/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 30 de octubre de 2009.
Ref.EPS.D.755.10.09

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

Estimado Ingeniero Samuels Milson.


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC - CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Julio Higinio Morán Gallardo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





Guatemala,
15 de febrero de 2010

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio Higinio Morán Gallardo, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Julio Higinio Morán Gallardo, titulado **DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC - CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CAMINO CASERÍO VASCONCELOS, CANTÓN XAJAXAC – CASERÍO EL TRIUNFO, CANTÓN PUJUIL II, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario **Julio Higinio Morán Gallardo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 18 de enero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme guiado hasta alcanzar mis propósitos, y darme la fortaleza necesaria en los momentos difíciles.
Mis padres	Julio César Morán González y Juana Alicia Gallardo Orozco, por haberme ensañado a no rendirme en los momentos más difíciles de la vida.
Mis hermanas	Karen Paola y Claudia Liseth Morán Gallardo, por brindarme en todo momento su apoyo incondicional.
Mi familia en general	Especialmente a la familia Cervantes Gallardo, quienes me brindaron el apoyo necesario a lo largo de la carrera.
Mis compañeros de estudio y amigos	Por haberme brindado su amistad y apoyo en el transcurso de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por haberme dado las fuerzas necesarias para salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz	Asesor del presente trabajo, por su valiosa participación en la parte técnica.
Todas las personas	Que de una u otra forma colaboraron con la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MONOGRAFÍA.....	1
1.1. Características generales de los caseríos Vasconcelos El Triunfo	1
1.1.1. Ciudad de Sololá	1
1.1.2. Historia	1
1.2. Datos generales caseríos Vasconcelos El Triunfo	2
1.2.1. Vías de acceso y comunicación.....	3
1.2.2. Demografía.....	3
1.2.3. Aspecto económico	4
1.3. Organización	5
1.3.1. Alcaldía Auxiliar	5
1.3.2. Comités	5
1.3.3. Organizaciones locales.....	6
1.4. Salud y vivienda	6
1.4.1. Presencia del sistema oficial de salud	6
1.4.2. Vivienda.....	7
1.5. Educación.....	7
1.5.1. Nivel educativo	7

1.5.2.	Infraestructura educativa	8
1.6.	Urbanismo e infraestructura	8
1.6.1.	Agua	8
1.6.2.	Electricidad	8
1.6.3.	Letrinización y drenaje	9
1.7.	Medio ambiente	9
1.7.1.	Clima	10
2.	GENERALIDADES DE CARRETERAS Y CAMINOS	11
2.1.	Caminos y carreteras	11
2.2.	Clasificación de las carreteras	11
2.2.1.	Clasificación por su transitabilidad	11
2.2.2.	Clasificación administrativa	12
2.2.3.	Clasificación técnica oficial	12
2.3.	Vehículo de proyecto	13
2.4.	Velocidad de proyecto	13
2.5.	Tránsito promedio	14
3.	FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	15
3.1.	Preliminar de campo	15
3.1.1.	Estudio del trazado o geométrico preliminar	15
3.1.1.1.	Levantamiento preliminar	16
3.1.1.2.	Tránsito preliminar	16
3.1.1.3.	Niveles de preliminar	17
3.1.1.4.	Secciones transversales de preliminar	18
3.2.	Dibujo de preliminar	18
3.2.1.	Dibujo de planta preliminar	19

	3.2.2.	Dibujo de perfil de preliminar	19
	3.2.3.	Dibujo de secciones transversales de preliminar	19
3.3.		Diseño de la línea de localización	20
	3.3.1.	Selección de puntos obligados	20
	3.3.2.	Diseño de subrasante de preliminar	21
	3.3.3.	Diseño de la línea de localización.....	21
3.4.		Cálculo de la línea de localización.....	22
	3.4.1.	Cálculo de puntos de intersección (PI's).....	22
	3.4.2.	Cálculo de elementos de curva horizontal	22
		3.4.2.1. Radio de curvatura (R)	24
		3.4.2.2. Longitud de curva (LC)	24
		3.4.2.3. Sub-tangente (St)	25
		3.4.2.4. Cuerda máxima (Cm)	25
		3.4.2.5. External (E).....	26
		3.4.2.6. Ordenada media (M).....	26
	3.4.3.	Cálculo de peralte (e)	26
	3.4.4.	Sobre ancho (Sa).....	27
	3.4.5.	Corrimiento	27
3.5.		Diseño de la subrasante	27
	3.5.1.	Determinación de puntos obligados.....	28
		3.5.1.1. Estructuras menores de drenaje	28
		3.5.1.2. Estructuras mayores de drenaje	29
	3.5.2.	Pendiente máxima	29
	3.5.3.	Pendiente mínima	29
	3.5.4.	Longitud crítica de una tangente vertical	30
	3.5.5.	Condiciones topográficas	30
		3.5.5.1. Terreno llano.....	30
		3.5.5.2. Terreno ondulado	30
		3.5.5.3. Terreno montañoso	31

3.6.	Cálculo de la subrasante.....	31
3.6.1.	Cálculo de curvas verticales.....	31
3.6.1.1.	Longitud de curva vertical (LCV)	32
3.6.1.2.	Cálculo de corrección de curvas verticales	33
3.7.	Ancho de sección.....	34
4.	CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO.....	35
4.1.	Tipo de tránsito	35
4.2.	Volumen de tránsito	35
4.3.	Clasificación del tránsito por carga	35
4.3.1.	Tránsito liviano	36
4.3.2.	Tránsito mediano o medio	36
4.3.3.	Tránsito pesado.....	36
4.3.3.1.	Tránsito pesado tipo 2.....	37
4.3.3.2.	Tránsito pesado tipo 3.....	37
4.3.3.3.	Tránsito pesado tipo 2-S-1	37
4.3.3.4.	Tránsito pesado tipo 2-S, 1-T	37
4.3.3.5.	Tránsito pesado tipo 1-T, T-S-1.....	38
4.3.4.	Carga máxima	38
4.3.5.	Cargas de proyecto de carreteras según AASHTO.....	38
5.	PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN CARRETERAS	41
5.1.	Clasificación de los suelos	41
5.2.	Estabilización de los suelos	42
5.3.	Compactación de suelos	42
5.4.	Capacidad de soporte de los suelos	43
5.4.1.	Valor relativo de soporte (CBR).....	43

5.4.2.	Módulo de reacción del suelo (K)	44
6.	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	45
6.1.	Determinación de las secciones de carretera.....	45
6.2.	Determinación de los volúmenes de tierra.....	46
6.3.	Cálculo de balance	46
6.4.	Diseño de línea de balance	47
6.5.	Elementos que condicionan el diseño de la línea de balance	47
6.6.	Diagrama de masas	48
6.6.1.	Dibujo de la curva masa	49
6.6.1.1.	Determinación del desperdicio.....	49
6.6.1.2.	Determinación de los préstamos	50
6.6.1.3.	Determinación del acarreo libre	50
6.6.1.4.	Determinación del sobre acarreo.....	51
6.6.2.	Propiedades de la curva masa	51
7.	DRENAJE DE LAS CARRETERAS	53
7.1.	Drenaje menor.....	53
7.1.1.	Drenaje superficial	53
7.1.1.1.	Bombeo	54
7.1.1.2.	Cunetas	54
7.1.1.3.	Bordillos.....	54
7.1.2.	Drenaje subterráneo.....	55
7.2.	Drenaje mayor	56
8.	GENERALIDADES DE PAVIMENTACIÓN	57
8.1.	Componentes estructurales del pavimento.....	58
8.1.1.	Terreno de fundación.....	58

8.1.2.	Subrasante	59
8.1.3.	Subbase	59
8.1.4.	Base	60
8.1.5.	Carpeta de rodadura	61
8.2.	Tipos de pavimentos de concreto	61
8.3.	Fundamentos sobre el concreto	62
8.3.1.	Componentes del concreto.....	63
8.3.1.1.	Cemento.....	63
8.3.1.2.	Agregados.....	64
8.3.1.3.	Agua.....	64
8.3.2.	Dosificación del concreto.....	64
8.3.3.	Mezclado del concreto	65
8.3.4.	Consolidación del concreto	66
8.3.5.	Curado del concreto	66
8.3.6.	Relación agua-cemento	66
8.4.	Colocación de los pavimentos de concreto	67
8.5.	Acabado de los pavimentos de concreto.....	67
8.6.	Juntas de los pavimentos de concreto	68
8.6.1.	Juntas longitudinales.....	68
8.6.2.	Juntas transversales	69
8.6.3.	Sellado de juntas.....	69
9.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO Y ASPECTOS GENERALES.....	71
9.1.	Características actuales de la ruta	71
9.2.	Topografía del camino.....	72
9.3.	Puntos críticos de diseño	72

10.	DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO	75
10.1.	Estudio del trazo preliminar	75
10.1.1.	Levantamiento preliminar	75
10.1.1.1.	Tránsito preliminar	76
10.1.1.2.	Niveles de preliminar	77
10.1.1.3.	Secciones transversales de preliminar	77
10.2.	Dibujo de preliminar	78
10.3.	Diseño de la línea de localización	78
10.4.	Cálculo de la línea de localización	78
10.4.1.	Cálculo de elementos de curva horizontal	83
10.4.2.	Cálculo de peralte	88
10.4.3.	Cálculo de elementos de curva vertical	88
10.4.4.	Cálculo de corrección de curva vertical	89
10.4.5.	Ancho de sección	91
10.4.6.	Bombeo y taludes	91
11.	CONTEO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	93
12.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	95
12.1.	Muestreo del suelo	95
12.2.	Resultados del estudio	96
13.	CÁLCULO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS	97
13.1.	Determinación de cortes y rellenos	97
13.2.	Cálculo de balance	97
13.3.	Resultados del movimiento de tierras	97

14.	DRENAJES DEL CAMINO.....	103
14.1.	Drenaje menor	103
14.1.1.	Bordillos.....	103
14.1.2.	Cunetas.....	104
14.1.3.	Tragantes y alcantarillas.....	104
15.	DISEÑO DEL PAVIMENTO	107
15.1.	Elementos estructurales del pavimento.....	107
15.1.1.	Subrasante	107
15.1.2.	Base	108
15.2.	Diseño de espesor del pavimento	108
15.2.1.	Período de diseño y cálculo de tránsito promedio diario futuro	108
15.2.2.	Categoría de carga por eje de la vía	110
15.2.3.	Valor del módulo de reacción K sobre la base	110
15.2.4.	Determinación del espesor de la losa	112
15.2.5.	Diseño de mezcla de concreto	114
15.2.6.	Cálculo de cantidad de materiales para 1m ³	117
15.3.	Diseño de juntas	118
15.3.1.	Juntas longitudinales.....	118
15.3.2.	Juntas transversales	118
16.	EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL	119
16.1.	Evaluación y manejo de riesgo ambiental.....	119
16.2.	Evaluación de riesgos	119
16.3.	Manejo de riesgos.....	120
16.4.	Evaluación de impacto ambiental.....	120
16.5.	Medidas de mitigación.....	121
16.6.	Matriz de Leopold.....	122

17.	CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	125
17.1.	Cuadro de cantidades de trabajo.....	125
17.2.	Presupuesto	126
17.3.	Cronograma de ejecución física y financiera	127
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES.....	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	133
	APÉNDICES	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tramo carretero Vasconcelos El Triunfo.....	10
2.	Elementos de las curvas circulares simples.....	25
3.	Elementos de curva vertical.....	32
4.	Diagrama de masas.....	50
5.	Acarreo libre y desperdicio.....	51
6.	Características actuales del camino del poblado.....	74
7.	Localización del camino.....	76

TABLAS

I.	Ubicación geográfica caserío Vasconcelos El Triunfo.....	3
II.	Distribución demográfica.....	4
III.	Valores máximos de curvatura para cada velocidad.....	23
IV.	Valores de K según velocidad de diseño.....	33
V.	Puntos críticos del camino.....	73
VI.	Poligonal de localización.....	79
VII.	Parámetros de diseño.....	82
VIII.	Resumen del cálculo de elementos de curva horizontal.....	85
IX.	Cálculo de correcciones curva No. 5.....	89
X.	Resumen de cálculo de longitudes de curva vertical.....	90
XI.	Tránsito en promedio.....	93
XII.	Resumen conteo vehicular y su clasificación.....	94
XIII.	Análisis de resultados de estudio de suelos.....	96

XIV.	Movimiento de tierras	98
XV.	Cálculo de balance	99
XVI.	Localización de obras de drenaje	106
XVII.	Interrelaciones aproximadas de clasificación de suelos	109
XVIII.	Valores de K de subrasante y bases no tratadas	111
XIX.	Clasificación subrasante-base por soporte.....	111
XX.	Categorías de carga por eje	112
XXI.	TPDC Permisible	113
XXII.	Diseño de mezclas (calculados para 1 m ³ de concreto fresco)	115
XXIII.	Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto	118
XXIV.	Matriz de Leopold	123
XXV.	Cuadro de cantidades de trabajo.....	125
XXVI.	Presupuesto	126
XXVII.	Cronograma de ejecución física y financiera	127

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Est	Estación
G	Grado de curvatura
LCV	Longitud de curva vertical
K	Módulo de reacción de la subrasante
MR	Módulo de rotura
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PTV	Principio de tangente vertical
A/C	Relación agua cemento
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
TPD	Tránsito promedio diario
TPDA	Tránsito promedio diario anual
TPDC	Tránsito promedio diario camión

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Official
ASTM	American Society of testing and Materials
Agregado fino	Agregados finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro.
Agregado grueso	Fragmentos de rocas, cuyas partículas varían desde 7,62 cm hasta 2 mm.
Azimut	Medida angular respecto del norte magnético en el sentido de las manecillas del reloj.
Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo, cuya elevación se tomó como referencia para determinar la altura de otros puntos.
Base	Capa de suelo constituida por material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la subbase.

Bordillo	Estructuras de concreto simple que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera y sirve para el ordenamiento del tránsito y seguridad del usuario.
CBR	California Bearing Ratio
Cabezal	Estructura de entrada y salida de las tuberías, diseñado y construido, para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.
Compresión	Distribución de una fuerza sobre el área sobre la que actúa y empuja sobre ella.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino, construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular trapezoidal y cuadrada.
DGC	Dirección General de Caminos
Deflexión	Curva que se caracteriza por una función que determina el desplazamiento transversal de los puntos que se encuentran en el eje de un elemento estructural.
Granulometría	Se refiere a los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Línea central	Punto de referencia de donde van a partir todos los anchos o componentes de una carretera.
PCA	Portland Cement Association
Pendiente	Relación en porcentaje, entre la diferencia de niveles de dos puntos y la distancia horizontal que existe entre ellos.
Permeabilidad	Característica de un material que permite ser atravesado por los fluidos.
Rasante	Línea que se obtiene sobre un plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento.
Sección típica	Representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes componentes de la carretera especificada para su construcción.
Terraplén	Volumen de tierra con que se rellena o levanta una hondonada.

RESUMEN

En la mayoría de las comunidades de la región de Sololá, la infraestructura vial ha sido un problema latente para los pobladores de las mismas, por no contar con una carretera en óptimas condiciones, que los ayude a conducirse de una manera más rápida y segura. Por ésta y otras razones que involucran la parte económica de la región, se logró la realización del estudio del mejoramiento de la carretera que comunica siete caseríos del lugar, de Vasconcelos hasta El Triunfo, esta decisión contribuye al mejoramiento del desarrollo urbano de las comunidades.

Este estudio se realizó con el fin de garantizarle a la población una carretera que cumpla con las especificaciones técnicas que rigen en el país, ya que la existente no brinda la eficiencia y seguridad que se requiere para una población que se dedica, especialmente a la comercialización de diferentes hortalizas que se dan en la región, siendo ésta su principal fuente de ingreso económicamente.

Este tramo inicia conectándose con la carretera principal que conduce hacia la cabecera municipal, y finaliza en la ruta interamericana en el kilómetro 123, con un total de 11,5 km en su trayectoria, por lo que se plantea la colocación de pavimento hidráulico a lo largo de la misma, ya que por ser una vía alterna su exigencia vehicular será más cuando esté pavimentada.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio profundo de ingeniería vial, que integre las características físicas y técnicas del replanteamiento del trazo geométrico del camino, incluyendo los trabajos de topografía del terreno, conteo vehicular, estudio de suelos y cuencas hidrográficas.

Específicos

1. Elaborar el diseño de la estructura del pavimento del camino, utilizando losas de concreto hidráulico e incluyendo las obras auxiliares necesarias, como cunetas, bordillos y drenajes transversales, para posteriormente complementar este informe con el presupuesto de la obra.
2. Contribuir al desarrollo económico y social de los caseríos beneficiados con este estudio, proporcionando los documentos técnicos necesarios para la búsqueda del financiamiento del proyecto.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo humano actualmente, va ligado muy específicamente, con el desarrollo infraestructural, eso se evidencia claramente en cierta región, si no se cuenta con una buena infraestructura vial, que es el caso de este estudio, las opciones de desarrollo económico y social se ven muy escasas a medida que las demandas de comercio son más altas.

En Guatemala la infraestructura vial de la mayoría de las comunidades del país se encuentran en malas condiciones para el tránsito de vehículos, debido a que las mismas no cuentan con una superficie de rodadura apropiada para su buen funcionamiento, ya que en la mayoría de casos sólo cuentan con una capa de balasto que en tiempos de invierno se hace imposible el flujo constante de vehículos de la región.

El trabajo que se presenta a continuación, es una síntesis general de las actividades que se desarrollaron en el camino Vasconcelos, Xajaxac – El Triunfo, Pujujil II. Trabajo que se realizó como respuesta a la solicitud presentada por los comunitarios del lugar, y conjuntamente llevada a cabo con la ayuda de la Municipalidad de Sololá, la cual brinda el apoyo técnico para llevar a cabo los diferentes estudios de infraestructura necesarios en la región.

Los caseríos beneficiados con este proyecto, son de mucha importancia para la demanda de comercio que se presenta en la cabecera municipal de Sololá, con este mejoramiento se contribuirá no sólo comercialmente al lugar, sino también será un punto de acceso para una vía alterna de la carretera interamericana y la carretera principal que conduce a la cabecera municipal.

El contenido de este documento se basa en dos partes fundamentales; en los capítulos del 1 al 8: elaboración de un resumen de los fundamentos teóricos que están directamente relacionados a cada una de las actividades desarrolladas en el proyecto de mejoramiento del camino.

La segunda parte corresponde específicamente, al informe final de ingeniería y tema central del presente trabajo, es el desarrollo de los estudios para la realización del trazo geométrico del camino, con el diseño estructural del pavimento hidráulico, esta parte abarca los capítulos 9 al 15, los cuales muestran los temas relacionados con el replanteo geométrico del camino y aspectos generales de las comunidades beneficiadas.

El capítulo 16 describe, de manera breve, el procedimiento para realizar un estudio de impacto ambiental. Por último, el capítulo 17 contiene el cuadro de presupuesto y cronograma de ejecución del proyecto, que incluyen los renglones de trabajo, sus cantidades y unitarios respectivos.

1. MONOGRAFÍA

1.1. Características generales de los caseríos Vasconcelos El Triunfo

Los caseríos en mención su principal fuente de ingresos es por medio de la venta de hortalizas hacia diferentes sectores del municipio de Sololá, lo cual hace necesario para ellos, contar con una carretera adecuada para movilizarse con mayor rapidez, por tal razón se decidió hacer un estudio respectivo para beneficiar a estas comunidades.

1.1.1. Ciudad de Sololá

La ciudad de Sololá se localiza al sur del municipio y es la cabecera del departamento del mismo nombre, dista a 140 kilómetros de la ciudad capital. Cuenta con una extensión territorial de 2 kilómetros cuadrados. Se encuentra a una altitud de 2 113,50 metros sobre el nivel del mar. Tiene una latitud de 14° 46' 12" y una longitud 91° 10' 58".

1.1.2. Historia

Sololá se deriva del vocablo *Tz'olohjá* o *Tz'oloyja'*, que en Kiché, Kaqchikel y Tzutuhil, significa agua de Sauce; *ha'* o *Ya'* significa agua y Tz'ol o Tz'olohj que significa sauco o sauce. De acuerdo a otra interpretación, el nombre proviene de las voces en idioma Kaqchikel, *Tzol* que significa volver o retornar, o particularmente de continuación, *ya'* significa agua o sea retornar o volver al agua. Sololá anteriormente se le denominó Tecpán Atitlán, que significa "palacio del señor de Atitlán". El 30 de octubre de 1547, según el Memorial de

Sololá en cumplimiento de la Real Cédula de 1540 que ordenaba la congregación de los indígenas en pueblos, fue fundada la ciudad de Sololá la que fue denominada Asunción de Nuestra Señora de Tecpán Atitlán y también fue conocida con los nombres de Tzolha', Asunción Sololá y Sololá.

Después de la conquista, la familia Xahil mantuvo una gran cuota de poder, prueba de ello es que Diego Hernández Xahil, hijo de Francisco Hernández Arana ocupó el cargo de alcalde en los años 1559, 1573, 1576, 1583 y 1586. La visita pastoral, realizada en los años 1758 y 1770 el Arzobispo Pedro Cortés y Larraz anota, que en el pueblo de Sololá, vivían 5,455 personas, de las cuales 84 pertenecían al grupo ladino y el resto al grupo Kaqchikel, ellos producían en pequeña escala, maíz, frijol, trigo y ganado mayor y menor, por lo que el ingreso principal provenía del comercio realizado en la costa de San Antonio Suchitepéquez. En junio de 1921, un Acuerdo Gubernativo autoriza a la Municipalidad, la fundación del Hospital de la ciudad, denominado luego, Hospital Nacional Juan de Dios Rodas. Por Acuerdo Gubernativo 30 de octubre de 1924 se elevó a la categoría de Ciudad.

1.2. Datos generales caseríos Vasconcelos El Triunfo

Para tener una mejor visualización de la localización de los caseríos en mención, a continuación se presenta la tabla I, en la que se muestra los límites territoriales de cada uno, cabe mencionar que éstos pertenecen al municipio de Sololá, del departamento de Sololá, y son los que se encuentran comunicados con este tramo carretero.

Tabla I. **Ubicación geográfica caserío Vasconcelos El Triunfo**

CASERÍO	CANTÓN	UBICACIÓN	COLINDANCIAS				ALTITUD MTS/SNM	LONGITUD	LATITUD
			NORTE	SUR	ESTE	OESTE			
VASCONCELOS	XAJAXAC	A 10 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	CASERÍO NUEVA ESPERANZA	CASERÍO SANTA MARIA	CASERÍO CHUACRUZ	CIPRESALES	2 488,00	91°09'9"	14°49'41"
CHUACRUZ	PUJUIL I	A 15 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	ALDEA LOS ENCUENTROS	CASERÍO EL POTREO	CASERÍO EL PROGRESO	CASERÍO VASCONCELOS	2 426,00	91°09'04"	91° 08' 22"
LOS MORALES	EL TABLÓN	A 16 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	CASERÍO CHUACRUZ	MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN	EL POTRERO	SANTA MARIA Y TABLÓN CENTRAL	2 411,00	14°48'52"	91°09'47"
EL POTRERO	EL TABLÓN	A 16 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	CASERÍO CHUACRUZ Y EL PROGRESO	CONCEPCIÓN	CASERÍO LOS MORALES	PUJUILITO	2 235,00	14°48'37"	91°09'09"
LOS CHOPEN	PUJUIL I	A 13KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	ALDEA LOS ENCUENTROS	CASERÍO CHUACRUZ	CASERÍO EL PROGRESO	CASERÍO NUEVA ESPERANZA	2 600,00	16°40' 50"	69°07'30"
EL PROGRESO	PUJUIL I	A 17 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	ALDEA LOS ENCUENTROS Y EL TRIUNFO	CASERÍO EL POTREO	CASERÍO EL ADELANTO Y EL TRIUNFO	CASERÍO CHUACRUZ	2 248,00	91°08' 07"	14°49'07"
EL TRIUNFO	PUJUIL II	A 19 KMS.DE LA CABECERA MUNICIPAL	CASERÍO LA FÉ Y SACBOCHOL	CASERÍO EL POTREO	CASERÍO EL ADELANTO Y MIRADOR	CASERÍO EL PROGRESO	2 426,00	14°49' 09"	91°08'23"

Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Vías de acceso y comunicación

Cuentan con dos vías de acceso de terracería, las dos peatonales y vehiculares transitables en toda época del año, una se interconecta con la carretera interamericana a la altura del kilómetro 123, y la otra se interconecta con la carretera principal que conduce a la ciudad de Sololá.

1.2.2. Demografía

De conformidad con los datos proporcionados, por los dirigentes comunales de cada caserío a continuación se detallaran los resultados en la tabla II.

Tabla II. **Distribución demográfica**

CASERÍO	No. DE VIVIENDAS	MUJERES	HOMBRES	TOTAL DE HABITANTES
VASCONCELOS	50	199	175	374,00
CHUACRUZ	270	1 351	1 197	2 548,00
EL POTRERO	33	101	84	185,00
LOS MORALES	95	340	324	664,00
LOS CHOPEN	21	86	67	153,00
EL PROGRESO	125	424	386	810,00
EL TRIUNFO	82	323	277	600,00
		TOTAL DE HABITANTES:		5 334,00

Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Aspecto económico

En relación al aspecto económico, se puede afirmar que la base fundamental de la economía familiar es la agricultura en pequeña escala. En este caso, la actividad agrícola del hombre inicia a temprana hora del día y finaliza a las 17 horas aproximadamente, para tomar su descanso y convivir con la familia. Las mujeres se dedican a las actividades domésticas, generalmente, con sobrecargo de tareas, porque además de preparar los alimentos, también tiene que cuidar a los niños y los animales domésticos, se dedican a la limpieza e higiene del hogar y apoyan las labores agrícolas de los hombres, para ello se levantan a las cuatro de la madrugada y se acuestan a dormir a las 21 horas.

Tradicionalmente, es el hombre el responsable de conseguir el recurso económico para el gasto de la familia. La mujer también contribuye en la economía familiar realizando actividades artesanales y de mostacilla. Los ingresos familiares generalmente, se obtienen de las jornadas diarias de trabajo

de campo cuyo ingreso mensual asciende a Q. 300,00 que en un año suma la cantidad de Q.3 600,00. Quienes emigran hacia otros lugares obtienen un ingreso mayor por la cantidad de Q.9 600,00 al año. Excepcionalmente, algunas familias reciben ingresos económicos de familiares que han emigrado hacia los Estados Unidos, lo cual asciende a Q.14 000,00 anuales. Los vecinos indicaron que durante los meses septiembre a noviembre; se tienen mayores dificultades para la obtención de recursos económicos, debido a las intensas lluvias, el comercio fluye menos y falta de oportunidades de superación y por los precios bajos en la venta de los productos agrícolas y de artesanía que producen.

1.3. Organización

Cada caserío está organizado para realizar las diferentes labores y actividades que se presenta en el transcurso del año, esto con el objetivo de tener un mejor control del desarrollo de los habitantes del lugar.

1.3.1. Alcaldía Auxiliar

En las comunidades, la autoridad máxima es el Alcalde Auxiliar, nombrado en asamblea general, quién cumple su función por espacio de un año, encargado de velar por el bienestar de la población y atender las necesidades y problemas de la comunidad.

1.3.2. Comités

Con base en los datos proporcionados por los vecinos, en la comunidad existen diferentes comités con funciones específicas, las cuales son: junta escolar, de caminos, de agua potable, comité de desarrollo, grupo de mujeres y cooperativa

1.3.3. Organizaciones locales

A parte de los comités, en la comunidad funciona una cooperativa de ahorro y créditos legalmente constituida. Los comunitarios consideran como fortalezas la existencia de un Alcalde Auxiliar, los diferentes comités y la cooperativa de ahorro y crédito, así como el grupo de mujeres y las capacitaciones que algunas entidades les ofrece, a la vez manifiestan que estas fortalezas contribuyen al logro del desarrollo de la comunidad. Sin embargo, indican que la participación de la población es baja, debido a la extrema pobreza y al divisionismo que existe en las comunidades.

1.4. Salud y vivienda

Los comunitarios informaron que las enfermedades más comunes que afectan a las personas adultas son: la fiebre, la gripe y el catarro (infecciones respiratorias). En el caso de los niños se enferman de: mal de ojo, calentura, tos, gripe, catarro y los parásitos intestinales.

1.4.1. Presencia del sistema oficial de salud

En estas comunidades, solamente se encuentra ubicado un Puesto de Salud instalado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, quién provee a la población de programas de vacunación, consultas médicas semanalmente y algunas medicinas a precios módicos. En opinión de la gente los servicios que brinda el Puesto de Salud son aceptables; sin embargo, no cuenta con capacidad para curar las enfermedades más graves, por lo que en estos casos acuden al Centro de Salud o al Hospital Nacional ubicada en la ciudad de Sololá.

1.4.2. Vivienda

Las viviendas de las comunidades en un 99% están construidas de material de adobe, con techo de lámina galvanizada y piso de tierra. El 1% de las viviendas están construidas de paredes de block, techo de lámina y piso de cemento. Normalmente, cada vivienda cuenta con una cocina que también es usada como comedor. Informaron que el 50% de las familias continúan cocinando a la manera tradicional con el fuego en el suelo y con tenamaste y el 50% de las familias utilizan el poyo o estufa mejorada. En ambos casos utilizan como combustible la leña que se adquiere en la misma comunidad o la compran a oferentes que llegan de otras comunidades.

1.5. Educación

Según información obtenida por parte de los Alcaldes Auxiliares la educación en los diferentes caseríos, se ha visto mejoras en la asistencia de los niños hacia la única escuela que hay en el lugar.

1.5.1. Nivel educativo

Las personas adultas de la comunidad, en su mayoría no saben leer, ni escribir porque no tuvieron la oportunidad de asistir a la escuela, por ello el índice de analfabetismo es elevado, manifestado principalmente en las mujeres. Respecto a los jóvenes, se cree que el nivel educativo es mejor, puesto que casi todos han alcanzado culminar la primaria, inclusive existen algunos profesionales del nivel medio. Los niños y las niñas en su mayoría asisten a la escuela, por consiguiente, el nivel educativo tiende a mejorar.

1.5.2. Infraestructura educativa

Las comunidades cuentan con un edificio escolar, bajo la jurisdicción del Ministerio de Educación (MINEDUC), donde actualmente funciona la educación primaria. Para llegar a ella los niños se movilizan a pie recorriendo una distancia de 1 kilómetro en promedio, que en tiempo de reloj significa 20 minutos.

Los jóvenes estudiantes del nivel básico y diversificado asisten al instituto básico de Vasconcelos y/o a los institutos ubicados en el departamento de Sololá. Los cuales distan de la comunidad a 10 y 12 kilómetros respectivamente, en virtud de la distancia, algunos deciden quedarse a vivir en el lugar donde se ubican los centros.

1.6. Urbanismo e infraestructura

Según encuesta realizada a los diferentes caseríos, se dan los resultados obtenidos a continuación:

1.6.1. Agua

Del total de las familias, el 60% cuentan con agua entubada domiciliar y un 40% no cuenta con el servicio a domicilio, por lo que, se abastecen con manantiales cercanos o de algunos pozos. Informaron que las mujeres son las encargadas de transportar el agua para el consumo familiar.

1.6.2. Electricidad

En las comunidades el 90% de las familias cuentan con el servicio de energía eléctrica en sus viviendas, el otro 10% carecen de éste servicio. Además, no existe alumbrado público.

1.6.3. Letrinización y drenaje

El 75% de las familias cuentan con sistemas de letrinización de tipo tradicional, es decir, pozo ciego con plancha y taza de cemento; y el 25% evacúa sus necesidades fisiológicas al aire libre entre los cultivos. La comunidad no cuenta con sistema de drenajes, por lo que las aguas servidas producto del lavado de ropa y de otros enseres del hogar, corren a flor de tierra y son dirigidos hacia los barrancos.

1.7. Medio ambiente

En las comunidades no existen fuentes del vital líquido, el agua entubada que tienen proviene de comunidades circunvecinas. Indican que los manantiales han sufrido disminución en su caudal, además, se ubican en barrancos sin facilidades para que la comunidad pueda abastecerse de ellos, aunque si son aprovechados por otras comunidades. No se evidenció programas de conservación y protección de los nacimientos de agua, de los bosques, ni de los manantiales. El vital líquido, básicamente se utiliza para el consumo humano, el cual no recibe tratamiento o purificación a nivel general.

1.7.1. Clima

De acuerdo con la ubicación geográfica de la comunidad y por su altitud, el clima que prevalece es el frío, aunque indicaron que en los últimos años han notado fuertes cambios en la temperatura al manifestarse más calor. También, han ocurrido cambios en la época lluviosa y en el volumen, afectando la actividad agrícola de la comunidad. Consideran que estos cambios son causados por la tala inmoderada de los bosques y por el uso descontrolado de los recursos naturales. Informaron que los niños que asisten a la escuela reciben educación relacionada al medio ambiente, y se espera que en un futuro cercano produzcan efectos positivos en beneficio de la comunidad.

Figura 1. **Tramo carretero Vasconcelos El Triunfo**



Fuente: camino al caserío Chuacruz.

2. GENERALIDADES DE CARRETERAS Y CAMINOS

2.1. Caminos y carreteras

Es común denominar caminos a las vías rurales, mientras que el nombre de carreteras se le aplica a los caminos con características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos. El término carretera se puede definir, como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente, permitiendo el rodamiento adecuado de los vehículos, para los cuales ha sido acondicionada.

2.2. Clasificación de las carreteras

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras, dependiendo del país al que pertenecen, pudiendo ser de acuerdo al fin que se persigue o por su transitabilidad. En forma general, se pueden distinguir varias clasificaciones, tal como son dadas en otros países: por transitabilidad, su aspecto administrativo y su técnica oficial.

2.2.1. Clasificación por su transitabilidad

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

- Terracerías: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo seco.

- Revestida: cuando sobre la subrasante se ha colocado una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido totalmente el pavimento.

2.2.2. Clasificación administrativa

En Guatemala, la Dirección General de Caminos, es parte del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, (MICIVI), institución encargada de la administración de las carreteras del país, la cual clasifica las carreteras de acuerdo a las siguientes categorías: nacionales, departamentales, municipales, de herradura y vecinales.

2.2.3. Clasificación técnica oficial

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa, la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito, el tipo de región y las especificaciones geométricas aplicadas. En Guatemala, la entidad que clasifica técnicamente las carreteras es la Dirección General de Caminos, basándose en forma general en la tabla de características geométricas que (se presenta en la pág. 135), indicando los siguientes 6 tipos básicos:

- Tipo A: para tránsito promedio diario anual de 5 000 a 3 000 vehículos
- Tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 1 500 a 3 000 vehículos
- Tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 900 a 1 500 vehículos
- Tipo D: para un tránsito promedio diario anual de 500 a 900 vehículos
- Tipo E: para un tránsito promedio diario anual de 100 a 500 vehículos
- Tipo F: para un tránsito promedio diario anual de 10 a 100 vehículos

2.3. Vehículo de proyecto

El vehículo de proyecto es un automóvil seleccionado con las dimensiones y características operacionales, usadas para determinar ciertas características de proyecto para vialidades, tales como: ancho de la vía sobre tangentes y curvas, radios de curvatura horizontal y alineamiento vertical. La selección de un vehículo de proyecto tiene un importante punto de apoyo en la ejecución y costo de la vía. El uso de vehículos de proyecto muy grandes implica instalaciones con mejor circulación y características de seguridad, mientras que el uso de un vehículo de proyecto muy pequeño da por resultado costos menores en cuanto a construcción e impacto al medio ambiente. Escoger un vehículo de proyecto adecuado, generalmente requiere de un compromiso entre ejecución y costo.

2.4. Velocidad de proyecto

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada velocidad de diseño o velocidad de proyecto, que no es otra cosa que la velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. La velocidad de diseño es un factor de primordial importancia que determina, normalmente, el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos. Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de esta velocidad. Al hacer esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor. La velocidad de diseño es la velocidad máxima segura que se puede mantener en una sección específica de una vía, cuando la configuración geométrica de la vía rija. Una vez seleccionada, todas las características pertinentes de la vía deben estar relacionadas a esta velocidad para obtener un proyecto balanceado. Algunas características, tales como la curva horizontal y

vertical, la elevación y la distancia de visibilidad, se encuentran directamente relacionadas con ella. Cuando se le hace una modificación, muchos elementos en el proyecto de la vía cambian. Una sola velocidad de diseño debe dirigirse a una sola instalación, una vez seleccionada, se debe mantener y no alterarse. La Dirección General de Caminos estipula los rangos de velocidades de diseño para carreteras, de acuerdo con la clasificación técnica de la vía.

2.5. Tránsito promedio

Se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente empleadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Se llama tránsito promedio diario (TPD), al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto período. Normalmente es el de un año, a no ser que se indique otra cosa.

3. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

3.1. Preliminar de campo

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas. Por ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde la carretera, obligatoriamente, debe pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía. Como el número de rutas posibles puede ser grande, el estudio de las mismas tiene como finalidad seleccionar aquella que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. El estudio es por consiguiente un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazado y abarca actividades que van desde la obtención de la información relativa a dichos factores hasta la evaluación de la ruta, pasando por los reconocimientos preliminares.

3.1.1. Estudio del trazado o geométrico preliminar

El proceso de estudio del trazado de una carretera implica una búsqueda continua, una evaluación y selección de las posibles líneas que se puedan localizar en cada una de las fajas de terreno que han quedado como merecedoras de un estudio más detallado, después de haber practicado los reconocimientos preliminares y la evaluación de las rutas.

La finalidad de este estudio es la de establecer en dichas fajas la línea o líneas correspondientes a posibles trazados de la carretera. Para ello es

necesario llevar a efecto un minucioso reconocimiento adicional sobre las rutas seleccionadas. Dos enfoques posibles para efectuar los reconocimientos de campo: el aéreo y el terrestre, utilizados por separado o conjuntamente.

3.1.1.1. Levantamiento preliminar

Después de haber hecho la etapa de estudio del trazado un reconocimiento en el campo de cada una de las rutas seleccionadas, y luego de hacer una evaluación de cada una de las alternativas y seleccionar la que reúna mejores condiciones se llega a la etapa del anteproyecto, donde se debe fijar en los planos la línea que represente la ruta seleccionada y para tal final hay que realizar un estudio topográfico de la misma, a través de una línea preliminar.

La línea preliminar o base recibe este nombre debido a que servirá de apoyo para el futuro replanteo de la obra. El levantamiento de esta poligonal consiste en la medición de los ángulos y los lados, en la nivelación de todos sus vértices y en la toma de las secciones transversales.

3.1.1.2. Tránsito preliminar

El trazo se efectúa por el método de dobles deflexiones, con estacionamientos a cada 20 metros y en los puntos donde se considere necesario, por ejemplo: cauce de río, fondo, cruce con alguna carretera existente, la cima de un cerco y demás. En cada estación se coloca una estaca en los puntos en donde se pueda dejar la estación deberá colocarse en un árbol, muros de casas, verjas, muros cabezales o en cualquier otro punto de carácter permanente.

El punto de partida estará referido de una manera clara y permanente a puntos fáciles de localizar, para determinar exactamente el rumbo de partida será necesario efectuar una observación solar o astronómica. En cada intersección de dos rectas se deberá localizar la estación y medir el ángulo o delta, con una aproximación, cuando menos de un minuto y las distancias se medirán con una cinta métrica. El estacionamiento de salida se establece basándose en alguna carretera existente, en caso contrario puede asumirse un estacionamiento arbitrario.

3.1.1.3. Niveles de preliminar

La nivelación debe efectuarse tomando diferencias de nivel en todos los puntos fijados por el trazador de la línea central, situando bancos de marca o controles de nivel (BM) cada 500 metros aproximadamente. Como cota de salida se tomará de referencia una fijada por la Dirección General de Cartografía con el Datum Geodésico que se rige para la república. En caso de no existir un BM cerca del punto de partida se puede adoptar una cota arbitraria. Los BM siguientes quedarán situados sobre puntos permanentes como: arboles grandes, muros, exteriores de casas o por monumentos de concreto, anotando en cada uno de ellos: estación, elevación, distancia y lado de la línea central, deberán numerarse de uno en uno.

Un control permanente del aparato de nivelación permite la obtención de una mayor exactitud en el cierre de los proyectos. Siendo la tolerancia de error permitida:

$$e = 1.93\sqrt{L}$$

Donde: e = error admisible en centímetros
 L = longitud del tramo en kilómetro

3.1.1.4. Secciones transversales de preliminar

En las estaciones de la línea central se trazarán perpendiculares, haciendo un levantamiento de por lo menos 40 metros de cada lado de la línea central. La longitud de las secciones puede variarse de acuerdo con el criterio del topógrafo. Cuando la sección topo con un obstáculo no pasable, como un peñasco o un barranco cortado a tajo, no es necesario prolongarla, debiendo indicarse en la libreta claramente la clase de obstáculo. En los puntos de intersección la alineación de la sección debe seguir la bisectriz del ángulo interior.

Se deberá sacar su sección en estaciones intermedias donde exista alguna referencia importante que sirva en gabinete; también se deberá sacar sección en los fondos, zanjas, orillas de río y tuberías si existieran. Durante el trabajo de campo se deberá indicar orillas de río, cercos, orillas de camino, fondos, dimensiones de casas y alguna otra información que se considere.

3.2. Dibujo de preliminar

Con los datos de la poligonal de precisión se van a confeccionar los planos de conjunto, plantas, perfil longitudinal y secciones transversales. El plano de conjunto dibujado generalmente a escala 1:250000 o 1:10000, permite obtener la disposición adecuada de las láminas de planta, sobre las cuales va a elaborarse el anteproyecto. De esta manera, dentro de cada lámina deberá quedar dispuesta la mayor longitud posible de la poligonal.

3.2.1. Dibujo de planta preliminar

El dibujo de la planta se hace, generalmente, en láminas o en rollos de papel transparente de 50 a 55 centímetros de ancho y tan largos como sea posible usándose la escala 1:1000. En estos planos debe aparecer la poligonal base dibujada a escala, con los siguientes datos: número de cada vértice, ángulo en cada vértice y coordenadas de cada vértice.

3.2.2. Dibujo de perfil de preliminar

El perfil se dibuja en hojas de papel milimetrado opaco. En cada rollo para un fácil manejo es recomendable que se dibuje como máximo 10 kilómetros, con el objetivo de tener una mejor visualización de las depresiones del terreno se recomienda utilizar 1:100 en escala vertical y 1:1000 en escala horizontal. El dibujo consiste en ir colocando para cada estación el nivel que le corresponde, se deberá colocar los datos de las curvas horizontales tales como: PC, PT, grado de curvatura y deltas. Colocar en cada kilómetro las elevaciones base a lo largo de todo el perfil; cerciorarse al colocar al principio y al final de cada rollo la identificación necesaria: nombre del proyecto, contenido del rollo, kilometraje comprendido en el mismo, número de rollo si existieran varios del mismo proyecto, nombre del grupo y fecha de ejecución.

3.2.3. Dibujo de secciones transversales de preliminar

Los datos de las secciones transversales se utilizan para dibujar el perfil del terreno, en dirección transversal a la línea preliminar y para dibujar las curvas de nivel en el plano de planta. Para el dibujo de los perfiles transversales se usan las escalas 1:100 o 1:200. En la lámina de papel milimetrado se señala un eje vertical y para cada sección se marca una cota de referencia. Los datos

de la sección transversal son dibujados a derecha e izquierda del eje. Sobre la línea preliminar dibujada en la planta, se localizan todas las estaciones, de las cuales se ha levantado sección, dibujando líneas perpendiculares a la línea central en cada sección bisectrices en los puntos de intersección. Se deberá identificar los puntos en donde existen orillas de ríos, quebradas, casas, cercos y orillas de caminos si existieran.

3.3. Diseño de la línea de localización

El proyecto definitivo del trazo se establecerá sobre el dibujo del trazo preliminar, por medio de tangentes unidas entre sí, a través de su PI o puntos de intersección que se utilizarán para ligar las tangentes a través de curvas horizontales; cuanto más prolongadas se tracen las tangentes se obtendrá mejor alineación horizontal, con la consecuencia que marcarlas prolongadas implica un mayor movimiento de volúmenes, por lo que se intentará ir compensando esta línea del lado izquierdo y derecho donde sea posible y cargar la línea hacia el lado firme donde se presenten secciones transversales fuertes. Una vez dibujado el trazo definitivo se procede a trazar en el campo para corregir algún error o mejorar lo proyectado. El tener trazada la línea en el terreno requiere del uso de referencias en los PI, PC y PT, para poder ubicarlos nuevamente, cuando por alguna circunstancia se pierden los trompos o estacas que indican su localización, ya sea por un retraso o construcción del camino.

3.3.1. Selección de puntos obligados

Se deberán prever los cruces de la carretera con otros caminos, tomando en cuenta si éstos serán a nivel o a desnivel. Tomar en cuenta las zonas de inundación, se recomienda que la altura mínima entre el nivel de las aguas

máximas extraordinarias y la subrasante sea, por lo menos, de un metro por razones de drenaje y ascensión capilar.

En los lugares donde la inclinación de las secciones transversales es tal que excede la pendiente permisible en taludes de relleno, éste será un punto obligado para no pasar la línea de localización y separarla de la preliminar una distancia considerable, ya que en taludes de relleno que toquen un punto muy bajo de la sección serán muy difíciles de hacer éstos en el campo. En las estructuras de drenaje mayor como bóvedas y puentes, tomar en cuenta el nivel de aguas máximas extraordinarias para diseñar la altura suficiente.

3.3.2. Diseño de subrasante de preliminar

Lo primordial en el diseño es no exceder la pendiente máxima que está a la sección típica y al tipo de terreno, también se debe considerar una pendiente mínima para el drenaje longitudinal. Esta subrasante se diseñará sobre el perfil de preliminar, es probable que si al proyectar se consideran cortes y rellenos largos al dibujarla sobre la planta permitirá adaptar curvas más amplias que se ajusten a ella. El objetivo de esta subrasante es fijar una línea base, en la cual se tratará de ajustar el perfil de la línea final de localización, diseñándose sobre el perfil obteniendo una nueva subrasante que cumpla con los requisitos de balance en movimiento de tierras.

3.3.3. Diseño de la línea de localización

El diseño de la línea de localización es un proceso de tanteos y comparaciones. Lo primordial en el diseño, será la seguridad al tránsito, el uso de tangentes largas pero no excesivas; sin embargo, no debe vacilarse en quebrarlas para alejarse de terrenos pantanoso, de lugares donde el derecho

de vía es muy costoso o para reducir el costo del movimiento de tierras. Se debe evitar pasar por ríos cuando se pueda, ya que la construcción de un puente eleva considerablemente el costo del proyecto, siempre y cuando el no colocar un puente no sacrifique el alineamiento horizontal con curvas de grados y pendientes máximas. En resumen, se debe diseñar con criterios de uniformidad, comodidad y seguridad que permitan una armonía entre los alineamientos horizontal y vertical. Las curvas de diseño deben adaptarse, lo mejor posible, a las características del terreno y a la curva de la subrasante.

3.4. Cálculo de la línea de localización

El cálculo de línea de localización es un procedimiento matemático por medio del cual se definen totalmente las características geométricas y trigonométricas. Debe hacerse lo más minuciosamente posible para que no existan diferencias de lo efectuado en gabinete con lo que posteriormente se trazará en el campo.

3.4.1. Cálculo de puntos de intersección (PI's)

El primer paso en el cálculo de la línea de localización es determinar las coordenadas de los puntos de intersección horizontal de la línea de preliminar, ya que sirven de base para el cálculo, además se deben colocar los rumbos o azimut, las distancias de la línea preliminar y los deltas, a partir de estos datos se determinarán los correspondientes a la línea de localización.

3.4.2. Cálculo de elementos de curva horizontal

Para el cálculo de elementos de curva horizontal es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas calculados

y el grado de curvatura (G) que es colocado por el diseñador en función de las especificaciones técnicas.

Tabla III. **Valores máximos de curvatura para cada velocidad**

Velocidad de proyecto(Km/h)	Coefficiente de fricción lateral	Sobre elevación máxima (m/m)	Grado máximo de curvatura calculado (Grados)	Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)
30	0,280	0,10	61,6444	60
40	0,230	0,10	30,1125	30
50	0,190	0,10	16,9360	17
60	0,165	0,10	10,7472	11
70	0,150	0,10	7,4489	7.5
80	0,140	0,10	5,4750	5,5
90	0,135	0,10	4,2358	4,25
100	0,130	0,10	3,3580	3,25
110	0,125	0,10	2,7149	2,75

Fuente: elaboración propia.

Con el grado de curvatura (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva. En general se define un grado de curvatura como el ángulo central, subtendido por un arco de 20 metros. De esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva. A continuación se presenta la deducción de cada una de ellas.

3.4.2.1. Radio de curvatura (R)

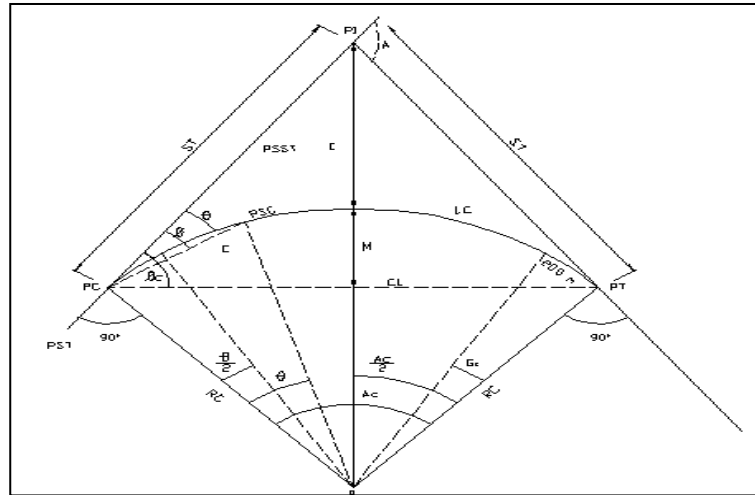
$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \quad \rightarrow \quad R = \frac{20 * 360}{2\pi G} \quad \rightarrow \quad \boxed{R = \frac{1145.9156}{G}}$$

3.4.2.2. Longitud de curva (LC)

La longitud de la curva es la distancia, siguiendo el perímetro de la curva, desde el principio de curva (PC) hasta el principio de tangente (PT). El punto de unión entre una tangente y una curva se le llama principio de curva (PC), en el caso inverso, se le llama principio de tangente (PT); y la distancia entre PC y el PT se denomina longitud de curva (LC). Las curvas horizontales pueden ser derechas o izquierdas de acuerdo al ángulo de deflexión respectivo. Las distancias entre curvas horizontales, es decir, las tangentes o rectas tienen por especificación una longitud mínima que varía de acuerdo al grado y al sentido de las curvas. Las curvas horizontales pueden ser también compuestas, que son aquellas curvas consecutivas que no están separadas por una tangente; es decir que el PT de la primera curva coincide con el PC de la segunda. Las curvas horizontales compuestas pueden ser del mismo sentido o de sentido opuesto, denominándose a esta última inversa.

$$\frac{LC}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360} \quad LC = \frac{2\pi R \Delta}{360} \quad \boxed{LC = \frac{20 * \Delta}{G}}$$

Figura 2. **Elementos de las curvas circulares simples**



Fuente: elaboración propia.

3.4.2.3. **Sub-tangente (St)**

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI) o entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT).

$$Tg(\Delta/2) = \frac{St}{R} \rightarrow \boxed{St = R * Tg(\Delta/2)}$$

3.4.2.4. **Cuerda máxima (Cm)**

Es la distancia en la línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

$$Sen(\Delta/2) = \frac{Cm/2}{R} \rightarrow \frac{Cm}{2} = R * Sen(\Delta/2) \rightarrow \boxed{Cm = 2 * R * Sen(\Delta/2)}$$

3.4.2.5. External (E)

Es la distancia desde el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

$$\cos(\Delta/2) = \frac{R}{R + E} \rightarrow E * \cos(\Delta/2) = R - R * \cos(\Delta/2) \rightarrow E = R * \sec(\Delta/2)$$

3.4.2.6. Ordenada media (M)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima (Cm).

$$\cos(\Delta/2) = \frac{R - M}{R} \rightarrow M = R - R * \cos(\Delta/2) \rightarrow M = R(1 - \cos(\Delta/2))$$

3.4.3. Cálculo de peralte (e)

El peralte es la sobre elevación que se le da a la sección transversal en la curva. Para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular, esta fuerza hace que el vehículo tenga un movimiento hacia fuera de la curva. Para el cálculo del peralte se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver el peralte recomendado, dependiendo del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

3.4.4. Sobre ancho (Sa)

El sobre ancho, es el ancho adicional proporcionado en las curvas debido a que al circular en ellas, los vehículos ocupan mayor espacio, porque aunque los neumáticos sigan la dirección de la curva, la carrocería tiende a seguir tangencialmente al movimiento. Para el cálculo del sobre ancho se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver los anchos máximos, dependiendo éstos del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura. El peralte y el sobre ancho serán repartidos proporcionalmente en la longitud de la curva, empezando a partir del PC menos $LS/2$ y terminando en el PT más $LS/2$.

3.4.5. Corrimiento

El corrimiento es el desplazamiento radial que es necesario darle hacia adentro de la curva circular, para darle cabida a la curva espiral. Su función es la de compensar el movimiento que sufren los vehículos hacia el interior de la curva debido a la fuerza centrífuga, evitando que abandonen su carril respectivo. La espiral es una curva de transición que se intercala entre una tangente y una curva circular o entre dos curvas circulares.

3.5. Diseño de la subrasante

La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, por lo que el buen criterio en la selección de la misma será la que brinde una mayor economía. En otras palabras, el proyectista debe perseguir el diseñar la rasante más económica, siendo ésta la de menor costo de construcción de obra o menor movimiento de tierras. La subrasante se proyectará sobre el perfil longitudinal del terreno, el proceso de selección de rasante es por medio de

tanteos. Se debe anotar en la parte inferior del rollo de perfil los PC, PT y los grados de curvatura, ya que esto facilita el diseño de la subrasante, porque ayuda en la combinación de ambos alineamientos.

Se deberá tener el mayor número de tramos en los que se balanceen los rellenos con los cortes dentro de la distancia límite del acarreo libre, siendo ésta de 500 metros aquí en Guatemala, también es recomendable que los cortes queden pendiente arriba de los rellenos, con el fin de facilitar el transporte del material y para que el costo de operación de la maquinaria sea menor. Para el diseño de la subrasante, también se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

3.5.1. Determinación de puntos obligados

El diseño de la subrasante tiene que respetar en ciertos puntos del perfil longitudinal elevaciones mínimas, determinadas por estructuras o accidentes geográficos. Dentro de ellas se pueden mencionar las siguientes.

3.5.1.1. Estructuras menores de drenaje

Son estructuras de drenaje de aguas superficiales, los proyectos desarrollados sobre caminos existentes. El diseño de la subrasante debe respetar la altura mínima sobre la tubería, que será aproximadamente de 60 centímetros. Por razones estructurales y económicas, no será conveniente subir mucho la subrasante sobre una tubería en buen estado, ya que los taludes caerían muy alejados de la salida y la entrada de la tubería y sería necesario prolongarla una longitudinal considerable, lo cual aumentaría el costo.

3.5.1.2. Estructuras mayores de drenaje

Las estructuras mayores comprenden las bóvedas y los puentes, estas estructuras se diseñan en función de las características hidrológicas de la cuenca e hidráulicas de la corriente interceptada. La altura a respetar en el diseño de la subrasante estará en función del nivel de aguas máximas extraordinarias y la altura libre necesaria para dar paso a cuerpos flotantes. En estructuras existentes con buen estado, la subrasante deberá pasar una distancia hacia abajo, igual al espesor del pavimento, para que en la construcción se ajusten lo mejor posible. Se deberá también tomar en cuenta las zonas de inundación, intersección con otros caminos, taludes, nivel del manto freático entre otros.

3.5.2. Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Se empleará cuando convenga desde el punto de vista económico. Tomando como factores de control el tipo de carretera y el tipo de terreno.

3.5.3. Pendiente mínima

Se utiliza para la funcionalidad del drenaje, en relleno la pendiente podrá ser nula, debido que, para drenar la carretera basta con la pendiente transversal de la misma. En los tramos en corte se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,5% para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. La pendiente puede variar dependiendo de la longitud del tramo en corte y la precipitación pluvial de la zona.

3.5.4. Longitud crítica de una tangente vertical

Es la longitud máxima en la que se puede ascender un vehículo cargado de una determinada relación peso-potencia, sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido. Al diseñar la subrasante es recomendable utilizar pendientes máximas en tramos cortos. Se verificará cambios en la alineación horizontal que mejoren el perfil longitudinal.

3.5.5. Condiciones topográficas

Las condiciones topográficas de la región determinan tres tipos de terreno, según la clasificación usada en la Dirección General de Caminos.

3.5.5.1. Terreno llano

Es aquél cuyo perfil tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de una pendiente transversal escasa. En este tipo de terreno la subrasante quedará, generalmente en relleno, casi paralela al terreno, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras de drenaje y para quedar a salvo de la humedad propia del suelo. En general, los rellenos se construyen con material de préstamo.

3.5.5.2. Terreno ondulado

Es aquél cuyo perfil tiene cimas y depresiones de cierta magnitud, la pendiente transversal del terreno no es mayor de alrededor del 45%. En este tipo de terreno se diseñará una subrasante ondulada, tomando como factores de diseño pendientes especificadas que permitan compensar los rellenos con los cortes.

3.5.5.3. Terreno montañoso

Su perfil obliga a grandes movimientos de tierras debido a lo accidentado del terreno, la pendiente transversal del mismo es mayor del 45%. En este tipo de terreno se emplearán en la mayoría de tramos pendientes máximas, ya que conseguir líneas de balance es muy difícil.

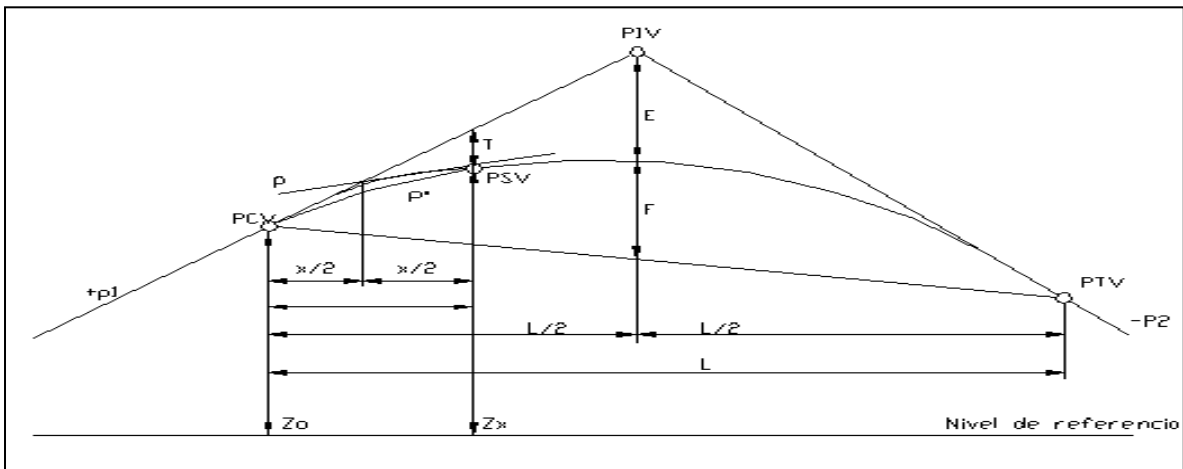
3.6. Cálculo de la subrasante

Consiste en calcular las elevaciones de los puntos de intersección vertical (PIV), sobre la base de las pendientes y los estacionamientos de los PIV que fueron calculados al momento de diseñar la subrasante. También se determinarán los caminamientos y las elevaciones de los elementos de curva vertical.

3.6.1. Cálculo de curvas verticales

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra, estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, entre otras. La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de la DGC es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación. Las especificaciones de la DGC tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. En algunas ocasiones los requerimientos de drenaje, podrán determinar la longitud mínima de una curva vertical. Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objetivo de evitar el traslape de las mismas, dejando, también, la mejor visibilidad posible a los conductores.

Figura 3. Elementos de curva vertical



Fuente: elaboración propia.

3.6.1.1. Longitud de curva vertical (LCV)

Es la distancia en proyección horizontal desde el principio de curva vertical (PCV) hasta el principio de tangente vertical (PTV). Para el cálculo de la LCV existen varios criterios o condiciones, a continuación se presentan los más generales.

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Criterio de apariencia: | $LCV > 30 * A$ |
| Criterio de comodidad: | $LCV > (V^2 * A)/400$ |
| Criterio de drenaje: | $LCV < 40 * A$ |
| Criterio de seguridad: | $LCV_{mínima} = K * A$ |
| | ó ... $LCV_{mínima} = Vel. de diseño$ |

Donde A es la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida en porcentaje y K es un factor que depende del tipo de curva, si ésta es cóncava o convexa y de la velocidad de diseño.

Tabla IV. **Valores de K según velocidad de diseño**

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad de parada	Valores de "K" según tipo de curva	
		Cóncava	Convexa
20	20	2	1
30	30	4	2
40	40	6	4
50	55	9	7
60	70	12	12
70	90	17	19
80	110	23	29
90	135	29	43

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.2. Cálculo de corrección de curvas verticales

Las curvas verticales, también pueden clasificarse en simétricas y asimétricas, dependiendo si las proyecciones horizontales son iguales o desiguales.

- Curvas simétricas: su cálculo se realiza por medio de las fórmulas presentadas a continuación, las cuales son deducidas de las propiedades de la parábola.

$$OM = \frac{P2 - P1}{800} * LCV \qquad Y = \frac{OM}{\left[\frac{LCV}{2}\right]^2} * D^2$$

$$D = |Est_{PIV} - EST_i| - \frac{LCV}{2}$$

Donde:

OM =corrección máxima para cada curva vertical, es la ordenada máxima

P2 =pendiente de salida, con su signo

P1 =pendiente de entrada, con su signo

Y =corrección para un punto cualquiera

El valor de OM tendrá el signo de la corrección. Luego se efectúa el cálculo de la subrasante corregida, sumando algebraicamente la subrasante con las correcciones de curva vertical.

3.7. Ancho de sección

El diseño de la sección transversal del camino, es un paso crítico en el proyecto, ya que influye, grandemente en el costo de la obra y en su capacidad de tránsito. Una sección reducida será económica, pero su capacidad de tránsito será también reducida. Por otro lado, una amplia sección tendrá una magnífica capacidad de tránsito, pero resultará costosa. De aquí que el proyecto deba coordinar ambas necesidades para encontrar la solución más conveniente, cubriendo las necesidades presentes, pero siendo flexible a ampliaciones futuras.

4. CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO

4.1. Tipo de tránsito

La clase de vehículos que transitan o van a transitar por un camino varía según la función que éste presta. Por ejemplo, un camino que conduzca hacia algún lugar turístico, se puede asegurar que en su mayoría el tránsito será de automóviles de pasajeros, acentuándose este efecto en época de vacaciones, mientras que en un camino de una zona de producción agrícola, la mayor porción de vehículos serán de transporte de carga, especialmente en tiempo de cosecha.

4.2. Volumen de tránsito

Se refiere a la cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo. Las unidades comúnmente utilizadas son: vehículos por hora o vehículos por día. Se llama tránsito promedio diario (T P D) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto período. Normalmente este período es el de un año.

4.3. Clasificación del tránsito por carga

A continuación se presentan las clasificaciones del tránsito que son utilizadas comúnmente, en el diseño de carreteras, en la República de Guatemala. En estas clasificaciones se hace la distinción entre eje sencillo y eje tándem. El primero está compuesto; normalmente de dos llantas en automóviles livianos y en camiones pesados por cuatro llantas. Y el eje tándem está

compuesto por dos ejes sencillos, cada uno tiene cuatro llantas, por lo cual el eje en tándem tiene ocho llantas.

4.3.1. Tránsito liviano

En esta clasificación están incluidos todos los vehículos livianos como automóviles, pick-ups, paneles, incluyendo algún otro camión de dos ejes sencillos, con dos llantas en cada eje, haciendo un total de cuatro llantas. La carga de eje sencillo de estos vehículos varía según el rango de 2 a 5 toneladas; por consiguiente, la carga y repeticiones de los vehículos livianos no tienen efecto alguno para el diseño de un pavimento.

4.3.2. Tránsito mediano o medio

Incluye los camiones de reparto, buses y camiones medianos y pequeños de carga de seis llantas con un eje sencillo atrás de cuatro llantas, cuyo rango de carga por eje varía de 5 a 8 toneladas.

4.3.3. Tránsito pesado

Está constituido, principalmente, de vehículos comerciales pesados, normalmente vehículos de dos ejes y seis llantas o más, o combinaciones de tres ejes o más. Así los valores permisibles de tránsito promedio diario de camiones (TPDC), incluyen solamente camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. La carga por eje sencillo de dos y cuatro llantas para tránsito pesado, generalmente se encuentra en el intervalo de 8 a 18 toneladas y para ejes en tándem para ocho llantas, en el intervalo de 14 a 30 toneladas de peso. Para el tránsito pesado no se incluyen camiones de

dos ejes con dos llantas en cada eje. A continuación se presentan los camiones pesados de mayor uso en la República de Guatemala:

4.3.3.1. Tránsito pesado tipo 2

Éste incluye dos ejes sencillos, el eje de la parte delantera está integrado por dos llantas y el eje de la parte posterior con cuatro llantas, haciendo un total de seis llantas.

4.3.3.2. Tránsito pesado tipo 3

Contiene tres ejes sencillos, caracterizándose éste, en tener un eje sencillo adelante y un eje en tándem atrás; cada eje en tándem tiene dos ejes sencillos, o sea, dos llantas adelante y ocho llantas atrás, con cuatro llantas en cada eje sencillo pertenecientes al eje tándem, con un total de diez llantas. Es uno de los tipos más utilizados por fábricas de concreto, y por los buses de transporte extra-urbano.

4.3.3.3. Tránsito pesado tipo 2-S-1

Camión con semiremolque, dos ejes sencillos en el tractor camión; el eje de adelante está compuesto por dos llantas y el eje de atrás por cuatro llantas. El semiremolque está compuesto por un eje sencillo de cuatro llantas, haciendo un total de diez llantas.

4.3.3.4. Tránsito pesado tipo 2-S, 1-T

Camión con semiremolque, dos ejes sencillos en el tractor-camión; el eje sencillo de adelante compuesto por dos llantas y el eje sencillo de atrás por

cuatro llantas y un eje en tándem de ocho llantas en el semiremolque, formado por dos ejes sencillos, con cuatro llantas en cada eje sencillo; haciendo un total de catorce llantas.

4.3.3.5. Tránsito pesado tipo 1-T, T-S-1

Camión con semiremolque; un eje sencillo y un eje en tándem en el tractor-camión; el eje sencillo compuesto por dos llantas y el eje en tándem por ocho llantas. En el semiremolque existe un sólo eje en tándem con ocho llantas; haciendo un total de dieciocho.

4.3.4. Carga máxima

El eje sencillo de carga equivalente de 18 000 libras, podría ser definido como el eje simple con esa carga, cuyas repeticiones causarían en el comportamiento de un pavimento el mismo efecto que causaría la repetición de cualquier combinación de ejes con carga de diferente magnitud.

4.3.5. Cargas de proyecto de carreteras según AASHTO

Las cargas de proyecto de carreteras consideradas para el cálculo de las estructuras son: cargas muertas, cargas vivas, impacto, presión de viento, entre otras, a continuación se muestran las cargas vivas, ya que son de mayor preponderancia en el diseño. De acuerdo con las especificaciones de la American Association State Highway and Transportation Officials (AASHTO) las cargas se conocen con la designación H y HS. Un camión de dos ejes es una carga H. a continuación de la letra se coloca un número 10, 15 ó 20 que indica el peso bruto en toneladas del sistema inglés, equivalente a 2 000 libras, del camión especificado como carga. Las cargas HS corresponden a un camión

tractor, de dos ejes con un semiremolque de un sólo eje. Los números que se colocan a continuación de la H y de la S representa el peso bruto, en toneladas del sistema inglés, del tractor y del semiremolque, respectivamente. El 80% del peso bruto del camión o del camión tractor cae en sus respectivos ejes posteriores.

Al eje del semiremolque se le supone siempre una carga igual a la del eje posterior del camión tractor. De acuerdo con lo anterior, un camión H20, es un camión de 40 000 libras, de las cuales el 80%, es decir, 32 000 libras, corresponden al eje trasero y el 20%, o sea 8 000 libras corresponden al eje delantero. De igual manera una carga H20 S16 representa un camión tractor de 40 000 libras, con un semiremolque de 32 000 libras. En este caso la distribución por eje es de 32 000 libras, para el eje trasero del tractor, 32 000 libras, para el eje del semiremolque y de 8 000 libras, para el eje delantero del tractor. Las cargas anteriores son las llamadas cargas tipo y correspondencia a una separación de 14 pies de distancia entre ejes del camión. La distancia entre el eje posterior del camión tractor y el eje del semiremolque varían entre 14 y 30 pies, calculándose siempre en las condiciones más desfavorables.

Cuando se carga un camión o un remolque, la carga se distribuye entre los ejes en proporciones determinadas que pueden ser calculadas; para ello es necesario conocer:

- El peso propio del camión vacío en cada eje
- El peso de la carga útil
- La distancia entre ejes y entre cada eje y el centro de la carga útil

Si A es la distancia del eje delantero al centro de la carga útil, B la distancia del eje trasero al centro de la carga útil C la distancia entre ejes, se tendrá:

- Carga útil sobre el eje trasero= A/C *carga útil
- Carga útil sobre el eje delantero= B/C *carga útil

Para la distribución de un camión tractor con semiremolque. En este caso, antes de analizar la distribución de la carga en el tractor es necesario calcular la carga útil en el punto de apoyo del semiremolque, ya que la carga útil en este punto de apoyo es igual a la carga útil total sobre el tractor.

5. PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN CARRETERAS

Los suelos son el material primario para una proporción importante de las obras de carreteras, es un material formado, predominantemente, por partícula de roca y minerales derivados de las rocas sin material cementante, pero con unas ciertas proporciones de aire, de agua y de materia orgánica. Los suelos continuamente se transforman y cambian su composición química y sus características física, debido a la intervención de agentes o factores de formación; en consecuencia, la composición de los suelos varía de conformidad con su origen, a los elementos naturales, con el agua, el clima, la topografía y los elementos orgánicos, tales como: los microbios, las plantas, la vida animal y fundamentalmente, el hombre.

5.1. Clasificación de los suelos

La clasificación de suelos permite aprovechar las experiencias obtenidas en el análisis de suelos, ya que agrupa los suelos según sus propiedades fundamentales, de forma que se pueda garantizar su igual o similar comportamiento una vez puestos en obra. Esto quiere decir que existen propiedades índice que pueden correlacionarse con propiedades, como la permeabilidad y la capacidad de soporte, que caracterizan el comportamiento.

Se han desarrollado diferentes métodos de clasificación de suelos, cada uno de ellos tienen diferentes campos de aplicación, según la necesidad y la utilización que se le dará al suelo. Estas clasificaciones son muy útiles para evaluar de una forma aproximada, pero rápida y económica las características y propiedades de los suelos afectados o utilizados en una obra. Dentro de las

clasificaciones más comunes en ingeniería civil están las siguientes: según el tamaño de las partículas, clasificación ASTM, clasificación AASHTO, entre otras.

5.2. Estabilización de los suelos

Como el nombre lo indica, con este recurso se pretende hacer más estable a un suelo. La estabilización consiste modificar las características de los suelos. Se dice que es la corrección de una deficiencia; para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad.

La primera y la que siempre acompaña a todas las estabilizaciones, es la de aumentar la densidad de un suelo, compactándolo mecánicamente. La segunda estabilización usada es la de mezclar a un material de granulometría gruesa, otro que carece de esta característica. Finalmente, está el recurso de estabilizar un suelo por procedimientos químicos, tales como la mezcla con cemento Pórtland, cal hidratada, asfalto o cloruro de sodio.

5.3. Compactación de suelos

Es un procedimiento mecánico, por medio del cual se le brinda estabilidad volumétrica a los suelos. Constituye un tratamiento eficaz y económico de mejora de los suelos para que resistan las acciones, a las que serán sometidos, con deformaciones permanentes admisibles y que éstas no sean irregulares. El motivo de la compactación de un suelo, el cual está formado por componentes sólidos y espacios vacíos llenos de agua y aire, es el de reagruparlo con el objetivo de reducir a un mínimo los espacios vacíos.

Cuando se le aplica a un suelo cierta energía para compactarlo, el peso volumétrico varía con el contenido de humedad, formando una curva característica. Se ha encontrado que utilizando una energía de compactación específica, existe un grado de humedad, en el cual se obtiene el máximo peso volumétrico para un suelo, denominándosele a esta humedad: óptima.

5.4. Capacidad de soporte de los suelos

Se conoce como capacidad de soporte de los suelos a su resistencia a la deformación, cuando se encuentra bajo la acción de cargas. Los factores principales que intervienen en esta capacidad son:

- La resistencia al esfuerzo cortante de los materiales que lo constituyen, que también depende de la densidad alcanzada y de su humedad de puesta en obra.
- La humedad existente en cada momento. Los suelos saturados tienen una capacidad de soporte inferior a los suelos no saturados, por lo que en general, a mayor humedad el suelo presenta una menor capacidad de soporte.

5.4.1. Valor relativo de soporte (CBR)

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR), es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad. Este ensayo es, probablemente, el más utilizado para estimar la capacidad de soporte de los suelos. Se trata de un ensayo en el que el suelo se somete a la penetración de un vástago cilíndrico a una velocidad constante. El

suelo compactado se sumerge en agua y en el proceso de saturación se mide, además, el eventual hinchamiento del suelo a medida que se satura.

El resultado índice CBR, se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir el vástago cilíndrico en la muestra de suelo, respecto a la necesaria para que el mismo vástago penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada.

5.4.2. Módulo de reacción del suelo (K)

El módulo de un suelo conocido en algunos lugares como coeficiente de balasto, es una característica de resistencia que se considera constante, lo que implica elasticidad de un suelo. Su valor numérico depende de la textura, compacidad, humedad y otros factores que afectan la resistencia de un suelo. Las pruebas han demostrado que el módulo de reacción de los suelos varía con el área cargada y con la cantidad de asentamiento. La determinación de K se realiza por medio de una placa circular de 76,2 centímetros de diámetro, bajo una presión tal que produzca una deformación del suelo de 0,127 centímetros. El correspondiente valor de K es la pendiente de la gráfica carga-deformación o módulo de elasticidad.

6. MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras consiste en trasladar volúmenes de tierra de un lugar a otro, para modificar la configuración de la superficie del terreno y condición física. Esta actividad está dentro de las operaciones más importantes en la construcción de una carretera, su influencia en la alineación y sobre todo en el costo total, es muy significativo.

La condición ideal para el movimiento de tierras de un proyecto de ingeniería, es aquél en donde el material de corte es utilizado para la construcción de los rellenos, sin que sea necesaria la utilización de material de préstamo o la eliminación de material de desperdicio.

Para la elaboración de los trabajos de movimientos de tierras se deben tomar en consideración los siguientes aspectos.

6.1. Determinación de las secciones de carretera

La determinación de las secciones de carretera es un procedimiento sencillo, pero laborioso, ya que al menos a cada veinte metros de la línea central del camino y en puntos críticos, se tendrá que determinar cuarenta metros a la izquierda y cuarenta metros a la derecha para la intersección de las curvas de nivel. El objetivo de que sean cuarenta metros los que se tengan que determinar hacia los lados, obedece a que por disposición del Estado, todos los caminos de carreteras comprenden un derecho de vía, con un mínimo de veinticinco metros hacia la izquierda y derecha del centro del camino.

En las secciones antes determinadas se ubicará el camino con una sección típica para carreteras. Otro de los aspectos; por lo que es necesario la determinación de las secciones de construcción, es el hecho de que éstos son los indicadores de la cantidad de corte y terraplén que se realizarán en el camino, y que son factores para el cálculo de la curva masa.

6.2. Determinación de los volúmenes de tierra

El cálculo de volúmenes se realiza con el área de cada una de las secciones y la distancia entre ellas, según su ubicación en relación con el terreno original. Para su determinación existen diferentes métodos, uno muy simple es el del promedio de áreas extremas, el cual consiste en sumar las áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas. Es importante mencionar que los volúmenes incluyen tanto de corte como de relleno o terraplén.

6.3. Cálculo de balance

Después de calcular los volúmenes de corte y relleno, y teniendo el coeficiente de contracción e hinchamiento, se procedió a determinar los valores de balance, multiplicando los volúmenes de corte acumulado por el factor de contracción y restándole el volumen de relleno, éstos servirán para formar la curva de Bruckner, que combinada con el diseño de las líneas de balance, permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

El balance debe tener una cota inicial, la cual puede variar en función del terreno y a la magnitud del proyecto, pero para que no existan valores negativos, se acostumbra usar un valor inicial de 100 000 metros cúbicos.

6.4. Diseño de línea de balance

Por medio de la línea de balance se logra establecer la cantidad de tierra a movilizar, para luego determinar el costo de dicho movimiento, por lo que un buen criterio en el diseño de la misma puede afectar positivamente en la economía del proyecto. La selección de la línea de balance del movimiento de tierras se debe hacer tomando en cuenta que debe existir una compensación entre los cortes y los rellenos; y esto se logra con tramos que sean cortados por la línea de balance.

A los puntos donde dicha línea es cortada se le llaman puntos de balance. Al conjunto de la curva de Bruckner y la línea de balance se le conoce como diagrama de masas.

6.5. Elementos que condicionan el diseño de la línea de balance

El diseño de la línea de balance es un proceso de tanteos, en donde se debe tomar en consideración los costos unitarios aproximados del renglón del movimiento de tierras, verificándose las diferentes posibilidades, hasta que el costo total sea el menor posible. En Guatemala se consideran los costos unitarios, según los siguientes renglones especificados por La Dirección General de Caminos.

- Excavación no clasificada
- Excavación no clasificada de material de desperdicio
- Excavación no clasificada de material de préstamo
- Acarreo libre
- Sobre acarreo
- Acarreo

6.6. Diagrama de masas

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además, es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como abscisas se toman el mismo caminamiento utilizado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén. En resumen el procedimiento para el proyecto de la curva masa es el siguiente:

- Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
- Determinación en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
- Dibujar las secciones transversales topográficas (secciones de construcción).
- Dibujar la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos, según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.

- Cálculo de las áreas de las secciones transversales del camino con algún método apropiado.
- Calcular los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
- Dibujo de la curva con los valores anteriores.

6.6.1. Dibujo de la curva masa

Dibujar la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las abscisas en el sentido horizontal, utilizando el mismo dibujo del perfil. Cuando está dibujada la curva se traza la línea de balance, que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces al querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreos muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

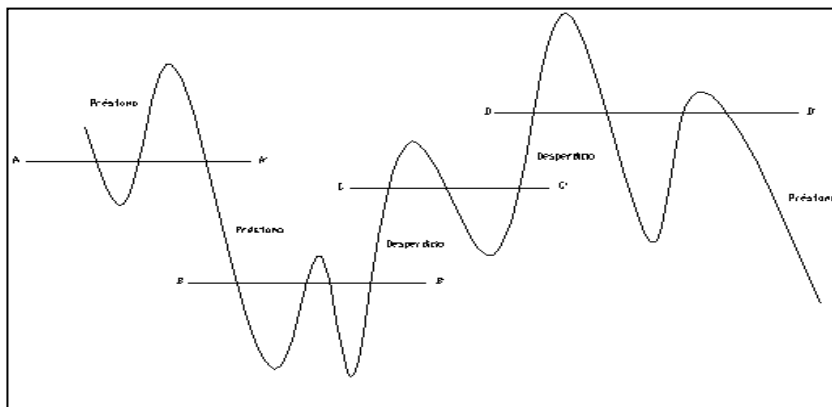
6.6.1.1. Determinación del desperdicio

Cuando la línea compensadora no se puede continuar y existe la necesidad de iniciar otra, habrá una diferencia de ordenadas. Si la curva masa se presenta en el sentido del caminamiento en forma ascendente la diferencia indicará el volumen de material que tendrá que desperdiciarse lateralmente al momento de la construcción.

6.6.1.2. Determinación de los préstamos

Se trata del mismo caso anterior, sólo que la curva masa se presentará en forma descendente, la decisión de considerarlo como préstamo de un banco cercano al camino o de un préstamo de la parte lateral del mismo, dependerá de la calidad de los materiales y del aspecto económico, ya que los acarrees largos por lo regular resultan muy costosos.

Figura 4. Diagrama de masas



Fuente: elaboración propia.

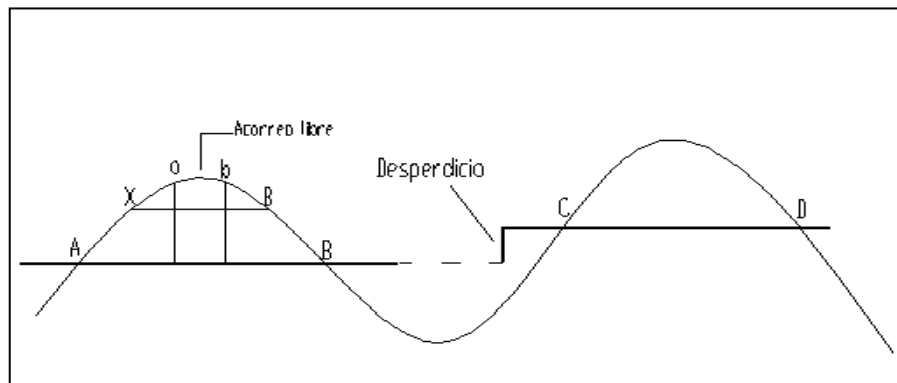
6.6.1.3. Determinación del acarreo libre

Se corre horizontalmente la distancia de acarreo libre 500 metros, de tal manera que toque dos puntos de la curva, la diferencia de la ordenada de la horizontal al punto más alto o más bajo de la curva, éste es el volumen de acarreo libre.

6.6.1.4. Determinación del sobre acarreo

Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea horizontal de acarreo libre. La diferencia de abscisas X-B será la distancia a la que hay que restarle el acarreo libre para obtener la distancia media sobre acarreo convertida en estaciones y aproximada al décimo. El volumen se obtendrá restando la ordenada de la línea compensadora A-B a la línea de acarreo libre a-b.

Figura 5. Acarreo libre y desperdicio



Fuente: elaboración propia.

6.6.2. Propiedades de la curva masa

- La curva crece en sentido del caminamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
- En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se prestará un máximo y un mínimo, respectivamente.

- Cualquier línea horizontal que corta la curva en dos extremos, marcará dos puntos con la misma ordenada de balance, indicando así la compensación en este tramo, por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina de balance y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
- La diferencia de ordenada entre dos puntos indicará la diferencia de volumen entre ellos.
- El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera representa el volumen por la longitud media de acarreo.
- Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal, el sentido del acarreo de material es hacia adelante, y cuando la curva se encuentra abajo, el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.

7. DRENAJE DE LAS CARRETERAS

El objetivo del drenaje en los caminos es en primer término, el de reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llega al camino. El sistema de drenajes es el aspecto más importante del diseño y la construcción de caminos por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación. El drenaje en carreteras puede clasificarse como drenaje mayor cuando sea requerido el uso de puentes o alcantarillas de grandes luces como las bóvedas; y drenaje menor, el cual está compuesto por drenaje superficial y drenaje subterráneo.

7.1. Drenaje menor

Son los conductos que se construyen en las carreteras u otras obras viales con el objetivo de proteger las mismas, evacuando las aguas superficiales y profundas. También, dentro del drenaje menor se incluyen los trabajos de conformación de la carretera o del terreno natural que permiten la eliminación rápida de aguas superficiales. En el caso de conductos transversales o alcantarillas se considera como drenaje menor, aquél cuyo diámetro sea menor o igual a 60”.

7.1.1. Drenaje superficial

El drenaje superficial está compuesto de obras de captación y defensa, donde se incluye desde las pendientes transversales o bombeo y longitudinales que tiene las coronas, bordillos, lavaderos, bajadas así como cunetas,

contracunetas, canales interceptores, y tuberías longitudinales. También se compone de obras de cruce como las alcantarillas.

7.1.1.1. Bombeo

Pendiente transversal que se da a las carreteras para permitir que el agua, que directamente cae sobre ellas escurra hacia sus dos hombros. En las carreteras normales de dos carriles de circulación y en secciones de tangente es común que el bombeo se disponga con una pendiente entre el 2 y el 3%, desde el eje del camión hasta el hombro correspondiente.

7.1.1.2. Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial proveniente de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de flujos de canales abiertos. Las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas. Las cunetas, por lo general, se construyen de sección transversal trapezoidal o triangular. En algunos casos será necesario proteger las cunetas mediante zampeados, debido a la velocidad provocada por la pendiente. Pueden revestirse de concreto, mampostería de piedra o simplemente con grama.

7.1.1.3. Bordillos

Los bordillos son estructuras que al igual que las cunetas se colocan en el sentido longitudinal de la carretera, con la finalidad de conducir el agua hacia los lavaderos o aliviaderos, evitando erosiones en los taludes y la saturación de

estos por el agua que cae sobre la corona de la carretera. En los pavimentos rígidos, el bordillo también puede cumplir con la función de incrementar la resistencia a la flexión de las losas de concreto. La altura del bordillo debe ser suficiente para que no sea rebasado por el agua acumulada, pero no debe rebasar ciertos límites arriba de los cuales crea una impresión visual de confinamiento, la cual es inconveniente.

Los bordillos de concreto hidráulico requieren juntas de expansión, que suelen disponerse a cada 10 metros; también, deberá cuidarse el curado del concreto. Las interrupciones de los bordillos deberán tener un ancho de 40 a 50 centímetros y estar espaciadas entre 30 a 40 metros, dependiendo del caudal de agua a evacuar.

7.1.2. Drenaje subterráneo

El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material. Son usuales los drenajes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evita filtraciones más allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir. El material se graduará cuidadosamente en capas con tamaños uniformes. También se usan con el mismo fin drenajes con tubos perforados que recogen el agua de la parte inferior de camino bajo las cunetas, su construcción consiste en la apertura de una zanja para colocar un tubo de barro o concreto que canalice el agua. El cuidado con que se coloquen los tubos, la determinación de su diámetro y resistencia, influirá en la funcionalidad y duración del drenaje.

7.2. Drenaje mayor

Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas se puede mencionar los puentes, puente-vado y bóvedas. Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

8. GENERALIDADES DE PAVIMENTACIÓN

El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben, en forma directa, las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente con seguridad confort y durabilidad. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías, además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando se termina el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no sólo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo. Existen además, dos factores importantes: la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se

consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

8.1. Componentes estructurales del pavimento

A continuación se detalla las diferentes capas que incluye una fundición de pavimento.

8.1.1. Terreno de fundación

Es aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado tiene las secciones transversales y pendientes indicados en los planos de diseño.

De la capacidad de soporte del suelo depende en gran parte el espesor de la estructura del pavimento, por ejemplo:

- Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible, y sustituirse éste por un suelo de mejor calidad.
- Si el terreno es malo, habrá que colocar una subbase de material seleccionado antes de poner la base.
- Si el terreno de fundación es regular podría prescindirse de la subbase.
- Si es excelente, podría prescindirse de subbase y base.

8.1.2. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, generalmente de 30 centímetros como mínimo, donde no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

El soporte que la subrasante presta al pavimento se expresa con el valor del módulo de reacción K de la subrasante y puede ser determinado mediante ensayos en el terreno o por correlación con otros valores indicadores del soporte, establecidos mediante otros ensayos. Cuando el tiempo y equipo de laboratorio no permiten obtener el valor de K , por medio del ensayo del plato, para efectos de diseño, puede considerarse la relación aproximada entre k y el valor relativo de soporte de California o CBR. La función de la subrasante es soportar las cargas que transmiten el pavimento y darle sustentación, además, se considera la cimentación del pavimento.

8.1.3. Subbase

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. No siempre se utiliza un pavimento.

Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías. Las principales funciones de la subbase son:

- Transmite y distribuye las cargas provenientes de la base.

- Sirve de material de transición entre la terracería y la base, así también, como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Rompe la capilaridad de la terracería y drena el agua proveniente de la base, hasta las cunetas. Es importante que la base y la subbase en su sección transversal sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquéllas eliminan.

8.1.4. Base

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la subbase o subrasante, cuyo espesor debe ser no mayor de 35 centímetros, ni menor de 10 centímetros.

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa, además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento, como la estabilización para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. Dentro de sus principales funciones y características están las siguientes:

- Transmiten y distribuyen las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Sirve de material de transición entre la subbase y la carpeta de rodadura.
- Es resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

8.1.5. Carpeta de rodadura

Es la superficie que está sometida directamente a la acción de las cargas de los vehículos y la intemperie. Puede estar constituida, en general de una carpeta asfáltica o una losa de concreto.

La carpeta asfáltica puede ser de riesgos superficiales, de mezcla en el lugar o de concreto asfáltico hecho en planta estacionaria. Su función es proporcionar una adecuada resistencia al desgaste de la base, protegiéndola de las lluvias, heladas y en algunos casos ayudándole a absorber algo de la carga de los vehículos. La losa de concreto de alta resistencia a la flexión y al desgaste funciona como una supercarpeta y base simultáneamente.

8.2. Tipos de pavimentos de concreto

Los pavimentos de concreto pueden agruparse en cinco categorías, según el grado de refuerzo que contenga, a continuación se indican los principales.

- Pavimentos de concreto simple, sin varillas pasajuntas
- Pavimentos de concreto simple, con varillas pasajuntas

- Pavimentos de concreto reforzado, refuerzo continuo
- Pavimentos de concreto preesforzado
- Pavimentos de concreto reforzado con fibras sintéticas o de acero

8.3. Fundamentos sobre el concreto

El concreto, o también llamado hormigón es básicamente un material artificial utilizado en ingeniería, que se obtiene mezclando dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Pórtland y agua, los agregados son algunos materiales pétreos como la grava o piedra triturada y la arena, además, se incluye una pequeña cantidad de aire. Esta mezcla forma una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

La pasta está compuesta de cemento Pórtland, agua y aire atrapado, o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto del cemento está comprendido usualmente entre el 7 y el 15% y el agua entre el 14 y 21%. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 y 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada, así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta

de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

8.3.1. Componentes del concreto

El concreto está compuesto de cemento Pórtland y agua, los agregados son algunos materiales pétreos como la grava o piedra triturada y la arena.

8.3.1.1. Cemento

Es un material que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. Para la fabricación de concreto se utiliza el cemento hidráulico, el cual debe su nombre a la propiedad de necesitar agua para completar el proceso químico, mediante el cual el polvo de cemento se fragua y endurece para convertirse en una masa sólida, denominándosele a dicho proceso hidratación.

El cemento Pórtland es el más común de los cementos hidráulicos. Es un material grisáceo pulverizado, conformando, fundamentalmente de silicatos de calcio y aluminio. Las materias primas utilizadas, comúnmente para su fabricación son limonitas que proporcionan el CaO y arcillas o esquistos que proveen el SiO_2 y el Al_2O_3 . Estos materiales se muelen se mezclan, se funden en un horno hasta obtener el llamado clinker, que a su vez se enfría y se muele para lograr la finura requerida.

8.3.1.2. Agregados

Los materiales inertes o agregados, pueden dividirse en dos grupos: materiales finos, como pueden ser la arena, y materiales gruesos, como grava, piedras o escoria. En general, se llaman materiales finos si sus partículas son menores que 5 milímetros y gruesos si su tamaño varía entre 5 milímetros y 50 milímetros. Para la mayoría de las construcciones medianas y pequeñas se utilizan agregados gruesos de 25 mm (1") o 19 mm (3/4").

Los agregados pueden ser naturales y sin triturar, extraídos de canteras de gravas, ríos o lagos, generalmente tienen forma redonda. Asimismo, existen los agregados triturados y lagos, comúnmente, tienen forma redonda y también existen los agregados triturados o partidos, los cuales se obtienen por medio de la trituración de materiales explotados en canteras.

8.3.1.3. Agua

El agua para el concreto debe ser potable, libre de impurezas, detergentes, aceites, algas, cloruros, azúcares, sulfatos, sales comunes, aguas alcalinas, agua de mar, aguas de enjuague, aguas negras, impurezas orgánicas y demás.

8.3.2. Dosificación del concreto

La resistencia, la economía y otras cualidades del concreto dependen en gran medida de las proporciones relativas de cada componente. Es por ello que se debe tener mucho cuidado en la forma de realizar la medición de cada material. La mejor forma de medir la cantidad de cada material es por masa o peso, si no es posible, puede realizarse por el método volumétrico, aunque hay

que tomar en cuenta que esta medida puede verse afectada por el grado de compactación de material y por la humedad; sin embargo, es la forma más práctica.

8.3.3. Mezclado del concreto

El objetivo de mezclar es recubrir todas las partículas de agregado con pasta de cemento y revolver todos los componentes hasta lograr una masa uniforme. El procedimiento de mezclado puede ser manual o con mezcladora mecánica. Independientemente del método de mezclado, el objetivo principal es de producir un suficiente intercambio de materiales para obtener un concreto uniforme.

Cuando se emplea una mezcladora, un factor muy importante para obtener una mezcla de concreto uniforme, es la velocidad de descarga, la cual debe realizarse con rapidez. Otros factores a tomar en cuenta son: el tiempo de carga de los materiales y el tiempo de mezclado.

La operación correcta de una mezcladora es la siguiente:

- Primero, antes de iniciar la rotación, colocar el agregado grueso, una parte del agua de mezclado y la solución de aditivo.
- Segundo, poner en movimiento la mezcladora y mientras está rotando se añade el agregado fino, el cemento y el agua restante.
- Tercero, mezclar durante un período apropiado hasta obtener los resultados deseados, según las especificaciones técnicas proporcionales.

8.3.4. Consolidación del concreto

La vibración pone en movimiento a las partículas en el concreto recién mezclado, reduciendo la fricción entre ellas y dándole a la mezcla las cualidades de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de la mezcla dura que contenga una mayor proporción de agregado grueso y una menor proporción de agregado fino; si se emplea un agregado bien graduado y entre mayor sea el tamaño máximo del agregado en el concreto, habrá que llenar con pasta, teniendo como consecuencia que una cantidad menor de agua y de cemento será necesaria. Con una consolidación adecuada de las mezclas más duras y ásperas pueden ser empleadas, lo que tiene como resultado una mayor calidad y economía.

8.3.5. Curado del concreto

El curado consiste en mantener en el concreto un contenido de humedad y temperatura satisfactoria durante un período definido inmediatamente después de colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades. El curado es necesario para asegurar la continua hidratación del cemento y desarrollo de resistencia del concreto. Si la temperatura es favorable, la hidratación es rápida los primeros días después de haber colocado el concreto.

8.3.6. Relación agua-cemento

Es el factor principal que gobierna la resistencia compresión o flexión del concreto. Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en la relación con la cantidad de cemento. A continuación se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Tiene menor permeabilidad y por ende, mayor hermeticidad y menor absorción.
- Incrementa la resistencia a la intemperie.
- Logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

8.4. Colocación de los pavimentos de concreto

El concreto deberá colocarse sin interrupciones, lo más cerca posible de su posición final, en la construcción de losas, el colocado deberá comenzar a lo largo del perímetro en un extremo del trabajo, descargando cada mezcla contra el concreto previamente colocado, no se deberá volcar el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo. Generalmente, el concreto deberá colocarse en capas horizontales de espesor uniforme, consolidando adecuadamente cada capa antes de colocar la siguiente.

8.5. Acabado de los pavimentos de concreto

La resistencia al deslizamiento se puede conseguir empleando una proporción apreciable de una arena silíceas y dando al concreto fresco una textura superficial adecuada, mediante el arrase de una arpillera y posterior cepillado, estriado o ranurado. Se ha comprobado que, a igualdad de coeficiente de rodamiento, las texturas longitudinales son mejores

acústicamente. La calidad de la rodadura viene marcada por la regularidad superficial obtenida. En ella influyen factores, tales como la puesta a punto de la pavimentadora y de sus elementos de acabado, la homogeneidad del concreto, el camino de rodadura de la maquinaria, los elementos de guiado y la regularidad del ritmo de puesta en obra.

8.6. Juntas de los pavimentos de concreto

La necesidad de construir juntas en los pavimentos de concreto hidráulico es importante, ya que de no hacerlo se presentaría grietas a intervalos regulares, debidas a la contracción y dilatación del concreto. Las juntas son generalmente, puntos débiles de la superficie de rodamiento, en las cuales pueden presentarse desperfectos al aumentarlos pesos de los vehículos; pueden también, despostillarse por el efecto de elementos extraños en las mismas, como piedras.

8.6.1. Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales son aquéllas que se construyen paralelas al eje del camino, con el fin de permitir los movimientos relativos de las diversas losas. En los caminos, la cantidad de juntas longitudinales depende del ancho de calzada de los mismos, escogiéndose, muy comúnmente, en forma tal que ellas dividan a la calzada en el número de vías necesarias para la circulación, generalmente, tiene un espaciamiento de entre 2,40 o 3,60 metros.

8.6.2. Juntas transversales

Las juntas transversales en los pavimentos de concreto tienen por objetivo evitar el agrietamiento debido al esfuerzo que se provoca por la contracción y el alabeo de las losas. Estos tipos de juntas son de varias clases: de contracción, de construcción y de dilatación.

Las juntas transversales de contracción son utilizadas para evitar los esfuerzos debidos a la disminución del volumen de concreto. Su espaciamiento será de 4,5 a 5 metros, según el espesor de la losa. La junta de contracción podrá ser de tipo aserrado o de tipo preformada, las juntas de tipo aserrado, deberán ser hechas antes de que el concreto se agriete por contracción.

8.6.3. Sellado de juntas

El sellado de las juntas en los pavimentos tiene como finalidad principal la de evitar el paso del agua a la base o estructura de soporte de las losas, y por consiguiente, el asentamiento, el agrietamiento y ruptura de los mismos. Las juntas y grietas del pavimento de concreto se deben sellar tan pronto como sea posible, antes de abrirse al pavimento al tránsito. La junta debe limpiarse perfectamente, sin dejar nada de polvo o partículas incompresibles. El material para sellar las juntas se podrá colocar en forma líquida sobre la junta, volviéndose plástico posteriormente. Se puede utilizar un cemento asfáltico, una emulsión asfáltica viscosa o algún producto de fraguado térmico y curado químico, como el alquitrán de hulla con polisulfuros o poliuretanos.

9. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO Y ASPECTOS GENERALES

9.1. Características actuales de la ruta

En la actualidad, esta ruta es la vía principal que intercomunica varios caseríos rurales pertenecientes al departamento de Sololá, estas comunidades están ubicadas al norte y este de la cabecera departamental; la red brinda acceso por la carretera Interamericana en el kilómetro 123 aproximadamente, asimismo, se comunica con la carretera principal que va hacia el casco urbano en el kilómetro 132, por tal motivo se considera muy importante, tanto económicamente como socialmente para los habitantes de los diferentes caseríos aledaños.

El tramo inicia desde el oeste en el cementerio general del cantón Xajaxac, conectándose a la carretera principal que se dirige al casco urbano, este punto funciona como límite territorial del caserío Nueva Esperanza, en su recorrido atraviesa algunos sectores y caseríos intercomunicándolos entre sí. Se debe mencionar también, que en ciertos lugares del trayecto existen grupos de viviendas en ambos lados del camino, algunas de ellas muy cerca de la orilla.

También existen otros caminos que se conectan con éste, los cuales son accesos para varios sectores; como los Mendoza, los Churuneles, los Taniel, asimismo, conecta tramos que van a otros caseríos como Los Morales, el Potrero, Los Chopen. El camino es de terracería, transitable en todo el año, en

época lluviosa los COCODES de los caseríos le dan mantenimiento, colocándole una capa de material de balasto en los lugares en donde la escorrentía superficial ha erosionado la capa de rodadura, los costos de estos trabajos lo absorben en la mayoría de ocasiones los habitantes del lugar, conjuntamente apoyados por la Municipalidad de Sololá, tiene una longitud aproximadamente de 13,5 kilómetros, un ancho promedio de 5,5 metros, variando en ciertos tramos a 6 metros. La alineación horizontal y vertical es muy irregular, no cumple completamente con las especificaciones recomendadas de una buena alineación, con cambios de pendiente en distancias muy cortas. La pendiente máxima es de 17,5% y la mínima de aproximadamente 0%.

9.2. Topografía del camino

Predomina el terreno montañoso. Su recorrido es sobre las laderas de montañas las cuales están en su mayoría cubiertas de bosques de grandes extensiones, tiene a sus lados barrancos de alturas variadas, llegan a tener alturas mayores a los 20 metros, en el otro lado existen taludes de tierra y en ciertos sectores de roca sólida, las alturas de estos oscilan entre 1 metro hasta 15 metros. Los terrenos que se encuentran a la orilla son utilizados, principalmente, para la siembra de maíz, zanahoria, brócoli, papa y árboles frutales.

9.3. Puntos críticos de diseño

Se le llaman puntos críticos a todos aquéllos que no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para un trazo geométrico apropiado, que ofrezca seguridad y comodidad al tránsito. Para la determinación de los puntos críticos que afectaron el diseño del camino, se analizaron los datos recabados

en el levantamiento topográfico preliminar. Los resultados se describen en la tabla V.

Tabla V. **Puntos críticos del camino**

CAMINAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CARÁCTERÍSTICAS	INCONVENIENTE	OBSERVACIÓN
0+436,22	Bóveda existente	Se ubicó dentro de una curva horizontal, con un grado de curvatura muy grande. Además tiene un ancho de 5,00 mts.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
1+515,71	Bóveda existente	Tiene un ancho de 5,20 mts. Se ubicó en una tangente.	No cumple con la sección típica de diseño, según las especificaciones de la D.G.C	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
6+788,88	Bóveda existente	Se ubicó dentro de una curva horizontal, con un grado de curvatura muy grande. Además tiene un ancho de 8,20 mts.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
7+222,37	Bóveda existente	Se ubicó dentro de una curva horizontal. Tiene un ancho de 6,00 mts.	No cumple con la sección típica de diseño, según las especificaciones de la D.G.C	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
8+000,00	Curva cerrada	Curva horizontal con un grado de curvatura muy grande.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Ya que existen casas muy cerca de las orilla, se tuvo que respetar el alineamiento.
8+762,98	Bóveda existente	Se ubicó dentro de una curva horizontal, con un grado de curvatura muy grande. Además tiene un ancho de 5,50 mts.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
9+206,30	Curva cerrada	Curva horizontal con un grado de curvatura muy grande.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Ya que existen casas muy cerca de las orilla, se tuvo que respetar el alineamiento.
9+573,28	Bóveda existente	Se ubicó dentro de una curva horizontal, con un grado de curvatura muy grande. Además tiene un ancho de 6,00 mts.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Como es una estructura existente, se tuvo que respetar el alineamiento.
10+277,35	Curva cerrada	Curva horizontal con un grado de curvatura muy grande.	El grado de curvatura está fuera de los límites superiores para una carretera tipo E.	Ya que existen casas muy cerca de las orilla, se tuvo que respetar el alineamiento.
10+255,82 - 10+436,06	Tramo en pendiente muy pronunciada	Existe una pendiente del 12,78%	Descender en pendientes pronunciadas, puede ser peligroso.	La pendiente recomendada para carreteras tipo E, es del 10%.
10+699,75 - 11+296,30	Tramo en pendiente muy pronunciada	Existen pendientes que varían entre 15,75% a 17,63%	Descender en pendientes pronunciadas, puede ser peligroso.	La pendiente recomendada para carreteras tipo E, es del 10%.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Características actuales del camino del poblado**



Fuente: caserío Chuacruz.



Fuente: caserío El Progreso.



Fuente: caserío Vasconcelos.



Fuente: caserío El Triunfo.

10. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO

En el presente capítulo se realiza un resumen detallado de los estudios de ingeniería que se efectuaron para el diseño del proyecto, a continuación se describirán cada uno de ellos, incluyendo las especificaciones técnicas y criterios aplicados en los mismos.

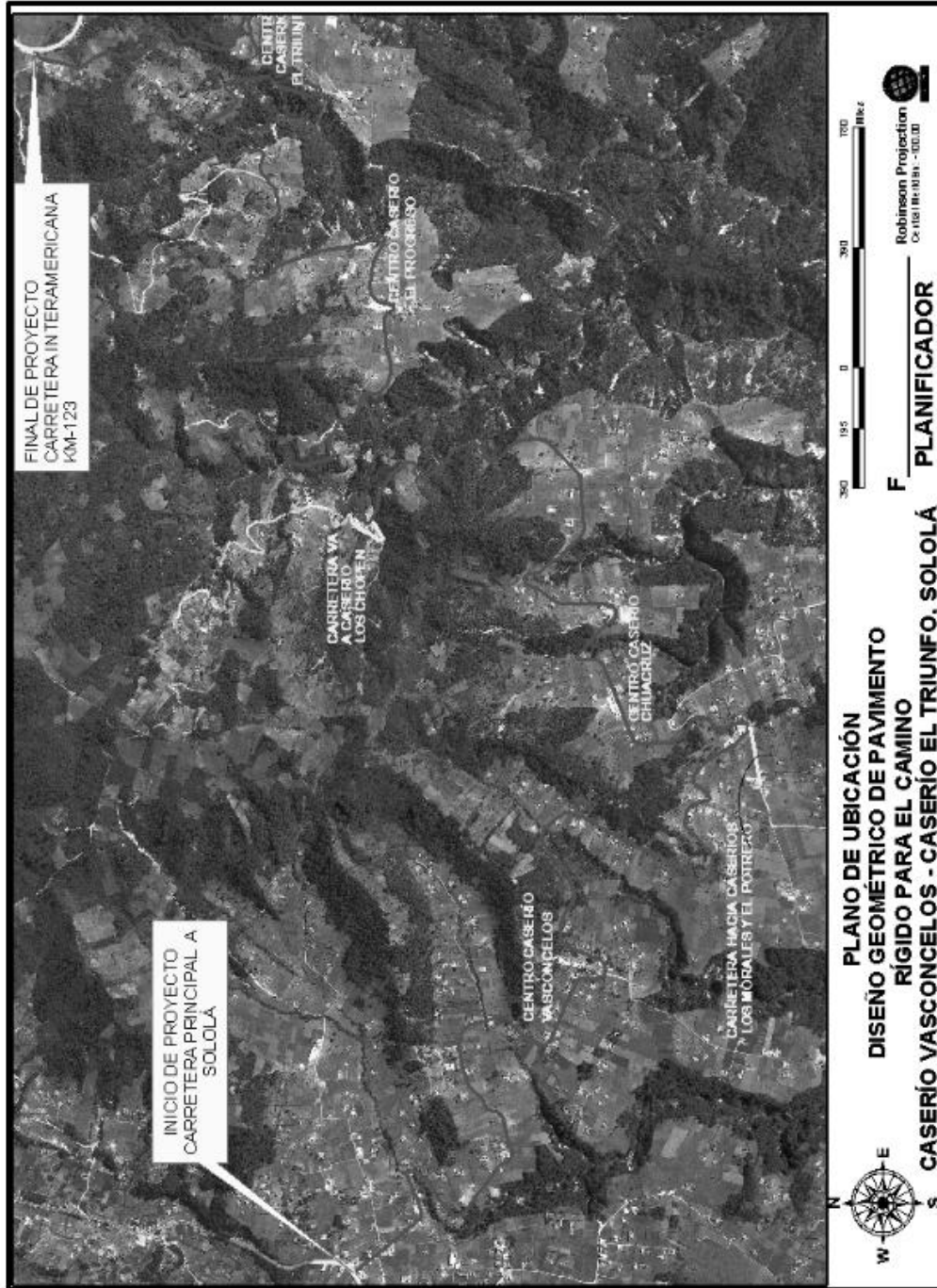
10.1. Estudio del trazo preliminar

Debido a que el proyecto está orientado al mejoramiento del camino caserío Vasconcelos – caserío El Triunfo, no se tocó el tema de selección de ruta, ya que se cuenta con una ya definida, y el modificar demasiado algunos factores como las condiciones topográficas, sociales y económicas del lugar, no permitirían realizarse las mismas, sin que éstas provoquen malestar a los pobladores e incurrir en costos más altos para su construcción. Por los motivos expuestos con anterioridad, no se buscaron otras alternativas para una nueva ruta, por tal razón se realizó, únicamente el levantamiento preliminar de una poligonal base, el cual siguió la alineación existente del camino.

10.1.1. Levantamiento preliminar

Para esta fase se realizó un levantamiento topográfico, el cual consistió en formar una poligonal base siguiendo el alineamiento existente. El trabajo se hizo con la mayor precisión, ya que sobre esta línea se realizará el diseño geométrico final del camino.

Figura 7. Localización del camino



Fuente: Google Earth.

10.1.1.1. Tránsito preliminar

Realizado, siguiendo aproximadamente la línea central del camino, utilizando para ello el método de conservación de azimut, colocando estacionamientos en los extremos de las curvas existentes que definen la alineación, luego se colocaron trompos a cada 20 metros entre los estacionamientos. Se ubicaron estacas en cada estación y en algunos casos se marcaron en lugares permanentes, como, casas, muros de contención y postes. También, se tomaron los datos de las estructuras existentes, por ejemplo: bóvedas, drenajes, casas ubicadas a las orillas, por medio de radiaciones desde estaciones de la línea central, cabe mencionar también, que se radiaron las curvas existentes para tener una idea real del camino. El azimut de partida se determinó utilizando una brújula, y se dejó referido el punto inicial conforme al banco de marca BM-1, este es el poste ubicado a la orilla de la carretera que va hacia el casco urbano del departamento de Sololá.

10.1.1.2. Niveles de preliminar

Se tomaron diferencias de nivel en los trompos colocado a cada 20 metros dejados en la línea central. También se ubicaron los controles de nivel, realizando referencias de algunas radiaciones con respecto a estacionamiento de la línea central.

10.1.1.3. Secciones transversales de preliminar

Esta fase se realizó conjuntamente con la nivelación central. Se levantaron las secciones transversales en los trompos ubicados a cada 20 metros de la línea central; se trazaron líneas perpendiculares de 12 metros hacia ambos lados del camino, formando una faja de 24 metros de ancho, para diferencia de nivel respecto a la línea central.

10.2. Dibujo de preliminar

Con los datos obtenidos en campo, se elaboraron los dibujos de la planta, perfil y las secciones transversales de la línea preliminar. Para facilitar esta fase, se contó con la ayuda del programa de computación *Autodesk Land Desktop*, se utilizó escala 1:1 000 en sentido horizontal y en el sentido vertical 1:200, y para las secciones transversales 1:200.

10.3. Diseño de la línea de localización

Para cumplir con el objetivo de no modificar demasiado el alineamiento horizontal y vertical existente, se buscó ajustar la línea de diseño lo más posible al mismo. Se utilizó el dibujo de la poligonal base tomada en campo para poder trazar la planta de la línea preliminar, tratando de que ésta pase lo más cerca posible de los estacionamientos de la poligonal base. En la tabla VI se presenta los datos de la poligonal de localización, incluyendo el azimut, distancias horizontales y las deflexiones. También se verificó su paso por los puntos obligados y de no pasar por puntos muy altos o muy bajos de las estructuras existentes en el camino.

10.4. Cálculo de la línea de localización

Teniendo ya definidas la poligonal de localización y la subrasante del camino, se procede a determinar la ubicación de los elementos geométricos que las integran, calculando la dirección, el caminamiento y la elevación de cada uno de ellos. Para el cálculo de los elementos geométricos del camino se utilizaron las especificaciones técnicas de diseño que la Dirección General de

Caminos establece para cada tipo de carretera, ver apéndice 1. Para la cual se clasificó este camino como carretera tipo E.

Tabla VI. Poligonal de localización

ESTACIÓN	P.O.	DISTANCIA HORIZONTAL	AZIMUT			DELTA		
			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
BM-1	BM-2	134,14	139	13	45			
BM-2	E-0	9,97	148	26	43			
E-0	PI-1	297,64	137	9	47	74	25	22
PI-1	PI-2	183,28	62	44	24	141	29	4
PI-2	PI-3	94,36	204	13	29	33	46	8
PI-3	PI-4	65,74	237	59	36	14	47	50
PI-4	PI-5	114,37	223	11	47	105	39	43
PI-5	PI-6	102,94	117	32	4	11	54	8
PI-6	PI-7	48,94	129	26	12	10	57	49
PI-7	PI-8	66,57	118	28	23	20	46	25
PI-8	PI-9	78,26	139	14	49	80	15	59
PI-9	PI-10	71,77	58	58	50	17	47	35
PI-10	PI-11	70,30	76	46	25	68	36	59
PI-11	PI-12	58,19	8	9	26	50	5	38
PI-12	PI-13	48,23	58	15	5	24	21	19
PI-13	PI-14	49,98	33	53	46	33	59	1
PI-14	PI-15	86,70	67	52	47	10	13	25
PI-15	PI-16	110,14	78	6	12	83	54	14
PI-16	PI-17	165,45	162	0	26	70	5	51
PI-17	PI-18	67,12	232	6	16	30	43	56
PI-18	PI-19	111,39	201	22	20	91	37	36
PI-19	PI-20	248,61	109	44	44	64	32	17
PI-20	PI-21	237,18	174	17	0	159	28	18
PI-21	PI-22	330,93	14	48	42	86	21	37
PI-22	PI-23	95,57	101	10	19	15	49	12
PI-23	PI-24	69,55	116	59	31	49	29	56
PI-24	PI-25	73,02	67	29	35	24	28	5
PI-25	PI-26	170,25	43	1	30	92	45	7
PI-26	PI-27	126,88	135	46	37	53	49	55
PI-27	PI-28	85,60	189	36	32	22	18	22
PI-28	PI-29	60,79	211	54	53	11	12	38
PI-29	PI-30	97,61	200	42	16	3	18	19
PI-30	PI-31	121,44	197	23	56	9	0	31
PI-31	PI-32	172,24	206	24	27	111	1	27
PI-32	PI-33	99,84	95	23	0	55	7	47
PI-33	PI-34	130,84	40	15	13	41	40	41
PI-34	PI-35	61,82	81	55	54	79	59	40

Continuación de la tabla VI.

ESTACIÓN	P.O.	DISTANCIA HORIZONTAL	AZIMUT			DELTA		
			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
PI-35	PI-36	97,65	161	55	34	126	14	43
PI-36	PI-37	103,50	35	40	50	89	53	8
PI-37	PI-38	76,96	125	33	59	20	49	23
PI-38	PI-39	110,29	146	23	21	14	44	11
PI-39	PI-40	178,47	131	39	10	159	6	51
PI-40	PI-41	185,78	332	32	19	57	13	32
PI-41	PI-42	98,24	29	45	51	93	17	10
PI-42	PI-43	112,61	296	28	41	56	26	6
PI-43	PI-44	153,27	352	54	47	70	12	3
PI-44	PI-45	297,77	63	6	49	69	6	41
PI-45	PI-46	126,39	354	0	8	148	16	21
PI-46	PI-47	111,88	142	16	29	18	48	48
PI-47	PI-48	56,92	123	27	41	18	11	59
PI-48	PI-49	139,59	141	39	41	146	46	45
PI-49	PI-50	260,53	354	52	56	35	13	38
PI-50	PI-51	98,94	30	6	34	16	46	7
PI-51	PI-52	119,50	13	20	27	156	46	37
PI-52	PI-53	131,65	170	7	4	36	32	28
PI-53	PI-54	46,64	133	34	36	13	43	20
PI-54	PI-55	42,48	147	17	56	17	10	15
PI-55	PI-56	110,38	130	7	42	49	24	19
PI-56	PI-57	186,59	80	43	23	42	14	16
PI-57	PI-58	175,88	38	29	6	51	55	26
PI-58	PI-59	97,43	346	33	40	39	55	41
PI-59	PI-60	113,40	306	37	59	108	17	13
PI-60	PI-61	101,60	54	55	12	81	59	1
PI-61	PI-62	85,00	332	56	11	37	59	56
PI-62	PI-63	56,57	294	56	15	26	57	1
PI-63	PI-64	113,81	321	53	16	119	23	12
PI-64	PI-65	86,10	81	16	29	120	24	39
PI-65	PI-66	90,03	320	51	50	25	49	50
PI-66	PI-67	81,45	295	2	0	24	7	8
PI-67	PI-68	33,22	270	54	52	13	1	32
PI-68	PI-69	150,59	283	56	24	159	47	17
PI-69	PI-70	142,43	83	43	41	36	20	22
PI-70	PI-71	48,57	47	23	19	108	36	44
PI-71	PI-72	111,95	298	46	35	151	15	9
PI-72	PI-73	103,74	90	1	44	77	27	14
PI-73	PI-74	41,83	12	34	30	19	47	35
PI-74	PI-75	60,87	352	46	55	15	37	21
PI-75	PI-76	55,65	8	24	16	31	4	33
PI-76	PI-77	115,36	39	28	50	148	57	49

Continuación de la tabla VI.

ESTACIÓN	P.O.	DISTANCIA HORIZONTAL	AZIMUT			DELTA		
			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
PI-77	PI-78	138,10	188	26	39	39	27	10
PI-78	PI-79	41,79	148	59	29	9	7	22
PI-79	PI-80	56,19	158	6	51	99	32	6
PI-80	PI-81	61,26	58	34	45	61	10	12
PI-81	PI-82	67,72	119	44	57	31	18	40
PI-82	PI-83	59,63	151	3	37	46	31	7
PI-83	PI-84	75,63	104	32	30	70	19	16
PI-84	PI-85	57,95	174	51	46	56	30	15
PI-85	PI-86	81,66	118	21	31	50	51	26
PI-86	PI-87	99,73	67	30	5	15	41	58
PI-87	PI-88	98,19	83	12	3	70	52	15
PI-88	PI-89	50,33	155	3	37	143	45	5
PI-89	PI-90	114,06	11	18	32	84	46	56
PI-90	PI-91	132,34	96	5	28	23	40	6
PI-91	PI-92	120,17	119	45	33	150	4	20
PI-92	PI-93	112,80	329	41	13	9	28	43
PI-93	PI-94	76,86	339	9	56	7	29	50
PI-94	PI-95	66,41	346	39	45	13	1	55
PI-95	PI-96	161,86	333	37	50	25	3	4
PI-96	PI-97	60,07	308	34	47	56	13	2
PI-97	PI-98	65,03	4	47	49	121	16	20
PI-98	PI-99	55,40	126	4	9	40	10	9
PI-99	PI-100	50,63	85	54	0	35	0	41
PI-100	PI-101	49,25	120	54	41	31	48	13
PI-101	PI-102	40,59	89	6	28	40	52	6
PI-102	PI-103	45,81	129	58	35	58	4	18
PI-103	PI-104	71,05	71	54	17	28	33	57
PI-104	PI-105	91,90	43	20	19	53	30	35
PI-105	PI-106	64,04	96	50	54	101	36	23
PI-106	PI-107	69,21	355	14	32	42	2	50
PI-107	PI-108	70,07	313	11	41	83	36	9
PI-108	PI-109	46,74	36	47	50	49	41	14
PI-109	PI-110	54,54	347	6	36	31	54	14
PI-110	PI-111	63,89	315	12	22	43	50	10
PI-111	PI-112	127,37	359	2	32	162	28	7
PI-112	PI-113	92,64	161	30	39	31	56	54
PI-113	PI-114	40,41	129	33	45	18	20	31
PI-114	PI-115	75,84	111	13	14	33	8	40
PI-115	PI-116	168,94	144	21	54	114	42	24
PI-116	PI-117	91,65	29	39	30	109	29	9
PI-117	PI-118	52,61	139	8	39	36	20	10
PI-118	PI-119	60,81	175	28	49	22	19	24

Continuación de la tabla VI.

ESTACIÓN	P.O.	DISTANCIA HORIZONTAL	AZIMUT			DELTA		
			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
PI-119	PI-120	51,55	153	9	26	60	59	58
PI-120	PI-121	50,18	214	9	24	31	35	32
PI-121	PI-122	50,06	182	33	52	10	19	2
PI-124	PI-125	101,14	11	16	30	16	39	48
PI-125	PI-126	42,83	27	56	18	22	45	7
PI-126	PI-127	73,38	5	11	11	20	59	35
PI-127	PI-128	62,04	26	10	46	30	23	27
PI-128	PI-129	72,92	56	34	13	31	33	30
PI-129	PI-130	229,63	88	7	43	169	39	29
PI-130	PI-131	232,13	278	28	14	4	12	28
PI-131	PI-132	68,62	274	15	46	89	57	59
PI-132	PI-133	77,86	4	13	45	7	25	16
PI-135	PI-136	100,42	44	35	20	136	47	8
PI-136	PI-137	104,27	267	48	12	65	46	19
PI-137	PI-138	115,26	333	34	32	30	5	14
PI-138	PI-139	57,54	3	39	46	46	45	25
PI-139	PI-140	107,37	316	54	21	45	53	35
PI-140	PI-141	77,06	2	47	55	5	2	32
PI-141	PI-142	53,59	357	45	24	47	30	59
PI-142	E-401 (FINAL)	21,00	45	16	23			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Parámetros de diseño**

Tipo de terreno	Montañoso
Tránsito promedio diario anual	92 893
Velocidad de diseño	30 Km. /Hr.
Ancho de calzada	6,00 metros
Pendiente máxima	10%
Pendiente mínima	0,50%
Grado de curvatura máxima	60
Peralte máximo	10%

Fuente: elaboración propia.

10.4.1. Cálculo de elementos de curva horizontal

Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico, como son las distancias entre puntos de intersección y las deflexiones, así como los parámetros de diseño mostrados en la tabla VII, además de contar con las tablas de diseño de DGC, ver apéndice 2, se procedió a calcular los elementos geométricos de las curvas horizontales.

A continuación se muestra el proceso de cálculo de los elementos de una curva horizontal, específicamente para la curva no. 3, haciendo la salvedad de que solamente se hará un ejemplo, ya que el cálculo de las demás es repetitivo.

Para la curva No. 4, se tiene un $\Delta=14^{\circ}47'50''$, con la tabla del apéndice 2, a la columna donde indica una velocidad igual a 30 km/Hr., allí se observan tres subcolumnas, interesa en este momento, la columna donde aparecen los valores de Δ , se busca el dato más cercano, el cual es de $15^{\circ}24'$, que tiene un grado de curvatura recomendado de $G=14^{\circ}$.

Ahora se cuenta con los siguientes datos:

$$\Delta=14^{\circ}47'50'' \quad G=14^{\circ}$$

- Cálculo de radio

$$R = \frac{1145,9156}{G} = \frac{1145,9156}{14} = 81,85$$

- Cálculo de longitud de curva

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G} = \frac{20 * (14^{\circ}47'50'')}{20^{\circ}} = 21,14$$

- Cálculo de subtangente

$$St = R * \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 81,85 * \operatorname{tg}\left(\frac{14,80}{2}\right) = 10,63$$

- Cálculo de cuerda máxima

$$Cm = 2 * R * \operatorname{Sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 81,85 * \operatorname{Sen}\left(\frac{14,80}{2}\right) = 21,08$$

- Cálculo external

$$E = R * \operatorname{Sec}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 81,85 * \operatorname{Sec}\left(\frac{14,80}{2}\right) = 0,69$$

- Cálculo ordenada media

$$M = R * \left(1 - \operatorname{Cos}\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) = 81,85 * \left(1 - \operatorname{Cos}\left(\frac{14,80}{2}\right)\right) = 0,68$$

En la tabla VIII se muestra el resumen del cálculo de los elementos de cada una de las curvas horizontales del camino.

Tabla VIII. Resumen del cálculo de elementos de curva horizontal

No. DE CURVA	DIRECCION DE CURVA	DELTA		GRADO DE CURVATURA G	RADIO R	LONGITUD DE CURVA LC	SUBTANGENTE St	CUERDA MAXIMA C _m	EXTERNAL E	ORDENADA MEDIA M	PERALTE MAXIMO e%	LONGITUD DE TRANSICION
		GRADOS	MINUTOS									
1	IZQUIERDA	-74	25	26	44.07	57.25	33.47	53.31	11.27	8.97	8.1	19.44
2	DERECHA	141	29	70	16.37	40.42	46.86	30.91	33.26	10.97	10	24
3	DERECHA	33	46	8	54.57	32.16	16.56	3.17	2.46	2.35	7	16.8
4	IZQUIERDA	-14	47	50	81.85	21.08	10.63	2.108	0.69	0.68	4.8	11.52
5	IZQUIERDA	-10.5	39	34	33.7	62.15	44.45	53.71	22.08	13.34	9.4	22.56
6	DERECHA	11	54	12	95.49	19.84	9.95	19.8	0.52	0.51	4.2	10.08
7	IZQUIERDA	-10	57	49	95.49	18.27	9.16	18.24	0.44	0.44	5.5	10.08
8	DERECHA	20	46	16	71.62	25.97	13.13	25.83	1.19	1.17	5.5	13.2
9	IZQUIERDA	-80	15	37	30.97	43.39	26.11	39.93	9.54	7.29	9.7	23.28
10	DERECHA	17	47	35	76.39	23.72	11.86	23.63	0.93	0.92	5.2	12.48
11	IZQUIERDA	-68	36	33	34.72	41.59	23.69	39.14	7.31	6.04	9.3	22.32
12	DERECHA	50	5	38	40.93	35.78	19.12	34.65	4.25	3.85	8.5	20.4
13	IZQUIERDA	-24	21	18	63.66	27.06	13.74	26.86	14.7	14.3	6.1	14.64
14	DERECHA	33	59	21	54.57	32.37	16.67	31.89	2.49	2.38	7	16.8
15	DERECHA	10	13	25	95.49	17.04	8.54	17.02	0.38	0.38	4.2	10.08
16	DERECHA	83	54	14	76.61	83.9	51.5	76.61	19.75	14.68	6.7	16.08
17	DERECHA	70	5	51	33.7	41.23	23.64	38.71	7.47	6.11	9.4	22.56
18	IZQUIERDA	-30	43	56	57.3	30.73	15.76	30.37	2.12	2.05	6.7	16.08
19	IZQUIERDA	-91	37	38	30.16	48.22	31.02	43.25	13.11	9.14	9.8	23.52
20	DERECHA	64	32	17	37.96	21.28	21.28	35.99	6.16	5.21	9.4	22.56
21	IZQUIERDA	-59	28	18	32.74	91.13	180.8	64.43	151	26.91	9.5	22.8
22	DERECHA	86	21	30	38.2	57.57	35.84	52.28	14.18	10.34	8.9	21.36
23	DERECHA	15	49	14	81.85	22.6	11.37	22.53	0.79	0.78	4.8	11.52
24	IZQUIERDA	-49	29	56	42.44	36.67	19.57	35.54	4.29	3.9	8.3	19.92
25	IZQUIERDA	-24	28	5	63.66	27.19	13.8	26.98	14.8	14.5	6.1	14.64
26	DERECHA	92	45	7	30.16	48.82	31.64	43.66	13.55	9.35	9.8	23.52
27	DERECHA	53	49	55	40.93	38.45	20.78	37.05	4.97	4.43	8.5	20.4
28	DERECHA	22	18	22	67.41	25.24	13.29	26.08	1.3	1.27	5.8	13.92
29	IZQUIERDA	-11	12	38	95.49	18.68	9.37	18.65	0.46	0.46	4.2	10.08
30	IZQUIERDA	-3	18	19	286.48	16.53	8.27	16.52	0.12	0.12	1.4	3.36
31	DERECHA	9	0	31	104.17	16.38	8.21	16.36	0.32	0.32	3.8	9.12
32	IZQUIERDA	-111	1	27	26.04	50.47	37.91	42.93	19.95	11.3	10	24
33	IZQUIERDA	-56	7	47	39.51	38.02	20.63	36.57	5.06	4.49	8.7	20.88
34	DERECHA	41	40	41	49.82	36.24	18.96	35.45	3.49	3.26	7.5	18
35	DERECHA	79	59	40	30.97	43.24	25.98	39.81	9.46	7.24	9.7	23.28
36	IZQUIERDA	-126	14	43	19.1	42.08	37.68	34.07	23.15	10.46	10	24
37	DERECHA	89	53	8	30.16	47.31	30.1	42.6	12.45	8.51	9.8	23.52
38	DERECHA	20	49	23	71.62	26.03	13.16	25.89	1.2	1.18	5.5	13.2
39	IZQUIERDA	-14	44	11	88.15	22.67	11.4	22.61	0.73	0.73	4.5	10.8
40	IZQUIERDA	-59	6	51	22.92	63.65	124.35	45.08	103.52	18.76	10	24
41	DERECHA	57	13	32	39.51	39.47	21.86	37.85	5.5	4.83	8.7	20.88
42	IZQUIERDA	-93	17	10	32.74	53.31	34.67	43.96	14.95	10.26	9.5	22.8
43	DERECHA	56	26	6	36.97	36.41	19.84	34.96	4.99	4.39	9	21.6
44	DERECHA	70	12	3	32.74	40.11	23.01	37.65	7.28	5.95	9.5	22.8
45	IZQUIERDA	-69	6	41	39.51	47.66	27.21	44.83	8.46	6.97	8.7	20.88
46	DERECHA	148	16	21	19.1	49.42	67.21	36.74	50.77	19.88	10	24
47	IZQUIERDA	-18	48	15	76.39	25.08	12.66	24.97	1.04	1.03	5.2	12.48
48	DERECHA	18	11	59	76.39	24.27	12.24	24.16	0.97	0.96	5.2	12.48

Continuación de la tabla VIII.

No. DE CURVA	DIRECCION DE CURVA	DELTA		GRADO DE CURVATURA	RADIO	LONGITUD DE CURVA	SUBTANGENTE	CUERDA	EXTERNAL	ORDENADA	PERALTE	LONGITUD DE TRANSICION
		GRADOS	MINUTOS									
49	IZQUIERDA	-146	46	45	30.46	7725	10109	5779	75.33	2.54	9.8	23.52
50	DERECHA	35	13	38	52.09	32.02	16.54	31.52	2.56	2.44	7.2	17.28
51	IZQUIERDA	-16	46	7	104.17	30.49	15.35	30.38	1.13	1.11	3.8	9.12
52	DERECHA	166	46	37	20.46	55.99	99.59	40.09	81.2	16.34	10	24
53	IZQUIERDA	-36	32	28	52.09	33.22	17.2	32.66	2.77	52.63	7.2	17.28
54	DERECHA	13	43	20	88.15	2.11	10.61	21.06	0.64	0.63	4.5	10.8
55	IZQUIERDA	-17	40	15	76.39	22.89	11.63	22.81	0.87	0.86	5.2	12.48
56	IZQUIERDA	-49	24	19	42.44	36.6	19.52	35.47	4.28	3.88	8.3	19.92
57	IZQUIERDA	-42	14	16	47.75	36.2	34.41	34.41	3.44	3.21	7.8	18.72
58	IZQUIERDA	-51	55	26	42.44	38.46	20.67	37.16	4.76	4.28	8.3	19.92
59	IZQUIERDA	-39	55	41	49.82	34.72	18.1	34.02	3.19	2.99	7.5	18
60	DERECHA	108	17	13	30.16	56.99	41.73	48.88	21.33	12.49	9.8	23.52
61	IZQUIERDA	-81	59	1	30.46	43.15	26.21	39.56	9.8	7.39	9.8	23.52
62	IZQUIERDA	-37	59	56	52.09	34.54	17.93	33.91	3	2.84	7.2	17.28
63	DERECHA	26	57	1	60.31	28.37	14.45	28.11	1.71	1.66	6.4	15.36
64	DERECHA	119	23	12	27.95	58.24	47.82	48.26	27.44	13.85	10	24
65	IZQUIERDA	-120	24	39	19.1	40.14	33.36	33.15	19.34	9.61	10	24
66	IZQUIERDA	-25	49	50	63.66	28.7	14.6	28.46	1.65	1.61	6.1	14.64
67	IZQUIERDA	-24	7	8	63.66	26.8	13.6	26.6	1.44	1.4	6.1	14.64
68	DERECHA	13	1	32	88.15	20.04	10.06	20	0.57	0.57	4.5	10.8
69	DERECHA	169	47	17	17.1	47.7	95.96	33.68	80.37	14.1	10	24
70	IZQUIERDA	-36	20	22	52.09	33.04	17.09	32.48	2.73	2.6	7.2	17.28
71	IZQUIERDA	-108	36	44	19.1	36.2	26.58	31.02	13.64	7.96	10	24
72	DERECHA	151	15	9	19.1	50.42	74.53	37	57.84	14.36	10	24
73	IZQUIERDA	-77	27	14	27.95	37.78	22.41	34.97	7.88	6.15	10	24
74	IZQUIERDA	-19	47	35	71.62	24.74	12.5	24.62	1.08	1.07	5.5	13.2
75	DERECHA	15	37	21	81.85	22.32	11.23	22.25	0.77	0.76	4.8	11.52
76	DERECHA	31	4	33	57.3	31.08	15.93	30.7	2.17	2.09	6.7	16.08
77	DERECHA	148	57	49	22.92	59.59	82.54	44.17	62.74	16.79	10	24
78	IZQUIERDA	-39	27	10	49.82	34.31	17.86	33.63	3.11	2.92	7.5	18
79	DERECHA	9	7	22	104.17	16.59	8.31	16.57	0.33	0.33	3.8	9.12
80	IZQUIERDA	-99	32	6	19.1	33.18	22.57	29.16	10.47	6.76	10	24
81	DERECHA	61	10	12	36.97	39.46	21.85	37.62	5.97	5.4	9	21.6
82	DERECHA	31	18	40	57.3	31.31	16.06	30.92	2.21	2.13	6.7	16.08
83	IZQUIERDA	-46	31	7	45.84	37.21	19.7	36.2	4.05	3.73	7.9	18.96
84	DERECHA	70	19	16	34.72	42.62	24.48	39.99	7.75	6.34	9.3	22.32
85	IZQUIERDA	-56	30	15	40.93	40.36	21.99	38.74	5.53	4.88	8.5	20.4
86	IZQUIERDA	-50	51	26	71.62	63.57	34.05	61.51	7.68	6.94	5.5	13.2
87	DERECHA	15	41	58	81.85	22.43	11.28	22.36	0.77	0.77	4.8	11.52
88	DERECHA	70	52	15	27.95	34.57	19.89	32.41	6.35	5.18	10	24
89	IZQUIERDA	-143	45	5	9.96	25	30.44	16.84	22.07	6.86	10	24
90	DERECHA	84	46	56	45.84	67.83	41.84	61.81	16.23	11.98	7.9	18.96
91	DERECHA	23	40	6	67.41	27.85	14.12	27.65	1.46	1.43	5.8	13.92
92	IZQUIERDA	-150	4	20	20.1	52.66	75.22	38.84	57.75	14.91	10	24
93	DERECHA	9	28	43	104.17	17.23	8.64	17.21	0.36	0.36	3.8	9.12
94	DERECHA	7	29	50	114.59	14.99	7.51	14.98	0.25	0.25	3.5	8.4
95	IZQUIERDA	-13	1	55	88.15	20.05	10.07	20.01	0.57	0.57	4.5	10.8
96	IZQUIERDA	-25	3	4	63.66	27.83	14.14	27.61	1.55	1.52	6.1	14.64

Continuación de la tabla VIII.

No. DE CURVA	DIRECCION DE CURVA	GRADOS		DELTA		GRADO DE CURVATURA G	RADIO R	LONGITUD DE CURVA LC	SUBTANGENTE St	CUERDA MAXIMA Cm	EXTERNAL E	ORDENADA MEDIA M	PERALTE MAXIMO e%	LONGITUD DE TRANSICION
		MINUTOS	SEGUNDOS	MINUTOS	SEGUNDOS									
97	DERECHA	56	2	13	41.64	27	42.44	29.88	22.67	39.99	5.68	5.01	8.3	19.92
98	DERECHA	21	20	16	39.97	82	43.87	29.88	24.84	24.36	14.52	7.42	10	24
99	IZQUIERDA	-40	9	10	34.92	23	49.82	34.93	18.22	34.22	3.23	3.03	7.5	18
100	DERECHA	35	41	0	54.57	21	54.57	33.34	17.21	32.83	2.65	2.53	7	16.8
101	IZQUIERDA	-31	13	48	57.3	20	57.3	31.8	16.32	31.4	2.28	2.19	6.7	16.08
102	DERECHA	40	6	52	49.82	23	49.82	35.54	18.96	34.79	3.35	3.14	7.5	18
103	IZQUIERDA	-58	18	4	39.51	29	39.51	40.05	21.94	38.36	5.68	4.97	8.7	20.88
104	IZQUIERDA	-28	57	33	60.31	19	60.31	30.07	15.35	29.76	1.92	1.86	6.4	15.36
105	DERECHA	53	30	35	40.93	28	40.93	38.22	20.63	36.85	4.91	4.38	8.5	20.4
106	IZQUIERDA	-101	36	23	13.02	88	13.02	23.09	15.97	20.18	7.58	4.79	10	24
107	IZQUIERDA	-42	2	107	47.75	24	47.75	35.04	18.35	34.26	3.41	3.18	7.8	18.72
108	DERECHA	83	9	36	30.46	38	30.46	44	26.86	40.2	10.3	7.68	9.8	23.52
109	IZQUIERDA	-49	41	41	42.44	27	42.44	36.81	18.65	35.66	4.33	3.93	8.3	19.92
110	IZQUIERDA	-31	54	14	57.3	20	57.3	31.9	16.38	31.49	2.29	2.21	6.7	16.08
111	DERECHA	43	10	50	47.75	24	47.75	36.83	19.21	35.65	3.72	3.45	7.8	18.72
112	DERECHA	62	7	28	11.02	104	11.02	31.24	17.46	21.78	6.128	9.34	10	24
113	IZQUIERDA	-31	54	14	39.51	29	39.51	40.05	16.4	31.54	2.3	2.21	6.7	16.08
114	IZQUIERDA	-18	31	20	76.39	15	76.39	24.46	12.33	24.35	0.99	0.98	5.2	12.48
115	DERECHA	33	40	8	54.57	21	54.57	31.87	16.24	31.6	2.36	2.27	7	16.8
116	IZQUIERDA	-14	24	42	27.95	41	27.95	58.95	43.62	47.07	23.86	12.87	10	24
117	DERECHA	109	9	29	20.1	57	20.1	38.42	28.44	32.83	14.72	8.5	10	24
118	DERECHA	36	10	22	52.09	22	52.09	33.03	17.09	32.48	2.73	2.6	7.2	17.28
119	IZQUIERDA	-22	19	24	67.41	17	67.41	26.26	13.3	26.1	1.3	1.28	5.8	13.92
120	DERECHA	60	58	59	39.51	29	39.51	42.07	23.28	40.11	6.35	5.47	8.7	20.88
121	IZQUIERDA	-31	35	32	57.3	20	57.3	31.59	16.21	31.19	2.25	2.16	6.7	16.08
122	DERECHA	10	2	18	104.17	11	104.17	16.76	9.4	16.73	0.42	0.42	3.8	9.12
123	IZQUIERDA	-29	56	5	57.3	20	57.3	29.93	15.32	29.6	2.01	1.94	6.7	16.08
124	IZQUIERDA	-51	40	20	12.06	95	12.06	31.93	47.8	23.39	37.23	9.11	10	24
125	DERECHA	16	39	48	81.65	14	81.65	23.8	11.99	23.72	0.87	0.86	4.8	11.52
126	IZQUIERDA	-22	45	7	67.41	17	67.41	26.77	13.56	26.89	1.35	1.32	5.8	13.92
127	DERECHA	20	35	59	71.62	16	71.62	26.24	13.27	26.09	1.22	1.2	5.5	13.2
128	DERECHA	30	23	27	57.3	20	57.3	30.89	15.56	30.04	2.08	2	6.7	16.08
129	DERECHA	31	33	33	54.57	21	54.57	30.06	15.42	29.68	2.14	2.06	7	16.8
130	IZQUIERDA	-69	39	29	17.1	67	17.1	50.64	18.99	34.07	17.66	15.56	10	24
131	IZQUIERDA	-4	28	12	229.48	5	229.48	16.83	8.42	16.83	0.45	0.45	1.7	4.08
132	DERECHA	89	57	59	34.72	33	34.72	54.53	34.7	49.09	14.37	10.46	9.3	22.32
133	DERECHA	7	25	16	127.32	9	127.32	16.49	8.26	16.48	0.27	0.27	3.1	7.44
134	IZQUIERDA	-38	39	25	49.82	23	49.82	33.61	17.48	32.98	2.98	2.81	7.5	18
135	DERECHA	71	35	45	32.74	35	32.74	40.91	23.61	38.3	7.63	6.19	9.5	22.8
136	IZQUIERDA	-136	47	8	24.91	46	24.91	59.47	62.9	46.32	42.74	15.74	10	24
137	DERECHA	65	46	19	34.72	33	34.72	39.86	22.45	37.71	6.63	5.56	9.3	22.32
138	DERECHA	30	5	14	57.3	20	57.3	30.09	15.4	29.74	2.03	1.96	6.7	16.08
139	IZQUIERDA	-46	45	25	45.84	25	45.84	37.41	19.81	36.38	4.1	3.76	7.9	18.96
140	DERECHA	45	53	35	47.75	24	47.75	38.24	20.21	37.23	4.1	3.78	7.8	18.72
141	IZQUIERDA	-5	2	32	180.99	6	180.99	16.81	8.41	16.8	0.49	0.48	2.1	5.04
142	DERECHA	47	30	59	44.07	26	44.07	36.55	19.4	35.51	4.08	3.74	8.1	19.44

Fuente: elaboración propia.

10.4.2. Cálculo de peralte

Los peraltes máximos en las curvas se determinaron en función del grado de curvatura, según las especificaciones técnicas para carreteras tipo E. En las tablas VIII se presentan los valores determinados de peralte máximo para cada curva.

Como se está diseñando para la curva No. 4, el peralte máximo que le corresponde, apoyándonos con la tabla del apéndice 2, en la columna respectiva, es de 4,80%.

10.4.3. Cálculo de elementos de curva vertical

Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico, como son las distancias entre puntos de intersección vertical o tangente y sus respectivas pendientes, como también los parámetros de diseño presentados en la tabla VII, se procedió a calcular los elementos geométricos de las curvas verticales. Para el diseño de las curvas verticales se decidió utilizar la geometría de la figura parabólica simétrica. En la tabla X se muestra el resumen del cálculo de las longitudes de curva vertical, en donde se observa la aplicación de los cuatro criterios de diseño. Como se puede notar, las longitudes de curva vertical definidas por el criterio de apariencia resultan en valores muy grandes, por lo cual fueron descartados para el diseño.

Al calcular los valores de longitud de curva vertical establecidos por los tres criterios restantes y comparándolos con la longitud mínima especificada, la cual debe tener un valor igual a la velocidad de diseño, siendo para este proyecto una longitud de curva vertical mínima de 30 metros.

10.4.4. Cálculo de corrección de curva vertical

Definidas las longitudes de las curvas verticales, se prosiguió a calcular las correcciones de la línea subrasante diseñada. Estas correcciones corresponden a las distancias desde la línea de subrasante hacia la curva de diseño, la cual tiene un valor cero en el principio y en el final de la curva geométrica y su valor máximo en el punto de intersección vertical. Para un mejor entendimiento del cálculo de las correcciones, se calcularán a continuación las mismas para los datos de la curva No. 5 que aparece en la tabla X. Los resultados se dan en la tabla IX.

- Caminamiento de la curva No. 5: 1+440,52 a 1+500,52
- Caminamiento de PIV curva No. 5: 1+470,52
- P1 = -1,50% P2 = 3,02% LCV = 60

$$OM = \frac{3,02 - (-1,50)}{800} * 60 = 0,339 \quad Y = \frac{0,339}{\left(\frac{60}{2}\right)^2} \left[(1470,52 - 1450,52) - \left(\frac{60}{2}\right) \right]^2 = 0,00$$

Tabla IX. Cálculo de correcciones curva No. 5

Estación		Pendiente	Rasante	Corrección Y	Rasante Corregida
1+440,52	PCV	-1,52%	1 005,40	0,00	1 005,40
1+450,52			1 005,25	0,04	1 005,29
1+460,52			1 005,10	0,15	1 005,25
1+470,52	PIV		1 004,95	0,34	1 005,29
1+480,52		3,02%	1 005,25	0,15	1 005,40
1+490,52			1 005,55	0,04	1 005,59
1+500,52	PTV		1 005,86	0,00	1 005,86

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Resumen de cálculo de longitudes de curva vertical

No. DE CURVA	DIRECCION DE CURVA	DELTA			GRADO DE CURVATURA G	RADIO R	LONGITUD DE CURVA LC	SUBTANGENTE St	CUERDA MAXIMA C _m	EXTERNAL E	ORDENADA MEDIA M	PERALTE MAXIMO e%	LONGITUD DE TRANSICION
		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS									
97	DERECHA	56	13	2	27	42.44	4164	22.87	39.99	5.68	5.01	8.3	9.92
98	DERECHA	121	16	20	82	13.97	29.58	24.84	24.36	14.52	7.12	10	24
99	IZQUIERDA	-40	10	9	23	49.82	34.93	19.22	34.22	3.23	3.03	7.5	18
100	DERECHA	35	0	41	21	54.57	33.34	17.21	32.83	2.65	2.63	7	16.8
101	IZQUIERDA	-31	48	13	20	57.3	31.8	16.32	31.4	2.28	2.19	6.7	16.08
102	DERECHA	40	52	6	23	49.82	35.54	18.56	34.79	3.35	3.14	7.5	18
103	IZQUIERDA	-58	4	18	29	39.51	40.05	21.94	38.36	5.68	4.97	8.7	20.88
104	IZQUIERDA	-28	33	57	19	60.31	30.07	15.35	29.76	1.92	1.86	6.4	16.36
105	DERECHA	53	30	35	28	40.93	38.22	20.63	36.85	4.91	4.38	8.5	20.4
106	IZQUIERDA	-101	36	23	88	13.02	23.09	16.97	20.18	7.58	4.79	10	24
107	IZQUIERDA	-42	2	50	24	47.75	35.04	18.35	34.26	3.41	3.18	7.8	16.72
108	DERECHA	83	36	9	38	30.16	44	26.96	40.2	10.3	7.88	9.8	23.52
109	IZQUIERDA	-49	41	14	27	42.44	36.81	19.65	35.66	4.33	3.93	8.3	19.92
110	IZQUIERDA	-31	54	14	20	57.3	31.9	16.38	31.49	2.29	2.21	6.7	16.08
111	DERECHA	43	50	10	24	47.75	36.53	19.21	35.65	3.72	3.45	7.8	16.72
112	DERECHA	162	28	7	104	110.2	31.24	71.46	21.78	61.28	9.34	10	24
113	IZQUIERDA	-31	56	54	20	57.3	31.95	16.4	31.54	2.3	2.21	6.7	16.08
114	IZQUIERDA	-18	20	31	16	76.39	24.46	12.33	24.35	0.99	0.98	5.2	14.48
115	DERECHA	33	8	40	21	54.57	31.57	16.24	31.13	2.36	2.27	7	16.8
116	IZQUIERDA	-114	42	24	41	27.95	55.95	43.62	47.07	23.86	12.87	10	24
117	DERECHA	109	29	9	57	20.1	38.42	28.44	32.83	14.72	8.5	10	24
118	DERECHA	36	20	10	22	52.09	33.03	17.09	32.48	2.73	2.6	7.2	17.28
119	IZQUIERDA	-22	19	24	17	67.41	26.26	13.3	26.1	1.3	1.28	5.8	13.92
120	DERECHA	60	59	58	29	39.51	42.07	23.28	40.11	6.35	5.47	8.7	20.88
121	IZQUIERDA	-31	35	32	20	57.3	31.59	16.21	31.19	2.25	2.16	6.7	16.08
122	DERECHA	10	49	2	11	104.17	18.76	9.4	18.73	0.42	0.42	3.8	9.12
123	IZQUIERDA	-29	56	5	20	57.3	29.93	15.32	29.6	2.01	1.94	6.7	16.08
124	IZQUIERDA	-51	40	20	20	12.06	31.93	47.8	23.39	37.23	9.11	10	24
125	DERECHA	16	39	48	14	81.85	23.8	11.99	23.72	0.87	0.86	4.8	11.52
126	IZQUIERDA	-22	45	7	17	67.41	26.77	13.56	26.59	1.35	1.32	5.8	13.92
127	DERECHA	20	59	35	16	71.62	26.24	13.27	26.09	1.22	1.2	5.5	13.2
128	DERECHA	30	23	27	20	57.3	30.39	15.56	30.04	2.08	2	6.7	16.08
129	DERECHA	31	33	30	21	54.57	30.06	15.42	29.68	2.14	2.06	7	16.8
130	IZQUIERDA	-169	39	29	67	17.1	50.64	189.99	34.07	172.66	15.56	10	24
131	IZQUIERDA	-4	12	28	5	229.18	16.83	8.42	16.83	0.15	0.15	1.7	4.08
132	DERECHA	89	57	59	33	34.72	54.53	34.7	49.09	14.37	10.16	9.3	22.32
133	DERECHA	7	25	16	9	127.52	16.49	8.26	16.46	0.27	0.27	3.1	7.44
134	IZQUIERDA	-38	39	25	23	49.82	33.61	17.48	32.98	2.98	2.81	7.5	18
135	DERECHA	71	35	45	35	32.74	40.91	23.61	38.3	7.63	6.19	9.5	22.8
136	IZQUIERDA	-136	47	8	46	24.91	59.47	62.9	46.32	42.74	15.74	10	24
137	DERECHA	65	46	19	33	34.72	39.86	22.45	37.71	6.63	5.56	9.3	22.32
138	DERECHA	30	5	14	20	57.3	30.09	15.4	29.74	2.03	1.96	6.7	16.08
139	IZQUIERDA	-46	45	25	25	45.84	37.41	19.81	36.38	4.1	3.76	7.9	19.96
140	DERECHA	45	53	35	24	47.75	38.24	20.21	37.23	4.1	3.78	7.8	16.72
141	IZQUIERDA	-5	2	32	6	190.99	16.81	8.41	16.8	0.19	0.18	2.1	5.04
142	DERECHA	47	30	59	26	44.07	36.55	19.4	35.51	4.08	3.74	8.1	19.44

Fuente: elaboración propia.

10.4.5. Ancho de sección

El ancho de la sección que se propone para el camino es de 6,00 metros: 3,00 para cada carril, más 0,5 metros de cuneta en ambos lados. En las curvas se propone un sobreaancho adicional, el cual se indica en los planos adjuntos.

10.4.6. Bombeo y taludes

Debido a que se tiene contemplado realizar una pavimentación con concreto hidráulico, se propone una pendiente de bombeo de 3%. Según las características de suelo que se analizó, se recomienda utilizar un talud de cortes 1/3:1 y en los rellenos de 1 ½:1.

11. CONTEO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO

Para poder conocer las características del tránsito en el camino Vasconcelos – El Triunfo, se realizó un estudio de conteo vehicular, el cual consistió en la observación y registro manual de la cantidad y diferentes tipos de transporte que transitaban por la ruta. El estudio se realizó en un período de siete días, a partir del viernes 23 de enero al jueves 29 del mismo mes, en un horario de seis de la mañana a seis de la tarde, ya que en este período se contaba con la mayor afluencia de vehículos. Debido a que en el trayecto del camino se conecta con otras vías, se tomó la decisión de colocar dos puntos de control, uno en el inicio y el otro al final del mismo, para luego promediar los datos obtenidos. Para la realización del estudio se contó con la ayuda de los miembros de los diferentes caseríos, quienes se organizaron en parejas, ubicándose una en cada punto de control, asignándosele también el día de trabajo.

Se estructuró un formulario especial para el registro de los datos, el cual se muestra, con los resultados finales del estudio en la tabla XII. A continuación se detalla un resumen de la información más importante obtenida.

Tabla XI. **Tránsito en promedio**

Tránsito promedio diario anual (TPDA)	92 893 Vehículos al año
Tránsito promedio diario (TPD)	255 Vehículos diarios
Tránsito promedio diario camión (TPD-C)	4%

Fuente: elaboración propia

Tabla XII. **Resumen conteo vehicular y su clasificación**

HORA	TPDA	TRÁNSITO LIVIANO			TRÁNSITO PESADO			VEHICULOS TOTAL TPD	TIPO PESADO %
		AUTOMOVILES	MICROBUSES	PANELES	CAMIONETAS	VEHICULOS DE 2 EJES	VEHICULOS DE 3 EJES		
6:00 A 8:00 AM	16,425	5.5	7.5	4	15	2.5	0	45	8.89
8:00 A 10:00 AM	15,330	5.5	6.5	0.5	0.5	0.5	0	42	2.38
10:00 A 12:00 AM	16,425	5	9.5	0.5	0	1	0	45	2.22
12:00 A 2:00 PM	19,710	13.5	12.5	0.5	1	0.5	0	54	2.78
2:00 A 4:00 PM	13,140	3	4.5	0.5	0.5	1	0	36	4.17
4:00 A 6:00 PM	11,863	5.5	4.5	0	1	0.5	0	33	4.62
TOTALES	92,893	38	45	6	4.5	6	0	255	4.13

Observaciones: el estudio se realizó en un periodo de siete días. Se tomó la lectura en dos puntos del camino y dividió los resultados entre dos. Los parciales presentados son los promedios para un día.

Fuente: elaboración propia.

12. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Una de las fases del diseño de una carretera es el conocimiento de las características tanto físicas como mecánicas del suelo, por tal motivo se tomó la decisión de realizar un completo estudio del mismo, para el presente proyecto. Dicho estudio consistió en la recolección de muestras de suelo de la subrasante existente del camino, para su posterior ensayo y análisis en un laboratorio especializado. Tal procedimiento se detallará a continuación.

12.1. Muestreo del suelo

Teniendo en consideración las limitaciones económicas, el tipo de proyecto, las características visuales del suelo, se procedió a recoger muestras en puntos específicos a cada 500 metros. Ya definido el intervalo de las muestras, se procedió a su respectiva extracción. Para lo cual se excavaron pozos a cielo abierto de aproximadamente 0,80x0,80 de ancho y largo, y de un metro de profundidad aproximadamente, eliminándose la capa exterior de unos 10 centímetros de espesor, el material restante se colocó en sacos de nylon, con su debida identificación, la cual consistía en: el número de muestra, nombre del proyecto, caminamiento, profundidad y fecha de extracción de la muestra.

Para una mejor representatividad de las muestras del suelo, en cada punto se realizaron dos pozos, uno a la derecha y otro a la izquierda del camino, mezclándose, posteriormente el material extraído de ambos, sumando en total cada muestra, aproximadamente unas 100 libras. Por último, se procedió a clasificar las muestras, dando como resultado final siete muestras,

que eran diferentes y a la vez representativas al resto, éstas se trasladaron en un vehículo al respectivo laboratorio para su análisis.

12.2. Resultados del estudio

Para el diseño del pavimento, se tomó la muestra más crítica de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, ver apéndice 4, por tal razón se darán las conclusiones de la misma en la tabla XIII, acerca de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, para propósitos de análisis y calificación de la subrasante para carreteras.

Tabla XIII. **Análisis de resultados de estudio de suelos**

MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								
		2	1/2	1	3/8	1/4	4	10	40	200
No.7	% QUE PASA	100	100	100	100	99,3	98,9	97,7	82,4	47,3
PROFUNDIDAD (MTS.)	PROCTOR		VALOR SOPORTE		CLASIFICACIÓN		OBSERVACIONES			
	DENSIDAD (kg/m³)	% HUMEDAD ÓPTIMA	% CBR		PRA					
			98%	MIN.						
1,00	1 543,6	20,5	23		A-4	LIMO ARENOSO COLO BEIGE				

Fuente: elaboración propia.

Según la clasificación de la tabla del apéndice 3, el suelo que se analizó, corresponde al grupo de los materiales limos-arcillosos, ya que la muestra que pasa el tamiz No. 200 es mayor que el 35%. Por esta condición clasificamos nuestro suelo de regular.

13. CÁLCULO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

13.1. Determinación de cortes y rellenos

Para determinar los volúmenes de tierra, para cortes y rellenos, se utilizó las secciones transversales levantadas en la topografía, ingresándolas en el programa de *software Land Desktop*, este nos delimitó las áreas de cortes y rellenos, según correspondía en cada estación, así también, nos proporcionó el volumen de corte y relleno entre dos estaciones consecutivas, utilizando las fórmulas de cálculo directas. Los resultados de los mismos se dan en la tabla 13.1.

13.2. Cálculo de balance

Para determinar los balances, se procedió a calcular los volúmenes de corte modificados por el coeficiente de contracción. Para este proyecto se utilizó un coeficiente de 35%. En cada sección se lleva un acumulado del volumen de corte modificado, al cual se le suma el volumen de relleno para obtener el balance. Los cálculos de balance se muestran en la tabla XV, en donde se utilizó un balance inicial de 1 000 m³.

13.3. Resultados del movimiento de tierras

Después de un análisis de la tabla XV, en donde se muestran los cálculos de balance y al dibujar la curva Brukner, se realizó un diseño detallado de la curva de masa, debido a que los movimientos de cortes y rellenos en el

proyecto, representan un volumen considerable para el efecto de su cuantificación.

Además, se puede determinar que en la mayoría de los rellenos y cortes se balancean en distancias muy cortas, de menos de 350 metros, por lo tanto pertenecen en su totalidad a la categoría de acarreo libre.

En la tabla XIV se presenta un resumen de los trabajos que se ejecutarán dentro de la categoría del movimiento de tierras.

Tabla XIV. **Movimiento de tierras**

Renglón	Unidad	Cantidad
Excavación no clasificado	m3	17 322,00
Excavación no clasificado de desperdicio	m3	12 077,00
Excavación no clasificado de préstamo	m3	16 770,00
Acarreo	m3/km	11 200,00
Excavación de roca	m3	4 491,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XV.

CAMBAMENTO	AREA		VOLUMEN		BALANCE
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	
9+720	48.32	0	442.9	4.7	7430.07
9+740	22.07	0	709.9	0	7891.91
9+760	13.15	0	398.2	0	8124.34
9+780	10.9	0	300.5	0	8349.00
9+800	4.78	0.35	243.30	0.06	8458.29
9+820	0.96	1.6	35.42	5.52	8475.79
9+840	0	4.05	0.04	54.94	8420.88
9+860	0	2.29	0	63.4	8357.48
9+880	0.99	0.4	0.13	25.13	8322.43
9+900	3.41	0	32.4	0.4	8353.00
9+920	13.21	0	100.2	0	8401.52
9+940	1.12	3.88	117.28	5.78	8631.98
9+960	1.53	3.36	7.05	40.45	8490.1
9+980	0	0.24	2.11	82.71	8408.70
10+000	0	3.89	0	101.3	8307.46
10+020	1	5.2	0.99	81.89	8220.21
10+040	1.19	4.02	4.2	74.5	8154.44
10+060	0.28	6.6	1.79	93.29	8062.32
10+080	0.02	4.42	0.08	107.28	7955.09
10+100	0.00	2.02	0.05	58.25	7897.20
10+120	10.07	0	90.3	3.2	7952.70
10+140	14.09	0	241.6	0	8109.8
10+160	10.47	0	245.0	0	8210.44
10+180	6.45	0	109.2	0	8379.42
10+200	10.82	0	172.7	0	8491.57
10+220	5.45	0.43	101.41	0.01	8590.58
10+240	1.35	4.23	41.43	17.03	8600.46
10+260	6.31	8.36	28.98	78.28	8647.04
10+280	0	32.59	8.43	354.53	8197.98
10+300	0.13	0.45	0	388.8	7880.18
10+320	0	2.88	0.02	92.02	7747.18
10+340	3.41	0	18.49	13.19	7740.01
10+360	9.80	0	132.7	0	7802.20
10+380	10.7	4.1	171.42	0.82	7900.87
10+400	10.81	0	180.00	0.56	8047.73
10+420	4.17	0	140.8	0	8145.4
10+440	0.7	1.09	39.79	1.99	8138.58
10+460	0	7.35	0.54	77.94	8091.29
10+480	0	4.85	0	122	7939.39
10+500	0.91	0.14	0.47	45.27	7894.42
10+520	4.17	0	45.44	0.04	7923.52
10+540	2.10	0	63.3	0	7905.00
10+560	0.62	0.12	25.05	0.05	7981.00
10+580	3.13	0.74	29.54	1.04	7999.25
10+600	1.97	0	44.54	0.94	8027.20
10+620	1.11	4.20	12.92	24.72	8040.33
10+640	0.78	8.05	2.52	100.72	7905.85
10+660	0	8.20	0.30	195.00	7750.43
10+680	0.23	2.03	0.05	100.05	7640.81
10+700	6.09	0.05	44.38	7.98	7670.08
10+720	2.75	2.10	67.08	0.78	7707.5
10+740	0	9.39	5.29	93.29	7647.05
10+760	0	11.25	0	200.4	7411.25
10+780	0.31	7.30	0.05	183.05	7228.23
10+800	0	9.05	0.00	101.00	7067.21
10+820	0	11.79	0	208.4	6958.81
10+840	0	17.52	0	253.1	6865.71
10+860	0	19.80	0	373.8	6191.91
10+880	0	20.43	0	402.9	5789.01
10+900	0	18.01	0	350.4	5398.01
10+920	0	11.12	0	257.3	5101.31
10+940	0.47	2.20	0.10	129.60	4971.80
10+960	3.5	0.03	25.00	8.50	4979.59
10+980	10.74	0	202.1	0	5140.95
11+000	4.30	0	211	0	5248.4
11+020	1.33	0.11	55.82	0.02	5284.30
11+040	7.55	0	87.71	0.01	5341.30
11+060	30.42	0	439.7	0	5627.17
11+080	10.72	0	471.4	0	5933.58
11+100	10.22	0	209.4	0	6069.69
11+120	8.01	1.00	167.00	1.39	6170.91
11+140	4.83	1.44	103.43	0.03	6238.11
11+160	13.04	0	171.34	1.04	6348.44
11+180	9.3	0	229.4	0	6497.55
11+200	2.62	0.02	118	0	6574.25
11+220	3.35	0	58.5	0	6642.28
11+240	7.7	0	110.5	0	6684.1
11+260	2.84	2.7	83.91	5.51	6733.13
11+280	2.83	0.01	38.38	8.78	6749.31
11+300	0.04	2.53	15.23	11.93	6747.28
11+320	0	2.30	0	48.5	6958.78

CAMBAMENTO	AREA		VOLUMEN		BALANCE
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	
11+340	0	5.74	0	81	6917.78
11+360	1.35	2.54	1.89	71.19	6947.81
11+380	8.02	0	73.72	5.42	6990.31
11+400	14.78	0	228	0	6738.51
11+420	3.01	0	177.9	0	6854.15
11+440	1.07	0.04	40.4	0	6888.41
11+460	0.74	0.1	10.8	0.1	6891.23
11+480	1.42	0.09	19.85	0.15	6903.98
11+500	1.62	0.9	22.93	2.43	6916.45
11+520	2.94	0.2	30.99	2.30	6934.2
11+540	0.18	0.41	20.29	1.19	6940.2
11+541.11	0.17	0.33	0.00	0.28	6945.90
TOTALES:			30,795.77	23,071.29	

Fuente: elaboración propia.

14. DRENAJES DEL CAMINO

14.1. Drenaje menor

Debido a que se está proponiendo un diseño de concreto hidráulico como carpeta de rodadura, y que la pendiente transversal recomendada para este tipo de material en carreteras es de 2-3%, se llegó a la conclusión que la pendiente del bombeo para el camino será del 3%, esto debido a que en la construcción del pavimento, es probable, que se realice de forma manual y es muy difícil garantizar con este método que las superficies cumplan con pendientes muy pequeñas.

14.1.1. Bordillos

Construir bordillos de concreto de cemento hidráulico solamente en donde las especificaciones de los planos lo indiquen, como en lugares donde la sección típica no alcance para poder construir cunetas a los lados, así también en secciones de relleno, para poder contribuir con la función exclusiva del drenaje de la calzada, también se espera que contribuyan a la rigidez de la losa de concreto. Sus dimensiones serán de 15 centímetros de ancho, por 40 centímetros de altura, respecto a la subrasante del camino, estando 15 centímetros por encima de la losa del pavimento. No se construirán necesariamente de forma integral a la losa. Si la construcción es manual, se deberán construir juntas de dilatación cada 10 metros como máximo y de un espesor de 15 milímetros. En caso contrario, que este sea construido con equipo especial, solamente se deben requerir ranuras en la parte superior de espesor ya indicado y a cada dos metros lineales. Cuando un bordillos se

construye adyacente o con un pavimento de concreto hidráulico, las juntas de dilatación deben coincidir con las del pavimento. Las especificaciones de material según la DGC para bordillos, indica que el concreto debe ser de la clase de 17,5 MPa (2 500psi) y debe cumplir en lo aplicable, con los requisitos para concreto.

14.1.2. Cunetas

Construcción de cunetas revestidas de concreto hidráulicas de sección triangular en ambos lados del camino, para que su función sea exclusivamente conducir el agua superficial hacia las alcantarillas, cajas o puentes. El ancho de las cuneta será de 50 centímetros, con un espesor de concreto, mínimo de 70 milímetros, la pendiente de la pared pegada al carril no debe superar la relación 4:1, ver detalle de cuneta en planos. El concreto debe tener una resistencia de 14 MPa (2 000 psi), y antes de ser colocado, se debe conformar y compactar la superficie de las cunetas y retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre entre las mismas.

Colocar el concreto, principiando en el extremo de la cuneta a revestir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas de construcción a cada 2 metros, con un espesor de 3 mm. Se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones indicadas en los planos.

14.1.3. Tragantes y alcantarillas

Debido a que el trayecto del camino se encuentra casi en su totalidad sobre la ladera de una montaña, el agua solamente se puede desfogar hacia el

lado derecho, siguiendo el camino de la topografía. Por tal razón, el agua que circula por el lado izquierdo del camino, debe contar con un sistema apropiado para su evacuación. Para cumplir con esta función se determinó la utilización de cajas de concreto ciclópeo y alcantarillas. Cabe mencionar que como es un mejoramiento de carretera, está ya contaba con algunas transversales existentes, pero con un diámetro de 24", por tal razón se cambiarán las mismas a un diámetro mayor de 30" de metal HG, se construirán de nuevo las cajas y cabezales, así también se construirán nuevos drenajes en ciertos lugares donde lo ameritan. La ubicación de las mismas se da en la tabla XVI.

La construcción de cajas y cabezales, será de concreto ciclópeo, según especificaciones de la DGC, donde se requiere que la misma sea una combinación de concreto clase 17,5 MPa (2 500 psi), y de piedra grande, no mayor de 300 milímetros. El volumen total de piedra adicional no debe exceder de un tercio del volumen total del concreto ciclópeo. La tubería a utilizarse será tipo HG diámetro de 30", ver especificaciones en planos.

Tabla XVI. Localización de obras de drenaje

CAMINAMIENTO	COTA RASANTE	TIPO DE OBRA	DIAMETRO DE TUBERIA	LONGITUD ACTUAL (mts.)	OBSERVACIÓN	LONGITUD FINAL
0+436.22	989.83	BÓVEDA		6.37	SECCIÓN TÍPICA DE 5.00 mts.	
1+337.33	1 006.95	TRANSVERSAL	24"	5.38	AMPLIACIÓN DE 2.62 mt.	7.10
1+472.94	1 005.31	TRANSVERSAL	24"	NO EXISTENTE	7.10 mts. DE LONGITUD	7.10
1+515.71	1 006.31	BÓVEDA		4.41	SECCIÓN TÍPICA DE 5.20 mts.	
2+296.74	1 024.81	TRANSVERSAL	24"	5.67	AMPLIACIÓN DE 4.50 mts.	7.10
2+476.70	1 024.46	TRANSVERSAL	24"	4.84	AMPLIACIÓN DE 2.20 mts.	7.10
2+707.91	1 028.67	TRANSVERSAL	24"	NO EXISTENTE	7.10 mts. DE LONGITUD	7.10
3+007.21	1 028.21	TRANSVERSAL	24"	4.32	AMPLIACIÓN DE 2.70 mts.	7.10
3+146.71	1 028.04	TRANSVERSAL	24"	4.66	AMPLIACIÓN DE 2.15 mts.	7.00
3+790.17	1 025.18	TRANSVERSAL	24"	4.88	AMPLIACIÓN DE 2.80 mts.	7.80
4+197.49	1 015.96	TRANSVERSAL	24"	8.17	AMPLIACIÓN DE 1.00 mt.	9.25
4+575.80	1 000.02	TRANSVERSAL	24"	6.53	AMPLIACIÓN DE 1.00 mt.	7.10
4+803.82	1 005.19	TRANSVERSAL	24"	9.90	AMPLIACIÓN DE 3.40 mts.	8.20
4+869.71	1 004.98	TRANSVERSAL	24"	4.47	AMPLIACIÓN DE 3.75 mts.	7.10
5+351.56	999.97	TRANSVERSAL	24"	6.35	AMPLIACIÓN DE 8.80 mts.	10.00
5+655.10	997.22	TRANSVERSAL	24"	7.01	AMPLIACIÓN DE 0.30 mt.	7.10
6+223.97	1003.57	TRANSVERSAL	24"	5.10	AMPLIACIÓN DE 2.00 mts.	7.10
6+321.50	1004.13	TRANSVERSAL	24"	5.21	AMPLIACIÓN DE 1.80 mts.	7.10
6+452.65	1005.13	TRANSVERSAL	24"	NO EXISTENTE	8.15 mts. DE LONGITUD	8.15
6+491.69	1004.52	TRANSVERSAL	24"	4.58	AMPLIACIÓN DE 3.35 mts.	7.50
6+788.88	994.10	BÓVEDA		5.91	SECCIÓN TÍPICA DE 8.20 mts.	
6+963.46	991.73	TRANSVERSAL	24"	6.70	AMPLIACIÓN DE 2.40 mts.	7.20
7+023.00	989.67	TRANSVERSAL	24"	4.29	AMPLIACIÓN DE 4.30 mts.	8.75
7+155.48	982.45	TRANSVERSAL	24"	NO EXISTENTE	7.60 mts. DE LONGITUD	7.60
7+222.37	979.19	BÓVEDA		9.25	SECCIÓN TÍPICA 6.00 mts.	
7+532.22	999.29	TRANSVERSAL	24"	4.53	AMPLIACIÓN DE 3.15 mts.	7.10
7+774.40	1012.29	TRANSVERSAL	24"	4.44	AMPLIACIÓN DE 2.60 mts.	7.10
8+318.14	1028.36	TRANSVERSAL	24"	5.59	AMPLIACIÓN DE 4.80 mts.	7.20
8+651.23	1037.18	TRANSVERSAL	24"	4.32	AMPLIACIÓN DE 2.70 mts.	7.10
8+762.98	1035.02	BÓVEDA		6.59	SECCIÓN TÍPICA DE 5.50 mts.	
8+861.49	1036.83	TRANSVERSAL	24"	3.44	AMPLIACIÓN DE 3.65 mts.	7.10
9+376.56	1040.69	TRANSVERSAL	24"	4.76	AMPLIACIÓN DE 4.30 mts.	7.75
9+452.79	1038.64	TRANSVERSAL	24"	7.50	NO NECESITA AMPLIACIÓN	7.50
9+573.28	1035.50	BÓVEDA		5.48	SECCIÓN TÍPICA DE 6.00 mts.	
9+691.08	1042.41	TRANSVERSAL	24"	7.06	AMPLIACIÓN DE 0.95 mts.	7.60
9+752.93	1042.83	TRANSVERSAL	24"	7.65	AMPLIACIÓN DE 0.30 mts.	7.10
9+822.55	1043.67	TRANSVERSAL	24"	5.83	AMPLIACIÓN DE 1.45 mts.	7.20
9+946.44	1043.73	TRANSVERSAL	24"	9.76	AMPLIACIÓN DE 1.95 mts.	7.60
10+000.15	1041.25	TRANSVERSAL	24"	7.80	NO NECESITA AMPLIACIÓN	7.80
10+107.16	1036.31	TRANSVERSAL	24"	7.26	AMPLIACIÓN DE 0.30 mts.	7.10
10+220.53	1031.97	TRANSVERSAL	24"	5.80	AMPLIACIÓN DE 1.70 mts.	7.10
10+284.27	1038.31	TRANSVERSAL	24"	6.93	AMPLIACIÓN DE 0.50 mts.	7.10
10+611.57	1073.67	TRANSVERSAL	24"	7.89	AMPLIACIÓN DE 1.40 mts.	7.50
10+737.45	1089.17	TRANSVERSAL	24"	6.43	AMPLIACIÓN DE 0.95 mts.	7.10
10+900.76	1114.89	TRANSVERSAL	24"	6.94	AMPLIACIÓN DE 0.60 mts.	7.20
11+026.02	1134.41	TRANSVERSAL	24"	6.39	AMPLIACIÓN DE 1.05 mts.	7.10
11+074.88	1141.05	TRANSVERSAL	24"	6.94	AMPLIACIÓN DE 0.30 mts.	7.20
11+271.86	1170.57	TRANSVERSAL	24"	7.12	AMPLIACIÓN DE 1.20 mts.	7.60

Fuente: elaboración propia.

15. DISEÑO DEL PAVIMENTO

De las diferentes alternativas en cuanto a materiales y formas de construir un pavimento, se tomó la decisión de diseñar un pavimento rígido de concreto hidráulico simple sin refuerzo. El motivo por el cual se propone este tipo de pavimento se debe principalmente a que sus características, permiten una solución más económica a largo plazo y técnicamente ofrece mejores ventajas.

15.1. Elementos estructurales del pavimento

Para la construcción de un pavimento es necesario contar con un buen valor soporte del suelo, el cual nos ayudará a obtener el peralte final de la carpeta de concreto y saber que tipo de materiales se deberán utilizar en la misma.

15.1.1. Subrasante

De los resultados obtenidos del estudio de suelos de este proyecto, se puede concluir que los tipos de materiales que los conforman, son lo suficientemente aptos para utilizarse como subrasantes. Según lo mencionado en el capítulo 12 respecto a la clasificación AASHTO M 145, se clasifica el suelo en el grupo A-4, los cuales se valoran en regulares, por lo tanto no necesitan ningún trabajo de estabilización.

Para el diseño del pavimento, se determinó el módulo de reacción K de la subrasante en función del valor del CBR., con ayuda de la tabla XVII, y

utilizando el valor de CBR más crítico de los ensayos, que es de 23%, nos da un valor de 280 lb/plg.³ ó 7,75 kg/cms.³ aproximadamente.

15.1.2. Base

Se considera que para el mejoramiento del suelo existente, pueda lograr el soporte adecuado, es necesario colocar una capa extra, para la cual se propone la utilización de un material del tipo granular que cumpla la función de base del pavimento. Esta capa, estará formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial. Para fines de diseño, se propone una capa de 10 cms. de espesor, que cumpla con las especificaciones dictadas por el Libro Azul de Caminos, cabe mencionar que dichas especificaciones vienen escritas en los planos adjuntos a este documento.

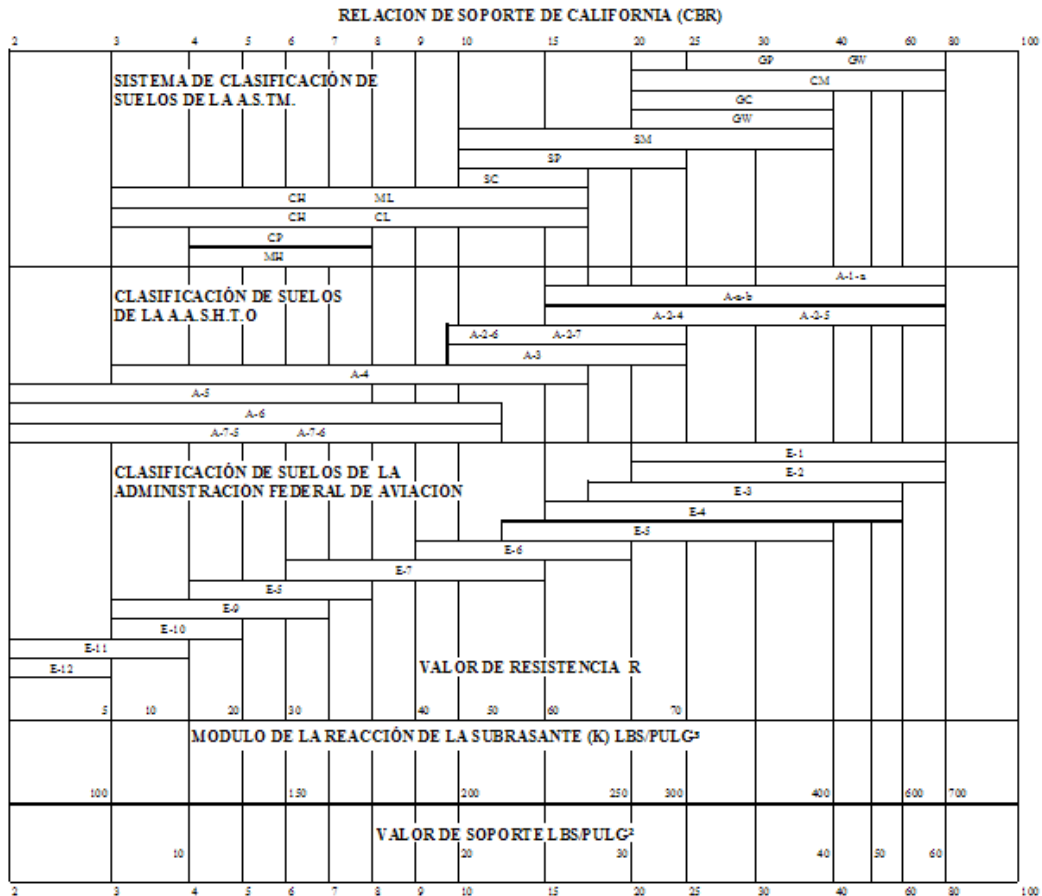
15.2. Diseño de espesor del pavimento

Para determinar el espesor de la losa de concreto, se utilizó el método simplificado de la Portland Cement Association (PCA), el cual se desarrolla a través de tablas. A continuación se describe el proceso del mismo.

15.2.1. Período de diseño y cálculo de tránsito promedio diario futuro

El período de diseño es usado, comúnmente como la vida del pavimento. Para este caso en particular, se estima un período de diseño de 20 años, a partir del 2009, tomando en cuenta al menos una rehabilitación.

Tabla XVII. Interrelaciones aproximadas de clasificación de suelos



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del tránsito promedio diario futuro se utilizó el modelo de crecimiento exponencial, con los datos bases para el mismo:

Tasa de crecimiento: 3,5% anual n=20 años

Tránsito promedio diario actual: 255 vehículos al día

$$\text{TPD}_{\text{futuro}} = \text{TPD} * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \quad \text{TPD}_{\text{futuro}} = 255 * \left(1 + \frac{3.5}{100}\right)^{20}$$

$$\text{TPD}_{\text{futuro}} = 507 \text{ vehiculos}$$

15.2.2. Categoría de carga por eje de la vía

Se debe tener en cuenta que la proyección dada por el modelo exponencial nunca es exacta por diferentes factores, por tal razón se propone un aumento a la expresión anterior a 800 vehículos por día. La PCA propone el cálculo del TPD-C como un porcentaje del TPD, con la utilización de la tabla XX, el camino se clasifica dentro de la categoría 2, el cual da un rango del TPD-C del 5 al 18% por cada día. Para poder encontrar el porcentaje correspondiente para este caso, se interpolaron estos datos, dando un porcentaje del 15%, obteniendo finalmente un TPD-C de 120.

15.2.3. Valor del módulo de reacción K sobre la base

El módulo de reacción sobre la base, es un valor que depende del módulo de reacción de la subrasante, del tipo y espesor de la base del pavimento. Anteriormente se propuso la utilización de una base granular de 4 pulgadas (10 centímetros). Por lo tanto, utilizando la tabla XVIII, e interpolando valores, el módulo de reacción sobre la base es de aproximadamente, 266,67 lb/plg³, y con la tabla XIX, se clasifica al soporte subrasante-base del camino en muy alto.

Tabla XVIII. **Valores de K de subrasante y bases no tratadas**

Valor de K de la subrasante, lb/pul ³	Valor de "K" sobre la base, lb/pul ³			
	4" de espesor	6" de espesor	9" de espesor	12" de espesor
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	200	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Clasificación subrasante-base por soporte**

TIPO DE SUELO	RANGO DE VALORES DE "K"	SOPORTE
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño predominante son partículas de limo arcilla.	75-120	BAJO
Arenas y mezclas de arena con grava conteniendo una cantidad considerable de limo y arcilla.	130-170	MEDIO
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	180-220	ALTO
Bases tratadas con cemento.	250-400	MUY ALTO

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Categorías de carga por eje**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁNSITO			MÁXIMA CARGA POR EJE, KN	
		TPD	TPDC		EJE SENCILLO	EJE TANDEM
			%	POR DÍA		
1	Calles residenciales. Carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1-3	Arriba de 25	98	160
2	Calles colectoras. Carreteras rurales y secundarias (altas). Carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 5 000	5-18	De 40 a 1 000	115	195
3	Calles arteriales y carreteras primarias (bajo). Súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio).	3 000 a 12 000 2 carriles 3 000 a 50 000 4 carriles	8-30	De 500 a 5 000	133	230
4	Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (alto). Interestatales urbanas y rurales (media alto).	3 000 a 20 000 2 carriles 3 000 a 150 000 4 carriles	8-30	De 1 500 a 8 000	151	267

Los descriptores alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.
TPDC: Camiones dos ejes, camiones cuatro llantas excluidos.

Fuente: elaboración propia.

15.2.4. **Determinación del espesor de la losa**

Con los datos de categoría por eje, clasificación del soporte subrasante-base, el módulo de ruptura del concreto, el cual se calcula por medio de un porcentaje del valor de resistencia del concreto a utilizar, siendo éste de 15% de $f'c$, también contar con el valor del transporte promedio diario camión futuro por eje, el pavimento no utilizará juntas doveladas, que trabajará con hombros o bordillos integrados, se procedió a determinar el espesor de la losa de concreto, utilizando para ello la tabla XXI.

El concreto a utilizar tendrá una resistencia de 4 000 psi, tal como lo norma la DGC por lo tanto el módulo de ruptura tiene un valor de 600 psi.

Tabla XXI. **TPDC Permissible**

TPDC PERMISIBLE, CARGA POR EJE CATEGORÍA 2 PAVIMENTOS DE JUNTA DE TRABE POR AGREGADOS.										
MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO EN PSI	CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLOS					CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLOS				
	ESPESOR DE LOSA, PLG.	SOPORTE COMBINADOS SUBRASANTE Y BASE				ESPE SOR DE LOSA, PLG.	SOPORTE COMBINADO SUBRASANTE Y BASE			
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
650	5,5				5	5		3		42
	6		4	12	59	5,5	9	42	120	450
	6,5	9	43	120	400	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1 200	6,5	650	1 000	1 400	2 100
	7,5	490	1 200	1 500		7	1 100	1 900		
	8	1 300	1 900							
600	6		8		11	5			1	8
	6,5		70	24	110	5,5	1	8	23	98
	7	15	440	190	750	6	19	84	220	810
	7,5	110	1 900	1 100	2 100	6,5	160	520	1 400	2 100
	8	590				7	1 000	1 900		
	8,5	1 900								
550	6,5		11	4	19	5,5			3	17
	7		84	34	150	6	3	14	41	160
	7,5	19	470	230	890	6,5	29	120	320	1 100
	8	120	2 200	1 200		7	210	770	1 900	
	8,5	560				7,5	1 100			
	9	2 400								

Fuente: elaboración propia.

Al observar la tabla XXI, el espesor del pavimento corresponde entre 5,5 y 6 pulgadas, se asume para este proyecto un valor de 6 pulgadas equivalente aproximadamente a 15 centímetros. En resumen, para la pavimentación del camino Vasconcelos-El Triunfo, se propone la construcción de un pavimento de 25 centímetros de espesor, integrado por 10 centímetros de base granular y 15 centímetros de losa de concreto de cemento hidráulico.

15.2.5. Diseño de mezcla de concreto

Para el cálculo de las proporciones, se utilizará un método adaptado de varias fuentes, el procedimiento resultante es bastante simple, basándose principalmente en tablas. Otro elemento importante a destacar es el hecho de que se asumirán ciertas características de los agregados, en función de las especificaciones de los mismos.

- Resistencia requerida: 4 000 psi
- Tamaño máximo de agregado grueso: 1"
- Módulo de finura de agregado fino: 2,6-2,9
- Asentamiento para pavimento de concreto: 2-4 pulgadas (5-7,5 centímetros)

Se define la relación agua/cemento para la mezcla, con ayuda de la tabla XXII. Para ello se cuenta con los datos anteriores, la cual da una relación de 0,49.

- Por lo tanto, se obtiene los resultados siguientes: $171/c=0,49$.

Despejando, da un valor de $C=348,98 \text{ kg/m}^3$.

Tabla XXII. **Diseño de mezclas (calculados para 1 m³ de concreto fresco)**

Clase de concreto		Tamaño máximo del agregado		Concentración de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.				% de agregados fino Vol. Avs./Agr. Total			Contenido de cemento mínimo, sacos de 42,5 kg/m ³ de concreto
										M.F.			
kg/cm ²	lb/plg ²	mm.	plg.	A/C	C/A	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	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	6,5
		25,4	1	0,65	1,54	157	165	173	181	44	46	48	
		38,1	1 1/2	0,65	1,54	154	160	166	193	42	44	46	
175	2 500	19,1	3/4	0,60	1,67	165	175	186	197	45	47	49	7
		25,4	1	0,60	1,67	157	165	173	181	42	44	46	
		38,1	1 1/2	0,60	1,67	154	160	166	193	40	42	44	
210	3 000	19,1	3/4	0,56	1,79	164	171	184	195	44	46	48	7,5
		25,4	1	0,56	1,79	156	164	172	180	41	43	45	
		38,1	1 1/2	0,56	1,79	154	160	166	191	39	41	43	
246	3 500	19,1	3/4	0,52	1,92	164	174	184	195	42	44	46	8
		25,4	1	0,52	1,92	156	164	172	180	39	41	43	
		38,1	1 1/2	0,52	1,92	154	160	166	191	37	39	41	
281	4 000	19,1	3/4	0,49	2,04	172	172	182	193	40	42	44	8,5
		25,4	1	0,49	2,04	163	163	171	179	37	39	41	
		38,1	1 1/2	0,49	2,04	160	160	166	189	35	37	39	

Fuente: elaboración propia.

El peso unitario del concreto se compone de la sumatoria de los pesos del cemento, agua y agregados, según la siguiente fórmula:

$$PUc = C + A + Ag.$$

Donde:

PUc = peso unitario del concreto en kg/m³

C = peso del cemento en kg/m³

A = peso del agua en kg/m³

Ag = peso de agregados (fino y grueso) en kg/m³

Ahora se sustituye esos datos en la fórmula anterior y despejamos Ag nos queda lo siguiente:

$$Ag = P_{Uc} - C - A \quad Ag = 2415 - 348,98 - 171 \quad Ag = 1\,895,02 \text{ kg/m}^3$$

De la tabla 15,6, se obtiene los porcentajes de los agregados:

Agregado fino: 39%

Agregado grueso: 61%

Con estos porcentajes, se calcula los pesos de cada material, multiplicando el peso del agregado por cada porcentaje de los mismos:

$$A_f = 1\,895,02 \times 0,39 = 739,06 \text{ kg/m}^3 \quad A_g = 1\,895,02 \times 0,61 = 1\,155,96 \text{ kg/m}^3$$

El diseño teórico se define en función de las proporciones, tomando como referencia la unidad de cemento.

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} = \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} = \frac{\text{Piedrin}}{\text{Cemento}} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$\frac{348,98}{348,98} = \frac{739,06}{348,98} = \frac{1155,96}{348,98} = \frac{166}{349,98}$$

El resultado final del diseño teórico es el siguiente:

1:2:3:0,5

15.2.6. Cálculo de cantidad de materiales para 1m³

Para determinar las cantidades aproximadas de materiales en la elaboración de un metro cúbico de concreto, se utilizarán las fórmulas desarrolladas por W.B. Fuller, presentadas a continuación.

$$C = \frac{57,60}{c + a + p} \quad A = 0,02675 * C * a \quad P = 0,02675 * C * p$$

Donde:

C = número de sacos de cemento Pórtland c = número de partes de cemento

A = número de metros cúbicos de arena a = número de partes de arena

P = número de metros cúbicos de grava p = número de partes de grava

A continuación se detalla el cálculo de cantidades por metro cúbico de concreto:

$$C = \frac{57,60}{1 + 2 + 3} = 9,6 \text{ sacos}$$

$$A = 0,02675 * 9,6 * 2 = 0,51 \text{ metros cúbicos}$$

$$P = 0,02675 * 9,6 * 3 = 0,77 \text{ metros cúbicos}$$

Tabla XXIII. **Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto**

Material	Unidad	Cantidad
Cemento	Saco	9,6
Arena de río	Metro cúbico	0,51
Grava	Metro cúbico	0,77
Agua	Litros	171

Fuente: elaboración propia.

15.3. Diseño de juntas

Para que el pavimento de concreto rígido no presente grietas a corto plazo es necesario construir las juntas de dilatación, las que pueden ser:

15.3.1. Juntas longitudinales

La separación de las juntas longitudinales será de 3,00 metros, esta medida corresponde al ancho del carril.

15.3.2. Juntas transversales

El espaciamiento máximo de juntas de contracción recomendado para pavimento de concreto es de 24 veces el espesor de la losa, por lo tanto se tendría una separación máxima de 3,60 metros, pero para tener una medida estándar se dejará en una separación de 3,50 metros.

16. EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL

16.1. Evaluación y manejo de riesgo ambiental

La evaluación del impacto ambiental es un procedimiento de carácter preventivo, orientado a informar al promotor de un proyecto, acerca de los efectos al ambiente que puedan generarse con su construcción. Es un elemento correctivo de los procesos de planificación y tiene como finalidad medular los efectos negativos del proyecto sobre el ambiente.

16.2. Evaluación de riesgos

Es importante tener en cuenta los riesgos en que se incurre al llevar a cabo cualquier proyecto. Los riesgos financieros y económicos han sido los que tradicionalmente, se han evaluado. Los riesgos ambientales directos e indirectos tienen poco tiempo de ser incorporados al análisis, por lo que se falla en gran medida en cuanto a su prevención.

Se entiende que los riesgos existen cuando se pueden medir las probabilidades de la ocurrencia de un evento. Esta situación es diferente a la de incertidumbre, la cual implica que muy poco se sabe sobre los impactos a esperar, lo cual hace que no se pueden determinar las probabilidades de ocurrencia de los eventos, en tanto puede ser debido a que es una actividad o producto nuevo. El determinar los riesgos y el grado de incertidumbre es de gran valor en el análisis de costo-beneficio, este interés es debido a que es importante determinar el valor de costos y beneficios inciertos en el tiempo. El primer paso es determinar los factores de riesgo y luego las probabilidades de

su ocurrencia para definir las maneras de prevenirlos por medio de medidas apropiadas. La información que se requiere es generalmente, costosa y algunas veces inexistente.

16.3. Manejo de riesgos

Este término define el conjunto de juicios y análisis que utiliza los resultados de la evaluación del riesgo para producir una decisión sobre una acción ambiental, tomando en cuenta los aspectos políticos, económicos y sociales para la toma de decisiones, del ejercicio científico involucrado en la evaluación de riesgos.

16.4. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA), es un mecanismo científico técnico que se utiliza para analizar aspectos físico-biológicos, socio-económicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle una acción o un proyecto. El impacto ambiental producido por la ejecución, operación o cese de un proyecto de desarrollo determinado, el que debe ser evaluado, *a priori*, con el fin de establecer medidas correctivas necesarias para eliminar o mitigar los efectos (impactos) adversos, proponer opciones, un programa de control y fiscalización y un programa de recuperación ambiental.

La EIA debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Garantizar que todos los factores ambientales relacionados con el proyecto o acción hayan sido considerados.

- Determinar impactos ambientales adversos significativos, de tal forma que se propongan las medidas correctivas o de mitigación que eliminen estos impactos y los reduzcan a un nivel, ambientalmente aceptable.
- Facilitar la elección de la mejor opción ambiental de la acción propuesta.
- Establecer un programa de control y seguimiento que permita medir las posibles desviaciones entre la situación real al poner en marcha el proyecto, de tal forma que se puedan incorporar nuevas medidas correctivas o de mitigación.
- Elaborar un programa de recuperación ambiental.

Debido al carácter sistémico de la EIA, el análisis debe ser realizado por un equipo interdisciplinario, pudiendo hacer uso de cualquier método, que cumpla con los requisitos anteriormente señalados. Dentro de los métodos más comunes se incluyen listados, matrices, mapas y otros.

16.5. Medidas de mitigación

La mitigación se refiere a medidas que se toman para eliminar, prevenir o reducir efectos negativos que pudieran resultar de la acción propuesta e identificados en la EIA. Se puede definir la mitigación como una serie jerárquica de acciones que incluyen:

- Evitar completamente el impacto al no ejecutar la acción.
- Disminuir los impactos a un grado aceptable.

- Rectificar el impacto después de la acción mediante la reparación o restauración del ambiente afectado.
- Reducir o eliminar el impacto durante el transcurso de la actividad.

16.6. Matriz de Leopold

Para identificar y valorar los impactos positivos y negativos que producirá el proyecto propuesto, como es la construcción de una carretera de pavimento rígido, se utilizará el método de la matriz de Leopold, que consiste en una matriz formada por factores ambientales (filas) y acciones que se realicen en la construcción, operación y mantenimiento (columnas), ver tabla XXIV.

En resumen, analizando la tabla XXIV, las actividades prioritarias que tendrán que atenderse con medidas de prevención, mitigación y/o compensación, son ordenadamente de mayor a menor ponderación las siguientes: habitantes de la zona de influencia, especialmente aquéllos que se encuentran ocupando el derecho de vía, geología y geomorfología, seguridad vial, suelos, hidrogeología, vegetación, paisaje y calidad del aire.

Aparentemente, el balance de impactos es negativo, pero esto se interpreta, como el grado, de agresividad que el proyecto tiene en el medio ambiente, lo que permite identificar precisamente las acciones del proyecto que tienen que tener medidas de mitigación, tanto generales como específicas, con el fin de minimizar los impactos y reducir o prevenir otros que ya han sido particularizados.

Tabla XXIV. Matriz de Leopold
DISEÑO DE CARRETERA DE PAVIMENTO RÍGIDO

ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES															
FACTORES AMBIENTALES	FASE DE IMPLEMENTACIÓN			FASE DE CONSTRUCCIÓN								FASE DE FUNCIONAMIENTO			
	a. BANCO DE MATERIALES	b. DESMONTAJE Y AMPLIACIÓN	c. REUBICACIÓN DE VIVIENDAS	a. PREPARACIÓN DE LA VÍA	b. EXPLORACIÓN DE BANCOS	c. CORTE DE MATERIALES	d. BOTADEROS	e. TRANSPORTE DE MATERIALES	f. PLANTA DE CONCRETO	g. CONSTRUCCIÓN DE TRANSVERSALES	h. COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO	i. SEÑALIZACIÓN	a. UTILIZACIÓN DE LA VÍA	b. MANTENIMIENTO DE LA VÍA	c. CONTROL DE MALEZA Y VEGETACIÓN
FACTORES IMPACTADOS CON MAYOR INTENSIDAD															
a. SUELOS	3	3	2			3									
b. GEOMORFOLOGÍA	3	3	2				3								
c. GEOLOGÍA	3	3	2												
d. HIDROLOGÍA	2	2		3		3	3		3		3		1		
e. HIDROGEOLOGÍA				3		3	3		3		3				
f. CALIDAD DEL AIRE	3	3				3						2			
g. TEMPERATURA		3													
h. VEGETACIÓN		3				2	2					2			2
i. FAUNA						2	2					2			2
j. AGRICULTURA		3				2						1			
k. ZONA COMERCIAL			2							2					
l. PAISAJES	2	2	2			3	3				1	1	1		1
m. ESTILO DE VIDA DE LOS HABITANTES DE LA ZONA	2	3	3					2							
n. EMPLEO				1					1	1				1	1
o. SEGURIDAD VIAL					3	3	3					1		1	1
p. RED DE TRANSPORTES												1	1	1	1
q. RUIDO				3	3	3		3	3	3					

- 1 IMPACTO POSITIVO
- 2 IMPACTO POSITIVO O NEGATIVO
- 3 IMPACTO NEGATIVO
- NO SE PRODUCE NINGUN EFECTO

Fuente: elaboración propia.

17. CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

17.1. Cuadro de cantidades de trabajo

A continuación se detalla las cantidades de trabajo del proyecto: diseño geométrico y estructural de pavimento rígido para el camino caserío Vasconcelos, cantón Xajaxac-caserío El Triunfo, departamento Sololá.

Tabla XXV. Cuadro de cantidades de trabajo

RENGLONES DE TRABAJO			
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES
1	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	7,0
2	CORTÉS Y EXCAVACION DE ROCA	m3	4 491
3	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	m3	17 322
4	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO	m3	12 077
5	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA PRESTAMO	m3	16 770
6	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS Y SUB-DRENAJE	m3	261
7	ACARREO	m3/Km	11 200
8	SUMINISTRO, PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE METAL DE 30"	ml	87
9	CAJAS Y CABEZALES DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	104
10	CUNETAS TIPO "L" DE CONCRETO SIMPLE FUNDIDO EN SITIO (2000psi) (e=0.07m)	m2	8 055
11	BORDILLOS DE CONCRETO	ml	6 852
12	REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE EXISTENTE	m2	57 706
13	CAPA DE BASE TRITURADA (e=0.10m)	m3	8 079
14	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO (e=0.15m)	m3	12 085
15	SELLOS DE JUNTAS DE MATERIAL POLIURETANO	ml	32 000
16	PINTURA TERMOPLASTICA 10 cm LINEAS CENTRALES Y LATERALES SUM. Y COLOC.	ml	34 624
17	MARCADORES RESALTADOS SOBRE EL PAVIMENTO, (OJOS DE GATO)	Unidad	3 560
18	SEÑALES RESTRICTIVAS Y/O PREVENTIVAS DE METAL (0.61 x 0.61)	Señal	140
19	SEÑALES INFORMATIVAS DE TRAFICO (DOS TABLEROS)	Señal	10

Fuente: elaboración propia.

17.2. Presupuesto

A continuación se detalla el presupuesto del proyecto: diseño geométrico y estructural de pavimento rígido para el camino caserío Vasconcelos, cantón Xajaxac-caserío El Triunfo, departamento Sololá.

Tabla XXVI. Presupuesto

Longitud del Tramo: 11,541.11 MTS.					
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES	COSTO TOTAL
1	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	Q6,233.02	7	Q38,631.14
2	CORTES Y EXCAVACIÓN DE ROCA	m ³	Q309.65	4,491.00	Q1,390,638.65
3	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	m ³	Q32.29	17,322.00	Q559,327.38
4	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO	m ³	Q39.96	12,077.00	Q482,586.92
5	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA PRESTAMO	m ³	Q58.92	16,770.00	Q988,088.40
6	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS	m ³	Q76.75	261	Q20,031.75
7	ACARREO	m ³ /km	Q17.55	11,200	Q196,560.00
8	SUMINISTRO, PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE METAL DE 30°	ml	Q1070.01	87	Q93,090.87
9	CAJAS Y CABEZALES DE M AMPOSTERÍA DE PIEDRA	m ³	Q848.17	104	Q88,209.68
10	CUNETAS TIPO 'L' DE CONCRETO SIMPLE FUNDIDO EN SITIO (2000psi) (e=0.07m)	m ²	Q168.65	8,055	Q1,358,475.75
11	BORDILLOS DE CONCRETO	ml	Q85.12	6,852	Q581,762.24
12	REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RA SÁNTE EXISTENTE	m ²	Q12.24	57,706	Q706,321.44
13	CAPA DE BASE TRITURADA (e=0.10m)	m ³	Q260.77	8,079	Q2,106,760.83
14	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO (e=0.15m)	m ³	Q172.198	4,085	Q20,810,128.30
15	SELLOS DE JUNTAS DE MATERIAL POLIURETANO	ml	Q20.82	32,000	Q666,240.00
16	PINTURA TERMOPLÁSTICA 10 cm LINEAS CENTRALES Y LATERALES SUM. Y COLOC.	ml	Q56.81	34,624	Q1,974,054.44
17	MARCADORES RESALTADOS SOBRE EL PAVIMENTO, (OJOS DE GATO)	Unidad	Q25.28	3,560	Q89,996.80
18	SEÑALES RESTRICATIVAS Y/O PREVENTIVAS DE METAL (0.61x0.61)	Señal	Q587.17	140	Q82,203.80
19	SEÑALES INFORMATIVAS DE TRAFICO (DOS TABLEROS)	Señal	Q1293.72	10	Q12,937.20
20	MONUMENTOS DE KILOMETRAJE, SUMINISTRO Y COLOCACIÓN	Unidad	Q203.63	22	Q4,479.86
COSTO TOTAL					Q30,891,885.95

COSTO TOTAL POR KM. Q2,676,684.71

Fuente: elaboración propia.

17.3. Cronograma de ejecución física y financiera

A continuación se detalla el cronograma de ejecución del proyecto Diseño geométrico y estructural de pavimento rígido para el camino caserío Vasconcelos, cantón Xajaxac-caserío El Triunfo, departamento Sololá.

Tabla XXVII. Cronograma de ejecución física y financiera

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PROGRAMACION MENSUAL														
				ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.			
LIMPIA, CHAFEO Y DESBROZAR	Hr	Q.5,233.02	7	1,75	1,75	1,75	1,75											
CORTES Y ELEVACION DE ROCA	m3	Q.309.85	4,481.00			1347.3	1347.3	1347.3	461.1									
ELEVACION CLASIFICADA	m3	Q.32.29	17,222.00		1732.2	1732.2	3464.4	3464.4	1732.2	5196.6								
ELEVACION CLASIFICADA DE MATERIAL DE SERVICIO	m3	Q.38.96	12,077.00		603.85	603.85	2415.4	2415.4	3823.1	2415.4								
ELEVACION CLASIFICADA PARA PASEO	m3	Q.58.92	16,770.00		1677	1677	1677	5031	5031	3354								
ELEVACION ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS	m3	Q.76.75	261		6525	6525	6525	6525										
ACEREO	m3 Km	Q.17.55	11,200.00		1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
SUMINISTRO, PROVISION Y COLOCACION DE ALCANTARILLAS METAL DE 30"	m	Q.1,070.01	87		1305	1305	2175	2175	174									
CAUSI CARZALES E IMPUESTERÍA DE PIEDRA	m3	Q.848.17	104		15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	10.4						
CURR FAST P.O.T. DE CONCRETO SIMPLE Y ANCHO EN SITIO (200x200x100) (4x1.00)	m2	Q.868.85	8,055.00		805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5	805.5
BRODILLOS DE CONCRETO	m	Q.95.12	6,852.00					1370.4	1370.4	1370.4	1370.4	1370.4	342.6	1027.8	1027.8			
RECONDICIONAMIENTO DE SUB-GRANDE EXISTENTE	m2	Q.12.24	57,706.00		14426.5	14426.5	14426.5											
CAPA DE BASE TRITURADA (4x1.00)	m3	Q.280.77	8,078.00		1211.85	1211.85	1615.8	1615.8	1211.85	1211.85								
PAVIMENTO DE CONCRETO (DIR. HALLADO) (4x1.50)	m3	Q.1,172.198	12,085.00		604.25	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5	1208.5
SELLADO DE JUNTAS DE MATERIAL POLURETANO	m	Q.20.82	32,000.00					4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
PINTURA DE BARRERA (NOMBRE DE BARRERA) (NOMBRE DE BARRERA)	m	Q.15.81	34,624.00															
RECOLECCION DE LOSA	Unidad	Q.25.28	3,560.00															
DEBILITACION DE PROYECTOR SOBRE EL PAVIMENTO (DOS)	Unidad	Q.87.17	10															
SEÑALIZACION PASADIZO (POSTABLEROS)	Señal	Q.1,233.72	10															
SEÑAL INFORMATIVA (SEÑAL PASADIZO)	Señal	Q.203.63	22															
MONUMENTOS KILOMETRAJE SUMINISTRO Y COLOCACION	Unidad	Q.203.63	22															
	Monomensual			185,738.15	199,521.45	2,326,028.15	3,609,503.97	3,835,015.95	3,434,214.75	3,241,328.71	3,241,328.71	2,332,884.52	2,417,566.74	2,332,884.52	2,417,566.74	2,332,884.52	2,417,566.74	2,332,884.52
	Acumulados Mes			185,738.15	385,259.59	3,211,287.74	6,820,791.71	10,655,807.66	14,160,022.41	17,401,351.12	19,762,551.61	22,114,942.12	24,532,502.86	26,865,387.38	29,277,954.12	31,690,838.64	34,103,723.16	36,516,607.68

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Realización de los estudios de ingeniería vial y el diseño estructural del pavimento rígido, para el camino que comunica los caseríos Vasconcelos, Xajaxac – El Triunfo, Pujujil II, proyecto que significará para sus habitantes un gran paso para su desarrollo, ya que ahora contará de un diseño de 11,5 Km. de pavimentación, que facilitará la comunicación, social como comercial de los diferentes caseríos de la región.
2. El proyecto está diseñado con un costo total de Q. 30 891 885,95, lo que da un costo unitario por kilómetro de Q. 2 676 684,71.
3. Con la finalidad de tener una carretera que cumpla con las necesidades de las comunidades, se diseñó una estructura de pavimento rígido, compuesta por una capa base de material granular de 10 centímetros de espesor y una losa de concreto de 15 centímetros de espesor. Además el proyecto cuenta con 42 drenajes transversales a lo largo del camino.
4. El paisaje se verá afectado en las fases de implementación y construcción del proyecto, en vista de las transformaciones que sufrirán los lugares en donde se ubicarán los bancos de préstamos de materiales y los botaderos de materiales de desperdicio. En la fase de construcción, el ambiente sufrirá impactos considerables: el recurso aire, debido a la cantidad de movimientos de tierras que conlleva un proyecto de esta índole y del monóxido de carbono por la maquinaria

que estará presente en el momento de la ejecución; los ruidos al ambiente debido a la circulación de la maquinaria pesada y vehículos; el agua sufre contaminación en la extracción de materiales de los ríos y el uso doméstico de los campamentos, y la seguridad vial, que en determinado momento, puede poner en riesgo a los pobladores y vecinos, personal de la empresa ejecutora, supervisora y personas que circulan en el lugar.

RECOMENDACIONES

1. Para evitar errores durante la ejecución del proyecto de mejoramiento del camino, y con esta finalidad cumpla su cometido, es importante que se tomen en consideración todas las especificaciones técnicas colocadas en el presente documento y planos adjuntos.
2. Para el mejor funcionamiento de las obras de drenajes, como las cunetas y drenajes transversales, éstas deben tener un mantenimiento constante, para ello las comunidades tendrán que formar un comité de limpieza vial, quien será el encargado de limpiar, por lo menos una vez al mes en tiempo de verano, y en invierno dos veces por mes, esto hará que las obras presten un mejor servicio, y por tal razón evitar daños severos a la estructura de pavimento.
3. Es importante que las comunidades beneficiadas con este diseño, mantengan abiertas las vías de comunicación entre las autoridades municipales y entre los diferentes COCODES de los caseríos, esto con el objetivo de solventar cualquier inconformidad y evitar posteriores malentendidos. En la medida de lo posible, la Oficina de Obras Municipales y Servicios Públicos deberá contar con todos los datos técnicos y logísticos para poder apoyar a las comunidades en cualquiera de los trabajos a realizar en el proyecto.

4. En los bancos de préstamo de materiales es importante que una vez utilizados, se reforesten con especies nativas del lugar, con el fin de mejorar el paisaje y evitar erosión hídrica y eólica.

5. En los botaderos de materiales para desperdicio, éstos por naturaleza, son depresiones de regular profundidad y deben de ser rellenados por capas no mayores de 60 centímetros de espesor, sin mayor control de compactación, por lo que será suficiente con el peso propio de la maquinaria con que se realice el trabajo, debe tomar forma de bermas o talud 3:1, y posteriormente debe tener una cubierta vegetal, ésta puede ser arbustos, arboles, etc., con el fin de estabilizar los suelos y mejorar las condiciones del paisaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANCKERMANN ÁLVAREZ, Estuardo. *Manual para laboratorista de suelos en construcción de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1969. 85 p.
2. CHICAS PAZ, Bladimir Alberto. *Diseño de alcantarillado sanitario y pavimentación de barrio El Centro y barrio Dos de Abril, y diseño de pavimentación de aldea Tiucal en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 65 p.
3. HERNÁNDEZ ALVARADO, José Rodolfo. *Diseño de la línea de Balance en movimiento de tierras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1983. 83 p.
4. PÉREZ MÉNDEZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 120 p.
5. SUCHINI PAIZ, César Leonel. *Actualización del estudio de impacto ambiental, en rehabilitación del tramo carretero San Pedro Carchá-Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz*. Trabajo de

graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 90 p.

6. VILLAGRÁN MONZÓN, Edy Omar. *Diseño geométrico y estructural de pavimento rígido para el camino aldea Vásquez – Xesacmaljá, Totonicapán*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente, División de Ciencias de la Ingeniería, 2005. 135 p.

APÉNDICES

Apéndice 1.

CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE CARRETERAS POR LA DGC

T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H	ANCHO DE CALZADA M.	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VÍA M.	RADIO MÍNIMO M.	PENDIENTE MÁXIMA %	DISTANCIA VISIB. PARADA M.		DISTANCIA VISIB. PASO M.	
				CORTE M.	RELLENO M.				MÍNIMA	RECOM.	MÍNIMA	RECOM.
3000 A 5000	TIPO "A"		27.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
4500 A 3000	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSA	60					110	5	70	100	350	400
	TIPO "B"		7.2	13	12	25						
900 A 1500	REGIONES											
	LLANAS	90					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
500 A 900	MONTAÑOSA	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "C"		6.5	12	11	25						
	REGIONES											
100 A 500	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSA	40					47	8	40	50	180	200
10 A 100	TIPO "D"		6	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
100 A 500	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSA	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "E"		5.5	9.5	8.5	25						
10 A 100	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
10 A 100	MONTAÑOSA	30					30	10	30	35	110	150
	TIPO "F"		5.5	9.5	8.5	15						
	REGIONES											
10 A 100	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSA	20					18	14	20	25	50	100

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2

PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMOS

G	30 KM/H			40 KM/H			50 KM/H			60 KM/H			70 KM/H			80 KM/H			90 KM/H			100 KM/H								
	Db=27	1:125	Δ	Db=30	1:140	Δ	Db=33	1:155	Δ	Db=37	1:170	Δ	Db=40	1:185	Δ	Db=43	1:200	Δ	Db=46	1:215	Δ	Db=50	1:230	Δ	Db=53	1:245	Δ	Db=56	1:260	
1	145.92	BN 17	0°51'	BN 23	1°09'	BN 28	1°24'	BN 34	1°42'	14	34	142'	19	39	157'	25	45	2°46'	31	50	2°30'	38	96	2°48'	47	62	3°06'	55	67	3°21'
2	572.96	BN 17	2°18'	BN 23	2°18'	BN 28	2°48'	BN 34	3°24'	2.8	34	324'	3.8	39	354'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9	79	7°54'	9.9	94	9°24'
3	385.97	BN 17	2°33'	BN 23	3°27'	BN 28	4°12'	BN 34	5°06'	4.1	34	506'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'						
4	286.48	14	17	324'	2.5	23	436'	3.8	28	536'	5.5	35	700'	7.4	49	948'	9.1	65	13°00'	10	77	1524'								
5	229.18	17	17	4°16'	3.1	23	545'	4.8	28	700'	6.8	42	1030'	8.7	58	1430'	9.9	71	1745'											
6	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	654'	5.8	32	936'	7.9	48	1424'	9.6	64	1912'														
7	163.7	2.4	17	5°57'	4.3	24	824'	6.6	37	1257'	8.8	54	1854'	10	67	2327'														
8	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	1000'	7.4	41	1624'	9.4	58	2312'																	
9	127.32	3.1	17	7°39'	5.5	28	1236'	8.1	45	2015'	9.6	60	2700'																	
10	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	1530'	8.7	49	2430'	10	61	3030'																	
11	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	1809'	9.1	51	28103'																				
12	95.49	4.2	18	10°24'	7.1	36	2136'	9.5	53	3148'																				
13	88.15	4.5	20	10°00'	7.6	38	2442'	9.8	55	38145'																				
14	81.85	4.8	22	10°24'	8	40	28100'	9.9	56	39192'																				
15	76.39	5.2	23	11°15'	8.4	42	3130'	10	56	42100'																				
16	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35192'																							
17	67.41	5.8	26	22°06'	9	45	38145'																							
18	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42198'																							
19	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45366'																							
20	57.3	6.7	30	30°00'	9.7	49	49100'																							
21	54.57	7	32	33°36'	9.8	49	5227'																							
22	52.09	7.2	32	35°12'	9	50	55100'																							
23	49.82	7.5	34	39°06'	10	50	57300'																							
24	47.75	7.8	35	42°00'	10	50	60100'																							
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	38.2	8.9	40	60°00'																										
31	36.97	9	41	63°33'																										
32	35.81	9.2	41	65°36'																										
33	34.73	9.3	42	68°18'																										
34	33.7	9.4	42	72°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'																										

1.- El peralte fue calculado según el método 4 recomendado por la AASHTO.
 2.- El peralte se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el PC ó PT el punto medio de dicha espiral.
 3.- En las curvas con peralte calculado menor que el pendiente del bombeo, se recomienda usar como peralte la pendiente del bombeo.
 4.- El paso del bombeo al 0% en el principio o en el final de la espiral (TS ó ST) debe hacerse proporcionalmente a la distancia Db, esta 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 las correspondientes a un bombeo de 3% un ancho asfáltico de 7.20 m y la mitad de las pendientes indicadas. La distancia Db es la distancia en que se desarrolla un peralte con la pendiente de bombeo partiendo de la sección con bombeo normal.
 5.- Las longitudes de espiral fueron calculadas según las pendientes de desarrollo arriba y recomendadas por la AASHTO.
 6.- Los mínimos valores de longitud de espiral son los correspondientes a las distancias recorridas en 2 segundos a la velocidad de diseño.
 A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS, AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz No. 200)						MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa el tamiz No. 200)					
	A-1		A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7			
GRUPO	A-1a	A-1b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6
SUBGRUPO												
Análisis granulométrico. Porcentaje que pasa por el tamiz.												
No. 10 (2.0 mm)	50 máx.											
No.40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.										
No. 200 (0.075 mm)	5 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	36 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz No. 40												
Límite Líquido	6 máx.	6 máx.	N.P.									
Índice de Plasticidad												
Tipo de los materiales componentes importantes	Fragmentos de piedra, grava y arena.		Arena fina	Gravas y arenas limosas arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Valor general como subrasante	De e xcelente a buena						De regular a mala					

1. Procedimiento de clasificación. Teniendo presente los datos de prueba necesarios, procedase de izquierda a derecha en el cuadro, se encontrará el grupo correcto siguiendo un procedimiento de eliminación. El primer grupo de la izquierda que corresponda con los datos de la prueba es la clasificación correcta. El grupo A-7 se subdivide en A-7-5 o A-7-6, según el límite plástico. Para LP-30, la clasificación es A-7-6; para LP-30, A-7-5.

2. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el límite líquido menos 30. El índice de plasticidad del grupo A-7-6 es mayor que el índice líquido menos 30.

3. Este sistema evalúa un suelo más pobre para uso en la construcción de caminos en la medida que se avanza de izquierda a derecha en la tabla, el suelo A-2 es menos satisfactorio que el suelo A-3.



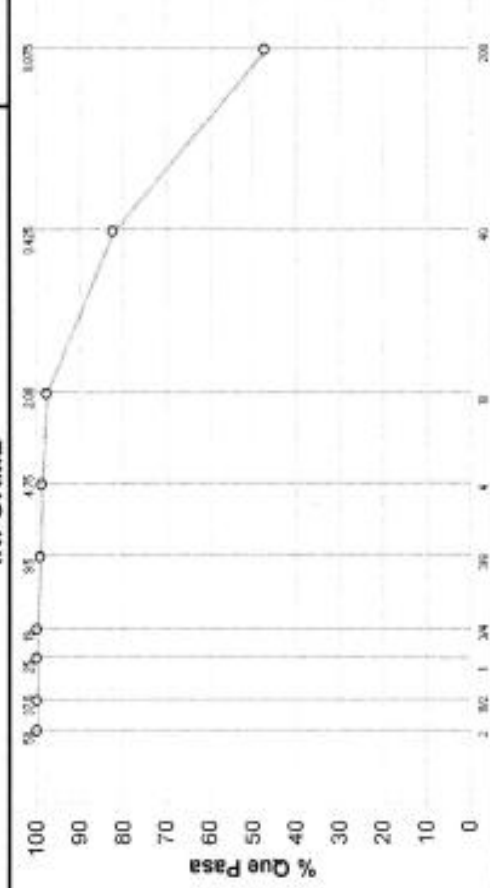
El suelo es más pobre para la construcción de caminos a medida que el índice de grupo aumenta para un subgrupo particular, un A-6 resulta menos satisfactorio que un A-4.

4. NP significa no plástico.

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 4

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELO


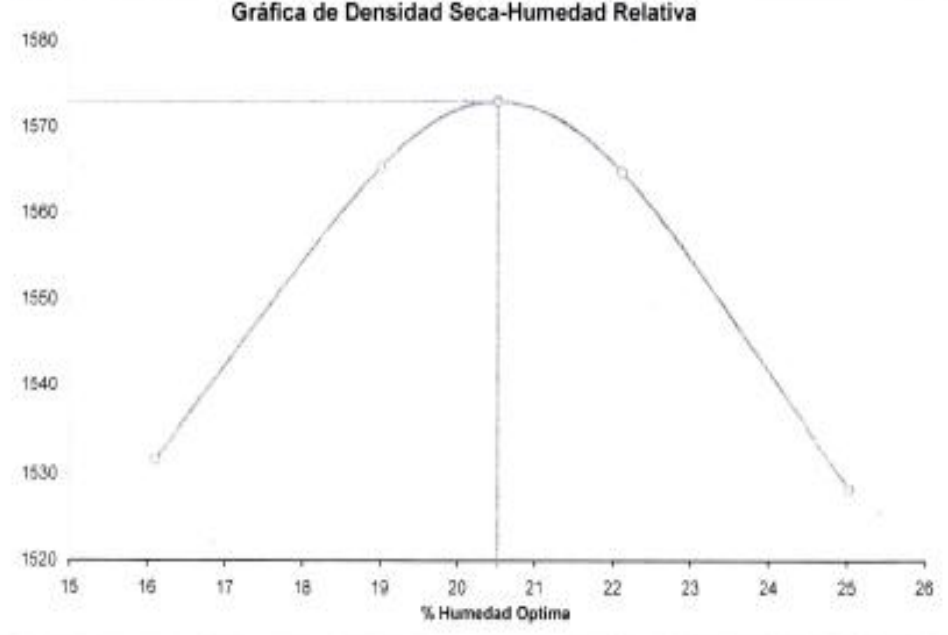
 <p>Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		<p>CLIENTE: ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL</p>		 <p>Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio</p>																												
		<p>CONTACTO: JULIO HIGUINO MORÁN GALLARDO</p>																														
<p>NORMA: AASHTO T-11 y T-27</p>		<p>MUESTRA: SUELO SACO #27 Y #7</p>																														
<p>OT: 12677-1</p>		<p>PROCEDENCIA: ALDEA VASCONCELOS - EL TRIUNFO SOLOLA</p>		<p>INFORME</p>																												
<p>Fecha: 2009-03-23</p>		<p>Laboratorio: SUELOS ER</p>																														
<p>Analista:</p>		<p>Fecha Ensayo: 2009-03-27</p>																														
<p>Supervisor: MDL</p>		<p>Fecha impresión: 2009-04-02</p>																														
<p>ENSAYO DEL AGREGADO</p>																																
<p>Grava % 2.3</p>																																
<p>Arena % 50.4</p>																																
<p>Limos % 47.3</p>																																
<p>Arcillas % -</p>																																
<p>Clasificación SCU: SM</p>																																
<p>PRA: A-4</p>																																
<p>MUS kg/m3 848.5</p>																																
<p>Tipo de Ensayo: CON TAMICES Y LAVADO PREVIO</p>																																
<p>Descripción del Suelo: ARENA LIMO GRAVOSA COLOR BEIGE</p>																																
<p>OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.</p>																																
<p>TAMIZ (mm)</p>		<p>TAMIZ (")</p>		<p>% Que Pasa</p>																												
<table border="1"> <tr> <td>50</td> <td>37.5</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>9.5</td> <td>4.75</td> <td>2.00</td> <td>0.425</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1 1/2</td> <td>1</td> <td>3/4</td> <td>3/8</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>40</td> <td>200</td> </tr> </table>		50	37.5	25	19	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	<table border="1"> <tr> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>99.3</td> <td>98.9</td> <td>97.7</td> <td>82.4</td> <td>47.3</td> </tr> </table>		100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	98.9	97.7	82.4	47.3		
50	37.5	25	19	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075																								
2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200																								
100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	98.9	97.7	82.4	47.3																								

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse este informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.



Continuación apéndice 4.

Laboratorio Central Centro Tecnológico						
15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181						
Cliente:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL	OT:	12677-2	Fecha:		
Contacto:	JULIO HIGINIO MCRÁN GALLARDO	Fecha:	2009-03-23	Impresión:	2009-04-02	
Muestra:	SUELO	Laboratorio:	SUELOS	 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio		
Procedencia:	ALDEA VASCONCELOS ALDEA EL TRIUNFO SOLOLA	Analista:	JF			
ENSAYO DE PENETRACION-C B R NORMA AASHTO T-193						
RESULTADOS:						
PROBETA	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C %	EXPANSION %	CBR %
		W (%)	Y d (kg/m ³)			
1	10	20.5	1338.7	85	0.7	2.0
2	30	20.5	1466.0	93	0.6	8.0
3	65	20.5	1543.6	98	0.5	23.0
DESCRIPCION SUELO: SUELO NATURAL COLOR BEIGE						
ENSAYO DE PENETRACION - C B R						
						
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado						
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse este informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.						

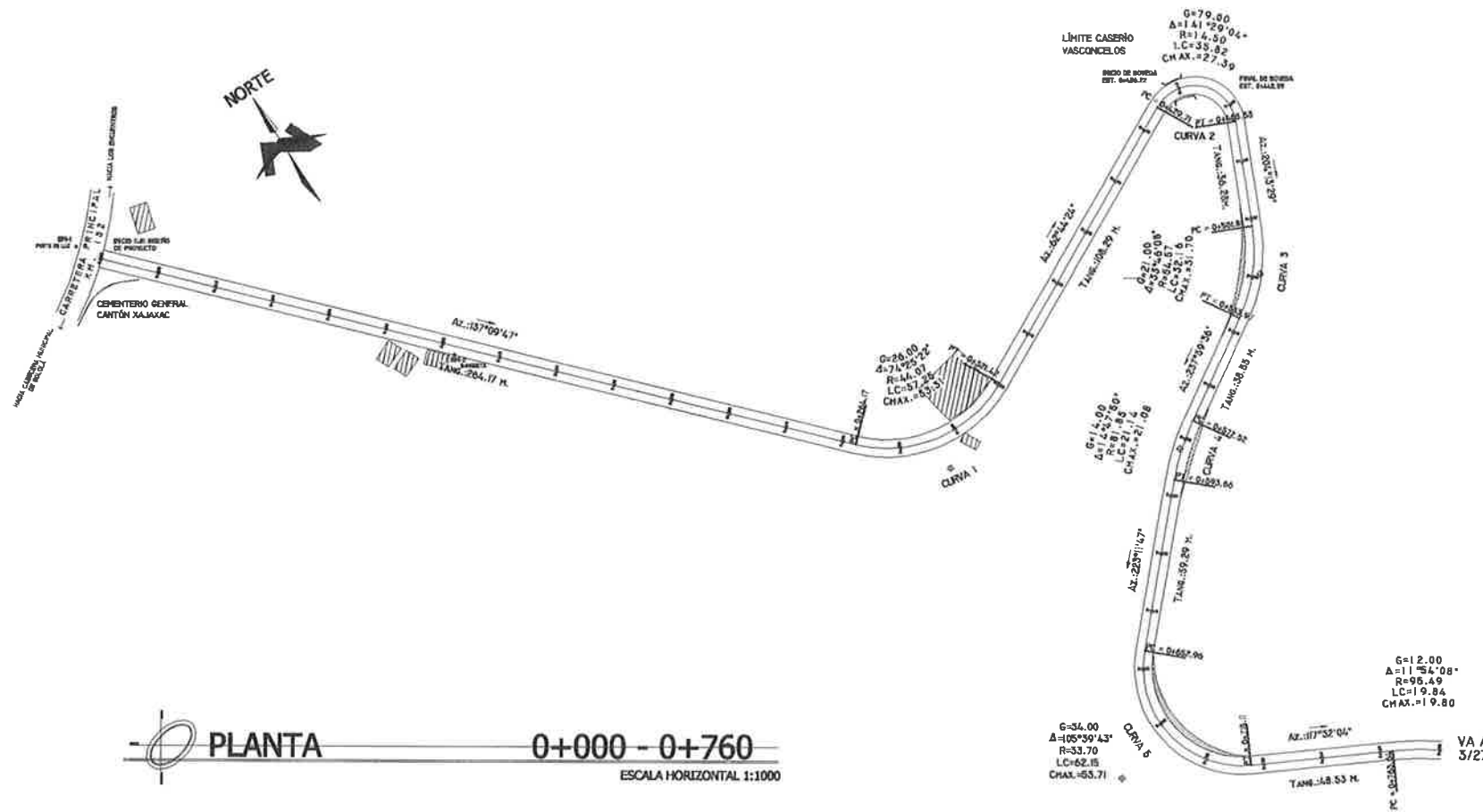
Continuación apéndice 4

Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181			
Cliente: <u>ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL</u>	OT: <u>12677-2</u>	Fecha: _____	
Contacto: <u>JULIO HIGINIO MORÁN GALLARDO</u>	Fecha: <u>2009-03-23</u>	Impresión: <u>2009-04-02</u>	
Muestra: <u>SUELO</u>	Laboratorio: <u>SUELOS</u>		
Procedencia: <u>ALDEA VASCONCELOS ALDEA EL TRIUNFO SOLOLA</u>	Analista: <u>JF</u>		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO NORMA AASHTO T-180			
DESCRIPCIÓN SUELO: <u>SUELO NATURAL COLOR BEIGE</u>			
DENSIDAD SECA OPTIMA: <u>1.57</u> t/m ³		<u>1573.0</u> kg/m ³	
HUMEDAD OPTIMA %: <u>20.5</u>			
Gráfica de Densidad Seca-Humedad Relativa			
			
Observaciones: <u>Muestra proporcionada por el interesado</u>			
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.			

Continuación apéndice 4.

 Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181					
Cliente:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL		OT:	12677-2	Fecha
Contacto:	JULIO HIGINIO MORÁN GALLARDO		Fecha:	2009-03-23	Impresión: 2009-04-02
Muestra:	SUELO		Laboratorio:	SUELOS	
Procedencia:	ALDEA VASCONCELOS ALDEA EL TRIUNFO SOLOLA		Analista:	ER	
			Supervisor:	MDL	
INFORME					
ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG NORMA AASHTO T-89, T-90 Y T-146					
<u>RESULTADOS:</u>					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL %	IP %	SCU	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	SUELO	NO PLASTICO	ML	LIMO ARENOSO COLOR BEIGE
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.					
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse este informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.					

Fuente: elaboración Laboratorio Central Cementos Progreso.



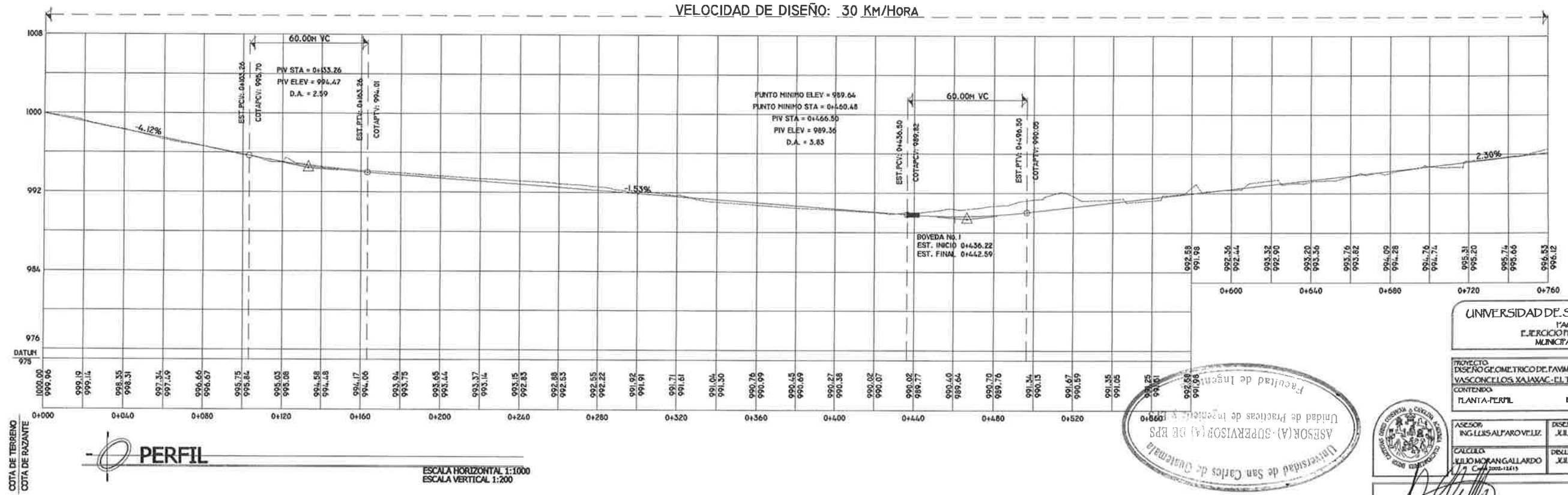
SIMBOLOGIA

- UBICACION DE DRENIALES EXISTENTES
- UBICACION DE BOVEDA
- IDENTIFICA KILOMETRO
- DISTANCIA ACUMULADA DE CURVEN
- PRINCIPIO DE TANGENTE
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- GRADO DE CURVATURA
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CURVA MAXIMA
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
- DIFERENCIA ALISOPUNCA
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION (PI)
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
- EJE DE DISEÑO
- DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOVEDA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TOODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE-ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
1	74° 25' 22"	IZQUIERDA	0+297.64	25° 00' 00"	30	8.10	19.44	-	44.07	33.47	87.28	24.47	297.64	0+294.17	0+322.42
2	142° 29' 34"	DERECHA	0+447.48	70° 00' 00"	30	10.00	24.00	-	14.80	41.82	38.82	108.29	442.91	0+446.53	
3	53° 46' 04"	DERECHA	0+578.28	32° 00' 00"	30	7.00	16.80	1.00	34.37	16.56	32.16	34.28	54.36	0+568.81	0+535.97
4	14° 47' 50"	IZQUIERDA	0+641.02	14° 00' 00"	30	4.80	11.52	1.20	11.85	10.65	21.14	38.55	65.74	0+672.52	0+592.66
5	105° 30' 43"	IZQUIERDA	0+756.10	34° 00' 00"	30	9.40	22.56	2.20	33.70	44.45	64.15	59.29	84.37	0+652.94	0+715.11

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



Asesor (A) - Supervisora (A) de RPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y RPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



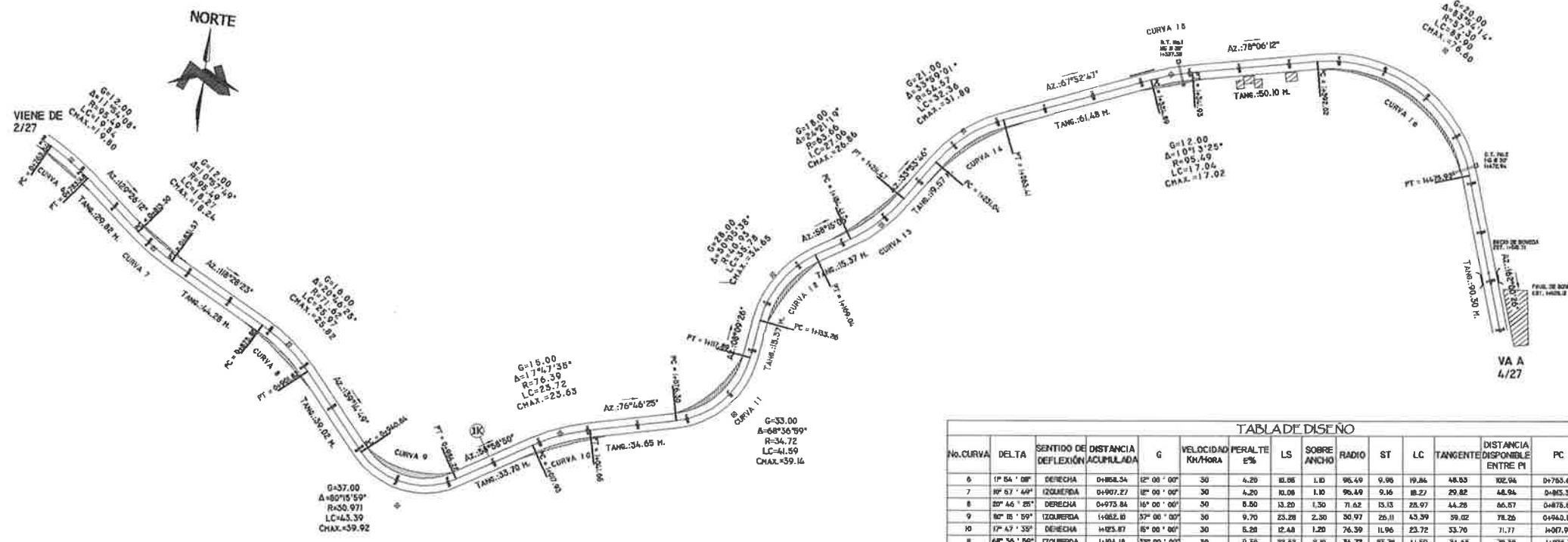
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XALAWAC - EL TRUFINO, TOLULULA SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 0+000 A EST. 0+760
ESCALA: LA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE 2009

ASESOR: ING. LEIS ALFARO VELAZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO

PLANO No. 227

ING. CEVARO LUIS DIO. OBRAS PUBLICAS MUNICIPALES
PROF. PEDRO SALO OCHOA ALCALDE MUNICIPAL



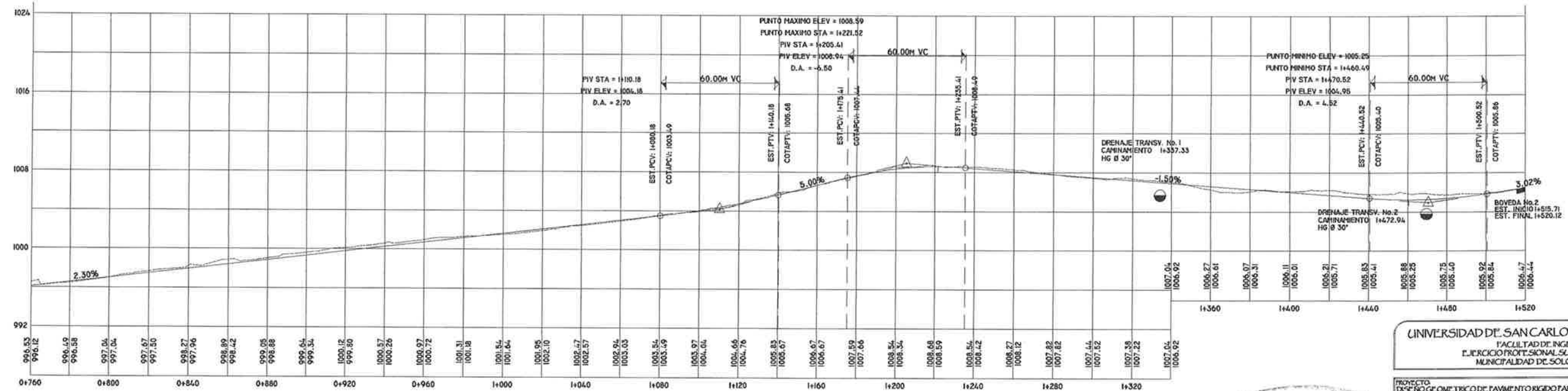
- SIMBOLOGIA**
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICACION KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE CURVA
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - GRADO DE CURVATURA
 - DEFLEXION
 - LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA HAYNA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PERCENTAJE DE PENDIENTE DE RABANTE
 - DIFERENCIA ALBERRAMICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 - EJE DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

PLANTA 0+760 - 1+520

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
6	17° 54' 08"	DERECHA	0+804.34	12° 00' 00"	30	4.20	81.86	1.10	96.49	9.96	19.84	48.93	0+785.64	0+783.48
7	8° 57' 49"	IZQUIERDA	0+907.27	18° 00' 00"	30	4.20	10.08	1.10	96.49	9.16	18.27	20.82	0+853.30	0+831.57
8	28° 46' 25"	DERECHA	0+973.84	16° 00' 00"	30	8.50	13.20	1.30	71.62	13.13	25.97	44.78	0+878.86	0+901.82
9	80° 15' 59"	IZQUIERDA	1+022.81	37° 00' 00"	30	9.70	23.28	2.30	30.97	26.11	43.39	59.02	0+940.84	0+984.22
10	17° 47' 35"	DERECHA	1+023.87	15° 00' 00"	30	6.28	12.48	1.20	74.39	11.96	23.72	33.70	1+007.93	1+041.66
11	68° 36' 59"	IZQUIERDA	1+041.18	33° 00' 00"	30	9.30	22.32	2.10	34.72	23.70	41.59	34.85	1+070.30	1+117.89
12	68° 00' 38"	DERECHA	1+082.37	28° 00' 00"	30	8.50	28.4	1.90	40.93	19.12	38.78	18.37	1+133.28	1+159.04
13	24° 21' 19"	IZQUIERDA	1+300.80	18° 00' 00"	30	6.10	14.64	1.40	63.66	13.74	27.06	15.37	1+284.41	1+281.47
14	33° 59' 09"	DERECHA	1+380.58	19° 00' 00"	30	7.00	16.80	1.50	64.87	15.67	32.38	19.87	1+351.04	1+382.41
15	80° 13' 25"	DERECHA	1+437.28	12° 00' 00"	30	4.20	10.08	1.10	96.49	8.84	17.04	44.48	1+384.89	1+341.93
16	83° 54' 14"	DERECHA	1+474.42	10° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.50	57.30	14.50	63.90	50.10	1+392.02	1+476.93

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL ESCALA HORIZONTAL 1:1000 ESCALA VERTICAL 1:200

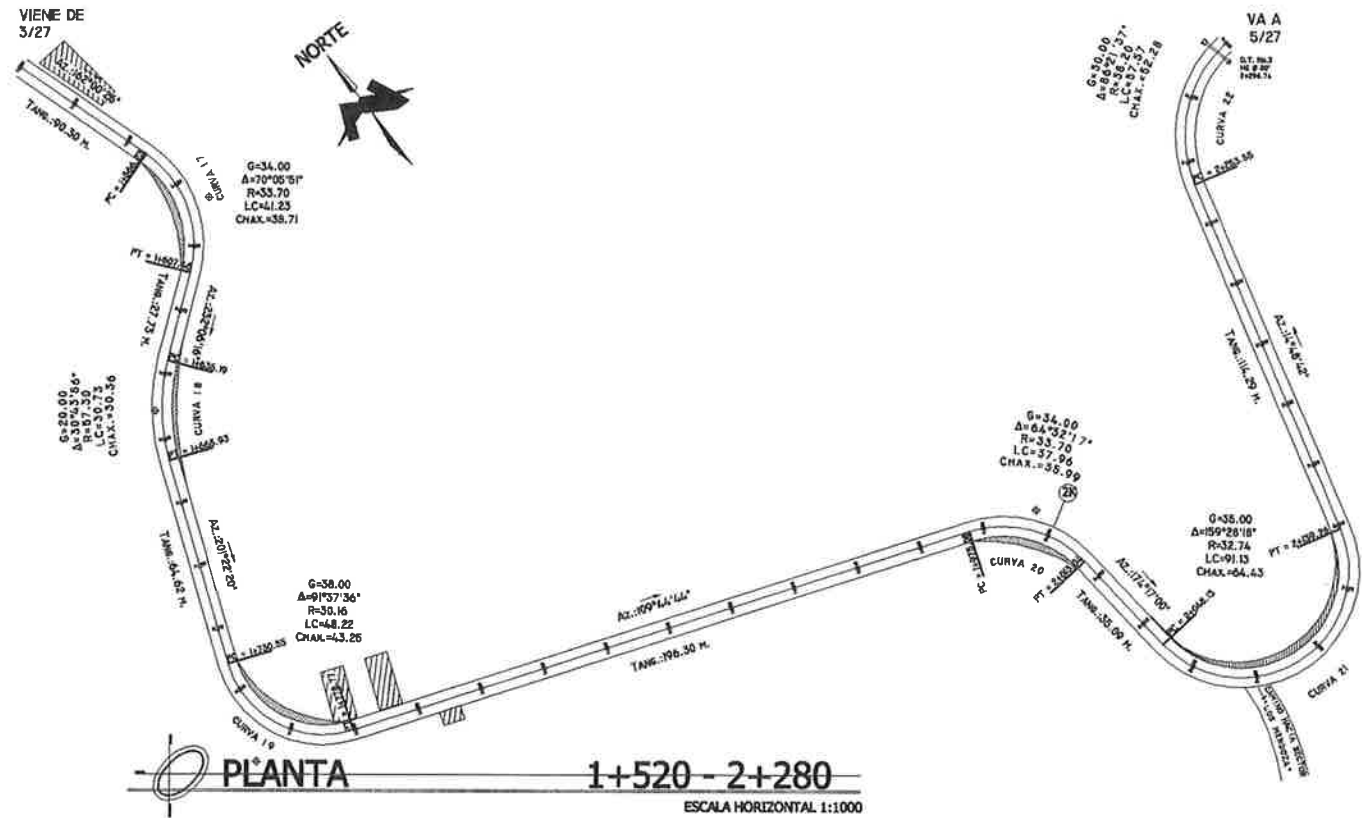
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.F.S.
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELLOS XAJAJAC - EL TRUNFO, TULUL SI, SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-TERRELL EST. 0+760 A EST. 1+520
ESCALA: LA INCLINADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2009

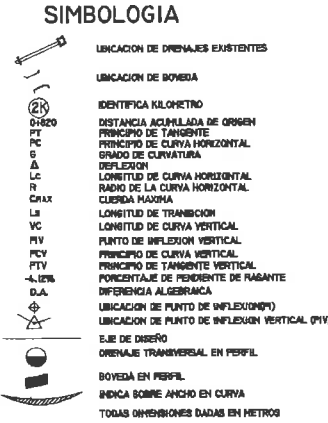
ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ	DISEÑO: JULIO MORANGALLARDO	PLANO: 327
CALCULO: JULIO MORANGALLARDO	DIBUJO: JULIO MORANGALLARDO	



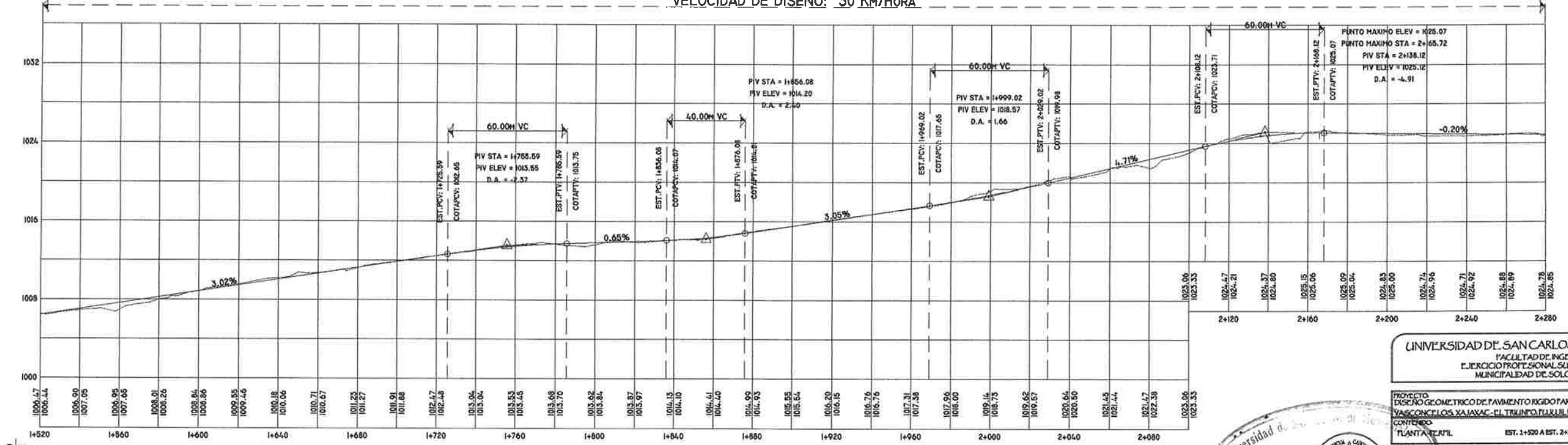
ING. GENARDO LARRE, PRO. OBRAS PUBLICAS Y MUNICIPALIDADES
PROF. PEDRO SALDUEÑOS, ALCALDE MUNICIPAL



No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD Km/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
17	70° 00' 00"	DERECHA	1+72.86	34° 00' 00"	30	9.40	22.66	2.20	33.70	23.64	41.23	90.30	106.44	1+560.23	1+607.46
18	30° 43' 56"	IZQUIERDA	1+79.98	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.50	57.30	15.75	36.73	27.73	67.32	1+636.19	1+665.93
19	9° 37' 30"	IZQUIERDA	1+99.35	30° 00' 00"	30	9.80	23.82	2.40	30.16	31.02	48.92	68.68	11.99	1+730.85	1+778.77
20	64° 32' 17"	DERECHA	1+99.99	34° 00' 00"	30	9.40	22.66	2.20	33.70	21.28	37.96	196.30	248.64	1+975.08	2+013.04
21	159° 26' 16"	IZQUIERDA	2+377.16	30° 00' 00"	30	9.80	22.80	2.20	32.74	100.80	91.13	33.09	237.18	2+648.13	2+719.26



VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA-SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE FAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELLOS XAJAYAC-EL TROUNFO, TULULU, EL SOLOLA
 CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL EST. 1+520 A EST. 2+280
 ESCALA: LA INDICADA
 FECHA: SEPTIEMBRE, 2009

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ
 DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
 CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO
 DIBUJO: JULIO MORAN GALLARDO
 PLAN NO. 427

INGENIERO EN CARRETERAS Y OBRAS DE INGENIERIA
 PROF. PEDRO SALDANHA
 REG. EN EL M. I. N. 12115
 D. O. C. M. S. T. S. V. I. N. C. I. A. L. E. S.
 REG. EN EL M. I. N. 12115

SIMBOLOGIA

- UBICACION DE DRENIALES EXISTENTES
- UBICACION DE BOYERA
- IDENTIFICA KILOMETRO
- DISTANCIA ACUMULADA DE ORDEN
- PRINCIPIO DE TANGENTE
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- GRADO DE CURVATURA
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CURVA RADIA
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- PONENCIALE DE PENDIENTE DE RASANTE
- DIFERENCIA ALGEBRAICA
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
- EJE DE DISEÑO
- DRENAL TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOYERA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

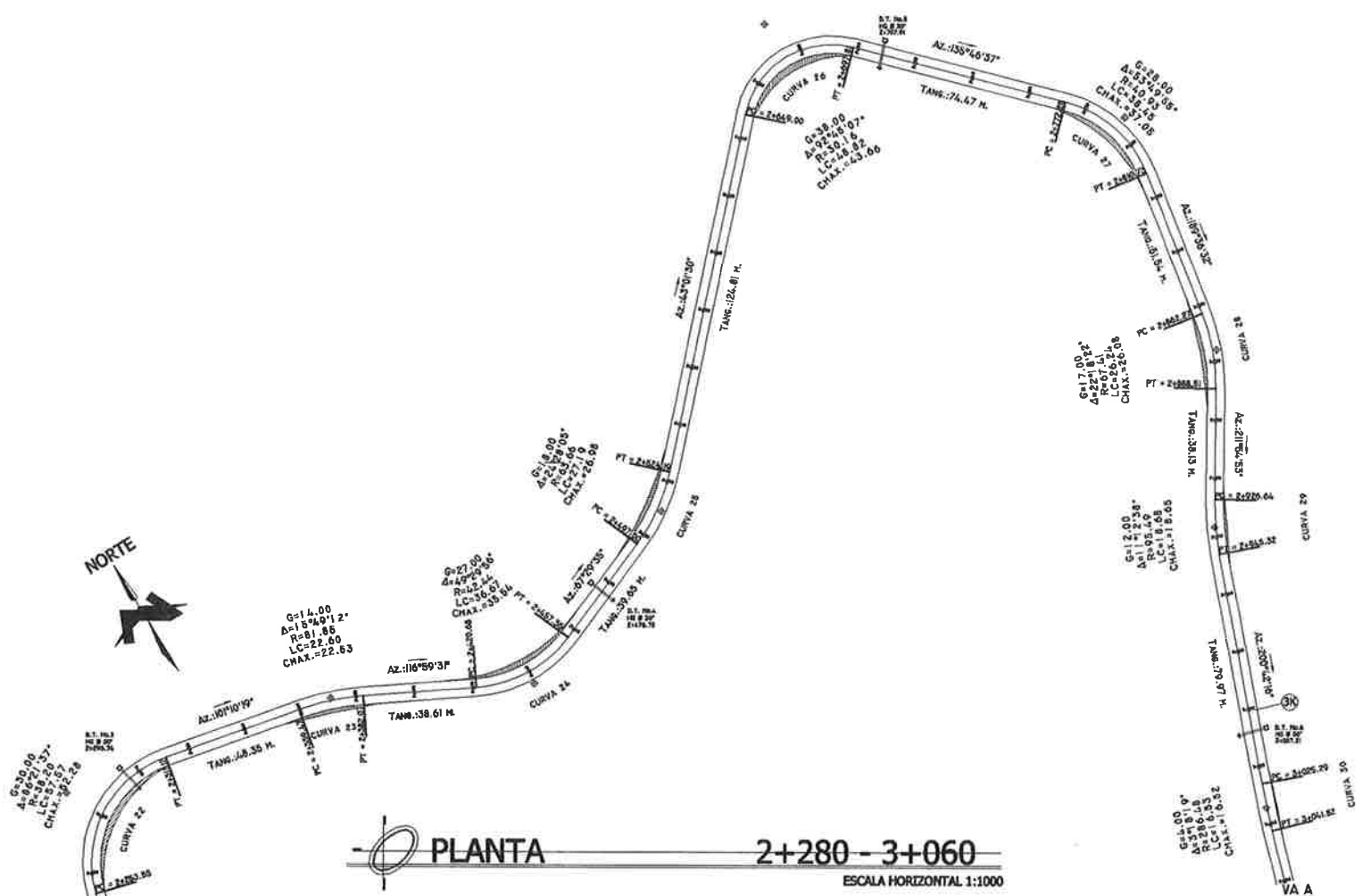
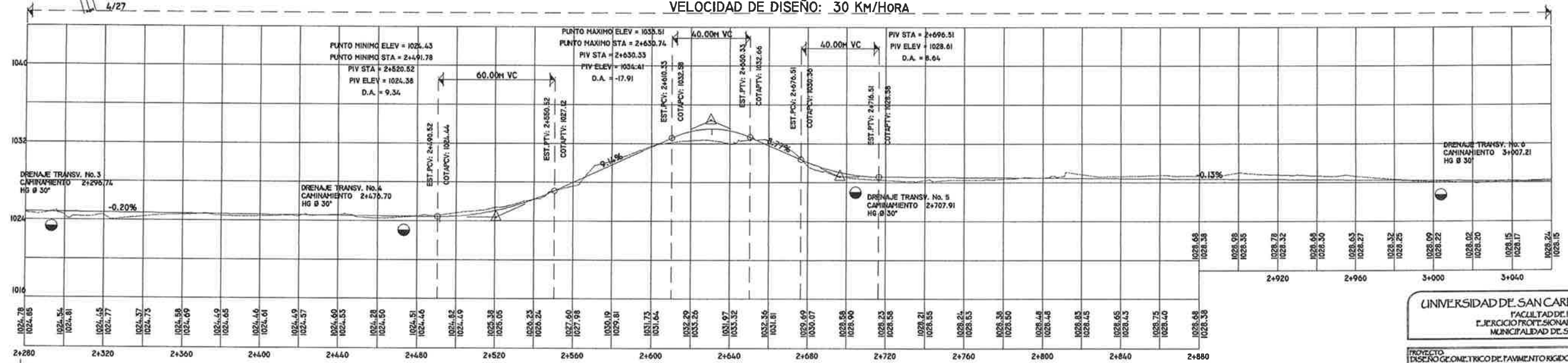


TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD Km/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
22	86° 01' 37"	DERECHA	2+708.09	30° 00' 00"	30	8.90	21.86	8.00	38.20	38.94	67.67	14.79	336.99	2+883.96	2+936.16
23	8° 19' 12"	DERECHA	2+803.66	11° 00' 00"	30	4.80	11.82	1.83	81.99	81.37	22.66	48.39	98.87	2+899.47	2+902.07
24	49° 29' 06"	IZQUIERDA	2+873.21	27° 00' 00"	30	8.30	19.92	1.80	42.44	19.86	36.67	38.61	69.96	2+928.68	2+947.36
25	24° 28' 08"	IZQUIERDA	2+946.23	18° 00' 00"	30	6.10	14.84	1.40	62.60	15.80	27.19	39.46	73.02	2+971.00	2+984.19
26	92° 48' 07"	DERECHA	2+86.46	38° 00' 00"	30	0.80	23.82	2.40	30.16	31.64	48.82	124.81	178.28	2+949.30	2+997.81
27	53° 49' 08"	DERECHA	2+243.37	28° 00' 00"	30	8.80	20.40	1.90	40.93	28.78	38.46	74.47	165.88	2+772.28	2+809.73
28	22° 18' 22"	DERECHA	2+328.97	17° 00' 00"	30	6.80	15.92	1.30	67.41	13.29	28.24	31.54	65.60	2+862.27	2+888.81
29	1° 12' 38"	IZQUIERDA	2+389.74	15° 00' 00"	30	4.20	10.08	1.10	98.49	9.37	18.68	38.13	60.79	2+978.84	2+984.32
30	03° 18' 19"	IZQUIERDA	2+487.37	4° 00' 00"	30	1.40	3.36	0.60	286.48	8.27	16.53	70.97	97.61	2+888.20	2+941.82

PLANTA 2+280 - 3+060
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E75
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

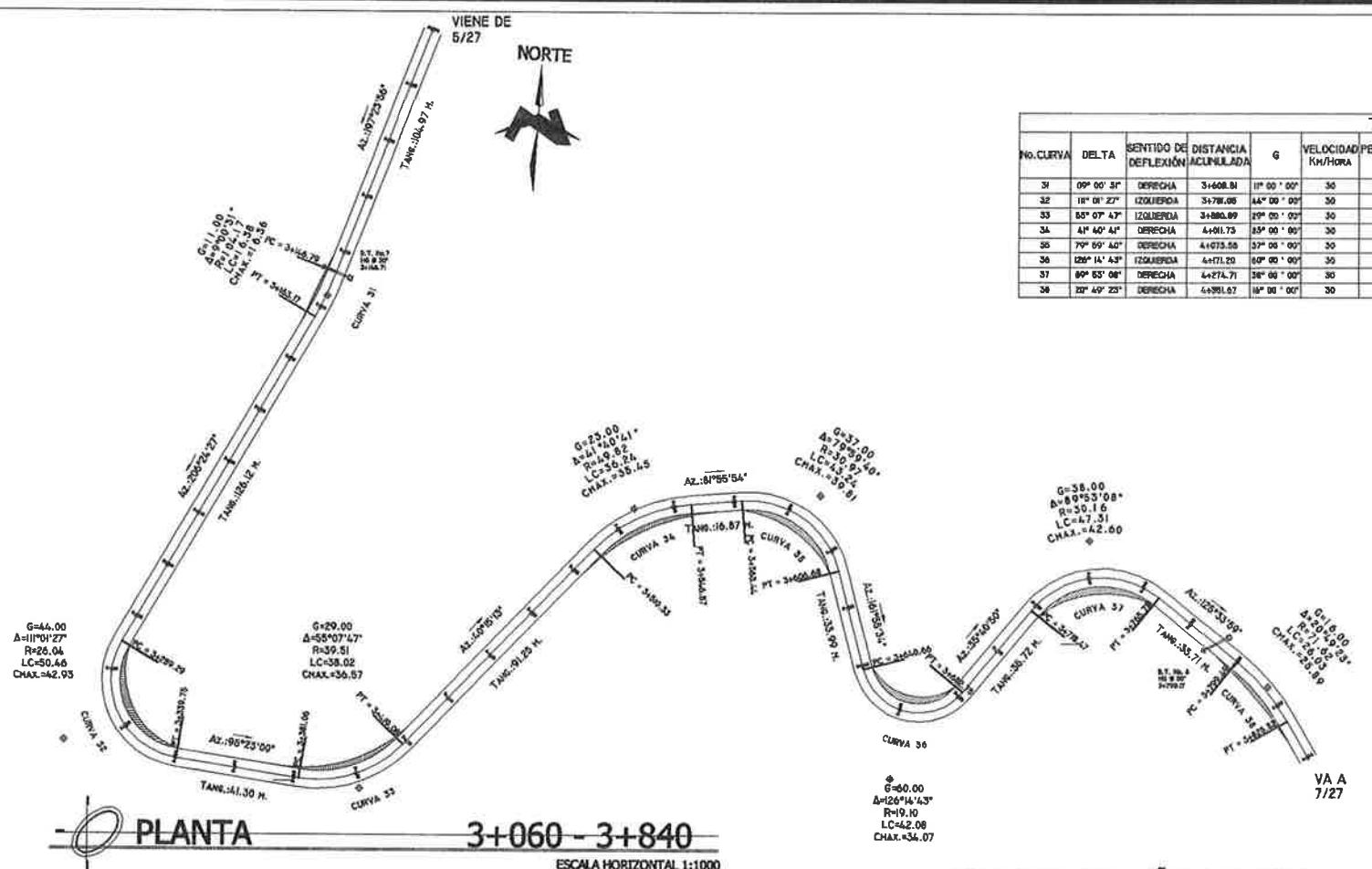
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJAJAC-EL TRIUNFO TUXULU, SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 2+280 A EST. 3+060
FECHA: SEPTIEMBRE 2009

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VILLIZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO
DRENAJE: JULIO MORAN GALLARDO
PLANO No. 527



ING. JULIO MORAN GALLARDO
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS MUNICIPALES
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA

COTA DE TERRENO
COTA DE RASANTE

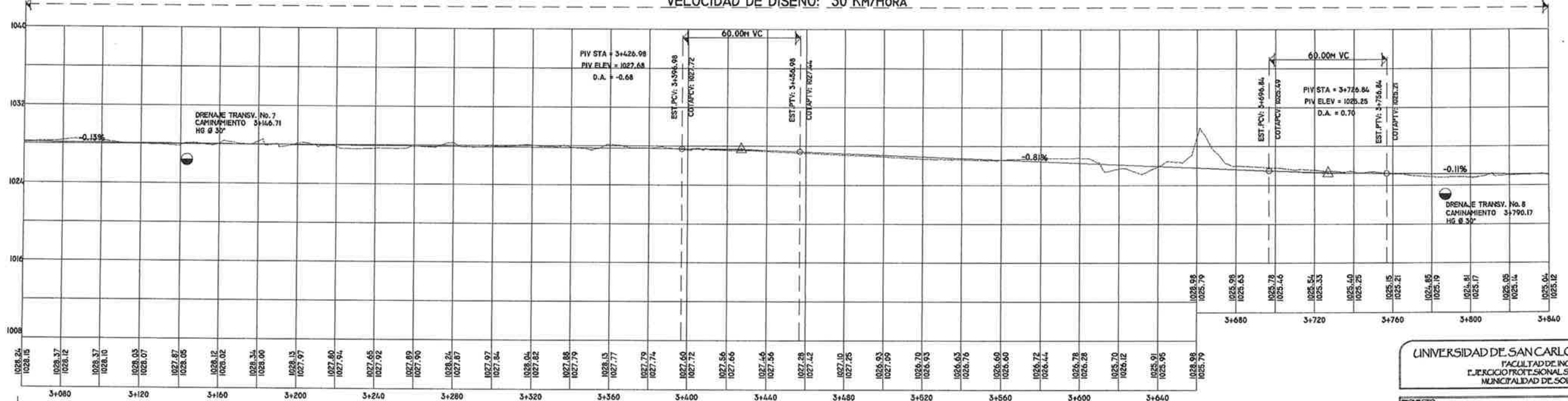


No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
31	09° 00' 57"	DERECHA	3+408.81	11° 00' 00"	30	3.60	9.12	1.00	104.17	8.21	16.38	104.97	121.44	3+444.79
32	10° 01' 27"	IZQUIERDA	3+786.06	44° 09' 00"	30	10.00	24.00	2.40	28.04	37.91	90.44	126.02	172.24	3+829.29
33	85° 07' 47"	IZQUIERDA	3+884.89	29° 00' 00"	30	8.70	20.88	1.90	39.61	25.63	38.02	41.30	99.54	3+919.08
34	41° 40' 41"	DERECHA	4+011.73	33° 00' 00"	30	7.50	18.00	1.60	49.82	18.97	38.24	91.26	130.84	3+948.57
35	79° 59' 42"	DERECHA	4+073.58	37° 00' 00"	30	9.70	23.28	2.30	30.97	25.99	43.24	10.87	61.62	3+968.54
36	129° 14' 43"	IZQUIERDA	4+471.20	60° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	19.10	37.68	42.08	35.99	67.68	3+982.78
37	89° 55' 08"	DERECHA	4+474.71	38° 00' 00"	30	9.80	23.82	2.40	30.16	30.10	47.31	38.72	103.80	3+994.78
38	32° 49' 23"	DERECHA	4+891.67	18° 00' 00"	30	8.50	13.20	1.50	71.62	18.16	26.03	33.71	76.96	3+999.49

- SIMBOLOGIA**
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - GRADO DE CURVATURA
 - DEFLEXION
 - LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA HAYDA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
 - DIFERENCIA ALIBRANCA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(VI)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 - LINE DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

PLANTA **3+060 - 3+840**
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELLOS XALAXAC - EL TRUFINO, PUEBLO EL SOLOLA

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 3+060 A EST. 3+840

ESCALA: LA INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2009

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELAZ

DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO (Carné 2005-12413)

CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO (Carné 2005-12413)

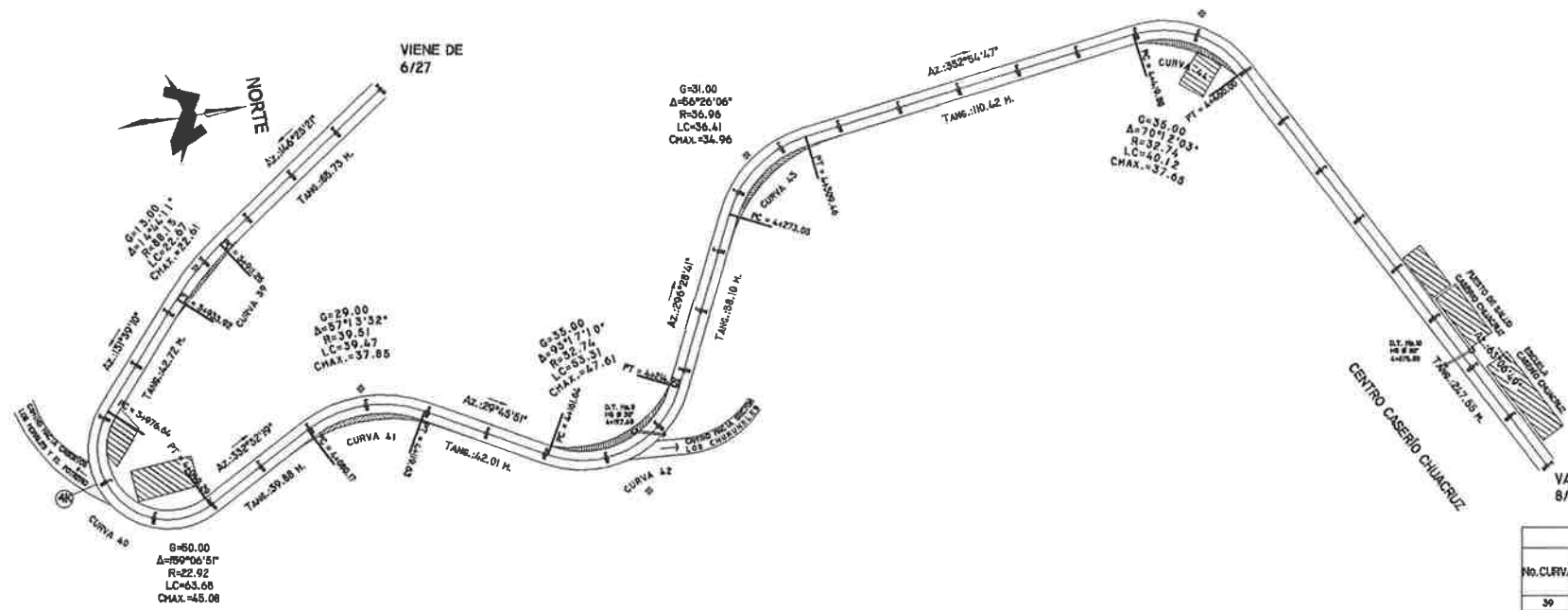
DELLUO: JULIO MORAN GALLARDO (Carné 2005-12413)

FLANO No. 1627

ING. GENARDO LINEL DITO, COORDINADOR MUNICIPAL

PROF. PEDRO SOLORZANO, ALCALDE MUNICIPAL





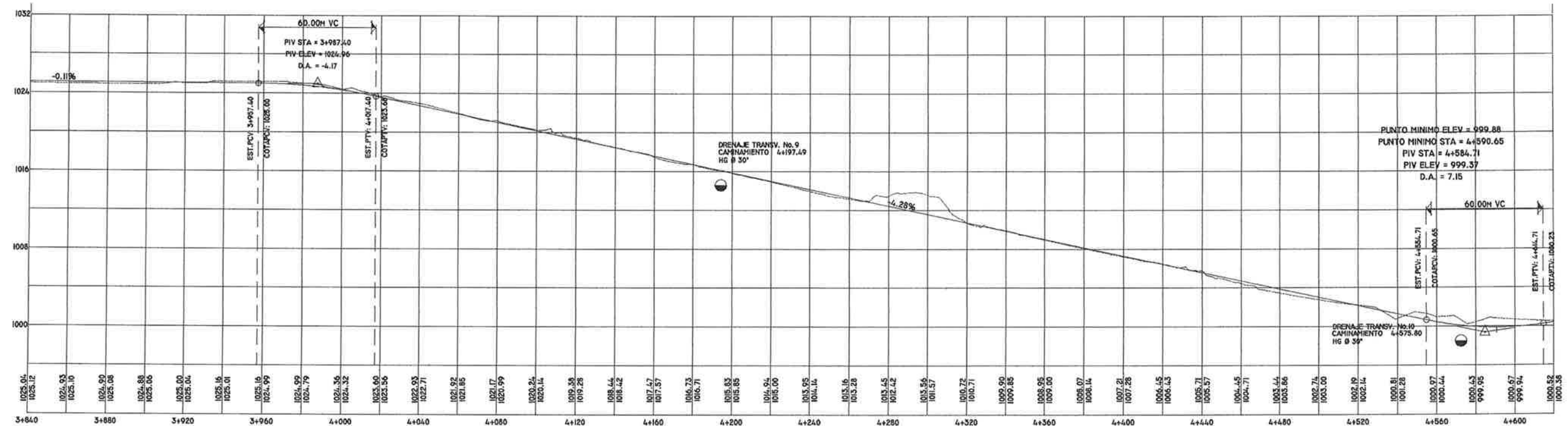
SIMBOLOGIA

- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
- UBICACION DE BOVEDAS
- IDENTIFICA KILOMETRO
- DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
- PRINCIPIO DE TANGENTE
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- GRADO DE CURVATURA
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CURVA RADIAL
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RABANTE
- DIFERENCIA ALGEBRAICA
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V)
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
- EJE DE DISEÑO
- DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOVEDA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

TADELA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE E%	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
39	14° 44' 11"	IZQUIERDA	4+461.90	13° 00' 00"	30	4.80	10.80	1.10	88.18	11.40	22.67	85.73	110.29	3+911.85	3+933.92
40	102° 05' 52"	IZQUIERDA	4+646.43	60° 00' 00"	30	10.00	24.00	-	22.92	12.36	63.68	42.72	178.47	3+978.84	4+040.29
41	87° 13' 52"	DERECHA	4+824.21	29° 00' 00"	30	8.70	20.85	1.90	39.01	21.50	39.47	39.88	188.78	4+080.17	4+189.63
42	93° 17' 10"	IZQUIERDA	4+924.48	33° 00' 00"	30	9.00	22.80	2.20	32.74	24.67	53.31	42.01	98.24	4+101.04	4+204.90
43	94° 25' 08"	DERECHA	5+037.05	31° 00' 00"	30	9.00	21.60	2.00	36.97	19.86	36.41	58.10	112.61	4+273.05	4+309.48
44	70° 12' 03"	DERECHA	5+196.33	38° 00' 00"	30	9.80	22.80	2.20	32.74	23.01	46.12	83.27	144.88	4+419.88	4+460.00

PLANTA 3+840-4+620
ESCALA HORIZONTAL 1:1000 VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL ESCALA HORIZONTAL 1:1000 ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELLOS XAMAYAC-EL TRUPOUTUXUL SOLOLA

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 3+840 A EST. 4+620

ESCALA: LA INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE, 2008

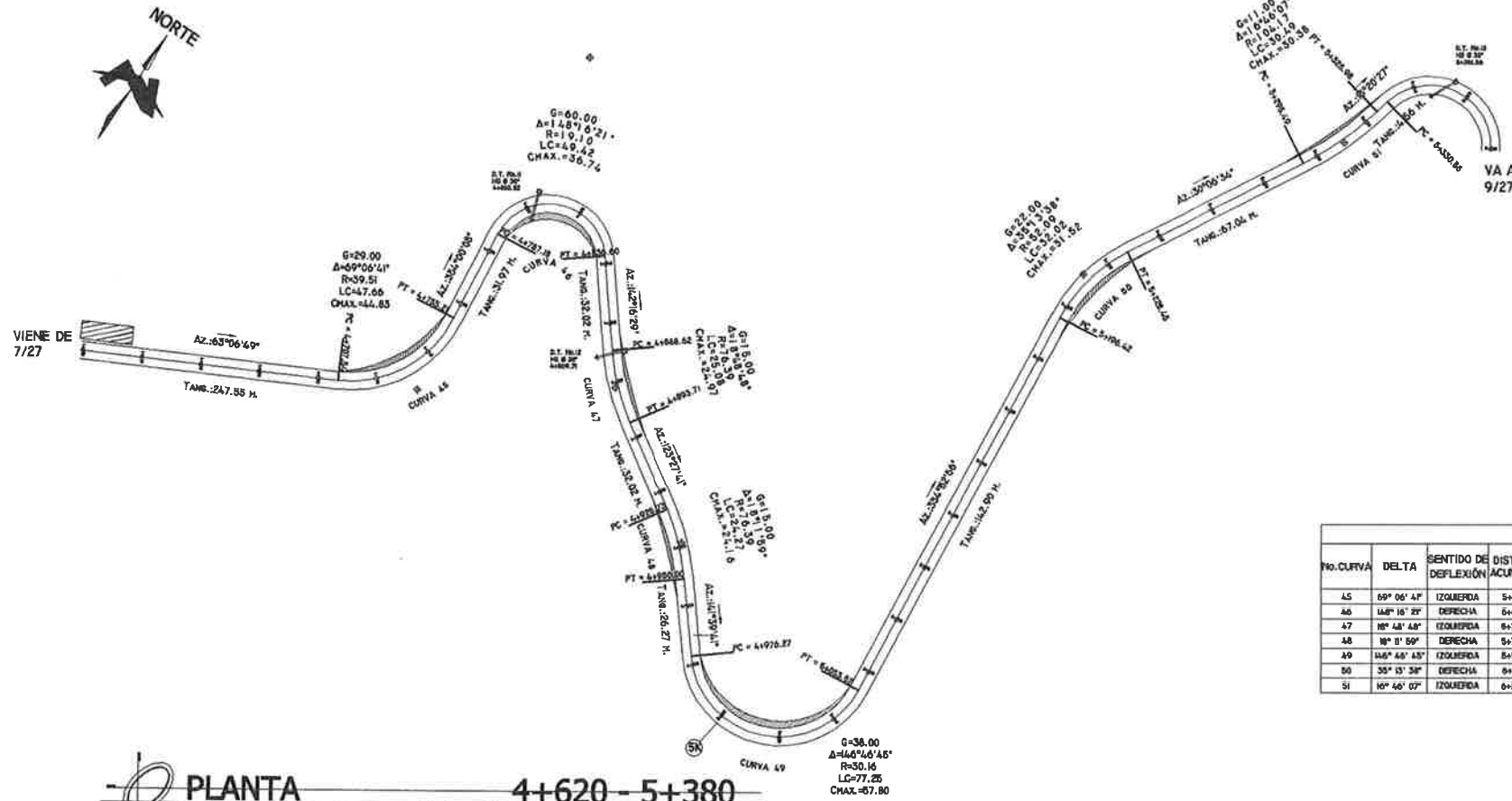
ASESOR: ING. LIBSALFARO VELIZ

DISEÑO: JULIO MORANGALLARDO
C=1000-12413

PLAN: 27

ING. ENRIQUE SALAS GARCIA
ALCALDE MUNICIPAL





SIMBOLOGIA

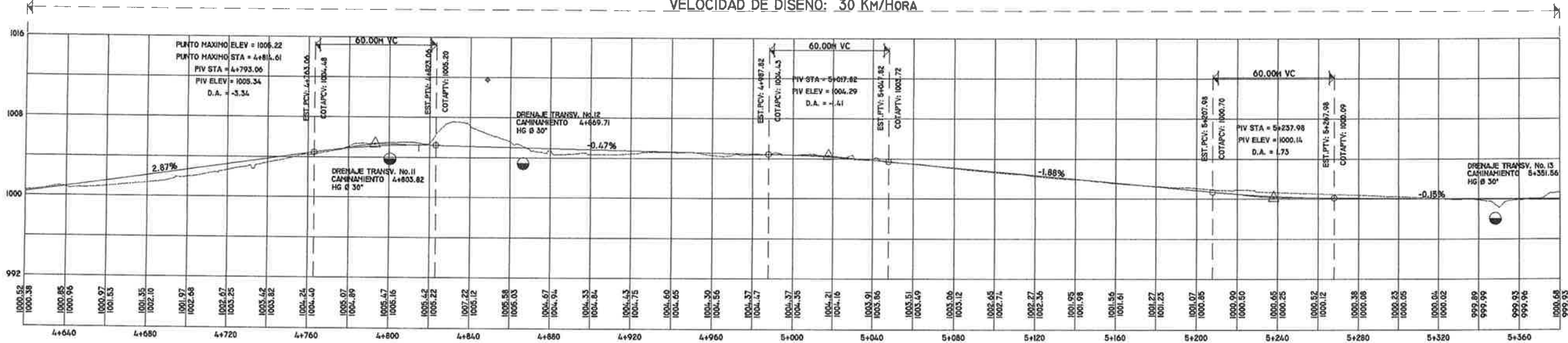
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
- IDENTIFICACION KILOMETRO
- DISTANCIA ACUMULADA DE OMBEN
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- FIN DE CURVA HORIZONTAL
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CUERDA MAXIMA
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- FIN DE CURVA VERTICAL
- PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
- DIFERENCIA ALGEBRAICA
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V) (PVI)
- EJE DE CURVA
- DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOYEDA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
45	69° 06' 47"	IZQUIERDA	5+448.10	20° 00' 00"	30	8.70	20.88	1.90	39.51	27.21	47.06	247.56	297.77	4+707.54	4+786.21
46	146° 16' 27"	DERECHA	5+464.49	90° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	19.10	67.21	49.42	31.97	126.39	4+787.88	4+836.50
47	18° 48' 48"	IZQUIERDA	5+796.38	15° 00' 00"	30	5.25	12.48	1.20	76.39	12.06	26.08	32.02	11.80	4+868.62	4+893.71
48	18° 11' 50"	DERECHA	5+793.29	15° 00' 00"	30	5.25	12.48	1.20	76.39	12.24	24.27	32.02	56.92	4+923.73	4+960.50
49	146° 44' 43"	IZQUIERDA	5+922.89	90° 00' 00"	30	9.60	23.52	2.40	30.16	106.09	77.25	26.27	139.59	4+976.27	5+003.22
50	33° 13' 38"	DERECHA	5+983.42	22° 00' 00"	30	7.20	17.28	1.60	52.59	16.84	32.02	142.90	266.53	5+076.42	5+123.43
51	10° 46' 07"	IZQUIERDA	6+282.33	10° 00' 00"	30	3.80	9.12	1.00	104.17	15.35	36.44	57.04	98.94	5+298.49	5+325.98

PLANTA 4+620-5+380
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

COTA DE TERRENO
COTA DE RAZANTE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA-SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJANAC-EL TRIUNFO, PUEBLA ILI, SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 4+620 A EST. 5+380
ESCALA: LA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2009



ASESOR(A)-SU: ING LUIS ALFARO VELZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CORRECCION: JULIO MORAN GALLARDO
PLANO No. 827

ING. EDUARDO LUNA
DITO. OBRAS PUBLICAS Y MUNICIPALIDADES
ING. PEDRO SALO JORQUERA
ALCALDE MUNICIPAL

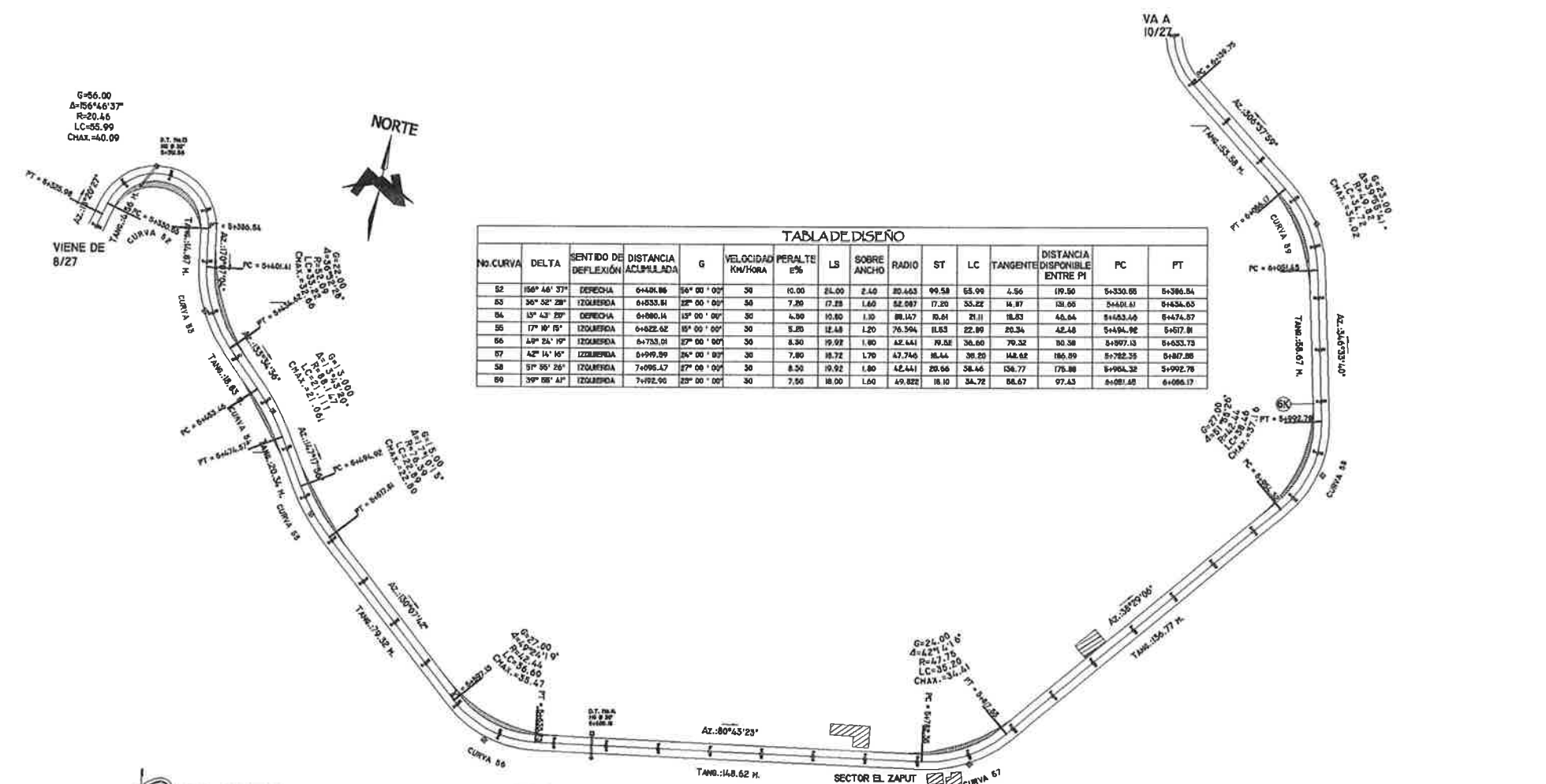
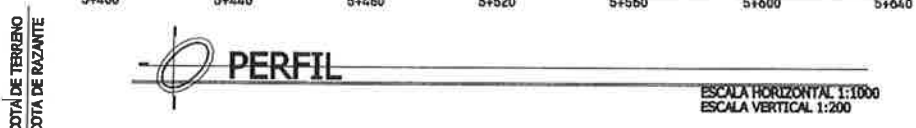
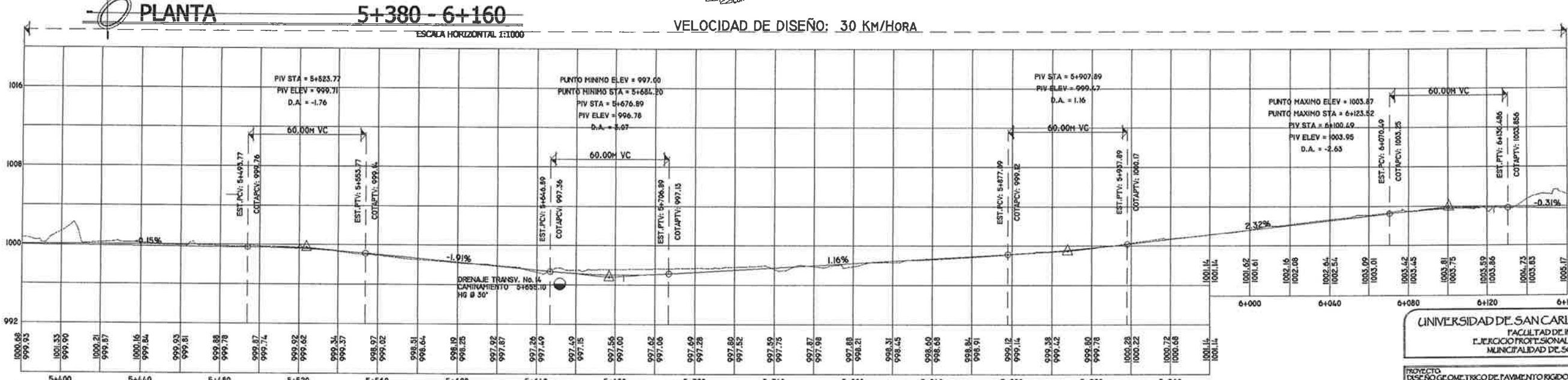


TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE e%	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
52	156° 44' 37"	DERECHA	6+404.86	76° 00' 00"	30	13.00	24.00	2.40	20.443	99.58	65.99	4.56	19.50	5+335.65	5+386.84
53	30° 52' 28"	IZQUIERDA	6+533.84	23° 00' 00"	30	7.20	17.28	1.60	52.087	17.20	33.22	14.87	33.65	5+404.41	5+434.63
54	13° 43' 20"	DERECHA	6+580.14	13° 00' 00"	30	4.20	10.80	1.30	88.127	15.41	21.11	18.63	45.64	5+453.48	5+474.87
55	17° 10' 15"	IZQUIERDA	6+622.62	13° 00' 00"	30	3.20	12.48	1.20	76.304	18.83	22.99	20.34	45.48	5+494.92	5+517.81
56	49° 24' 19"	IZQUIERDA	6+733.01	27° 00' 00"	30	8.30	19.92	1.80	42.441	19.38	36.80	29.32	30.38	5+597.13	5+633.73
57	42° 14' 10"	IZQUIERDA	6+919.89	24° 00' 00"	30	7.80	18.72	1.70	43.746	18.44	38.80	14.62	186.89	5+782.35	5+807.88
58	31° 55' 26"	IZQUIERDA	7+095.47	27° 00' 00"	30	8.50	19.92	1.80	42.441	28.66	38.44	136.77	176.88	5+964.32	5+992.78
59	39° 08' 41"	IZQUIERDA	7+192.96	23° 00' 00"	30	7.50	18.00	1.60	49.822	18.10	34.72	68.67	97.43	6+081.48	6+086.17

- SIMBOLOGIA**
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - DEFLEXION
 - LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CUERDA HORIZONTAL
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
 - DIFERENCIA ALGEBRAICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(VI)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (DVI)
 - EJE DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XALAYAC-EL TRINFINO, TULULUL, SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 5+380 A EST. 6+160
ESCALA: LA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2009

Asesor(a) Supervisor(a)
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería

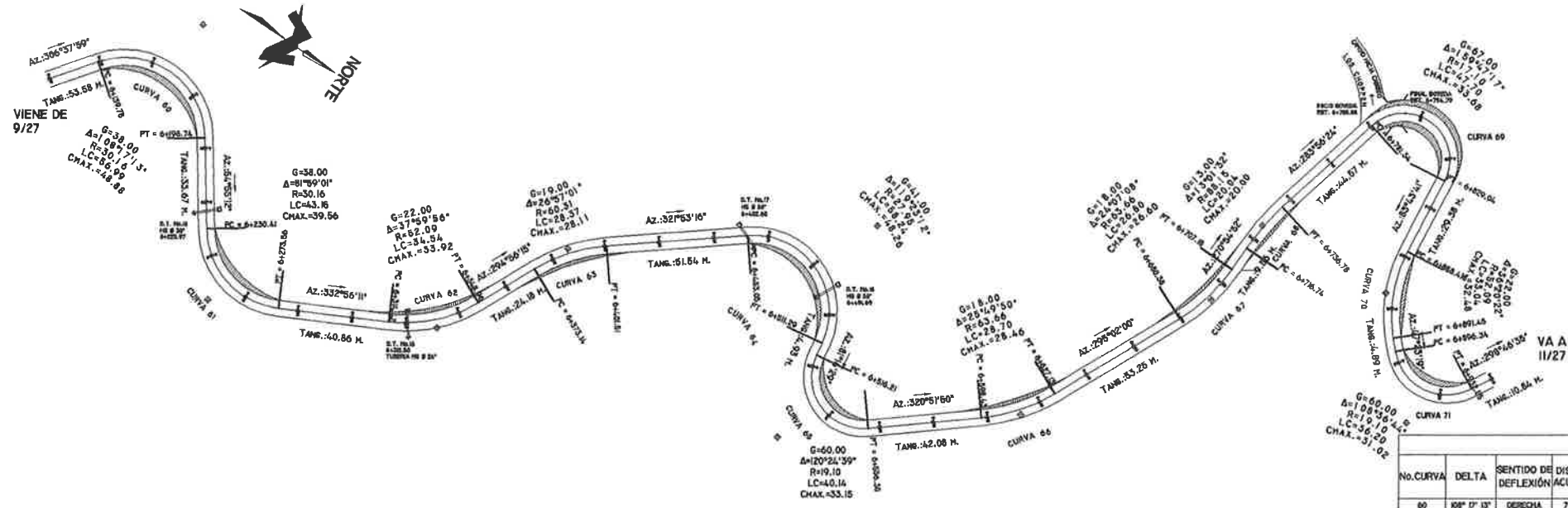
ING. LUIS ALFARO VELLIZ
DISEÑO: JULIO MORÁN GALLARDO
DIRECCIÓN: JULIO MORÁN GALLARDO
Carné 2005-12413

DISEÑO: JULIO MORÁN GALLARDO
Carné 2005-12413

PLANO No. 927

ING. EDUARDO LINER
DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y MUNICIPALES

PROF. PEDRO SALO QUICUMBIA
ALCALDE MUNICIPAL



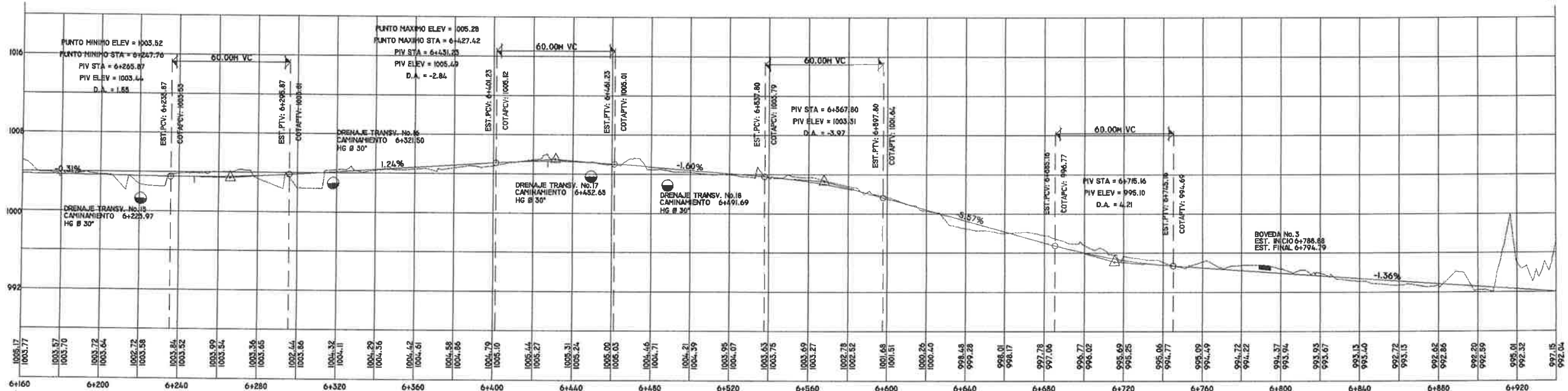
- SIMBOLOGIA**
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - GRADO DE CURVATURA
 - DEFLECCION
 - LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA HORIZA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE SASANTE
 - DIFERENCIA ALGEBRAICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PTV)
 - E.L.S. DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

PLANTA **6+160 - 6+940**
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLECCION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD (KM/HORA)	PERALTE	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
60	108° 07' 13"	DERECHA	7+566.30	38° 00' 00"	30	9.80	23.82	2.40	30.15	41.72	56.99	55.98	13.40	6+129.78	6+199.74
61	84° 59' 01"	IZQUIERDA	7+407.90	28° 00' 00"	30	9.80	23.82	2.40	20.18	20.21	43.88	33.67	10.60	6+230.41	6+273.50
62	37° 59' 56"	IZQUIERDA	7+492.90	22° 00' 00"	30	7.20	17.28	1.60	52.09	17.03	24.84	40.86	85.00	6+314.42	6+348.96
63	26° 57' 01"	DERECHA	7+549.47	19° 00' 00"	30	6.40	15.36	1.60	65.31	14.48	28.37	24.18	56.57	6+373.14	6+401.81
64	179° 23' 12"	DERECHA	7+563.28	44° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	27.95	47.82	88.24	81.54	83.81	6+483.08	6+511.29
65	120° 24' 39"	IZQUIERDA	7+749.37	60° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	19.10	33.36	40.14	4.93	66.10	6+518.21	6+556.35
66	25° 45' 50"	IZQUIERDA	7+829.40	18° 00' 00"	30	6.10	14.64	1.60	65.65	14.60	28.70	42.08	90.03	6+598.43	6+627.13
67	24° 07' 08"	IZQUIERDA	7+920.86	18° 00' 00"	30	6.10	14.64	1.60	65.65	13.60	26.80	63.25	81.45	6+680.58	6+707.18
68	13° 01' 55"	DERECHA	7+951.08	13° 00' 00"	30	4.50	10.80	1.10	88.15	10.06	20.04	9.56	33.32	6+716.74	6+736.78
69	129° 47' 17"	DERECHA	8+134.67	87° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	17.10	96.99	47.70	44.87	150.99	6+781.54	6+829.64
70	34° 29' 22"	IZQUIERDA	8+247.10	22° 00' 00"	30	7.20	17.28	1.60	52.09	17.10	23.04	29.38	142.43	6+803.42	6+891.45
71	108° 36' 44"	IZQUIERDA	8+255.64	108° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	19.10	26.58	36.20	4.80	48.57	6+899.34	6+932.53

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E/5
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJAYAC - EL TRINUNFO, PUEBLA, SOLOLA
ESCALA: LA INDICADA

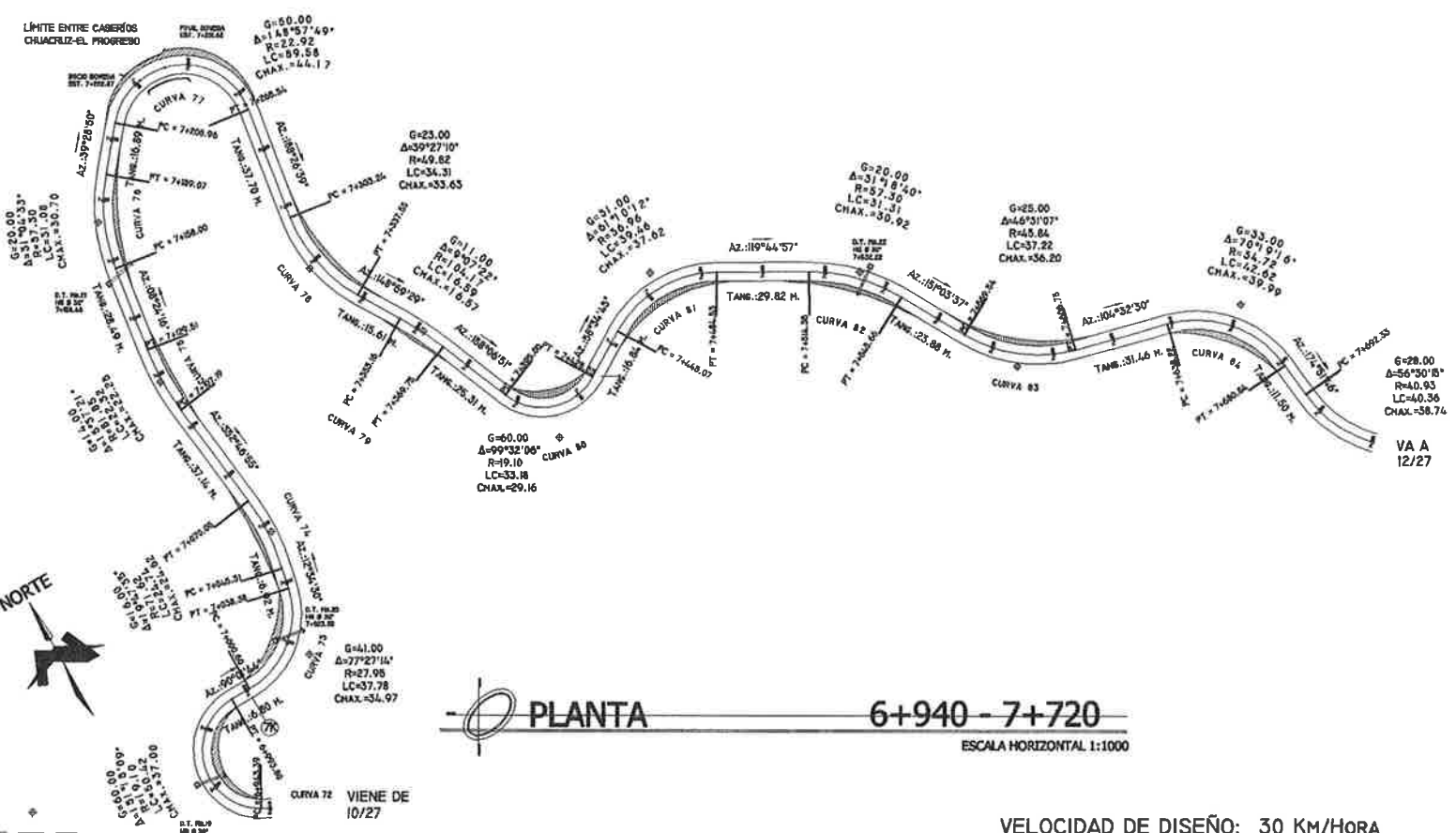
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 6+160 A EST. 6+940
FECHA: SEPTIEMBRE 2009

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CARRERA: CIVIL 2005-12413

PROFESOR: JULIO MORAN GALLARDO
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CARRERA: CIVIL 2005-12413

PLANTA: 1927

ING. GENAROLINE DIO OBRAS PUBLICAS MUNICIPALES
PROF. PEDRO SALDO GONZALEZ ALCALDE MUNICIPAL



SIMBOLOGIA

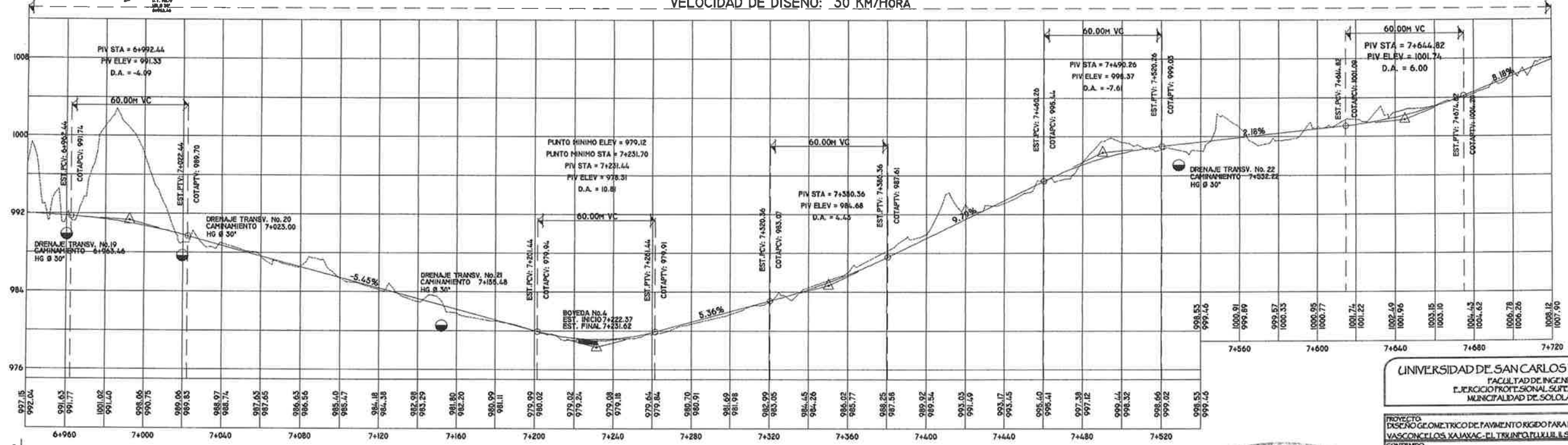
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
- UBICACION DE BOVEDA
- IDENTIFICA KILOMETRO
- DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
- PRINCIPIO DE TANGENTE
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- GRADO DE CURVATURA
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CLAVIA HORIZONTAL
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
- DIFERENCIA ALBERQUICA
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(VI)
- UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
- EJE DE DISEÑO
- DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOVEDA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

PLANTA **6+940 - 7+720**
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
72	15° 15' 00"	DERECHA	8+467.61	60° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	18.10	74.83	60.42	10.94	11.98	8+943.30	8+993.80
73	77° 27' 14"	IZQUIERDA	8+511.35	4° 00' 00"	30	10.00	24.80	2.40	27.06	22.41	37.78	6.80	103.74	7+000.60	7+498.38
74	10° 37' 56"	IZQUIERDA	8+583.18	10° 00' 00"	30	8.80	13.80	1.30	71.68	12.50	24.74	6.92	41.83	7+048.31	7+070.05
75	10° 37' 27"	DERECHA	8+614.08	14° 00' 00"	30	4.80	11.52	1.20	81.88	11.23	22.32	37.14	60.87	7+071.19	7+120.51
76	31° 04' 33"	DERECHA	8+669.70	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.00	57.30	8.93	34.06	28.49	88.00	7+088.00	7+189.07
77	148° 57' 44"	DERECHA	8+788.98	50° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	22.39	62.54	69.68	16.89	18.36	7+188.98	7+288.54
78	59° 27' 10"	IZQUIERDA	8+923.85	13° 00' 00"	30	7.50	18.00	1.60	49.82	17.86	34.31	37.70	138.10	7+303.24	7+337.55
79	09° 07' 22"	DERECHA	8+984.94	1° 00' 00"	30	3.80	9.12	1.00	104.17	6.31	10.89	8.61	44.79	7+353.16	7+369.76
80	10° 32' 00"	IZQUIERDA	9+081.13	10° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	19.10	22.87	35.18	28.31	66.19	7+398.06	7+428.23
81	61° 10' 12"	DERECHA	9+082.39	21° 00' 00"	30	9.00	21.60	2.00	36.96	21.85	30.46	16.84	64.25	7+448.07	7+484.33
82	31° 10' 40"	DERECHA	9+280.11	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.00	57.30	10.06	31.31	29.82	67.72	7+514.38	7+548.66
83	46° 31' 07"	IZQUIERDA	9+289.74	18° 00' 00"	30	7.90	18.96	1.70	48.64	19.70	37.82	25.88	69.65	7+545.66	7+606.76
84	70° 10' 16"	DERECHA	9+286.37	33° 00' 00"	30	9.30	22.32	2.10	34.72	24.46	42.62	31.46	75.63	7+638.22	7+685.84

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCOCONCELOS XAJAYAC-EL TRIUNFO TULUL SILOLA
ESCALA: LA INDICADA

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 6+940 A EST. 7+720
FECHA: SEPTIEMBRE 2009

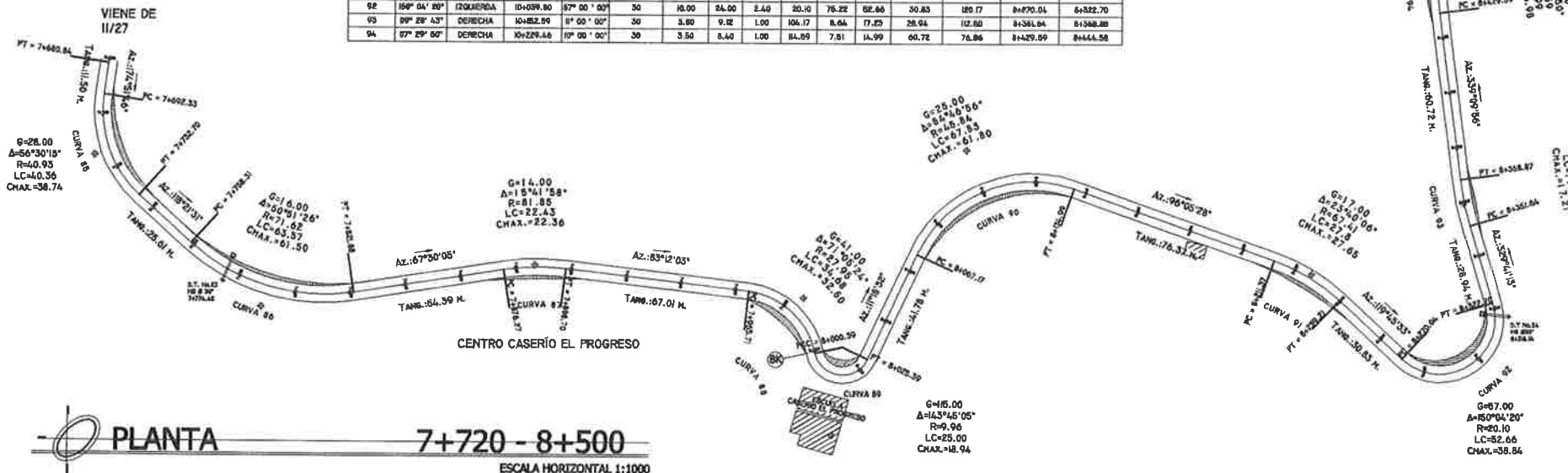
ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CALZADA: JULIO MORAN GALLARDO
DIBUJO: JULIO MORAN GALLARDO

FECHA: 11/27

ING. JOSE MORALES
DITO. OBRAS PUBLICAS Y MUNICIPALES
PROF. PEDRO SOLOA QUISQUINA
ALCALDE MUNICIPAL

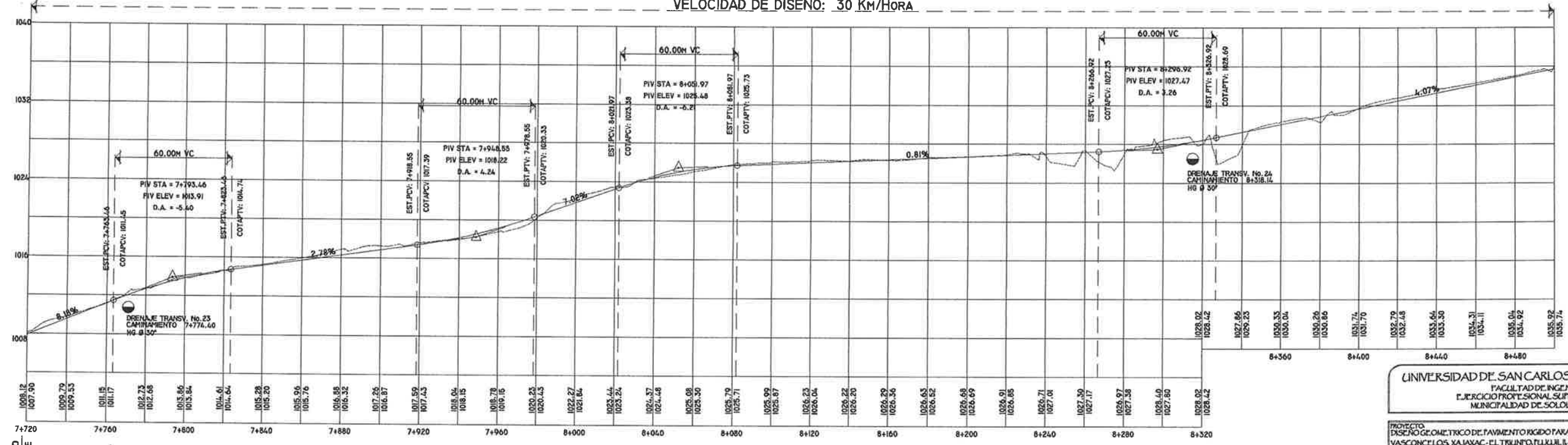


TABLA DE DISEÑO															
No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT	
85	50° 30' 15"	IZQUIERDA	9+343.32	18° 00' 00"	30	8.50	20.40	1.90	40.93	21.99	40.36	11.50	87.96	7+692.33	7+732.70
86	50° 51' 25"	IZQUIERDA	9+424.96	15° 00' 00"	30	5.50	13.80	1.30	71.62	34.08	65.67	25.61	81.66	7+788.31	7+821.88
87	18° 41' 58"	DERECHA	9+823.71	14° 00' 00"	30	4.80	11.52	1.20	81.86	11.28	22.45	34.39	99.73	7+876.27	7+908.70
88	70° 52' 19"	DERECHA	9+822.99	4° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	27.98	19.89	34.57	37.01	98.19	7+868.71	8+000.39
89	143° 45' 08"	IZQUIERDA	9+873.22	18° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	9.96	30.44	26.00	0.00	50.33	8+000.39	8+088.30
90	84° 48' 50"	DERECHA	9+787.28	25° 00' 00"	30	7.90	18.90	1.78	45.84	44.84	67.83	41.78	114.06	8+057.17	8+134.99
91	23° 48' 50"	DERECHA	9+999.62	17° 00' 00"	30	8.80	13.92	1.30	67.41	14.12	27.84	74.37	132.34	8+828.37	8+239.21
92	166° 04' 29"	IZQUIERDA	10+099.90	87° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	30.10	76.22	82.66	30.83	180.17	8+870.01	8+322.70
93	89° 28' 43"	DERECHA	10+822.99	8° 00' 00"	30	3.80	9.12	1.00	106.17	8.64	17.25	28.94	112.60	8+384.94	8+348.88
94	87° 29' 50"	DERECHA	10+229.44	19° 00' 00"	30	5.50	8.40	1.00	84.59	7.01	14.99	66.72	76.86	8+429.59	8+444.58



- SIMBOLOGIA**
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - GRUPO DE CURVATURA
 - DEFLEXION
 - LIMITO DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA HORIZONTAL
 - CLEDA MANUA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
 - DIFERENCIA ALGEBRAICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION (V)
 - E.L.E. DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.F.S.
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XA XAC-EL TRUNFO, TULUJIL, SOLOLA
ESCALA: LA INDICADA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 7+720 A EST. 8+500
FECHA: SEPTIEMBRE, 2008

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO
REVISOR: JULIO MORAN GALLARDO
FECHA: 12/27



COTA DE TERRENO
COTA DE RAZANTE

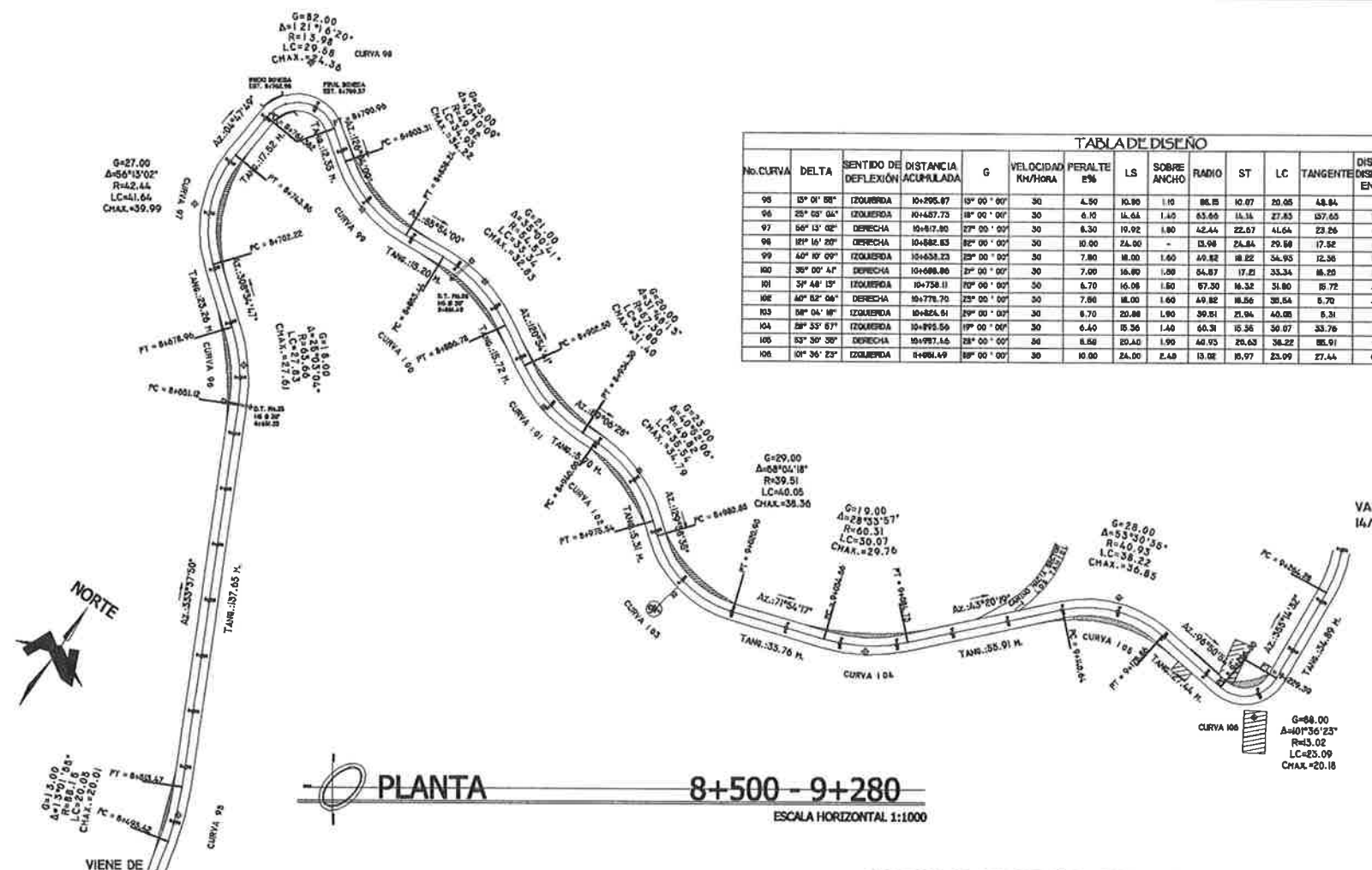


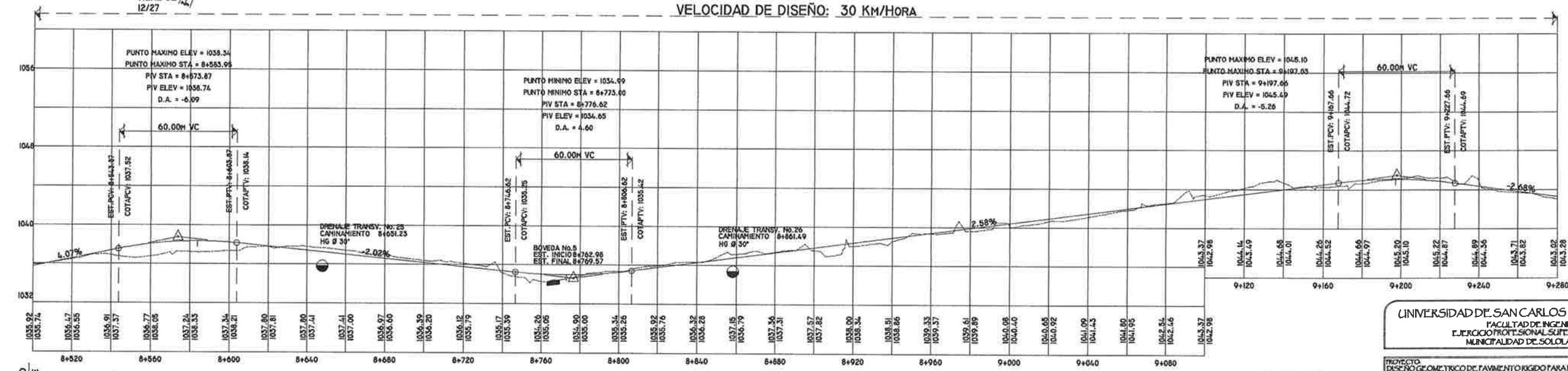
TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFECCION	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE 2%	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA RESPONSABLE ENTRE PI	PC	PT
95	15° 01' 02"	IZQUIERDA	10+295.87	10° 00' 00"	30	4.50	10.00	1.10	88.18	10.07	20.08	48.84	66.41	8+493.48	8+504.47
96	25° 02' 04"	IZQUIERDA	10+437.73	18° 00' 00"	30	6.10	14.64	1.40	63.66	14.14	27.43	137.40	181.86	8+651.12	8+678.95
97	56° 13' 02"	DERECHA	10+872.80	27° 00' 00"	30	8.30	19.92	1.80	42.44	22.07	44.64	23.26	40.07	8+702.22	8+713.86
98	18° 16' 20"	DERECHA	10+882.63	22° 00' 00"	30	10.00	24.00	-	35.94	24.84	29.58	17.52	48.03	8+764.58	8+790.94
99	40° 10' 09"	IZQUIERDA	10+882.23	22° 00' 00"	30	7.80	18.00	1.60	49.82	18.22	34.93	12.36	88.40	8+806.31	8+838.21
100	30° 00' 41"	DERECHA	10+888.86	22° 00' 00"	30	7.00	16.80	1.80	64.87	17.43	33.34	18.20	80.63	8+885.44	8+905.78
101	54° 48' 13"	IZQUIERDA	10+778.11	10° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	87.30	16.33	31.80	15.72	49.25	8+902.80	8+914.30
102	40° 02' 04"	DERECHA	10+778.70	22° 00' 00"	30	7.80	18.00	1.60	49.82	18.56	38.64	5.70	40.80	8+940.00	8+978.84
103	58° 04' 18"	IZQUIERDA	10+824.61	19° 00' 00"	30	6.70	20.88	1.80	30.81	21.94	40.08	5.31	48.41	8+980.88	9+020.90
104	28° 33' 57"	IZQUIERDA	10+892.50	19° 00' 00"	30	6.40	15.36	1.40	60.31	15.58	30.07	33.76	71.08	9+084.60	9+084.73
105	13° 30' 30"	DERECHA	10+997.16	18° 00' 00"	30	8.50	20.40	1.90	40.93	20.63	38.22	85.91	91.00	9+162.64	9+178.84
106	10° 36' 23"	IZQUIERDA	8+981.49	18° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	13.02	15.97	23.09	27.44	64.04	9+206.30	9+229.39

- ### SIMBOLOGIA
- UBICACION DE CURVAS EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA MAXIMA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RAMANTE
 - DIFERENCIA ALGEBRAICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION(V)
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PVI)
 - EJE DE OMBRO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

PLANTA
8+500 - 9+280
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

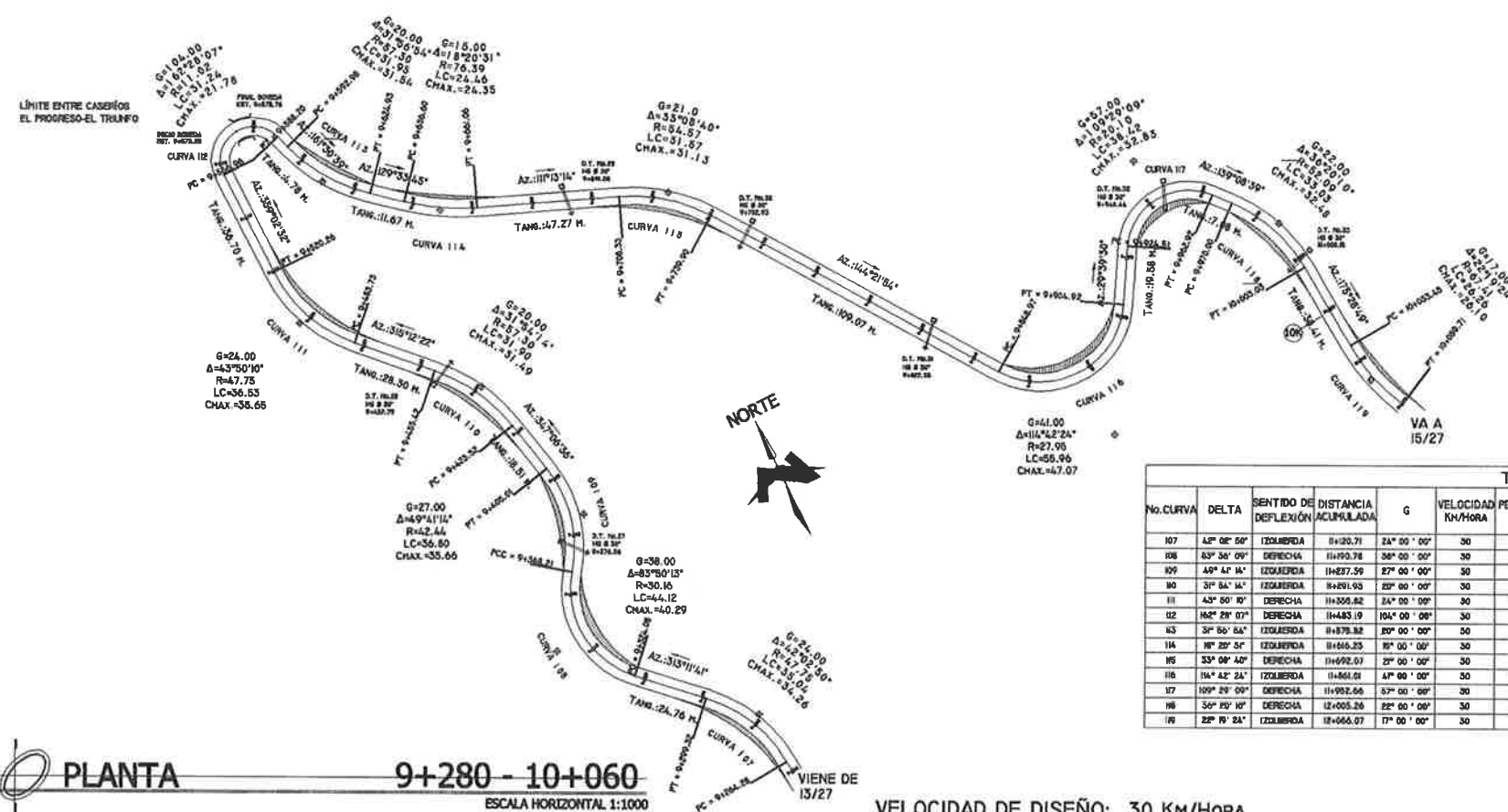
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE FAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJANVAC-EL TRUFINO, TOLULUL IL SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-PLANIL EST. 8+500 A EST. 9+280
ESCALA: LA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2009

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ	DISEÑO: XILJO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	PLAN: 13/27
CALECULA: XILJO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	DIBUJO: XILJO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	

INGENIERO LINEA
DIO. CONSTRUCCIONES Y MECANICAS
PROF. PEDRO SALO QUICENIA
ALCALDE MUNICIPAL

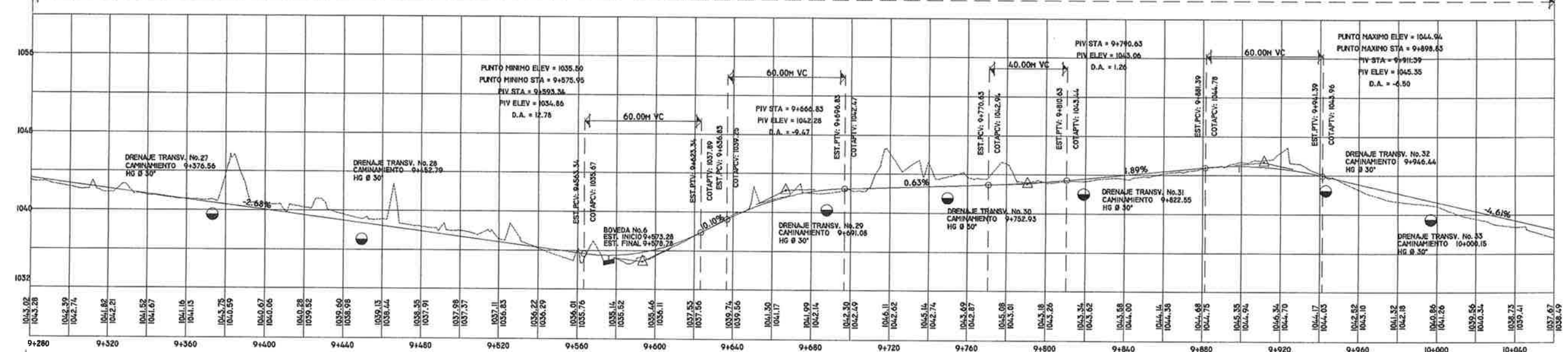


- ### SIMBOLOGIA
- UBICACION DE DRENAJES EXISTENTES
 - UBICACION DE BOVEDA
 - IDENTIFICA KILOMETRO
 - DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 - PRINCIPIO DE TANGENTE
 - PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 - SENSO DE CURVATURA
 - DEFLEXION
 - LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 - RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 - CURVA MAXIMA
 - LONGITUD DE TRANSICION
 - LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 - PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 - PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 - PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 - PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
 - DEFLEXION ALGEBRAICA
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION PIV
 - UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 - EJE DE DISEÑO
 - DRENAJE TRANSVERSAL EN PERFIL
 - BOVEDA EN PERFIL
 - INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
 - TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS

TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA DE ACUMULADA	G	VELOCIDAD Km/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
107	42° 02' 00"	IZQUIERDA	11120.71	24° 00' 00"	30	7.80	18.72	1.70	47.75	38.36	38.04	34.80	69.21	9+354.28	9+499.32
108	83° 36' 00"	DERECHA	11190.78	36° 00' 00"	30	9.80	23.82	2.40	36.16	26.96	44.00	24.76	70.77	9+324.08	9+505.21
109	49° 44' 14"	IZQUIERDA	11287.39	27° 00' 00"	30	8.50	19.92	1.80	42.44	19.66	35.80	0.00	44.61	9+368.21	9+455.01
110	31° 54' 14"	IZQUIERDA	11491.93	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	87.50	16.58	31.90	18.51	54.54	9+423.82	9+488.42
111	42° 50' 00"	DERECHA	11505.82	24° 00' 00"	30	7.80	18.72	1.70	47.75	19.21	36.53	28.30	65.89	9+483.75	9+580.25
112	142° 28' 07"	DERECHA	11483.19	104° 00' 00"	30	10.00	24.00	-	11.02	71.46	31.24	36.70	127.37	9+586.96	9+688.26
113	3° 50' 00"	IZQUIERDA	11478.82	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	87.50	16.40	31.96	4.78	92.64	9+682.98	9+684.03
114	18° 22' 51"	IZQUIERDA	11464.25	18° 00' 00"	30	6.20	15.48	1.20	76.39	12.33	24.46	11.07	40.40	9+682.60	9+684.06
115	33° 08' 42"	DERECHA	11492.07	24° 00' 00"	30	7.00	16.80	1.50	84.57	16.24	31.87	4.27	75.84	9+708.33	9+759.90
116	14° 42' 24"	IZQUIERDA	11461.01	14° 00' 00"	30	6.00	14.00	2.40	27.96	14.62	28.96	109.07	148.94	9+848.97	9+904.92
117	109° 29' 00"	DERECHA	11492.66	37° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	28.44	38.42	19.88	91.65	9+924.51	9+942.92	
118	50° 29' 10"	DERECHA	12+005.26	22° 00' 00"	30	7.20	17.28	1.60	82.09	17.09	33.03	7.06	58.61	9+970.00	10+003.63
119	22° 19' 24"	IZQUIERDA	12+066.07	17° 00' 00"	30	6.80	15.92	1.30	67.41	13.30	28.26	30.41	60.81	10+033.46	10+059.71

PLANTA 9+280 - 10+060
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000 VELOCIDAD DE DISEÑO: 30 KM/HORA



PERFIL
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJAYAC - EL TRIUNFO TUXTLA, SOLOLA

CONTENIDO: PLANTA PERFIL EST. 9+280 A EST. 10+060

ESCALA: LA INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2009

ASESOR(A): SUPERVISOR Unidad de Prácticas Profesionales

DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO

REVISOR: JULIO MORAN GALLARDO

PLANO: 1427

ING. GONZALO LAMUELA DITO OBRAS PUBLICAS MUNICIPALES

PROF. PEDRO SALO OJESQUIVA ALCALDE MUNICIPAL

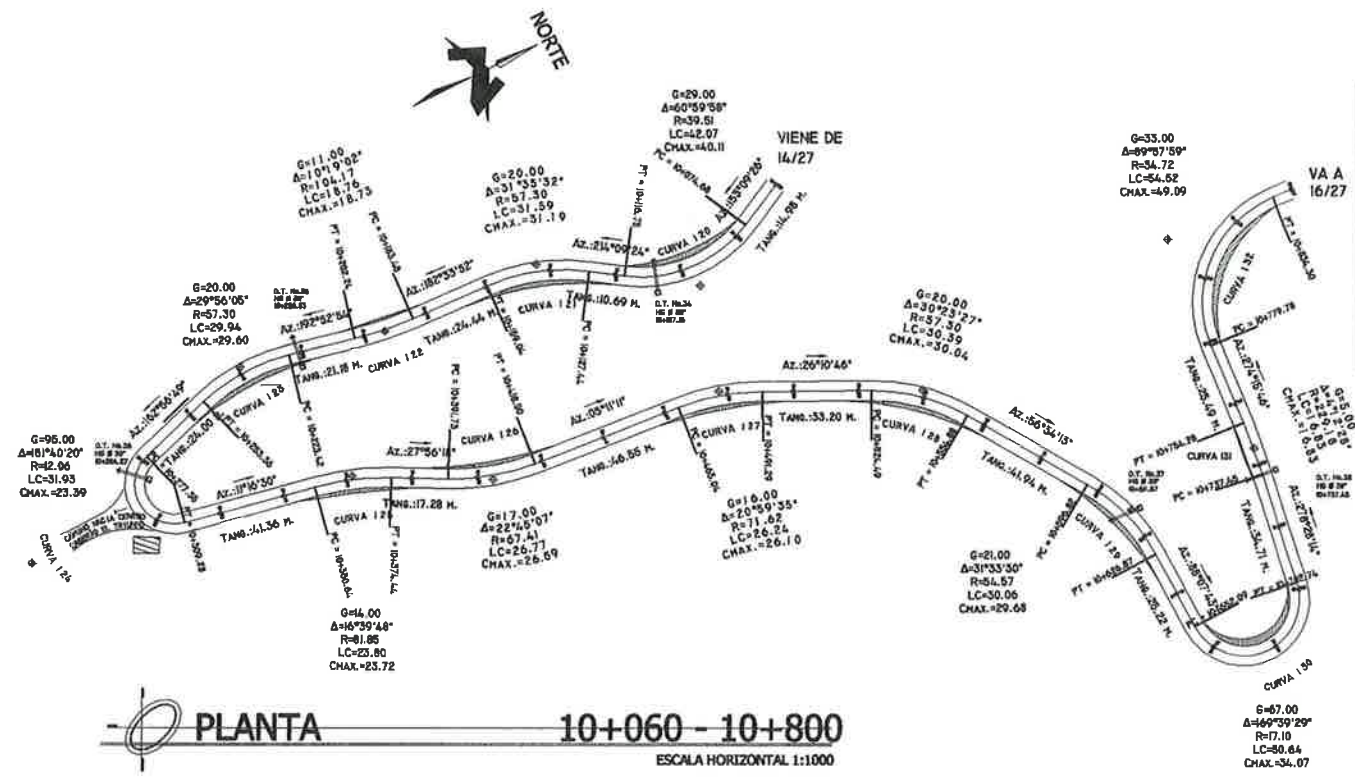
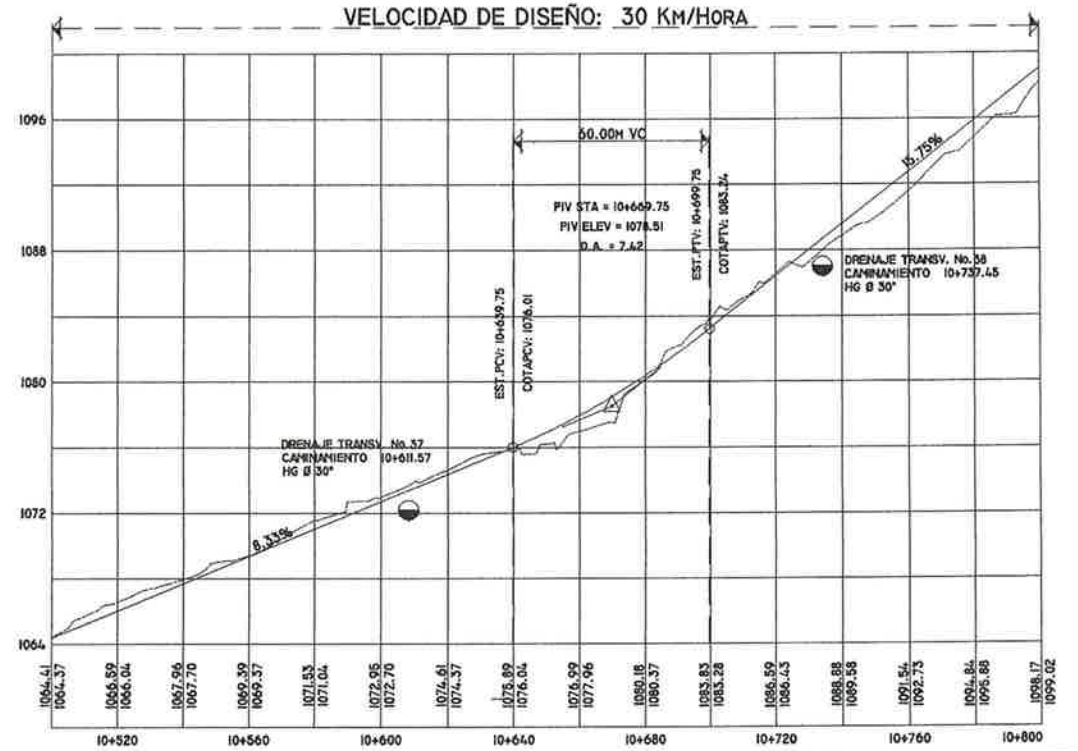
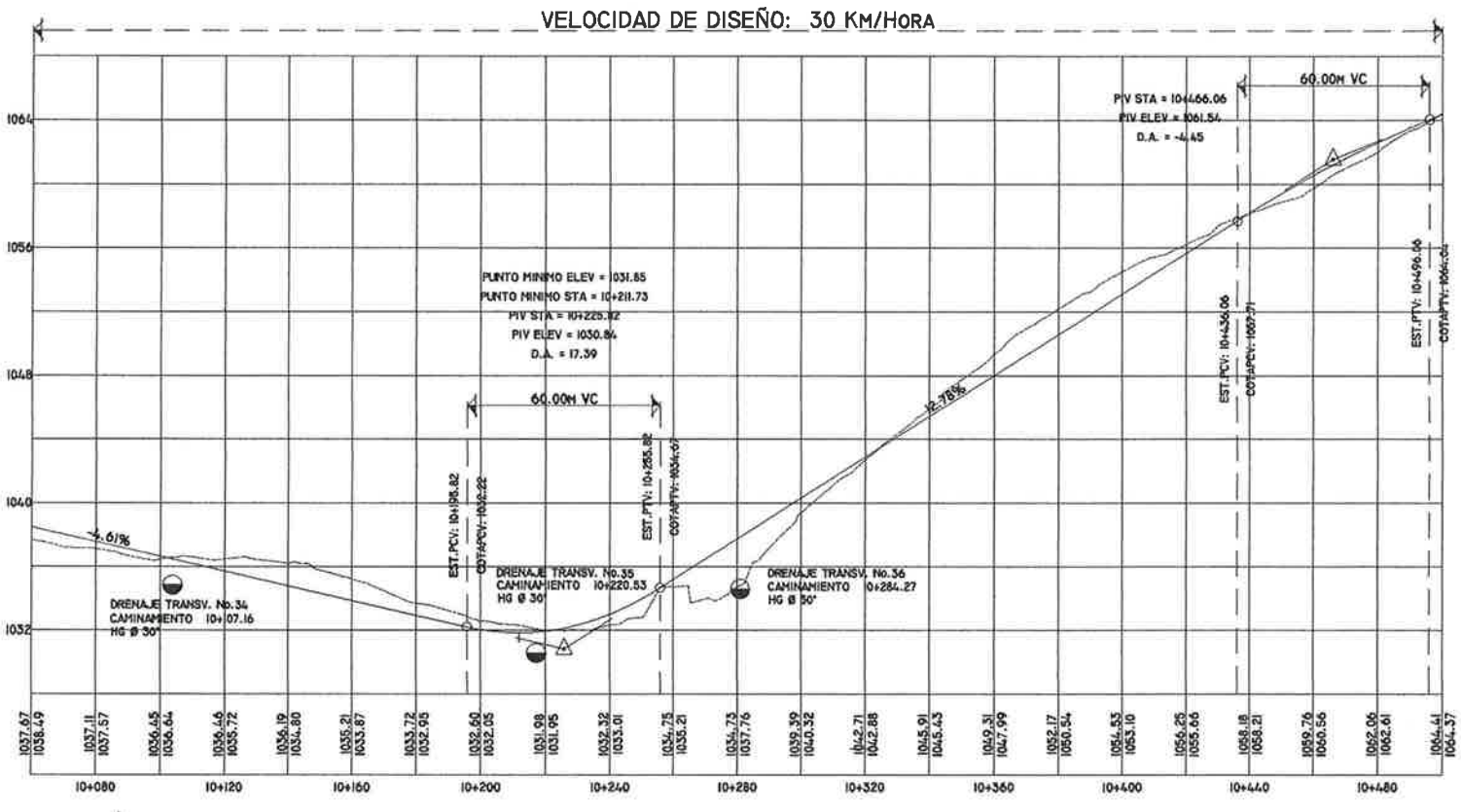


TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE %	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
120	60° 59' 54"	DERECHA	12+117.62	2° 00' 00"	30	8.70	20.00	1.90	59.81	23.28	42.07	14.99	81.56	12+571.66	12+585.76
121	34° 38' 32"	IZQUIERDA	12+167.80	2° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	67.30	16.23	31.09	10.69	80.18	12+274.44	12+289.04
122	10° 09' 02"	DERECHA	12+217.88	1° 00' 00"	30	3.80	9.02	1.08	104.17	9.40	18.70	24.44	80.90	12+283.42	12+292.24
123	2° 09' 05"	IZQUIERDA	12+263.76	2° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	67.30	16.32	29.94	21.18	48.90	12+283.42	12+293.36
124	16° 40' 20"	IZQUIERDA	12+380.86	15° 00' 00"	30	10.00	24.00	-	12.06	47.80	31.93	25.99	87.10	12+277.38	12+289.29
125	10° 39' 48"	DERECHA	12+482.00	11° 00' 00"	30	4.80	11.82	1.20	81.85	11.99	23.80	11.56	101.4	12+386.04	12+374.44
126	22° 45' 07"	IZQUIERDA	12+494.84	17° 00' 00"	30	5.80	13.92	1.30	67.41	13.86	26.77	17.28	42.83	12+391.73	12+408.50
127	2° 09' 05"	DERECHA	12+558.22	2° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	67.30	16.23	31.09	10.69	80.18	12+408.50	12+419.39
128	30° 23' 27"	DERECHA	12+630.26	20° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.80	67.30	16.56	30.39	33.20	62.04	12+524.19	12+554.59
129	3° 33' 30"	DERECHA	12+703.17	3° 00' 00"	30	7.00	16.80	1.80	64.57	16.42	30.06	11.94	72.92	12+496.82	12+504.87
130	16° 39' 29"	IZQUIERDA	12+742.90	17° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	17.10	188.99	60.64	28.22	229.53	12+482.00	12+702.74
131	04° 12' 28"	IZQUIERDA	12+814.93	0° 00' 00"	30	1.70	4.08	0.70	229.18	8.42	16.83	34.71	238.12	12+737.45	12+754.29
132	19° 57' 59"	DERECHA	12+853.84	13° 00' 00"	30	9.30	22.32	2.10	34.72	34.70	64.56	25.49	68.62	12+779.78	12+834.30

SIMBOLOGIA

- UNION DE DRENAJES EXISTENTES
- IDENTIFICACION DE BOVEDA
- DISTANCIA KILOMETRO
- PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
- GRADO DE CURVATURA
- DEFLEXION
- LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
- RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
- CUENTA MANERA
- LONGITUD DE TRANSICION
- LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PLUNTO DE INFLUENCIA VERTICAL
- PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PRINCIPIO DE TRANSICION VERTICAL
- PRINCIPIO DE INFLUENCIA VERTICAL
- DIFERENCIA ALSEBRANCA
- UNION DE PLUNTO DE INFLUENCIA VERTICAL (PIV)
- EJE DE DISEÑO
- BOVEDA TRANSVERSAL EN PERFIL
- BOVEDA EN PERFIL
- INDICA SOBRE ANCHO EN CURVA
- TODAS DIMENSIONES DADAS EN METROS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA-SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VA 16/27 ENTRE LOS KILÓMETROS 10+060 Y 10+800
FECHA: SEPTIEMBRE 2008

ASESOR(A)-SUPERVISOR: Unidad de Prácticas
DISEÑO: JULIO MORANGALLARDO
REVISOR: JULIO MORANGALLARDO

PLANO: 1527

INGENIERO CIVIL
LTD. OBRAS PUBLICAS Y MUNICIPALES
PROF. PEDRO SALAS GUZMAN
ALCALDE MUNICIPAL

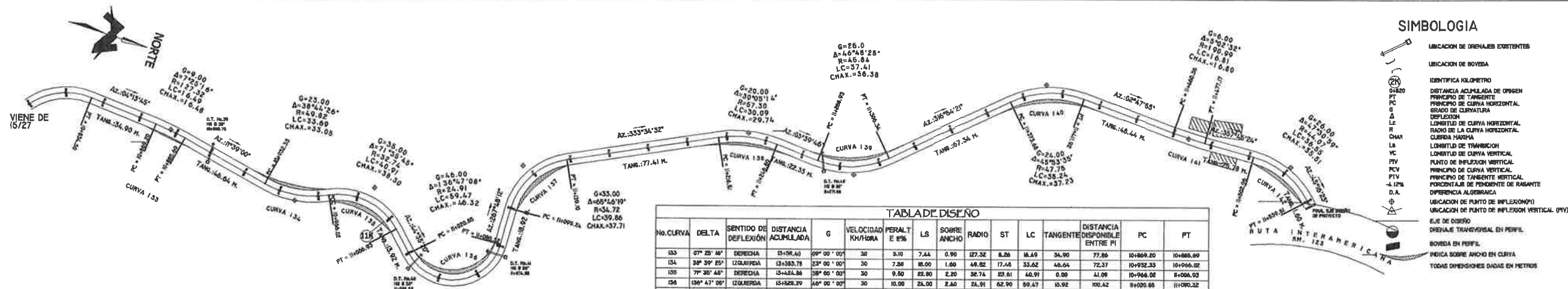
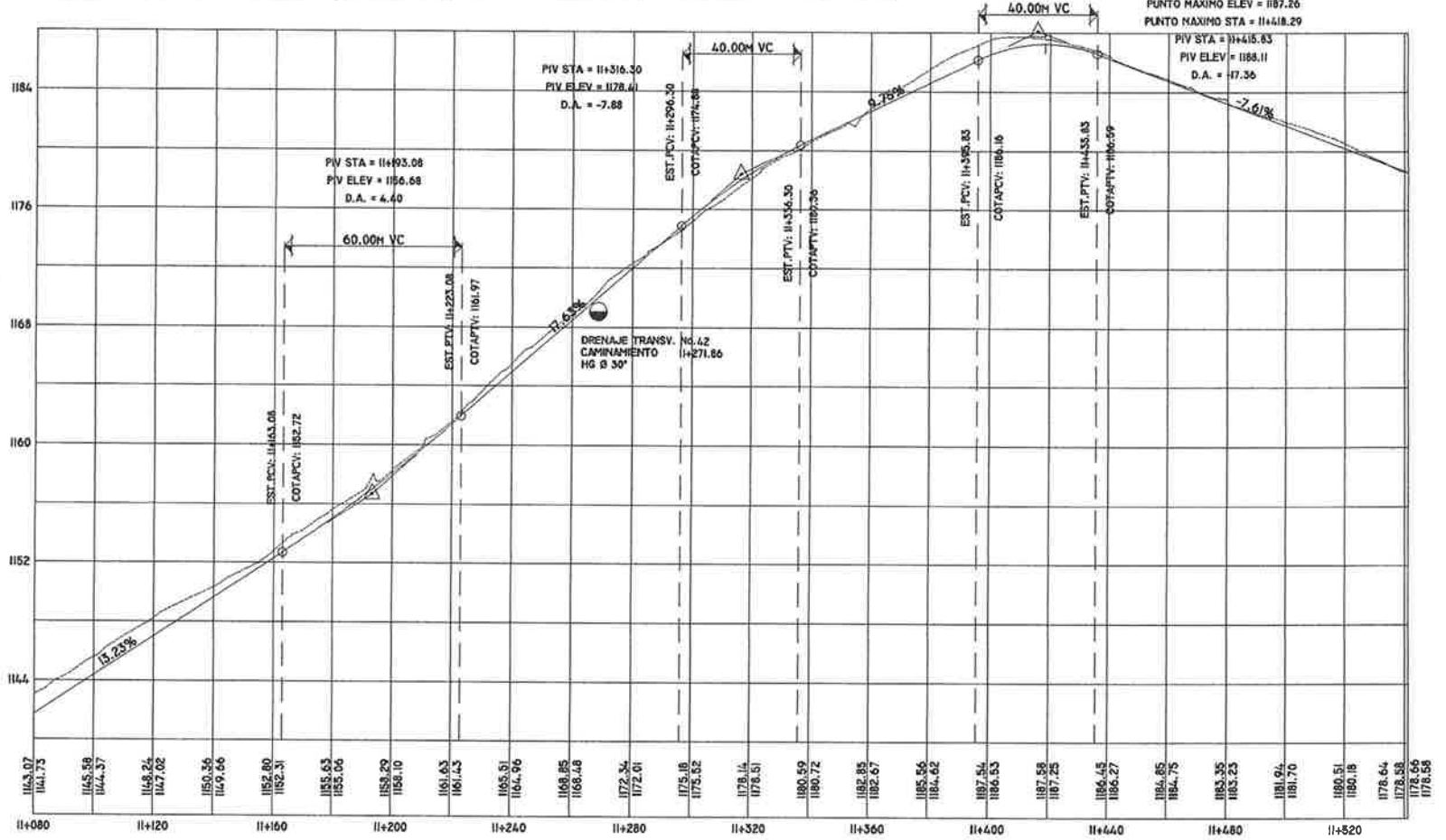
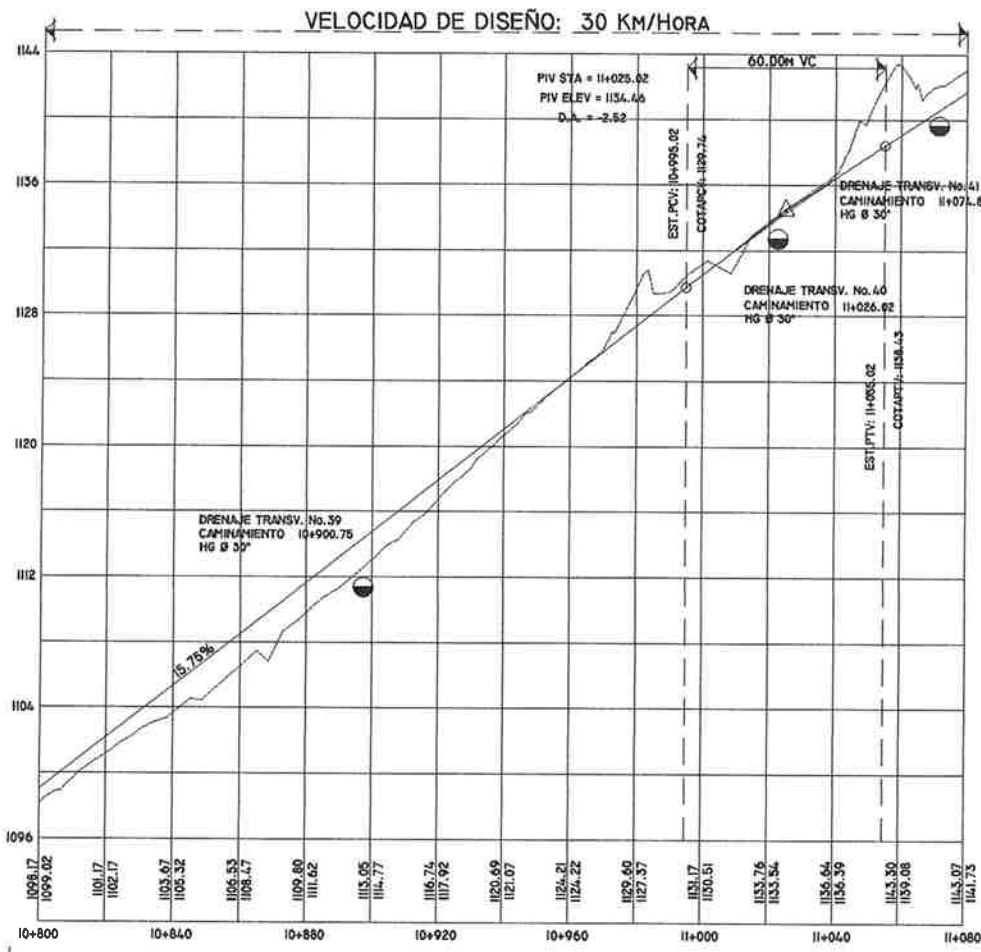


TABLA DE DISEÑO

No. CURVA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXIÓN	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD KM/HORA	PERALTE E 8%	LS	SOBRE ANCHO	RADIO	ST	LC	TANGENTE	DISTANCIA DISPONIBLE ENTRE PI	PC	PT
133	07° 23' 16"	DERECHA	13+00.00	0.00	30	3.10	7.44	0.90	127.32	8.36	16.40	34.90	77.86	10+809.20	10+888.00
134	38° 59' 25"	IZQUIERDA	13+355.78	23° 00' 00"	30	7.26	18.00	1.60	48.82	17.48	33.62	66.64	72.37	10+932.33	10+946.02
135	77° 30' 45"	DERECHA	13+484.84	18° 00' 00"	30	9.50	22.80	2.30	32.74	23.61	40.91	0.00	41.09	10+964.02	10+986.03
136	156° 47' 09"	IZQUIERDA	13+628.29	46° 00' 00"	30	10.00	24.00	2.40	24.91	62.90	59.47	15.92	100.42	11+000.00	11+090.32
137	66° 48' 19"	DERECHA	13+628.29	10° 00' 00"	30	9.30	22.32	2.10	34.72	22.48	39.86	16.92	104.27	11+099.24	11+139.10
138	30° 08' 14"	DERECHA	13+744.82	10° 00' 00"	30	6.70	16.08	1.50	57.36	15.40	30.09	77.41	105.26	11+165.81	11+246.60
139	46° 48' 28"	IZQUIERDA	13+802.36	10° 00' 00"	30	7.90	18.96	1.70	48.84	19.82	37.41	22.33	57.84	11+204.93	11+286.54
140	45° 53' 35"	DERECHA	13+909.75	10° 00' 00"	30	7.80	18.72	1.70	47.78	20.22	36.24	67.34	107.37	11+373.68	11+448.02
141	09° 02' 54"	IZQUIERDA	13+986.80	06° 00' 00"	30	8.10	20.64	0.80	100.99	8.41	16.81	48.44	77.26	11+400.30	11+477.17
142	17° 30' 09"	DERECHA	14+040.39	10° 00' 00"	30	8.10	19.44	1.80	44.87	19.40	26.58	28.78	53.59	11+502.06	11+579.81

PLANTA 10+800 - 11+541.11
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

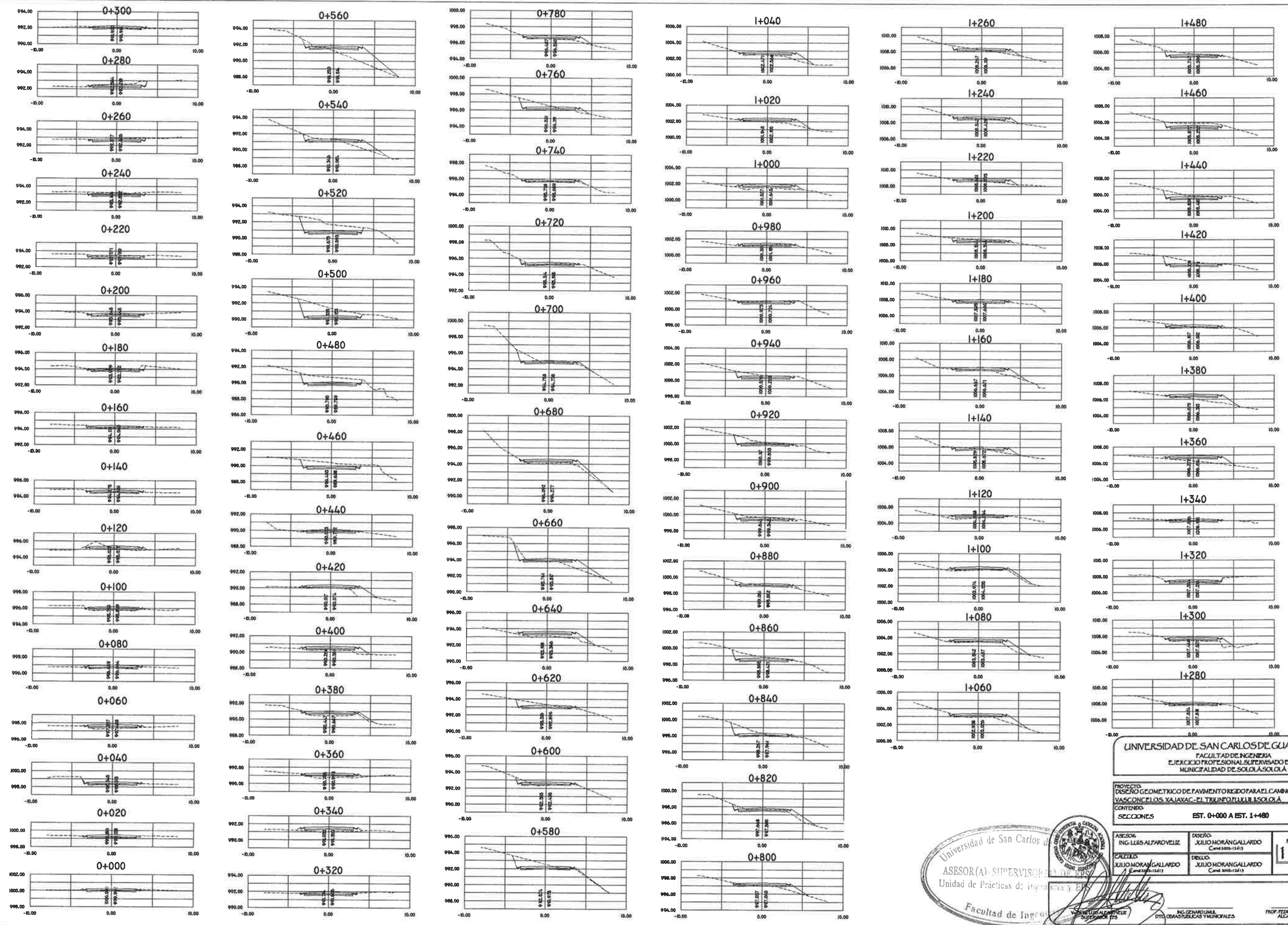
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELLOS XAJAWAC-EL TRUFINO, TULUJIL & SOLOLA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL EST. 10+800 A EST. 11+541.11
ESCALA: LAINDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE 2009

Universidad de San Carlos

ASESOR(A)-SUPERVISOR
Unidad de Prácticas de Ingeniería

ASESOR: ING. JULIS ALFARO VEJIZ	DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	ESCALA: LAINDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2009
CALCULO: JULIO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	DIBUJO: JULIO MORAN GALLARDO Carné 2005-12413	PLANTA No.:	1627

ING. GERARDO URIBE
DPTO. OPERACIONES Y VALORES
PROF. PEDRO SALO QUINTERO
ALCALDE MUNICIPAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

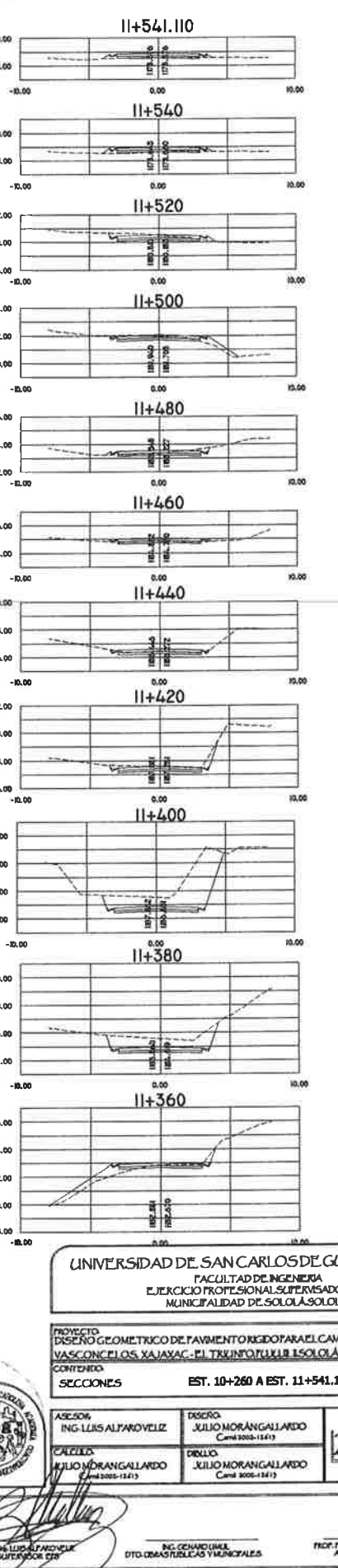
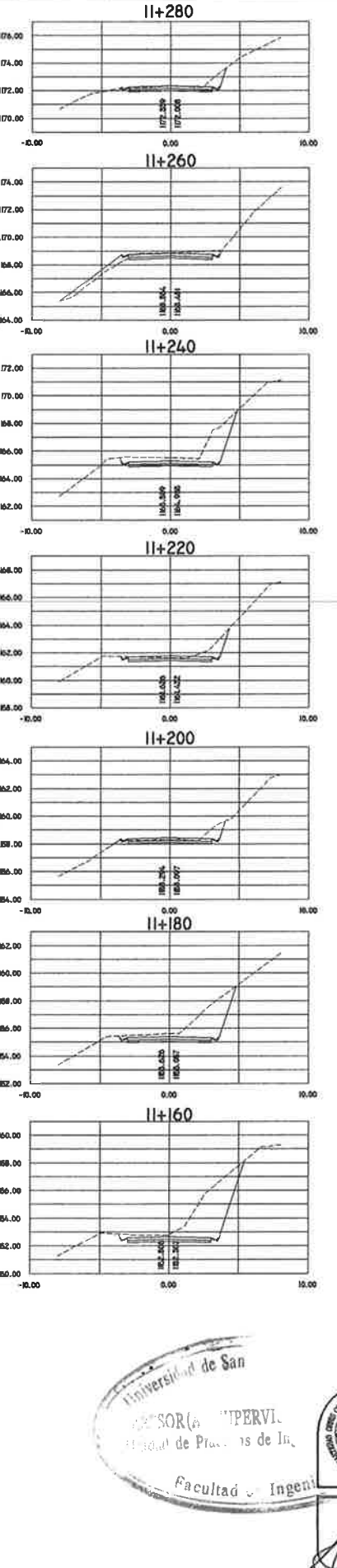
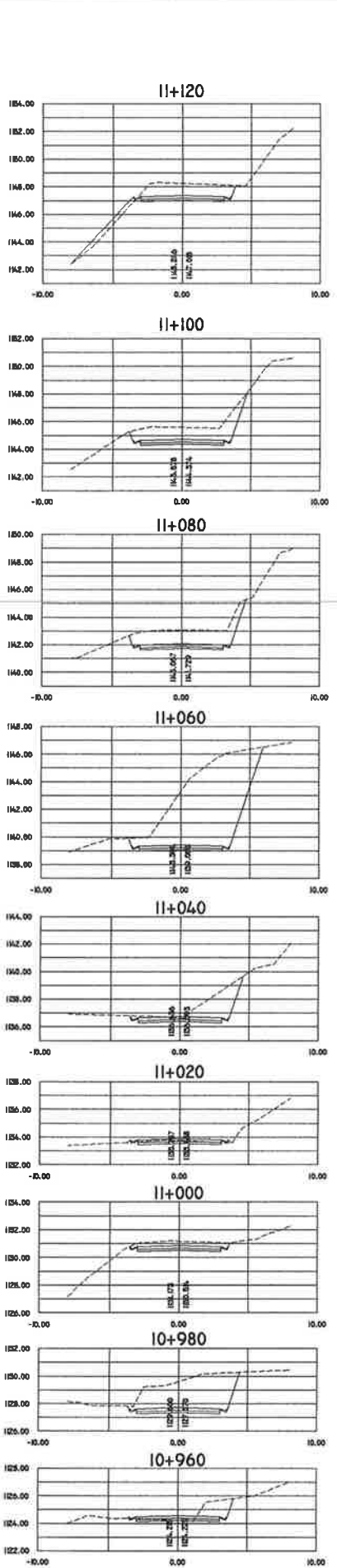
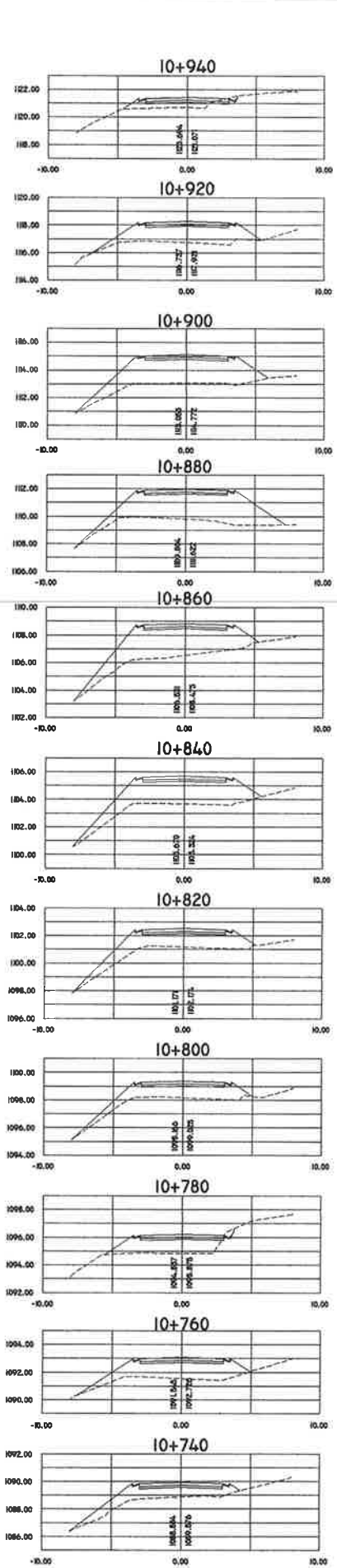
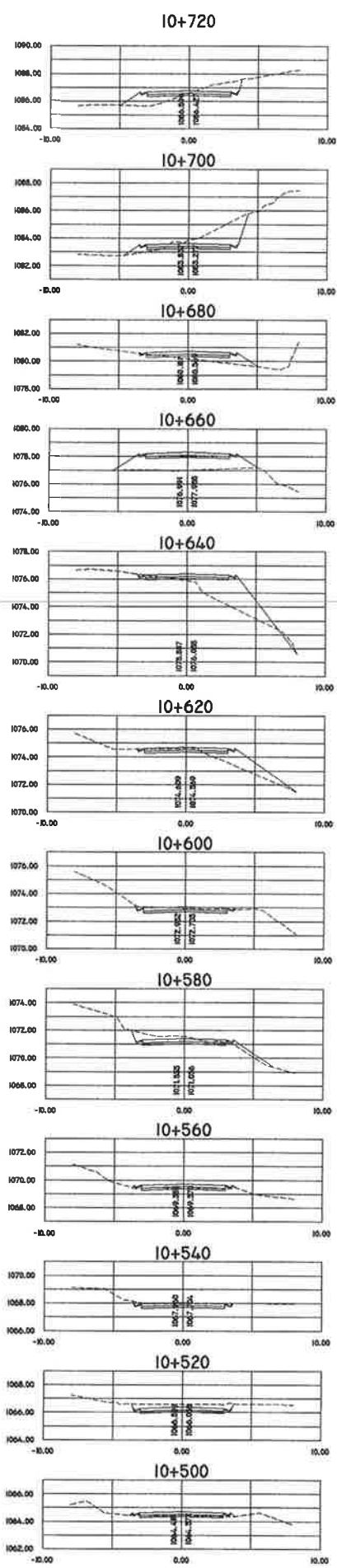
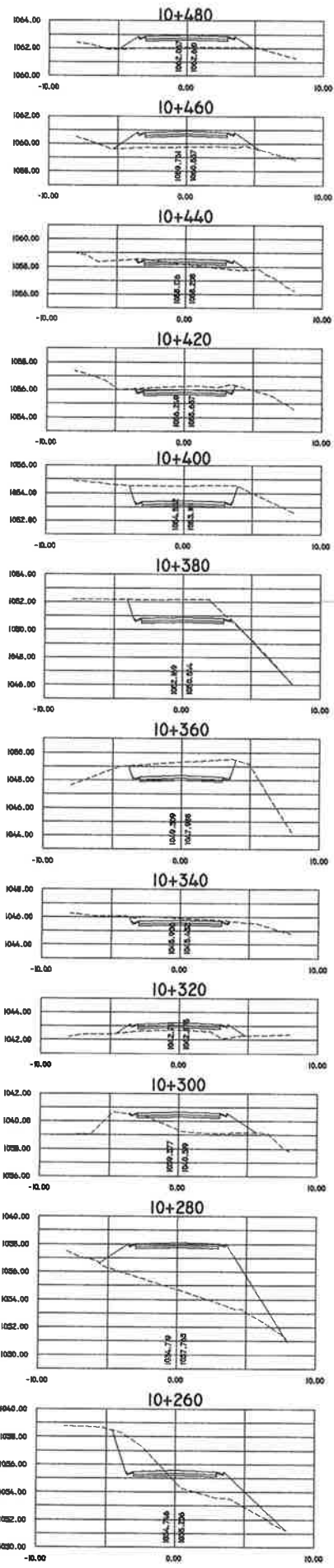
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONCELOS XAJAJAC-EL TRIUNFO Y LA SOLOLA
 CONTENIDO: SECCIONES EST. 0+000 A EST. 1+480
 ESCALA: 1:200
 FECHA: SEPTIEMBRE 2007

ASESOR: ING. LUIS ALFARO VELIZ	DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO Cand. 1003-11413	PLANO N° 1727
CALELES: JULIO MORAN GALLARDO Cand. 1003-11413	DIBUJO: JULIO MORAN GALLARDO Cand. 1003-11413	

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASesor(A) SUPERVISOR(A) DE ETS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y ETS
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura



ING. GENAR GUERRA
 OTIC CONSTRUCTORES Y MAQUINARIAS
 PROF. TIBISO SALCOURA
 ALCALDE MUNICIPAL

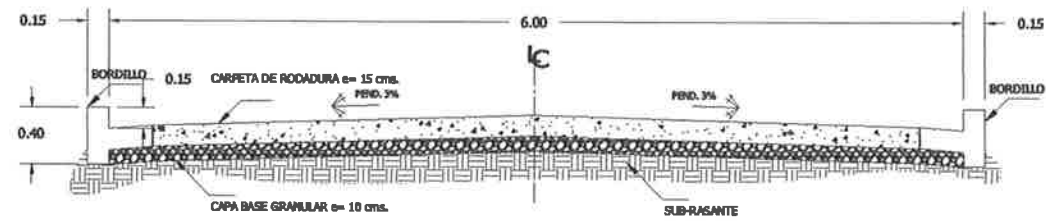


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 SUPERVISOR (a) DE PROYECTOS DE INGENIERIA

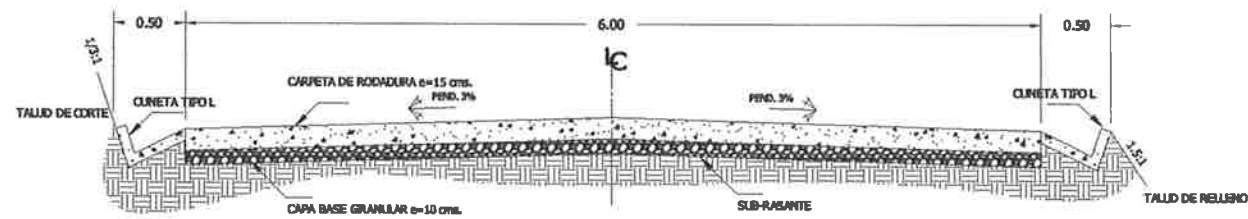


ING. LUIS ALFARO VELAZQUEZ
 SUPERVISOR DE PROYECTOS DE INGENIERIA

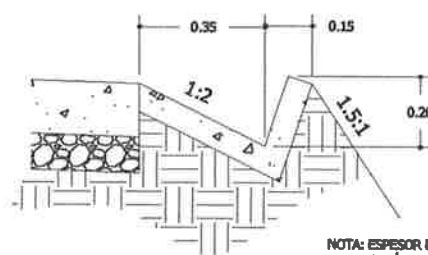
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EN MUNICIPALIDAD DE SOLA SOLA	
PROYECTO DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO VASCONELOS XAJAYAC - EL TRINFORO LUIS ESOLLA	ESCALA 1:200
CONTENIDO SECCIONES	FECHA SEPTIEMBRE 2009
EST. 10+260 A EST. 11+541.11	FLUJO No. 2627
ASESOR ING. LUIS ALFARO VELAZQUEZ	DISEÑO JULIO MORANGALLARDO Cant. 2003-12473
CABELLO JULIO MORANGALLARDO Cant. 2003-12473	DIBUJO JULIO MORANGALLARDO Cant. 2003-12473
ING. GEORGINA DIZ. DRASTICAS Y MUNICIPALES	ING. PEDRO SALGADO GONZALEZ ALCALDE MUNICIPAL



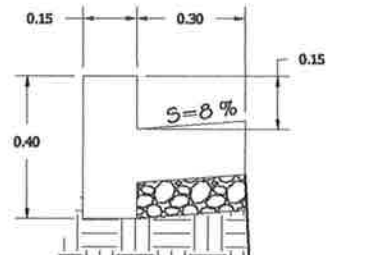
SECCION TIPICA CON BORDILLO
ESCALA 1:25



SECCION TIPICA CON CUNETETA TIPO L
ESCALA 1:25



DETALLE CUNETETA TIPO L
ESCALA 1:10



DETALLE BORDILLO
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES:

DRENAJE TRANSVERSAL:

LA TUBERÍA DE METAL SERÁ DE ACERO CORRUJADO TIPO CORPACERO, FORMANDO UN DIÁMETRO DE 30" POR MEDIO DE SECCIONES CIRCULARES PERFORABLES.

LOS PERNOS DE ACERO PARA LAS PLANCHAS DEBEN CUMPLIR CON LO ESTIPULADO EN AASHTO M264 (ASTM A 325).

EXCAVACIÓN Y CIMENTACIÓN:

EL ANCHO DE LA ZANJA DEBE SER EL MÍNIMO QUE PERMITA TRABAJAR CON LIBERTAD A LOS LADOS DE LA TUBERÍA Y PARA LA COMPACTACIÓN COMPLETA DEL RELLENO DEBAJO Y ALREDEDOR DE LA MISMA. LAS PAREDES DE LA ZANJA DEBEN QUEDAR LO MÁS VERTICALES QUE SEA POSIBLE, DESDE LA CIMENTACIÓN HASTA POR LO MENOS LA CORONA DE LA ALCANTARILLA.

EL SUELO DE APOYO DE LA TUBERÍA DEBE PROPORCIONAR UNA RESISTENCIA RAZONABLE UNIFORME A LA CARGA IMPUESTA LONGITUDINALMENTE Y LATERALMENTE. CUANDO DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIALES SUAVES O INESTABLES NO SE ENCUENTRE UNA BASE FIRME PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TUBERÍA, ESTOS MATERIALES SE DEBEN REMOVER POR LO MENOS 2 VECES EL ANCHO DE LA TUBERÍA Y UNA PROFUNDIDAD DE 0.20 METROS. SE DEBE RELLENAR CON GRAVA U OTRO MATERIAL APROPIADO, DEBIDAMENTE COMPACTADO, PARA OBTENER UN LECHO ABSORBEDOR.

CUANDO SE ENCUENTRE ROCA, YA SEA EN ESTRATOS O EN FORMA SUBLTA, ESTE MATERIAL DEBE SER REMOVIDO HASTA MÁS ABAJO DE LA COTA DE CIMENTACIÓN Y REEMPLAZARSE POR UNA CAMA DE ARENA U OTRO MATERIAL COMPACTADO, QUE TENGA UN ESPESOR MÍNIMO DE 30 CENTÍMETROS.

ESTRUCTURA DEL MATERIAL DE RELLENO:

LA ESTRUCTURA DEL MATERIAL DE RELLENO DEBE SER MATERIAL GRANULAR PERMEABLE, LIBRE DE EXCESO DE HUMEDAD, TURBA, TERRONES DE ARCILLA, RAÍCES, CÉSPED U OTRO MATERIAL DELETERO. DEBE CUMPLIR CON LO SIGUIENTE:

DIMENSIÓN MÁXIMA 50 MILÍMETROS

MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75µm, AASHTO 200 Y 75 15% MÁXIMO

LÍMITE LÍQUIDO, AASHTO 79 30%

SI EL MATERIAL RESULTANTE DE LA EXCAVACIÓN NO CUMPLE CON LO INDICADO ANTERIORMENTE, SE DEBE OBTENER EL MATERIAL DE UNA FUENTE COMPLETAMENTE DIFERENTE AL DE LA EXCAVACIÓN.

COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL RELLENO ESTRUCTURAL:

EL MATERIAL DE RELLENO SE DEBE COMPACTAR EN CAPAS QUE NO EXCEDAN LOS 15 CENTÍMETROS DE ESPESOR DEBIENDO SER COLOCADAS SIMULTÁNEAMENTE A AMBOS LADOS DE LA TUBERÍA PARA QUE NO SE PRODUZCAN PRESIONES DESIGUALES. SE DEBE TENER CUIDADO AL COLOCAR EL MATERIAL DEBAJO DEL RIÑÓN DEL TUBO Y COMPACTARLO FIRMEMENTE.

LA COMPACTACIÓN SE PUEDE HACER POR MEDIO DE COMPACTADORAS MECÁNICAS, O DE MANO, APROPIADAS. LAS CAPAS DEBEN SER COMPACTADAS COMO MÍNIMO AL 90% DE LA DENSIDAD MÁXIMA DETERMINADA POR EL MÉTODO AASHTO T 180.

NO SE PERMITIRÁ QUE SE OPERE EQUIPO PESADO SOBRE LA TUBERÍA, SIENDO HASTA QUE HAYA SIDO HECHO CORRECTAMENTE EL RELLENO Y ÉSTA SE HAYA CUBIERTO. A PARTIR DE LA CORONA, CON MATERIAL DE POR LO MENOS 60 CENTÍMETROS DE ALTURA.

COLOCADO DE TUBERÍA:

LA COLOCACIÓN DE LAS TUBERÍAS SE DEBE PRINCIPALMENTE EN EL EXTREMO DE AGUAS ABAJO, CUIDANDO QUE LAS PASTAS EXTERIORES CIRCUNFERENCIALES Y LAS LONGITUDINALES DE LOS COSTADOS SE COLOQUEN FRENTE A LA DIRECCIÓN AGUAS ARRIBA.

LAS UNIONES TRANSVERSALES DE LAS SECCIONES DE LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR DE LA ALCANTARILLA DEBEN SER ALTERNAS. PARA OBTENER EXTREMOS TERMINADOS EN UN PLANO VERTICAL, SE PROVEERÁN MEDIAS SECCIONES PARA EL PRINCIPIO Y EL FINAL.

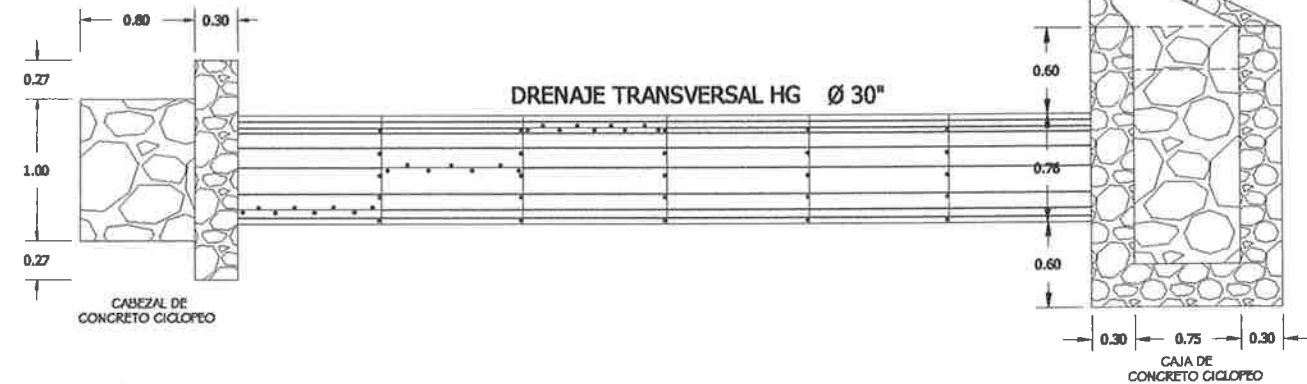
LOS AGUJEROS PARA PERNOS EN LOS BORDOS DE LAS PLANCHAS QUE FORMARÁN LAS JUNTAS LONGITUDINALES, DEBEN SER HECHOS EN FORMA ALTERNADA (EN ZIGZAG) EN HILERAS A 30 MM DE SEPARACIÓN UNA DE LA OTRA CON UNA HILERA EN EL VALLE Y OTRA EN LA CRESTA DE LA CORRUJACIÓN. LOS AGUJEROS A LO LARGO DE LOS BORDOS DE PLANCHAS QUE FORMARÁN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, DEBEN ESTAR SEPARADOS A NO MÁS DE 300 MM. LA DISTANCIA DE LOS CENTROS DE LOS AGUJEROS AL BORDO DE LAS PLANCHAS, NO DEBE SER MENOR DE 1/4 DEL DIÁMETRO DEL PERNO. EL DIÁMETRO DE LOS AGUJEROS A LO LARGO DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES, DEBE SER 3.2 MM (1/8") MAYOR QUE EL DIÁMETRO DE LOS PERNOS.

REQUERIMIENTO DE TUBERÍA:

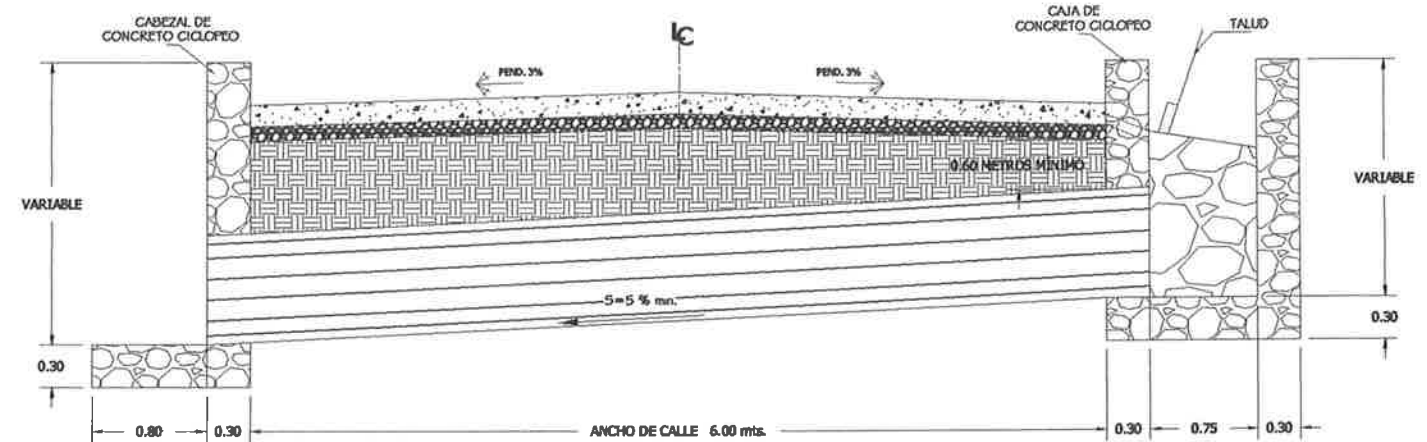
EL REQUERIMIENTO ES CON MASTIQUE ASFÁLTICO, EL CUAL SERÁ COLOCADO EN LA SUPERFICIE EXTERIOR DE LA TUBERÍA Y NO SE NECESITA RECUBRIR LOS INTERIORES. EL MASTIQUE ASFÁLTICO DEBE ESTAR DE ACUERDO CON AASHTO M243 Y DEBE TENER UN ESPESOR MÍNIMO DE 1.27 MM.

PRECAUCIONES CON LA TUBERÍA:

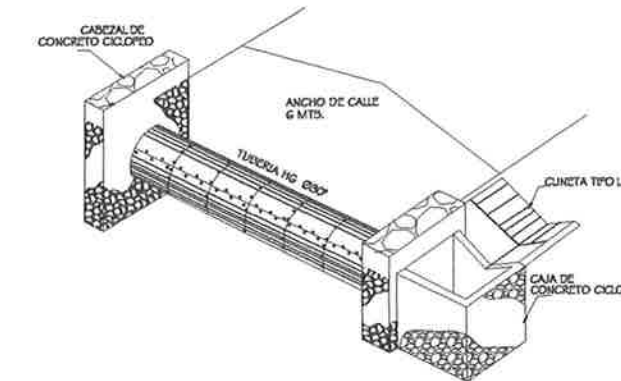
LA TUBERÍA NO SERÁ RODADA O ARRASTRADA SOBRE ROCA Y SE IMPEDIRÁ QUE SE GOLPEE CON ROCAS Y OTROS OBJETOS DURES DURANTE LA COLOCACIÓN SOBRE EL COLCHÓN.



PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA 1:25



SECCION DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA 1:25



ISOMETRICO DRENAJE TRANSVERSAL
SEN ESCALA

CONCRETO CICLOPEO PARA CAJAS Y CABEZALES:

MATERIALES:

EL CONCRETO CICLOPEO SERÁ UNA COMBINACIÓN DE CONCRETO HIDRULICO DE CLASE 37.5 MPa (2,500 kg/cm²) Y DE PIEDRA PIEDRA O CANTO REDONDO, DE BUENA CALIDAD, DE PREFERENCIA EN SU ESTADO NATURAL NO MAYOR A LOS 300 MM.

EL VOLUMEN TOTAL DE LA PIEDRA NO DEBE EXCEDER DE UN TERCIO DEL VOLUMEN TOTAL DEL CONCRETO CICLOPEO.

EXPOSICIÓN:

LA PIEDRA DEBE COLOCARSE CUIDADOSAMENTE, A MANO, SIN DEJARLA CAER O TIRARLA, PARA NO CAUSAR DAÑO A LAS FORMALETAS O AL CONCRETO ADYACENTE PARCIALMENTE FRAGUADO.

TODA PIEDRA ANTES DE SER COLADA, DEBE LIMPIARSE Y MOJARSE CON AGUA LIMPIA, A MODO DE EVITAR QUE LA PIEDRA ABSORBA AGUA DEL CONCRETO. CADA PIEDRA DEBE ESTAR REDONDA DE POR LO MENOS 80MM. DE CONCRETO Y NO DEBE COLOCARSE NINGUNA, A MENOS DE 300 MM DE CUALQUIER SUPERFICIE SUPERIOR NI A MENOS DE 80 MM. DE CUALQUIER OTRA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA.

NOTA: LAS ESPECIFICACIONES QUE SE MUESTRAN EN ESTE PLANO FUERON EDITADAS EN BASE DE LAS ESPECIFICACIONES DEL LIBRO AZUL DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, ESPECIFICACIONES DE INSTALACIONES DE TUBERÍAS DE LA EMPRESA DRETECO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ETS
MUNICIPALIDAD SOLOLA-SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DE PAVIMENTO REDONDO PARA EL CAMINO WASCONELOS, XAJAJAC-EL TRIUNFO, CULUBA, SOLOLA
ESCALA: LA INDICADA

CONTENIDO: DETALLES DE SECCION TIPICA Y DRENAJE TRANSVERSAL
FECHA: JUNIO 2009

ASESOR: ING. LUIS ALFARQUELIZ
DISEÑO: JULIO MORAN GALLARDO
CALLE: JULIO MORAN GALLARDO
CALLE: JULIO MORAN GALLARDO

PLANO: 27/27

ING. GENOVINA OTO DE LAS PUBLICACIONES MEXICANAS
ING. PEDRO SALOQUIZUNA ALCALDE MUNICIPAL