



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE
– ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA**

Danilo Enrique Bonilla Alarcón

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE
– ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DANILO ENRIQUE BONILLA ALARCÓN

ASESORADO POR ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo 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. Walter Rafael Véliz Núñez
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

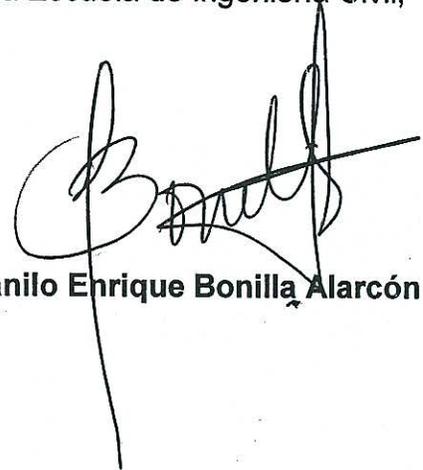
DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Tomás Moscoso Caminade
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Montenegro Paiz
EXAMINADOR	Ing. Irvin Benjamín Martínez Quevedo
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE – ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de octubre de 2011.



Danilo Enrique Bonilla Alarcón



Guatemala, 07 de noviembre de 2011
REF.EPS.DOC.1434.11.11

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 **Danilo Enrique Bonilla Alarcón** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **8916474**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA"**.

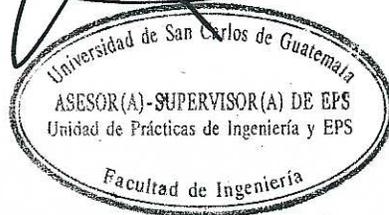
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
SJRS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
10 de octubre de 2012

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 DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE – ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Danilo Enrique Bonilla Alarcón, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



Guatemala, 16 de octubre de 2012
Ref.EPS.DOC.865.10.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

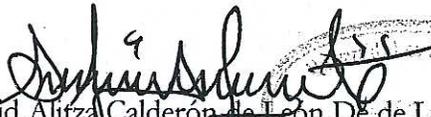
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Danilo Enrique Bonilla Alarcón**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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. Sigrid Alitza Calderón de León De León
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra



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 del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y del Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Danilo Enrique Bonilla Alarcón, titulado DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 715.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CANTÓN UTZUMAZATE-ALDEA BUENA VISTA, BARBERENA, SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario **Danilo Enrique Bonilla Alarcón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 15 de octubre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme fortaleza para culminar mi carrera.
Mis hijos	Claudia Lucía, Carlos Francisco y Ana Rocío Bonilla Valenzuela.
Mis padres	Carlos Bonilla y Yolanda Alarcón.
Mis hermanos	Libna y Renaldo Bonilla Alarcón.
La familia	Valenzuela Mejía, especialmente a Claudia, mi esposa.

AGRADECIMIENTO A:

Dios	Que por Él estoy donde estoy y sin Él no fuera posible absolutamente nada.
Ing. Silvio Rodríguez	Por compartir sus conocimientos durante la asesoría del presente trabajo de graduación.
Ing. Henry Ernesto Chacón Valdez (q.e.p.d.)	Por brindarme sus conocimientos y apoyo incondicional, además de su amistad.
Sr. alcalde Rubelio Recinos y Corporación de la Municipalidad de Barberena	Por brindarme su colaboración para realizar mi EPS, y en especial a los que integran la Oficina Municipal de Planificación.
Mis amigos y compañeros de estudio, de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala	Que me ayudaron de una u otra manera a colaborar en mi formación profesional y personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Barberena departamento de Santa Rosa.....	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Características de la población	2
1.1.3. Extensión territorial, altitud, latitud y longitud.....	3
1.1.4. Límites y colindancias	3
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas	3
1.1.6. Clima.....	3
1.1.7. Vías de acceso.....	4
1.1.8. Servicios públicos	4
1.1.9. Comercio.....	4
1.1.10. Turismo	4
1.2. Principales necesidades del municipio.....	5
1.2.1. Priorización de las necesidades	5
1.3. Características socioeconómicas	5
1.3.1. Origen de la comunidad	5
1.3.2. Idioma y religión	6

1.3.3.	Organización de la comunidad.....	6
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1.	Diseño de pavimento rígido Cantón Utzumazate – Aldea Buena Vista, Barberena, Santa Rosa	7
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	7
2.1.2.	Definición de pavimentos.....	8
2.1.3.	Tipos de pavimentos.....	8
2.1.3.1.	Pavimentos flexibles	8
2.1.3.2.	Pavimentos rígidos	8
2.1.4.	Topografía.....	9
2.1.4.1.	Planimetría.....	9
2.1.4.2.	Altimetría.....	9
2.1.5.	Ensayos de laboratorio en suelos	10
2.1.5.1.	Ensayo de granulometría	10
2.1.5.2.	Limites de Atterberg.....	11
2.1.5.3.	Ensayo de Compactación o Próctor modificado	13
2.1.5.4.	Ensayo del valor relativo de soporte del suelo (CBR)	13
2.1.5.5.	Análisis de resultados	14
2.1.6.	Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos	14
2.1.6.1.	Especificaciones técnicas	15
2.1.6.2.	Subrasante	15
2.1.6.3.	Subbase	16
2.1.6.4.	Base	16
2.1.6.5.	Carpeta de rodadura.....	17
2.1.7.	Drenajes menores en vías pavimentadas	24

2.1.7.1.	Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas	24
2.1.7.2.	Consideraciones hidráulicas.....	24
2.1.7.2.1.	Corriente de agua.....	25
2.1.7.2.2.	Gradiente hidráulico	25
2.1.7.2.3.	Diseño hidráulico	26
2.1.7.2.4.	Drenajes transversales	34
2.1.8.	Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimentos	34
2.1.9.	Presupuesto del proyecto	38
2.1.10.	Evaluación ambiental inicial	39
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		43
BIBLIOGRAFÍA.....		45
ANEXOS		47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Municipio de Barberena.....	2
2.	Límites de Atterberg.....	12
3.	Área tributaria.....	29

TABLAS

I.	Categoría de carga por eje.....	20
II.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.....	21
III.	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	22
IV.	Valores de k para diseño sobre bases de suelos cemento (pca)...	22
V.	Valores de k para diseño sobre bases granulares (pca).....	22
VI.	Permisible carga por eje categoría 2, pavimentos con juntas dovelas.....	23
VII.	Pendiente transversal recomendada, según el tipo de superficie...	24
VIII.	Principales coeficientes de escorrentía.....	30
IX.	Tipo de superficie.....	31
X.	Integración de precios.....	38
XI.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	39
XII.	Factores que pueden causar impacto ambiental y sus medidas de mitigación.....	40

GLOSARIO

AASHTO	Siglas de la American Association State Highway and Transportation Officials.
Altimetría	Conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente.
Base	Capa de material ya graduado, que trasmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores.
Coefficiente de escorrentía	Es el porcentaje de agua de precipitación total tomada en consideración, pues no todo el volumen de precipitación drena por medios naturales o artificiales. Se debe a la infiltración, evaporación, acumulación en el suelo y subsuelo, etc.
Cota del terreno	Número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.

Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Intensidad de lluvia	Espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta.
Juntas	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Pavimentos	Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, formada por diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del mismo.
PCA	Siglas de la Portland Cement Association.

Planimetría

Conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre. Esta representación o proyección se denomina plano. Sirve para la localización en planta de la línea de conducción y red de distribución.

Subrasante

Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto

**Tiempo de
concentración**

Tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto en estudio.

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área drenada de la cuenca
CBR	California Bearing Ratio
Q	Caudal
C	Coeficiente de escorrentía
N	Coeficiente de Manning
D	Diámetro de la tubería
H	Diferencia de elevación
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
L	Longitud
M	Metros
MR	Módulo de ruptura
S	Pendiente de la tubería
T_c	Tiempo de concentración
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones
V	Velocidad

RESUMEN

El municipio de Barberena se encuentra ubicado en la región central del departamento de Santa Rosa, sobre la carretera Interamericana CA-1, a 54 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 9.5 kilómetros de la cabecera departamental de Cuilapa. En este municipio, se ubica el cantón Utzumazate a un kilómetro de la cabecera municipal, en el que se diseña un pavimento rígido.

Lo planteado en este proyecto es la aplicación del conocimiento teórico adquiridos durante la formación académica, basándose en un diagnóstico preliminar derivado de inspecciones técnicas, realizadas en los lugares antes descritos y enfocándose básicamente en las actividades siguientes: monografía del lugar, análisis general de la comunidad, levantamiento topográfico, estudio de suelo, diseño del pavimento, elaboración de planos, cuantificaciones y presupuestos.

Los criterios principales que se aplicaron son para implementar soluciones que se adapten de manera efectiva a cada situación en particular, sin embargo no es el objetivo ni se pretende abarcar absolutamente todos los aspectos que intervienen en el diseño, pero si se introduce a una visión el conjunto de las partes que componen su estudio.

En síntesis, explica, define y puntualiza recomendaciones y especificaciones básicas sobre el diseño del pavimento rígido.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una investigación de tipo monográfica con sus características geográficas, sociales, de servicio, de producción y demográfica, además se desarrollará una investigación diagnóstica de las necesidades de servicio básico e infraestructura del lugar.

Específicos

1. Diseñar el pavimento rígido en el tramo carretero del cantón Utzumazate hacia la aldea Buena Vista de 5000 metros.
2. Aplicar los conocimientos de las ramas de los suelos, la topografía, el pavimento, etc.
3. Elaborar el presupuesto y planos del proyecto.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de graduación, se desarrolla el diseño del pavimento rígido del cantón Utzumazate a la aldea Buena Vista del municipio de Barberena Santa Rosa. Este documento consta de dos capítulos compuestos de la siguiente manera:

Capítulo 1. En este capítulo se desarrolla la fase de investigación, conteniendo la monografía del municipio de Barberena Santa Rosa, sus aspectos históricos, su localización geográfica, su clima, su división política, etc.

Capítulo 2. Este capítulo contiene la fase del servicio técnico profesional, el cual está conformado por el diseño del pavimento rígido, dicha sección cuentan con una memoria descriptiva de la situación actual del proyecto, métodos y/o normas de diseño.

También se describen los aspectos técnicos, que intervienen en el diseño, los criterios utilizados para el cálculo, la elaboración del presupuesto del proyecto y en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y los anexos correspondientes.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Es el proceso de investigación que comprende el enfoque y el conjunto de métodos, técnicas y procedimientos de captación de información necesarios para construir preguntas y obtener respuestas pertinentes en la búsqueda de una solución.

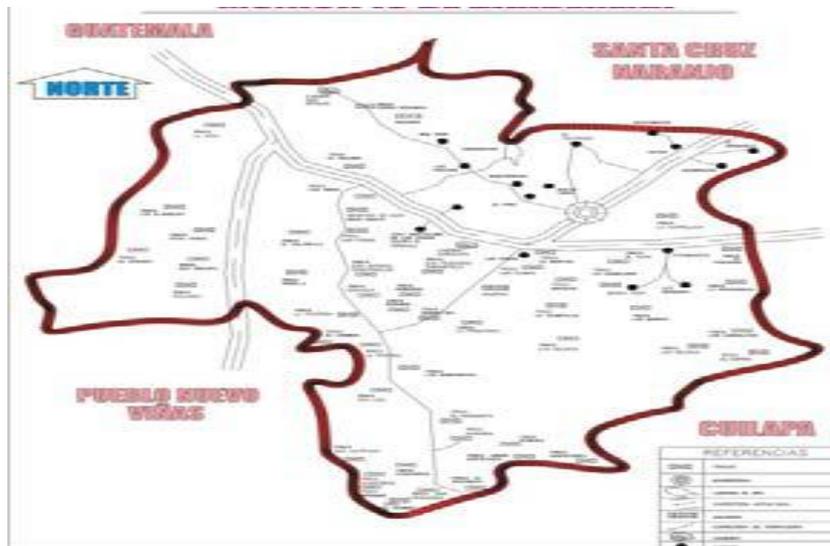
1.1. Monografía del municipio de Barberena departamento de Santa Rosa

El municipio de Barberena fue creado por Acuerdo Gubernativo del 20 de Diciembre de 1879, el que en su parte conducente dice: "...En atención a que las poblaciones de Barberena, Corral de Piedra, Pino Buena Vista, Cerro Redondo, La Vega, Los Tarros, La Pastoría, San Juan Utapa, El Zapote, Teanzual y Pueblo Nuevo reúnen los requisitos que previenen el artículo 4to. del Decreto No.242, para la creación de un distrito o jurisdicción municipal, residiendo la Municipalidad de Barberena..." En Acuerdos Gubernativos de 1892 y del 26 de diciembre de 1912 fueron adicionadas las aldeas: Pueblo Nuevo y la Vega, al municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa.

1.1.1. Ubicación

El municipio de Barberena se ubica en la región central del departamento de Santa Rosa, sobre la carretera Interamericana CA-1, a 54 kilómetros de distancia de la Ciudad Capital y a 9.5 kilómetros de la cabecera departamental de Cuilapa.

Figura 1. Municipio de Barberena



Fuente: Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de Barberena.

1.1.2. Características de la población

La jurisdicción municipal de Barberena está comprendida por: cabecera municipal, 11 aldeas, 3 caseríos, 2 parcelamientos y 48 fincas registradas, detallándose las más importantes.

Aldeas: Las Astas, El Junquillo, El Quebracho, El Colorado, Las Pozas, Buena Vista, Mal País, El Pino, Los Pocitos, y Las Canoitas.

Caseríos: San Nicolás, Los Pocitos y Canoitas.

Parcelamientos: Fray Bartolomé de las Casas y Viñas.

Fincas: Cerro Redondo, Las Viñas, Las Vegas, Uruguay, Las Alamedas, Islandia, La Pastoría, Sabanetas, Las Margaritas, el Naranjito, El Progreso, Canteros, San Luis, El Volcancito, Montevideo, Teanzaul, Santa Elisa, Miramar, El Paraíso, El Colorado, El Hato, Agua Santa, La Unión, Noruega y El Mirador.

Cabe indicar que los centros poblados que integran el municipio de Barberena, en la actualidad no han cambiado de nombre ni han surgido otros, con relación a los que originalmente constituyeron su formación, lo que deja de manifiesto que el mismo cuenta con tradiciones y costumbres muy arraigadas.

1.1.3. Extensión territorial, altitud, latitud y longitud

El municipio de Barberena tiene una extensión territorial aproximada de doscientos noventa y cuatro (294) kilómetros cuadrados. Las coordenadas geográficas lo sitúan en una latitud de 14 grados, 18 minutos y 26 segundos y una longitud de 90 grados 21 minutos y 36 segundos.

1.1.4. Límites y colindancias

Barberena colinda al norte con Santa Cruz Naranjo y Fraijanes, al sur con Pueblo Nuevo Viñas y Villa Canales, al este con Nueva Santa Rosa y Cuilapa y al oeste con Pueblo Nuevo Viñas y Villa Canales.

1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

También contribuye con la producción del municipio debido a que su principal cultivo el café el cual unido a otros cultivos permanentes ocupan alrededor del 92% de la tierra cultivada. Adicionalmente, se cultiva maíz, frijol y algunas hortalizas pero a menor escala los que integran el 8% restante.

1.1.6. Clima

El municipio registra alturas que van desde 7200 pies (2195 metros) hasta 2400 pies (732 metros) sobre el nivel del mar (SNM); la cabecera municipal se encuentra a 3508 pies (1069 metros) SNM.

Su clima generalmente es templado, en época de verano varía a cálido. Sus temperaturas oscilan entre 18.8 y 27.8 grados centígrados. La precipitación pluvial por año es de 1990 mm. y la humedad relativa es de 70.3% factor que, entre otros, contribuye a crear el ambiente adecuado para el cultivo del café.

1.1.7. Vías de acceso

Las vías de acceso de Barberena, están sobre la carretera Interamericana CA-1, a 54 kilómetros de distancia de ciudad capital y a 9.5 kilómetros de la cabecera departamental de Cuilapa Santa Rosa.

1.1.8. Servicios públicos

Actualmente cuenta con los servicios de agua potable, drenajes, letrinización, energía eléctrica, educación, salud y otros.

1.1.9. Comercio

El sector de Barberena contribuye con la mayor parte de la producción del municipio, en su actividad económica que es el cultivo de café, el cual, unido a otros cultivos permanentes, ha alcanzado un desarrollo completo, en beneficio de la población.

1.1.10. Turismo

Entre los lugares turísticos que tiene Barberena se encuentra la Laguna El Pino, el cual se puede visitar si el objetivo es salir de la rutina, disfrutar de tiempo en la naturaleza y se encuentra ubicada a 50 km de la capital y 4 km de la cabecera municipal de Barberena. El lugar está ubicado exactamente entre los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo, del departamento de Santa Rosa.

1.2. Principales necesidades del municipio

Debido a las condiciones que tiene la población actualmente se tiene la dificultad de acceso, deterioro de los vehículos, polvo que con lleva deterioro de la salud de los habitantes aledaños a esta carretera.

1.2.1. Priorización de las necesidades

Tomando en consideración los aspectos económicos y de salud, surge la necesidad de desarrollar el diseño de pavimento rígido del tramo carretero del cantón Utzumazate a la aldea Buena Vista de Barberena Santa Rosa.

1.3. Características socioeconómicas

Guatemala es un país cuya principal actividad productiva es la agricultura, y el sector de Barberena contribuye con la mayor parte de la producción del municipio, en su actividad económica que es el cultivo de café el cual, unido a otros cultivos permanentes, ocupan alrededor del 92% de la tierra cultivada.

Adicionalmente se cultiva maíz, frijol y algunas hortalizas pero en menor escala, los que integran el 8% restante.

1.3.1. Origen de la comunidad

El municipio de Barberena, fue creado por Acuerdo Gubernativo del 20 de diciembre de 1879, el que literalmente dice “En atención a que las poblaciones de Barberena, Corral de Piedra, Pino Buena Vista, Cerro Redondo, La Vega, Los Tarros, La Pastoría, San Juan Utapa, El Zapote, Teanzual y Pueblo Nuevo reúnen los requisitos que previenen el Artículo 4to. Del decreto No. 242, para la creación de un distrito o jurisdicción municipal, residiendo a la Municipalidad de Barberena”.

En Acuerdos Gubernativos de 1892 y del 26 de diciembre de 1912 fueron adicionadas las aldeas: Pueblo Nuevo y La Vega, al municipio de Barberena.

El municipio de Barberena fue cabecera departamental de Santa Rosa, entre 1913 y 1920, mientras la ciudad de Cuilapa era reconstruida de los daños causados por el terremoto de 1913.

1.3.2. Idioma y religión

A pesar del mestizaje que experimentó la comunidad, en el municipio de Barberena el idioma predominante en totalidad es el español, al igual que en todas las aldeas del municipio. Existen en la localidad iglesias católicas y evangélicas (protestantes).

1.3.3. Organización de la comunidad

El municipio se encuentra organizado por concejos municipal y comunitario de desarrollo (Comude y Cocodes).

El Comude está formado por el alcalde y varios de sus concejales, el Cocode lo forman los miembros de la comunidad. Estos concejos son los responsables de identificar y priorizar proyectos, los cuales deben ser de beneficio para la población. Después de definir los proyectos de interés, son responsables de poder planificar y programar los mismos

Los Cocode se integran por la Asamblea Comunitaria, integrada por los residentes de una misma comunidad, los cuales tienen sus propios principios, valores, normas y procedimientos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En este capítulo se desarrolla el diseño del proyecto de pavimentación rígida para el camino que conduce del cantón Utzumazate hacia la aldea Buena Vista, en Barberena, Santa Rosa.

2.1. Diseño de pavimento rígido cantón Utzumazate – aldea Buena Vista, Barberena, Santa Rosa

Este proyecto fue considerado, en primer lugar porque los pobladores necesitan trasladar la producción agrícola (café, maíz, frijol principalmente) de una manera ágil y adecuada, a la cabecera municipal, que es Barberena. En segundo lugar, el estado en que se encuentra este tramo, ha deteriorado la salud de los habitantes aledaños a esta carretera, debido al polvo producido por el viento y tránsito de vehículos, los cuales se deterioran a corto plazo por el constante paso en el traslado de los productos

2.1.1. Descripción del proyecto

En lo relacionado con el pavimento, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa para pavimento rígido y una explicación de pavimento flexible. Se debe considerar la ubicación de los bancos de materiales tanto para la capa de la base como la carpeta de rodadura. Ubicando un banco de materiales a una distancia de 16 kilómetros aproximadamente del lugar a pavimentar, se obtiene: arena de río, arena roja, piedrín y selecto, en otros bancos de materiales se encuentra solamente selecto a una distancia de 20 kilómetros aproximadamente del lugar.

2.1.2. Definición de pavimentos

Un pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de los neumáticos de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y, finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.1.3. Tipos de pavimentos

Históricamente, hay dos tipos de pavimentos, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos, su comportamiento cuando distribuyen la carga.

2.1.3.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Éstas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual.

2.1.3.2. Pavimentos rígidos

Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento Portland, que se apoya sobre una capa de base, la cual es la que absorbe la mayor cantidad de los esfuerzos, producto del peso de los vehículos que sobre ella pasan, la losa posee características de viga que le permiten extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

2.1.4. Topografía

La información topográfica necesaria para el diseño de una carretera consiste en tomar en campo, los ángulos y distancias horizontales que definen la ruta preliminar, haciendo uso del teodolito y el equipo que le complementa, como el estadal, la plomada, cinta métrica, trípode y más.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias a cada 20 metros. Se usó el método de conservación de azimut, y se utilizó un nivel de mano para medir las secciones transversales en cada estación.

La planimetría y altimetría son bases fundamentales para todo tipo de proyecto vial, en su aplicación determinan la libreta de campo y planos para obtener las condiciones necesarias del lugar de ejecución del proyecto.

2.1.4.1. Planimetría

Abarca todos los trabajos ejecutados para poder obtener la representación gráfica de un terreno, proyectado sobre un plano horizontal, por lo tanto la planimetría está en dos dimensiones. Se utilizó este método por ser muy exacto, los resultados se presentan en los planos, en el anexo B.

2.1.4.2. Altimetría

Es la medición de la altura de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio y se represente en tres dimensiones. Los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría se encuentran en los planos Planta-Perfil, ver anexo B.

2.1.5. Ensayos de laboratorio en suelos

En todo proyecto de pavimentación, se debe tener conocimiento de las características físicas del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con el material del suelo del lugar del proyecto.

2.1.5.1. Ensayo de granulometría

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales para presentar diferentes tamaños en su composición, este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en forma gráfica. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo, para el conocimiento de la composición granulométrica de determinado suelo, existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito, es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la curva granulométrica del material. Como el tamaño de las partículas, puede considerarse el diámetro de éstas, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda, según lo descrito en AASHTO T-27. Se considera arena todo lo retenido en tamiz No. 200, Grava lo retenido en tamiz No. 40 y granos finos lo que pasa por el tamiz No. 200. Ver anexo A

2.1.5.2. Límites de Atterberg

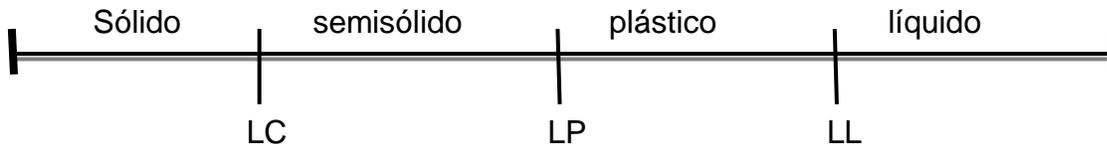
Sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos, están representados por su contenido de humedad y se conocen como: límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad, posee una consistencia semilíquida. Al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido y se agrieta o desmorona al ser deformado. Al intervalo de contenido de humedad, en el cual un suelo posee consistencia plástica, se le denomina intervalo plástico, ver anexo A.

- Límite líquido: es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad, las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (generalmente 25 golpes), se cierre a lo largo de una ranura formada en un suelo moldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

Para ello se utiliza el aparato propuesto por Arthur Casagrande, llamado la copa Casagrande

Figura 2. Límites de Atterberg



Fuente: elaboración propia.

- Límite plástico: es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice semisólido de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso.
- Índice plástico: es el más importante y el más usado, la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Los límites dependen de la calidad y del tipo de arcilla. Sin embargo, el índice de plasticidad depende, de la cantidad de arcilla en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico, ver anexo A, para el proyecto se determina como no plástico.

2.1.5.3. Ensayo de compactación o Próctor modificado

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos, la importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco disminuyendo sus vacíos.

Para determinar la densidad máxima, se hace por el método Próctor, este método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad y tiene dos formas de ensayo: Próctor estándar y Próctor modificado.

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Próctor modificado, según AASHTO T-180. Éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación. Los resultados para este proyecto ver anexo A.

2.1.5.4. Ensayo del valor relativo de soporte del suelo (CBR)

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

Generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración; es decir, dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000 PSI y uno de 1500 PSI respectivamente. De estos valores se usa el mayor, generalmente de 0.1 pulgada de penetración. Los resultados obtenidos en el laboratorio de compactación, ver anexo A.

2.1.5.5. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en el anexo A. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido. Las características del suelo se muestran así (ver anexo A):

El suelo presenta las siguientes características:

Clasificación: C.S.U.: SC P.R.A.: A-4

Descripción del suelo: arena media a fina, con grava y trazas de arcilla, color café.

Límites de Atterberg: No tiene límite plástico

Densidad seca máxima: 1,747.78 kg/m³ (109.10 lb/pie³)

Humedad óptima: 18.20%

C.B.R = 40% a 58.8% con compactación de 90% a 100%

2.1.6. Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos

Para el diseño de pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de cargas para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga, este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

2.1.6.1. Especificaciones técnicas

El pavimento es una estructura que descansa sobre la sub-rasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.

Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento rígido.

El éxito de un diseño de pavimento, rígido se basa en un buen estudio de suelos, ya que estos dan como resultado la capacidad de absorber esfuerzo de deformación y valor soporte tanto de la subbase como los de la base y así poder diseñar el espesor adecuado de la carpeta de rodadura del pavimento rígido para el sitio de interés.

2.1.6.2. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante, para efectos de este proyecto se debe de limpiar el terreno y retirar todo el material, así como todo vegetal que se encuentre en el área de trabajo

2.1.6.3. Subbase

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase, la cual debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serian dañinos para el pavimento.

2.1.6.4. Base

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 (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. Generalmente está formada por materiales granulares, como piedra triturada, arena, grava o suelos estabilizados. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros.

La base evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su mayor parte presente limo arenoso, con una capa de 15 centímetros de espesor bien compactados con vibro compactador

2.1.6.5. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito. Se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible. Si es pavimento rígido o por adoquines, un pavimento semiflexible, está formado por una losa de concreto de cemento Portland.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas. Además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito

Trabajos preliminares: construcción de cajuela: antes de proceder al corte del terreno natural, se deberá tener en cuenta la profundidad de los conductos subterráneos existentes utilizados para servicios públicos, como agua potable, drenajes, electricidad y teléfono, esto se realiza con el fin de evitar su ruptura al momento de iniciar la excavación. Los obstáculos en el proyecto pueden ser alcantarillas, árboles, arbustos, plantas, postes, señales, indicadores y otros, después se deberá definir la profundidad del corte, tomando en cuenta la diferencia de alturas entre la banquetta y la superficie de rodadura.

Construcción de la carpeta de rodadura, para obtener el espesor de la losa, se procedió de la siguiente manera:

- El tránsito servirá para dos propósitos principales, catalogar la vía según la tabla I y localizar el número de vehículos tipo pesado en las tablas de diseño. Para el diseño de este pavimento no se cuenta con datos de tráfico vehicular, por lo que se utiliza el método simplificado propuesto por la PCA para pavimento rígido.
- Para este caso el recuento sobrestimado de vehículos que pasarán sobre este pavimento según tabla I es de categoría 2, definida como calles colectoras, carreteras rurales y secundarias altas, con un rango de TPD de 700 a 5 000 vehículos y un 5% a 18% de TPDC, por lo que se asume 700 x 5% igual a 35 vehículos en ambas direcciones.
- Se determina el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones (TPDC), siendo un pueblo agricultor y una vía principal para dos aldeas en el futuro, el tráfico podría incrementar para mejorar sus ingresos y la calidad de vida, se espera a partir de la construcción de este proyecto.
- El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de apoyo que ofrece la subrasante al tráfico. En las tablas III y IV se determina por la PCA siguiendo las normas ASTM; dicha tabla fue obtenida para bases de suelo cemento y para bases granulares no tratadas, para diferentes espesores de base.
- Teniendo limitaciones de ensayo en campo, el valor K que se utiliza usualmente por correlación de una prueba más simple como es la clasificación del tipo de suelo según el sistema SCU (Sistema Unificado de Clasificación de suelos, bajo el punto de vista de la ingeniería), el sistema PRA (*Public Road Administration*) o en función de su número CBR.

- Si se emplea la clasificación SCU, PRA o el número CBR, debe emplearse el diagrama mostrado en la tabla II para determinar el módulo de reacción de la subrasante, y con este valor del módulo de reacción, determinar el carácter del soporte subrasante-sub-base según la tabla III. Con un valor de CBR igual a 58.3 se localiza en la tabla II de relación de soporte California (ver anexo A), el valor aproximado del módulo de la subrasante K, es de 580 lb/plg³ (ver tabla II).
- Con el dato anterior, se localiza en el rango de valores en la tabla III la cual determina a este soporte como muy alto, catalogando al tipo de suelo como arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.
- Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15% f'c; el f'c tiene un valor de 4000 PSI y el modulo de ruptura es de 15%*4000 = 600 PSI.
- Una vez determinado los parámetros anteriores lo siguiente es utilizar los datos en las tablas IV, V y VI, para determinar el espesor de diseño de la losa, por lo tanto su espesor será 6" (15.24 cm), lo aproximamos a 15 cm.
- Las juntas transversales serán construidas a cada 3.5 metros y las juntas longitudinales a cada 3.5 metros determinadas por las normas AASHTO, la cual determina que no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas a su espaciamiento en pies, en este caso el espesor de la losa es de 6".
- Entonces su espaciamiento entres juntas será de 12' lo que es equivalente a $12' \cdot 1\text{m}/3.28' = 3.65\text{ m}$ entonces se hará aproximadamente a cada 3.5 m. La pendiente de bombeo será de 2%, así como lo indica la tabla VIII y en el detalle de garabito (ver los planos).

Tabla I. **Categoría de carga por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 para 4 carriles o mas	8 a 30	500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o mas	8 a 30	1500 a 8000	34	60

Nota: las descripciones de alto, medio y bajo, se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

TPD: Tránsito promedio diario en el período de diseño

TPDC: Tránsito promedio diario de camiones

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.31.

Tabla II. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.S.T.M.																
OH																
CH																
OL																
MH																
ML																
CL																
SG																
SP																
SM																
GC																
GW																
GP																
GM																
GW																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.O.																
A-1-a																
A-1-b																
A-2-4																
A-2-5																
A-2-6																
A-2-7																
A-3																
A-4																
A-5																
A-6																
A-7-5																
A-7-6																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN																
E-1																
E-2																
E-3																
E-4																
E-5																
E-6																
E-7																
E-8																
E-9																
E-10																
E-11																
E-12																
VALOR DE RESISTENCIA - R																
5	10	20	30	40	50	60	70									
MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE - K LBS/PULG. ³																
100		150		200		250	300	400	600	700						
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG. ²																
		10		20		30		40	50	60						
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.32.

Tabla III. **Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K (PCI)
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.33.

Tabla IV. **Valores de k para diseño sobre bases de suelos cemento (pca)**

Valor de K de la Subrasante lbs/plg	Valores de K sobre la base lbs/plg ³			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-----

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.34.

Tabla V. **Valores de k para diseño sobre bases granulares (pca)**

Valor de K de la subrasante lbs/plg	Valores de K sobre la base lbs/plg ³			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.34.

Tabla VI. **Permisible carga por eje categoría 2, pavimentos con juntas dovelas**

		Concreto sin hombros o bordillo				Concreto con hombros o bordillo				
		Soporte Subrasante-sub-base				Espesor de losa Pulg.	Soporte Subrasante-sub-base			
Espesor de losa Pulg.		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR = 650 PSI	5.5				5	5.5	9	3 42	9 120	42 450
	6 6.5	9	4 43	12 120	59 400	6 6.5	96 710	380 2600	970	3400
	7 7.5	80 490	320 1900	840	3100	7	4200			
	8	2500								
MR = 600 PSI	6 6.5		8	24	11 110	5 5.5	1	8	1 23	8 98
	7 7.5	15 110	70 440	190 1100	750	6 6.5	19 160	84 620	220 150 0	810 5200
	8 8.5	590 2700	2300			7	1000	3600		
MR = 550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7 7.5	19	11 84	34 230	150 890	6 6.5	3 29	14 120	41 320	160 1100
	8 8.5	120 560	470 2200	1200		7 7.5	210 1100	770 4000	190 0	
	9	2400								

Nota:

- El análisis de fatiga controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga controla.
- Una fracción de TPDC, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y cuatro llantas. Pero únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDC de 0.3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 1995. p.36.

Tabla VII. **Pendiente transversal recomendada, según el tipo de superficie**

Tipo de Superficie		Bombeo
Muy buena	Concreto	1-2%
Buena	Mezcla asfáltica	1.5-3%
Regular	Adoquín	2-2.5%
Mala	Tierra o grava	2.5-3%

Fuente: DÍAZ GÓMEZ, Juan José; Diseño de pavimento rígido. Guatemala; Editorial Universitaria, 2003. p.30.

2.1.7. Drenajes menores en vías pavimentadas

Los drenajes en carretera son los que le ayudan a darle mayor vida a ésta, ya que permiten que el agua de lluvia y otros cursos de agua, fluyan sin causarle destrozos

2.1.7.1. Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas

La definición de alcantarilla pluvial, dice que es un conducto que lleva agua a través del terraplén. Es un paso bajo el nivel del pavimento para el agua y el tránsito vehicular pasa sobre ella. La diferencia entre un alcantarillado y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento, por lo contrario, un puente es un eslabón del pavimento. Las alcantarillas pueden ser tubos, arcos y bóvedas.

2.1.7.2. Consideraciones hidráulicas

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación.

Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o socava, es señal que no tiene capacidad, ni presta el servicio que se espera de ella en beneficio del pavimento, no debe diseñarse para que funcione a sección llena o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años.

En caminos secundarios y poco transitados, el reboso de las aguas sobre el camino una vez cada varios años pueda que no tenga consideraciones serias, si el terraplén se haya protegido. Cuando se trate de caminos de mucho más tránsito, la boca de entrada debe ser tal, que en raras ocasiones quede sumergida y las aguas nunca deben rebosar por encima de la carretera.

2.1.7.2.1. Corriente de agua

Existen dos tipos de flujo: laminar y turbulento, generalmente es este último el que predomina, en el caso del flujo turbulento, la resistencia del agua se drena de ellas a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia, se conoce como pérdida de carga por fricción, esta pérdida de cargas en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por diferencias de elevaciones de la superficie de agua entre los puntos considerados. También se consideran las pérdidas de entrada y salida de la tubería

2.1.7.2.2. Gradiente hidráulico

Es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales.

El gradiente hidráulico representa la presión a lo largo de tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en ese punto, en canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua.

2.1.7.2.3. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen que se concentra en su entrada, para ella se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos:

- Precipitación pluvial
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Esto es necesario para conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada. Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar esta cantidad de agua.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos, con el fin de evitar que el drenaje menor sea lo suficientemente capaz de evacuar el agua y así evitar azolvamiento, socavación o daño de pavimento, entre los métodos tenemos:

Por medio de fórmulas: en las que se toman en cuenta la cantidad de lluvia que cae, el tamaño de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación del lugar.

Las fórmulas más conocidas son:

- Fórmula de Talbot: proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.
- Fórmula Racional: esta fórmula asume que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

Por medio de estructuras próximas y crecidas máximas marcadas: puede ser una tubería o alcantarillado de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente, en este caso bastará tomar las medidas de éstas y así basarse en ellas para deducir el diámetro necesario.

También se puede determinar la descarga por las marcas que deja el agua que deja una correntada, de estas aguas se toma el nivel de crecida y se puede utilizar de 10% al 15% de la creciente normal, para tener un margen aceptable y también se puede usar las crecidas extra-máxima, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar.

El drenaje solo se hará en la parte pavimentada, por lo que recibirá al inicio el agua de escorrentía del área tributaria aguas arriba, pero el coeficiente de escorrentía es muy bajo por haber bosques y cultivo en la mayor parte del área. Ya que se utilizarán canales para reducir el espesor del pavimento, esto permitirá recolectar y conducir el agua. Se harán tragantes que introducirán el agua pluvial a un colector principal para protección del pavimento.

- El Método Racional: es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes, consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica.

Se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía y caudales para drenajes superficiales de carreteras y descargas, para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas.

El Método Racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado, por lo general, se obtienen mejores resultados con este método, para cuencas menores a 120 hectáreas, pero pueden utilizarse para estimar cuencas mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no puedan aplicarse algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

El Método Racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado. La fórmula racional es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo (m³/seg)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = intensidad de lluvia, en milímetros por hora (mm/h)

A = área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10 000 m²)

En donde el coeficiente de escorrentía es:

$$C = \frac{\sum ca}{\sum a}$$

Donde:

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

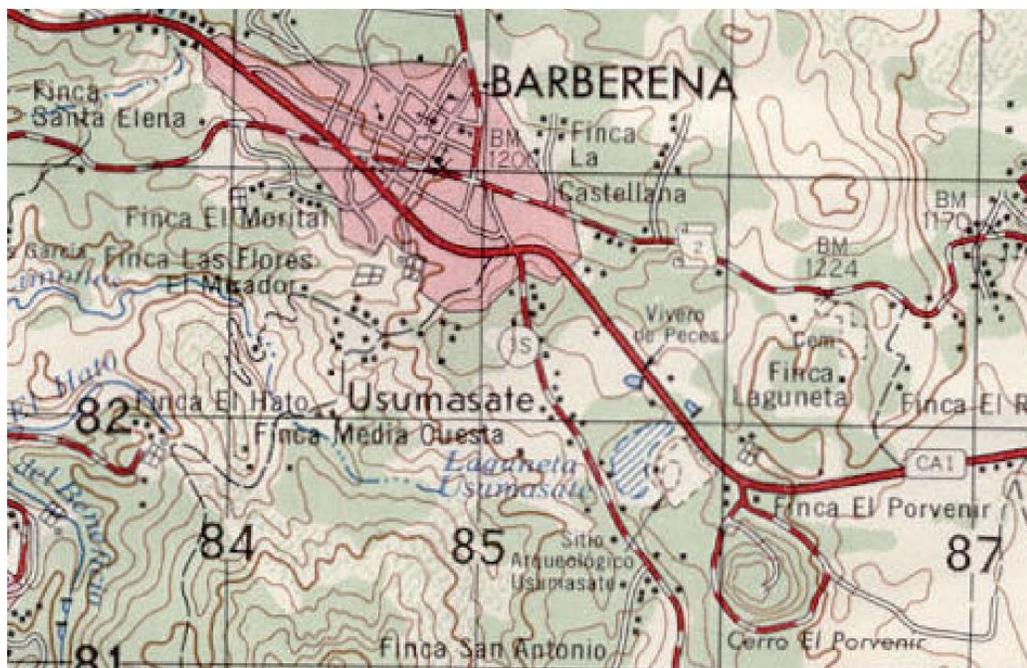
a = áreas parciales (Hectáreas)

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Por la naturaleza de este trabajo se utilizará el Método Racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un periodo de precipitación máxima, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Área tributaria: en la siguiente figura se puede observar el trazo de la cuenca general y con mayor detalle el plano real, se ve la micro cuenca entre las estaciones que se mencionan posteriormente. Al medir el área de la micro cuenca con un planímetro se define que el área tributaria es de aproximadamente. 33 250 m², lo que equivale a 3 325 hectáreas.

Figura 3. Área tributaria



Fuente: Mapa Geográfica Guatemala, escala 1:50,000.

El coeficiente de escorrentía: es el porcentaje de agua de precipitación total tomada en consideración, pues no todo el volumen de precipitación drena por medios naturales o artificiales.

Esto se debe a la infiltración, evaporación, acumulación en el suelo y subsuelo, etc. Por lo que existirán diferentes coeficientes para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

Tabla VIII. **Principales coeficientes de escorrentía**

Tipo de superficie	C
Techos	0.70-0.95
Pavimentos de concreto y asfalto	0.85-0.90
Empedrados y adoquinados en buenas condiciones	0.75-0.85
Empedrados y adoquinados en malas condiciones	0.40-0.70
Calles de madcam	0.25-0.60
Calles y aceras de grava	0.15-0.30
Calles sin pavimento y lotes baldios	0.10-0.30
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0.05-0.25
Bosques y tierra cultivada	0.01-0.20

Fuente: MUÑOZ, Héctor José. Diseño de pavimento rígido y drenajes. Guatemala; Editorial Universitaria, 2001. p.21.

Para este proyecto se hace referencia a la estación 4+719.886 a la 4+779.886 con una distancia de 60 metros, drenaje transversal No.17.

Coeficiente de escorrentía = área de pavimento * coeficiente de pavimento + área de suelo*coeficiente de suelo.

Tabla IX. Tipo de superficie

Tipo de superficie	c	a	c*a
Pavimentos de concreto y asfalto	0.85	420	357
Bosques y tierra cultivada	0.1	30,000	3,000
Total		30,420	3,357

Fuente: MUÑOZ, Héctor José. Diseño de pavimento rígido y drenajes. Guatemala; Editorial Universitaria, 2001. p.21.

$$C = 3\,357 / 30\,420 = 0,11$$

Lo que significa que el 11% del agua de precipitación total escurrirá por la superficie, y la otra parte se infiltrará en el suelo.

Intensidad de lluvia: es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por esta, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora. La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a las intensidades de precipitación en la república de Guatemala y mapas de isolíneas elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, de agosto del 2002. Para el presente trabajo se utilizó la intensidad de lluvia correspondiente a la estación de Los Esclavos, Santa Rosa, por ser la más cercana al lugar.

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 25 años en Santa Rosa es:

$$I = A / (B + t)^n = 1\,365 / (11 + t_c)^{0,76} \text{ (mm/hr)}$$

$$I = 1\,365 / (11 + 5,3)^{0,76} = 164 \text{ mm/hr}$$

t_c : tiempo de concentración: es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto en estudio.

$$T_c = (0,866 * L^3 / H)^{0,385} * 60 = (0,866 * 0,06^3 / 2)^{0,385} * 60 = 2 \text{ min.}$$

T_c = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal en kilómetros

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

Por la naturaleza de este trabajo se utiliza el Método Racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un periodo de precipitación máxima, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente fórmula:

$$Q = CIA/360 = (0,11 * 164 * 3,375) / 360 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s} = 169 \text{ lt/seg}$$

Para el drenaje transversal tenemos las siguientes fórmulas para aplicar:

$$Q = A * V$$

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$V = 1/\eta * R h^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde, η = coeficiente rugosidad, S = pendiente

$$0,15 = \pi D^2 / 4 * 1/0,12 * (D/4)^{2/3} * (0,03)^{1/2}$$

Despejando $D = 0,28 \text{ m}$. Como el mínimo es 30 pulg. entonces $D = 30 \text{ pulg.}$

- Pendiente crítica: es la pendiente capaz de sostener un caudal, dando un flujo uniforme y a una profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el Manual para tuberías de concreto, *Concrete Pipe Handbook, de la American Pipe Association*, se encuentra un gráfico que relaciona la descarga y altura crítica y descarga con pendiente crítica.

Estas curvas están construidas con base unitaria, es decir, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con un coeficiente de rugosidad (n) de 0,01.

Cuando la pendiente es más plana que la crítica, para una descarga específica, la sección se traslada de la entrada a la salida de la tubería. Para alcantarilla es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida.

Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada. Una vez la altura crítica es determinada, se pueden calcular la altura, velocidad y las pérdidas en la entrada, con eso se puede calcular la altura aguas arriba.

La forma de la curva de remanso depende de la rugosidad, longitud y pendiente de la alcantarilla. La pendiente de la alcantarilla a un valor más alto que la pendiente crítica no aumenta la descarga, simplemente hace que el agua corra a mayor velocidad y a menor profundidad que la sección crítica.

2.1.7.2.4. Drenajes transversales

El objeto principal del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (cauces, arroyos, ríos, etc.), permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que se cumplan unos criterios funcionales.

Las obras de drenaje transversal, son las pequeñas estructuras de desagüe de las corrientes de agua interrumpidas por la infraestructura, son críticas para conseguir una correcta vida, así como el comportamiento de la infraestructura y de la estructura.

En su diseño, influyen otros factores además de los hidráulicos, que principalmente determinarán sus dimensiones. Estos factores se derivan de las características de la carretera, de la morfología de los cauces, de la evaluación de los daños que puede ocasionar la concentración del flujo otras consideraciones, fundamentalmente económicas, relativas a los costos de construcción y mantenimiento y a la estimación de la vida de la carretera.

Es importante analizar la influencia de los factores que determinan un diseño adecuado, tratando aspectos como la pendiente de la obra, su alineación, apartándose criterios y soluciones para la consideración de las características específicas de las obras.

2.1.8. Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimentos

Para poder dar inicio a los trabajos de construcción de las losas de concreto, el contratista debe someter a prueba el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias.

Todas las mezcladoras deben ser diseñadas de forma que aseguren una distribución uniforme de los materiales. No debe usarse ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea inferior a la carga de un saco. Asimismo debe contar con un accesorio que cierre automáticamente el dispositivo de carga, con el fin de evitar que la mezcladora se vacíe antes de que los materiales hayan sido mezclados durante el tiempo mínimo especificado.

Las losas de concreto deben ser construidas sobre las superficies previamente preparadas de conformidad con las especificaciones. Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se produzcan baches o presiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto. Se llenan con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero.

Seguidamente, se conforma y compacta el material con compactadora mecánica de operación manual, efectuándose el control de compactación conforme a lo establecido en los planos. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

Después de pasar el equipo vibra terminador, debe ejecutarse un alisado longitudinal por medio de un flotador o niveladora maniobrada con un movimiento de uno a otro lado de la losa. Para el acabado final, se utiliza una escoba, colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido de uno a otro lado de losa. El acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, y en los bordes, el acabado debe ser igual al de la superficie. Posteriormente, se aplica algún tipo de curador patentado, o en su defecto agua, con el objeto de evitar un fraguado brusco del concreto.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio de 280 Kg/cm³ (4 000 lbs/plg²) a los 28 días de haberse fundido. La resistencia del concreto debe basarse en previas de cilindros fabricados y aprobados de acero con el método AASHTO estipulado. La resistencia a la compresión del concreto se basará en pruebas a los 7 y 28 días. Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora, deben consistir de por lo menos dos y preferentemente tres probetas para cada edad de prueba. Estas muestras deben tomarse no menos de una vez por cada 60 metros cúbicos o fracción de concreto. Las muestras para prueba de resistencia deben tomarse de acuerdo al método AASHTO T-24.

En lo que respecta a las formaletas, éstas no pueden ser retiradas hasta después de transcurridas 12 horas de haber sido colocado el concreto. La operación debe ser hecha con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto. El material sellante debe colocarse en las juntas previamente secas y limpias, empleando herramientas que penetren en la ranura de las juntas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado, sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe moverse inmediatamente, limpiando la superficie.

No se permitirá que queden rebordes o túmulos, especialmente en juntas transversales. Las operaciones de reparación de cualquier daño que se ocasione al pavimento antes de su aceptación final, correrán como riesgo del contratista. El pavimento no debe ser abierto al tránsito sino hasta transcurridos por lo menos 14 días después de la colocación del concreto o que lleguen las probetas de prueba, al ensayarlas a una resistencia de 250 Kg/cm² (3 500 lbs/pls²) a compresión.

Este tiempo puede ser mejorado utilizando aditivos como acelerantes de fraguado rápido, hacen que el concreto se endurezca rápidamente. No se recomienda su uso, salvo casos especiales con buena supervisión de laboratorio. En tiempo de mucho frío pueden ser útiles ya que el frío retarda el endurecimiento del concreto, estos acelerantes deben ser a base de cloruro de calcio. Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. Una de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa, por un lado, comprende los defectos del concreto, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados del cemento.

Por otro lado, incluye los defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como la inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia entre las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, sub - rasante y aún terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por ruptura de esquinas o bordes. Por falta del apoyo necesario. Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos casi siempre a que estos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados.

El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de problemas. Entre las fallas más comunes se encuentran: grietas por adición de agua, abultamiento por mal acabado, superficie antiderrapante, deficiente curado, rajaduras o asentamientos.

2.1.9. Presupuesto del proyecto

Son los precios de los materiales y mano de obra, referidos a la cabecera departamental, se presenta la cantidad de trabajo, la integración de precios y el resumen del presupuesto estimado, incluyendo costo directo e indirecto, del proyecto de pavimento rígido en la tabla X.

Tabla X. Integración de precios

DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA BARBERENA - SANTA ROSA					
CANTIDADES DE TRABAJO ESTIMADAS Y COSTOS UNITARIOS					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Limpia, chapeo y destronque	Ha	5,29	Q 4 711,78	Q 24 925,16
2	Excavacion No Clasificada	m3	1 512	Q 18,61	Q 28 138,32
3	Excavacion No Clasificada de desperdicio	m3	31 662	Q 22,99	Q 727 909,38
4	Reacondicionamiento de la Subrasante	m2	42 816,54	Q 4,20	Q 179 829,47
5	Base material triturado (compra de banco, conformacion, afinamiento y comparacion de base)	m3	6 422,48	Q 44,17	Q 283 680,99
6	Cuneta revestida	ml	10 074,48	Q 135,74	Q 1 367 509,92
7	Alcantarilla Corrugado 30"	ml	1 984,50	Q 1 003,95	Q 1 992 338,78
8	Concreto ciclopeo para cajas y Cabezales	m3	448,88	Q 904,33	Q 405 931,13
9	Carpeta de Concreto de t=0,15 m de espesor	m3	6 422,48	Q 1 751,22	Q 11 247 177,18
10	Rotulo de identificacion del proyecto	Unidad	1,00	Q 3 746,96	Q 3 746,96
PRECIO TOTAL					Q 16 261 187,27
PRECIO POR KILOMETRO					Q 3 226 425,92

El Precio anterior es el estimado por La empresa, que podrá servir cómo parámetro para la adquisición de la Fuente de Financiamiento y para la adjudicación de la construcción.

Este Precio es exclusivamente para ejecutar los renglones arriba indicados adjudique según la La Ley de Contrataciones del Estado de Guatemala, utilizando las franjas de Costos que allí se estipulan.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Cronograma de ejecución física y financiera**

Descripción	MES 1	MES2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	TOTAL
Limpia, Chapeo y Destronque	Q24 925,16						Q24 925,16
Excavación No Clasificada	Q9 379,44	Q9 379,44	Q9 379,44				Q28 138,32
Acarreo de Material de Excavacion hacia el Botadero (a una distancia de 1 kms), relleno controlado y reacondicionamiento de Subrasante	Q242 636,36	Q242 636,36	Q242 636,36				Q727 909,38
Reacondicionamiento de la Sub-rasante		Q59 943,16	Q59 943,16	Q59 943,16			Q179 829,47
Base de Material Triturado (compra de banco, conformación, afinamiento y compactación de base)		Q70 929,25	Q70 929,25	Q70 929,25	Q70 929,25		Q283 680,99
Cuneta Revestida		Q273 501,98	Q1 367 509,92				
Alcantarilla Corrugado de 24 "			Q996 169,39	Q996 169,39			Q1 992 338,78
Concreto para Cajas y Cabezales			Q202 965,57	Q202 965,57			Q405 931,31
Carpeta de Concreto de t=0.15 m. espesor		Q2 249 435,44	Q11 247 177,18				
Rótulo de Identificación de Proyecto	Q3 746,96						Q3 746,96
Totales	Q 280 688,02	Q 2 905 816,72	Q 4 104 951,68	Q 3 852 935,78	Q 2 593 857,67	Q 2 522 937,42	Q 16 261 187,27

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Evaluación ambiental inicial

En la construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de un pavimento rígido los impactos generados poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, como área turística, sitio ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria, entre otras.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Tabla XII. Factores que pueden causar impacto ambiental y sus medidas de mitigación

RECURSO	IMPACTO	MITIGACION
Suelo	Deslaves de material, erosión de cortes	Prevención durante su construcción, utilizando estabilización física
Hídrico	Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimiza la erosión de riveras de ríos
	Deterioro de la calidad del agua	Alteración mínima de corrientes de aguas naturales
	Contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona de cauce de ríos
Aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción	Uso de agua para minimizar la generación de polvo
Salud humana	Riesgo para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene
	Generación de desechos sólidos derivado de las actividades de los trabajadores en la obra	Colocar servicios sanitarios portátiles, colocar botes para depositar basura y dividirlos por categoría para trasladarlos a un lugar adecuado
Vegetación y Fauna	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente en la instalación de los trabajadores, separar la capa de material orgánico de la del material inerte, disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización, evitar el paso de maquinaria sobre el suelo de cobertura vegetal fuera del área de la obra
Población	Incremento en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga, mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación, instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un proyecto de infraestructura bajo el diagnóstico obtenido de las necesidades de servicio básico de la comunidad, logrando así presentar este informe de conocimientos teóricos y aplicaciones de criterios para dar soluciones.
2. El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia, pues mediante su interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas.
3. Se diseñó un pavimento rígido que ofrece al Cantón de Utzumazate y a la Aldea Buena Vista del municipio de Barberena, un acceso de vía principal a las aldeas de Buena Vista y Bijagues, así como un acceso adicional para salir a la carretera principal CA-1 Oriente.
4. Entre las ventajas que presenta el pavimento rígido es de mayor resistencia y requiere poco mantenimiento, se puede mencionar que es mucho más factible y económico para proyectos de poca o mediana envergadura, cuando estos se encuentran en lugares poco accesibles, debido a que los componentes (agregados, cemento) son de fácil obtención.
5. Otra ventaja es que los pavimentos de concreto son muy resistentes a los elementos externos, tales como la oxidación, deterioro por derrame de combustible o aceites, desgaste debido a la fricción, sol, humedad, etc.

6. Se decidió construir un pavimento rígido y no flexible debido a que, por el lugar donde se realizará el proyecto, no existe ninguna planta cercana de asfalto y por el contrario, sí hay plantas trituradoras de materiales como arena y piedrín, que son la base para la construcción de un pavimento rígido.
7. El estado de la subrasante se considera de buena calidad, por lo que no requiere ningún tratamiento especial y reduce así costos en la ejecución del proyecto.
8. Siendo las aldeas beneficiadas altamente cafetaleras, se considera que el beneficio obtenido con la realización de este pavimento, es de gran magnitud para el desarrollo del municipio de Barberena

RECOMENDACIONES

1. Es preciso que en todo proyecto, se efectúen estudios de suelos, para determinar las capacidades de resistencia de las cargas impuestas, (para un pavimento el tránsito y para una construcción el peso de la estructura), y si hay que darle algún tratamiento para mejorar su capacidad.
2. Conservar siempre los principios básicos de diseño para una infraestructura como: la seguridad, la economía, la durabilidad y la calidad.
3. Realizar una supervisión estricta a la hora de elaborarse los proyectos, para avalar un buen funcionamiento. Renovar el presupuesto antes de las cotizaciones o contrataciones, ya que tanto los salarios como los materiales están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of state Highways and Transportation officials. *Desing Procedures For New Pavementes*. 2000.139 p.
2. CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio de el Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero del municipio de el Progreso*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 63 p.
3. DÍAZ GÓMEZ, Juan José. *Diseño de la línea de conducción de agua potable y escuela de nivel primario del Cantón Santabal I y pavimento rígido del sector central de la cabecera municipal de San Pedro Jocopilas, Quiché*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 121 p.
4. GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del cantón Utzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa*. Tesis de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 144 p.

5. MUÑOZ, Héctor José. *Diseño de pavimentación rígido y drenajes separativo para el caserío Candelaria Xecao del municipio de Quetzaltenango*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 37 p.

ANEXOS

ANEXO A: Resultados de Laboratorio. Los análisis se efectuaron en sitio, se efectuaron los ensayos de Compactación, con el cual se determina la humedad optima del suelo y la densidad máxima. También se hizo el análisis granulométrico y se presentan los Límites de Consistencia.

ANEXO B: Planos del Proyecto. Los planos fueron hechos en formato Autocad y en ellos se incluye el perfil de la carretera, curvas, cortes y detalles que son necesarios para una mejor interpretación de los aspectos importantes que influyen en la calidad del proyecto.

Guatemala, 28 de Octubre del año 2011.

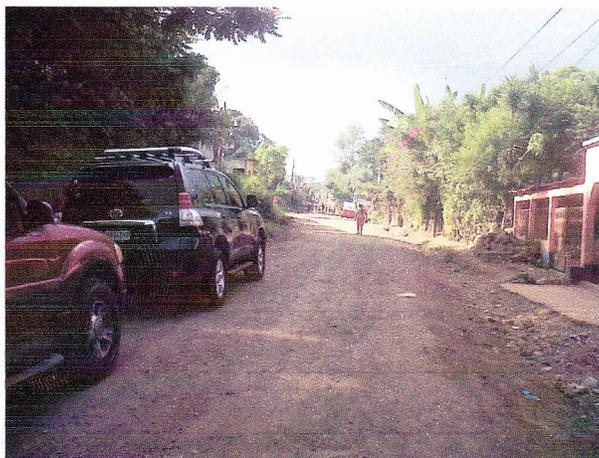
Ingeniero Danilo Bonilla
Proyecto Pavimentación de Calle en Cantón Utzumazate
Presente

Estimado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a Usted, para hacer de su conocimiento el desarrollo de los trabajos de supervisión de construcción y control de calidad, mediante ensayos de laboratorio realizados en el Proyecto: Pavimentación de la calle ubicada en Cantón Utzumazate, de la Aldea Buena Vista, Barberena.

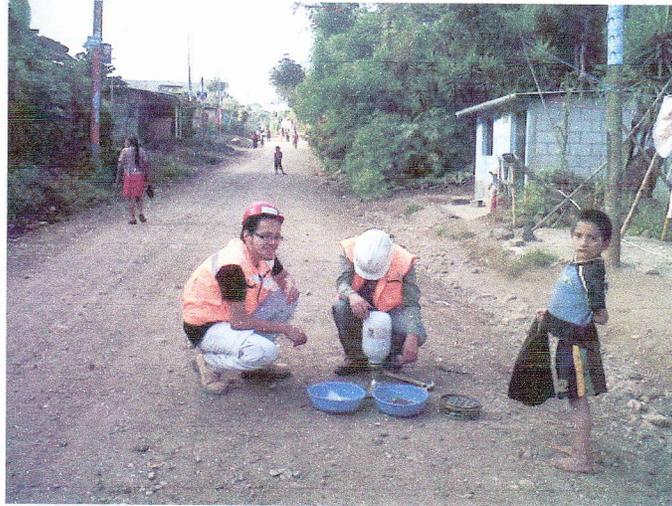
Con éste objetivo se realizaron ensayos de campo de:

- Ensayos de compactación, (proctor), para determinar el % de humedad óptima del suelo y la densidad máxima, utilizando la especificación de compactación, AASHTO T-180 Modificado.
- Ensayos de control de compactación (densidades), según el método de la arena, utilizando la especificación AASHTO T-191.



Area de Chequeo

EXPERIENCIA - RESPONSABILIDAD - CONFIANZA



Personal realizando ensayos de campo

De acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio realizados, se concluye que el tramo chequeado, está bien procesado y compactado, según se indica en los formularios adjuntos.

Confío en que ésta información le sea de utilidad, en la realización de su proyecto y para ampliar la misma, puede comunicarse con el Suscrito.

En espera de sus comentarios e indicaciones, me despido de Usted,

Atentamente,

Walther Jimmy Ceballos Carmelo
Gerente - Laboratorio Ceballos

ASESORIA - DISEÑO - SUPERVISION
CEBALLOS
LABORATORIO
SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES

CC. archivo

PROYECTO: Pavimentación de Canton Utzumazate

LUGAR: Canton Utzumazate, Adea Buena Vista, Barberena

Fecha	Datos de Identificación			Volumen del Material							lbs/pie³		Observaciones	
	Muestra	Capa	Lugar	Lado	Picnometro No.	Peso Inicial antes hoyo	peso antes hoyo	peso final hoyo	peso arena vaciada	peso arena en cono	peso arena en hoyo	Densidad de arena		Volumen del material
27-10-11	M-1	SR	0+030	C	1	8.82	7.96	5.93	2.03	0.86	1.17	72.0	0.01625000	
27-10-11	M-2	SR	0+130	I	1	8.79	7.98	5.99	1.99	0.81	1.18	72.0	0.01638889	
27-10-11	M-3	SR	0+230	C	1	8.70	8.00	5.89	2.11	0.70	1.41	72.0	0.01958333	
27-10-11	M-4	SR	0+330	D	1	8.76	7.96	5.70	2.26	0.80	1.46	72.0	0.02027778	

Tara No.	Peso del Material			Contenido de Humedad						Campo		Laboratorio		Porcentaje de compactación	
	Peso Bruto Material	Peso Tara	Peso Neto Material	Tarro	Tara	pbh	pbs	dif	pns	Humedad en %	PUH lbs/p³	PUS lbs/p³	Densidad seca máxima lbs/p³		Humedad Optima
1	2.75	0.38	2.37	10	83.4	163.6	142.9	20.7	59.5	34.8	145.85	108.20	109.1	18.2	99.2
1	2.63	0.38	2.25	20	110.2	239.8	211.2	28.6	101.0	28.3	137.29	106.99	109.1	18.2	98.1
1	3.00	0.38	2.62	12	131.0	270.1	241.1	29.0	110.1	26.3	133.79	105.89	109.1	18.2	97.1
1	3.10	0.38	2.72	24	136.9	280.4	252.7	27.7	115.8	23.9	134.14	108.24	109.1	18.2	99.2

Nota: Resultados en azul, cumplen las especificaciones de construcción
Resultados en rojo, no cumplen las especificaciones de construcción

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO: Pavimentación Canton Utzumazate

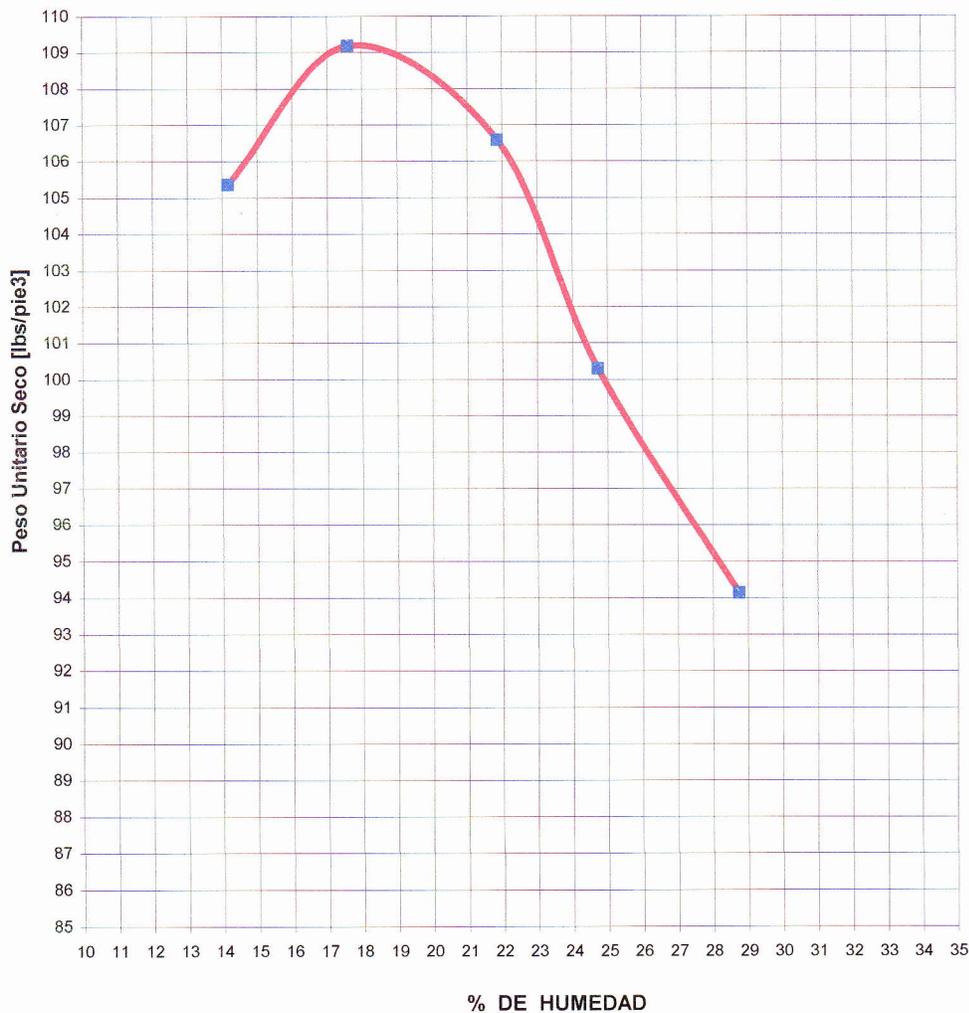
LUGAR: Canton Utzumazate, Aldea Buena Vista
 Barberena

MUESTRA: M-1

FECHA: 27/10/2011

DESCRIPCIÓN: Arena media a fina, con grava y trazas de arcilla, color café, ligeramente a no plástico.

Peso Bruto	Tara	Peso Neto	Peso Unitario Humedo	Tarro	Tara	Peso Bruto Humedo	Peso Bruto Seco	Diferencia	Peso Neto Seco	% Humedad	% Promedio de humedad	Peso Unitario Seco
12.73	8.72	4.01	120.30	16	163.8	336.1	314.7	21.4	150.9	14.18	14.2	105.4
				16	163.8	336.1	314.7	21.4	150.9	14.18		
13.00	8.72	4.28	128.40	40	136.1	395.9	357.0	38.9	220.9	17.61	17.6	109.2
				40	136.1	395.9	357.0	38.9	220.9	17.61		
13.05	8.72	4.33	129.90	30	134.2	330.3	295.1	35.2	160.9	21.88	21.9	106.6
				30	134.2	330.3	295.1	35.2	160.9	21.88		
12.89	8.72	4.17	125.10	20	157.0	319.9	287.6	32.3	130.6	24.73	24.7	100.3
				20	157.0	319.9	287.6	32.3	130.6	24.73		
12.76	8.72	4.04	121.20	10	135.0	310.1	271.0	39.1	136.0	28.75	28.8	94.1
				10	135.0	310.1	271.0	39.1	136.0	28.75		
12.76	8.72	4.04	121.20	10	135.0	310.1	271.0	39.1	136.0	28.75	28.8	94.1
				10	135.0	310.1	271.0	39.1	136.0	28.75		



Proctor Tipo AASHTO T-180	A Modificado
Densidad Máxima lbs/ft³	109.1
Densidad Máxima Kg/metro³	1747.78
% Humedad Optima	18.2

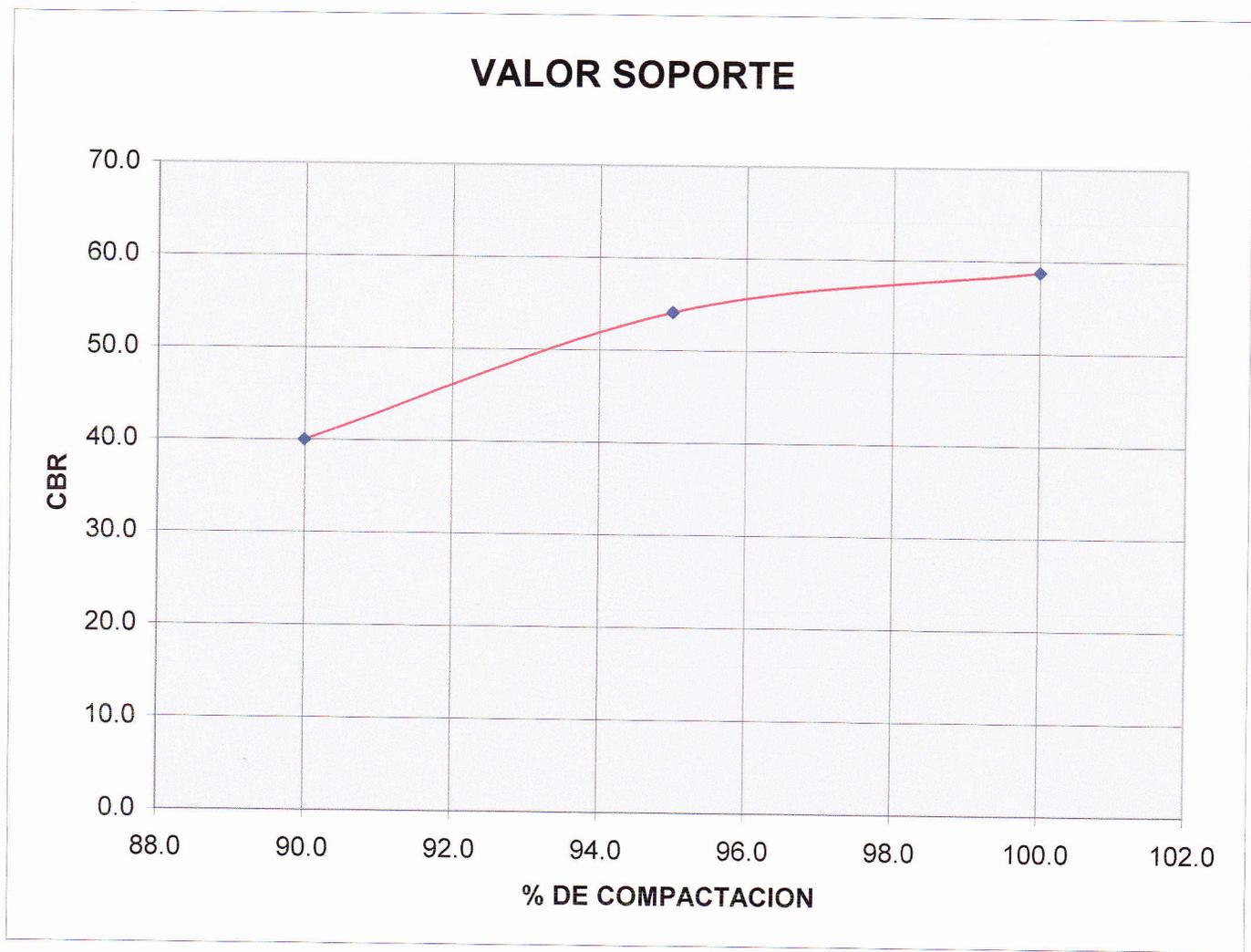
Proyecto: Pavimentación Utzumazate

Lugar: Canton Utzumazate, Aldea Buena Vista Barberena

Muestra: M-1

Fecha: 27/10/2011

ENSAYO DE COMPACTACION	CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO	COMPACTACION EN %	CBR EN %
Dens. Seca Máxima Lbs / Pie3 109.1	DE LA GRAFICA	90.0	40.0
		95.0	54.1
		100.0	58.8
% de Humedad Optima 18.2	DE LA PRUEBA	92.2	46.7
		96.4	56.7
		99.4	58.3



Observaciones:

% de hinchamiento a 95% de compactación: 0.02

Proyecto: Pavimentación Canton Utzumazate **Lugar:** Canton Utzumazate
 Barberena

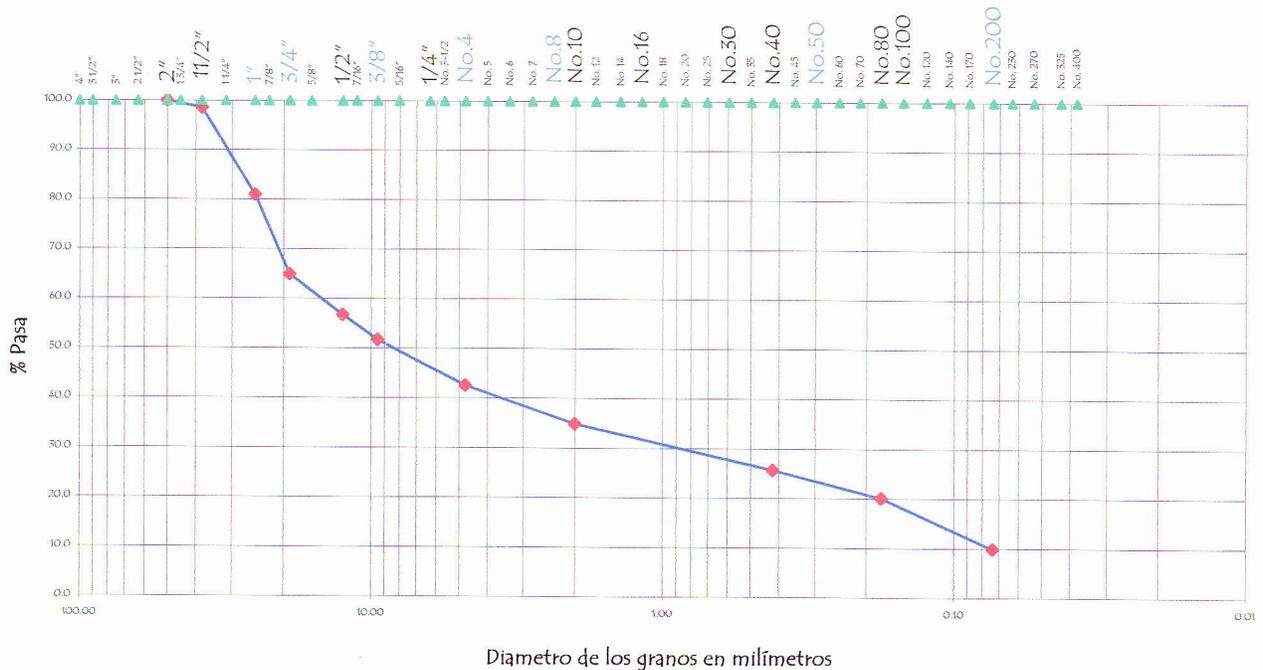
Muestra: M-1 **Fecha:** 27/10/2011

Peso Bruto	8.12
Tara	0.46
Peso Neto	7.66

Descripción: Arena media a fina, con grava y trazas de arcilla, color café, ligeramente a no plástico.

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Bruto Retenido	Peso Neto Retenido	% Retenido	% Pasa	Especificaciones
2.0"	50.00	0.46	0.0	0.0	100.0	
1.50"	38.10	0.57	0.1	1.4	98.6	
1.00"	25.00	1.92	1.5	19.1	80.9	
3/4"	19.00	3.15	2.7	35.1	64.9	
1/2"	12.50	3.78	3.3	43.3	56.7	
3/8"	9.50	4.16	3.7	48.3	51.7	
No. 4	4.75	4.86	4.4	57.4	42.6	
No. 10	2.00	5.45	5.0	65.1	34.9	
No. 40	0.4191	6.15	5.7	74.3	25.7	
No. 80	0.1778	6.58	6.1	79.9	20.1	
No. 200	0.07366	7.36	6.9	90.1	9.9	

Análisis Granulométrico
 Serie de Tamices ASTM



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: Pavimentación Canton Utzumazate LUGAR: Canton Utzumazate,
Barberena

MUESTRA: M-1

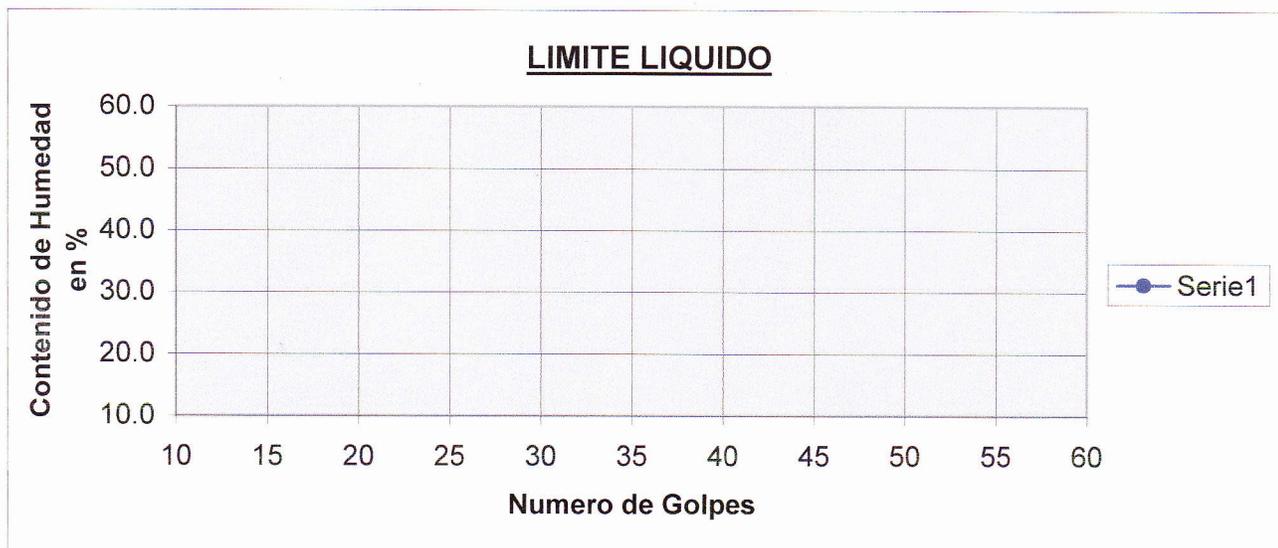
FECHA: 27/10/2011

LIMITE LIQUIDO

Número de Golpes			
Peso de Tarro (gr.)			
Tarro No.			
Peso Tarro + suelo húmedo (gr.)			
Peso Tarro + suelo seco (gr.)			
Diferencia * peso de agua (gr.)			
Peso suelo seco (gr.)			
Contenido de humedad en %	NL	NL	NL

LIMITE PLÁSTICO

Determinación No			
Peso de Tarro (gr.)			
Tarro No			
Peso Tarro + suelo húmedo (gr.)			
Peso Tarro + suelo seco (gr.)			
Diferencia * peso de agua (gr.)			
Peso suelo seco (gr.)			
Contenido de humedad en %	NP	NP	NP



LIMITE LIQUIDO	0.0	%
LIMITE PLÁSTICO	0.0	%
INDICE PLÁSTICO	0.0	%

TABLA DE SIMBOLOGIA

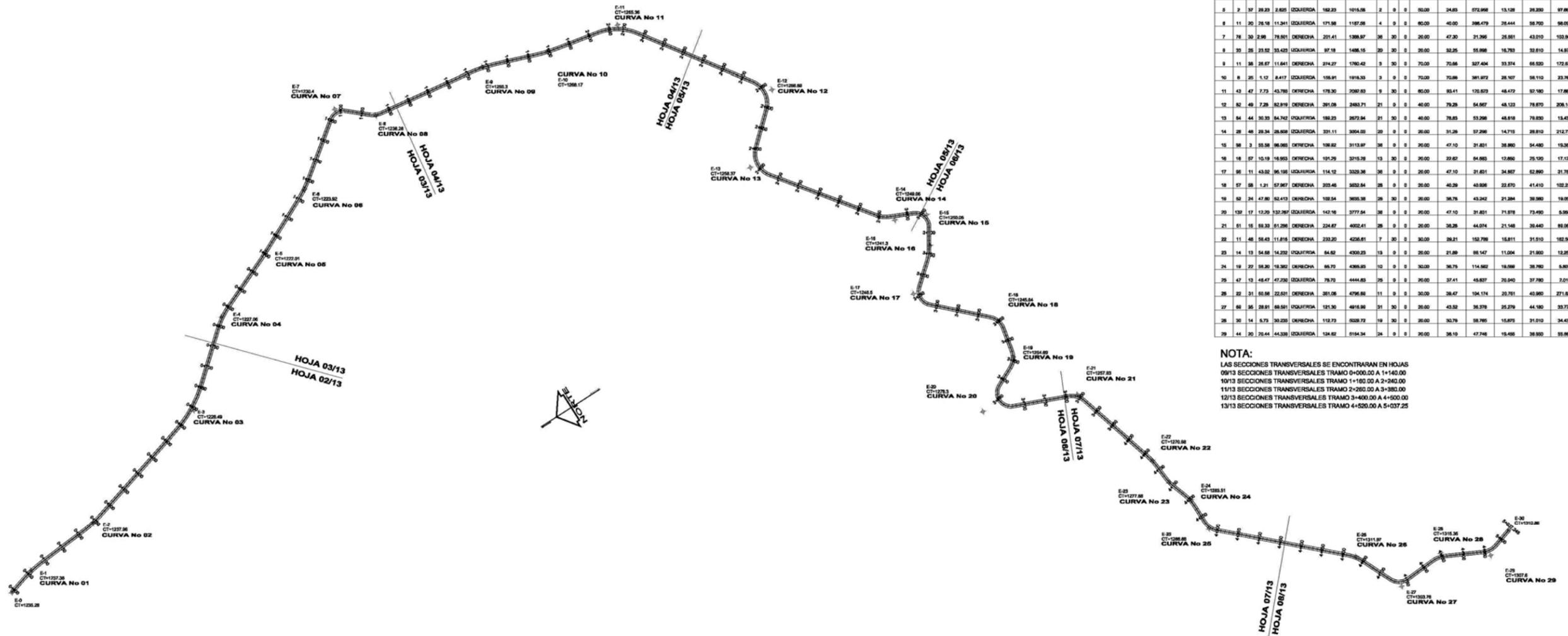
	UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
	UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
	DISUNANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
	PRINCIPIO DE TANGENTE
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	DEFLEXION
	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
	SUBTANGENTE
	RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
	PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
	UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PV)
	EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES	FECHA	APROBO	FECHA
	DESCRIPCION	FECHA	FECHA
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA CONTENIDO: PLANTA GENERAL 0+000.00 A 5+037.25 PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE BARBERENA REVISO: EJECUTASE: ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:5,000 PLANO No. 01/13			

TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DEFLEXION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	S	VELOCIDAD	L.S	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
1	11	37	28.08	11.807	DETERCHA	86.90	86.90	4	0	0	80.00	40.00	286.479	29.568	55.138	19.782	0+030.75	0+087.90
2	11	10	8.69	11.889	DERECHA	182.16	269.06	4	0	0	80.00	40.00	286.479	29.510	55.640	54.962	0+278.72	0+278.72
3	26	9	29.02	25.158	DERECHA	292.50	604.07	4	0	0	70.00	118.65	286.479	53.828	128.790	182.729	0+509.70	0+566.56
4	17	54	30.38	17.809	DERECHA	226.28	833.35	6	0	0	50.00	66.06	130.986	30.265	59.890	47.818	0+800.82	0+860.51
5	2	37	28.23	2.805	DERECHA	182.23	1015.06	2	0	0	50.00	24.83	172.966	13.128	28.200	97.889	0+880.32	1+033.77
6	11	20	28.18	11.241	DERECHA	171.50	1187.06	4	0	0	80.00	40.00	286.479	28.444	58.700	98.095	1+128.18	1+172.88
7	78	30	2.98	78.501	DERECHA	201.41	1388.97	38	30	0	20.00	47.30	21.266	28.581	43.010	153.866	1+368.19	1+463.20
8	30	26	23.82	23.423	DERECHA	97.18	1486.15	20	30	0	20.00	32.25	55.888	18.783	32.610	14.871	1+487.85	1+498.56
9	11	28	28.87	11.841	DERECHA	274.27	1760.42	9	30	0	70.00	70.86	307.404	33.374	68.520	172.688	1+714.87	1+791.18
10	8	25	1.12	8.412	DERECHA	158.91	1919.33	3	0	0	70.00	70.86	381.872	28.267	58.110	23.789	1+873.82	1+891.73
11	43	47	7.73	43.780	DERECHA	178.30	2097.83	9	30	0	80.00	80.41	120.823	48.472	52.180	17.866	2+021.45	2+123.83
12	82	49	7.28	82.819	DERECHA	261.09	2360.71	21	0	0	40.00	79.25	84.867	48.122	78.870	208.143	2+418.12	2+498.96
13	84	44	30.33	84.742	DERECHA	188.23	2549.94	21	30	0	40.00	78.83	53.298	48.818	78.830	13.454	2+588.47	2+668.30
14	28	46	29.34	28.808	DERECHA	231.11	2781.05	20	0	0	20.00	31.26	37.286	14.718	28.810	212.732	2+888.08	2+984.88
15	38	2	33.38	36.985	DERECHA	128.82	2908.87	38	0	0	20.00	47.10	21.821	28.860	34.480	19.200	3+025.44	3+077.82
16	18	67	10.19	18.983	DERECHA	121.29	3030.28	13	30	0	20.00	22.82	84.883	12.860	25.150	17.135	3+126.90	3+188.02
17	86	11	43.02	86.180	DERECHA	114.12	3144.40	38	0	0	20.00	47.10	21.821	34.867	52.890	21.783	3+221.83	3+274.82
18	57	58	1.21	57.967	DERECHA	202.45	3346.84	28	0	0	20.00	46.29	48.858	22.870	41.410	102.208	3+428.45	3+481.86
19	82	24	47.80	82.413	DERECHA	108.54	3455.38	28	30	0	20.00	38.76	43.242	21.284	38.980	18.981	3+520.45	3+580.01
20	132	17	12.20	132.267	DERECHA	142.16	3597.54	38	0	0	20.00	47.10	21.821	71.878	73.490	5.868	3+608.91	3+682.40
21	81	15	89.33	81.298	DERECHA	224.87	3822.41	28	0	0	20.00	36.25	44.874	21.148	38.440	88.984	3+814.14	3+893.58
22	11	48	58.43	11.818	DERECHA	233.20	4055.61	7	30	0	30.00	28.21	182.788	18.811	31.510	182.506	4+048.82	4+081.33
23	14	13	54.68	14.232	DERECHA	84.82	4140.43	13	0	0	20.00	21.89	88.147	11.004	21.800	13.285	4+118.14	4+141.04
24	19	22	58.26	19.262	DERECHA	65.70	4206.13	10	0	0	30.00	36.75	114.982	18.888	38.780	8.807	4+178.18	4+214.82
25	47	13	48.47	47.230	DERECHA	78.70	4284.83	25	0	0	20.00	37.41	48.837	28.040	37.780	2.011	4+254.21	4+291.79
26	22	31	81.86	22.831	DERECHA	261.06	4546.89	11	0	0	30.00	28.47	104.174	20.781	43.880	271.820	4+482.08	4+543.02
27	80	35	28.81	80.581	DERECHA	121.50	4668.39	31	30	0	20.00	43.52	38.378	25.279	44.180	33.775	4+718.20	4+782.47
28	30	14	8.73	30.235	DERECHA	112.73	4781.12	19	30	0	20.00	30.78	88.785	18.875	31.010	34.458	4+854.05	4+885.08
29	44	20	20.44	44.338	DERECHA	124.82	4905.94	24	0	0	20.00	26.10	47.746	19.488	28.920	59.980	4+984.30	4+991.30

NOTA:
 LAS SECCIONES TRANSVERSALES SE ENCONTRARAN EN HOJAS
 09/13 SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 0+000.00 A 1+140.00
 10/13 SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 1+160.00 A 2+240.00
 11/13 SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 2+260.00 A 3+380.00
 12/13 SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 3+400.00 A 4+500.00
 13/13 SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 4+520.00 A 5+037.25



PLANTA GENERAL
 ESCALA 1:5,000

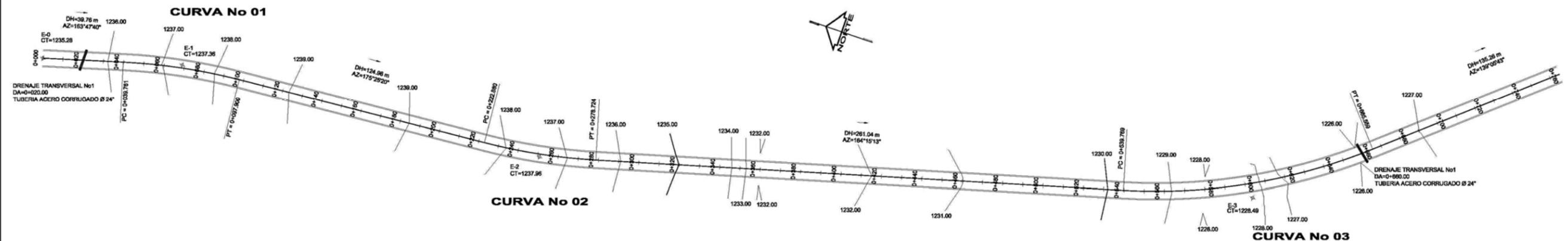
TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DEFLACION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	g	VELOCIDAD	L8	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
1	11	37	38.08	11.627	DERECHA	68.93	68.93	4	0	0	60.00	40.00	296.479	29.166	58.136	19.762	0+039.76	0+097.90
2	11	10	6.69	11.169	IZQUIERDA	182.16	251.09	4	0	0	60.00	40.00	296.479	28.010	55.940	84.982	0+222.88	0+278.72
3	26	8	29.03	26.156	IZQUIERDA	352.98	604.07	4	0	0	70.00	116.63	296.479	63.926	126.790	182.729	0+538.76	0+665.55

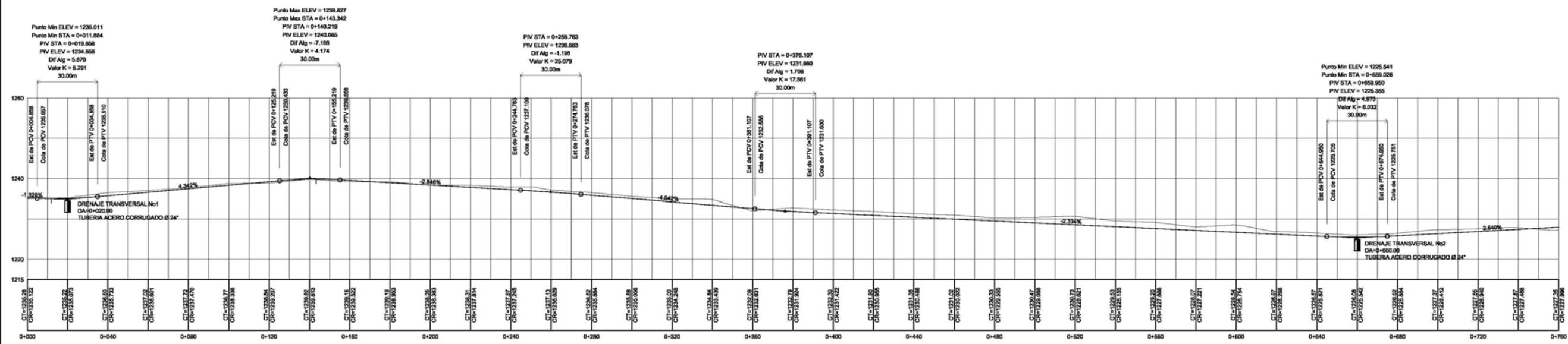
TABLA DE SIMBOLOGIA

UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
 UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
 DESVIACION ACUMULADA DE ORIGEN
 PRINCIPIO DE TANGENTE
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 DEFLEXION
 LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 SUBTANGENTE
 RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
 PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
 UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES		PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA
FECHA	APROBADO	UBICACION:	MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA
FECHA	APROBADO	CONTENIDO:	DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 0+000.00 A 0+760.00
FECHA	APROBADO	PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE BARBERENA
FECHA	APROBADO	REVISO:	
FECHA	APROBADO	EJECUTASE:	
FECHA	APROBADO	ESCALAS:	ESCALA HORIZONTAL 1:1,000 ESCALA HORIZONTAL 1:500
FECHA	APROBADO	PLANO No.	02/13



PLANTA
ESCALA 1:1,000



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500

TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DELEXXON	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
4	17	54	30.38	17.908	DERECHA	229.28	833.35	8	0	0	60.00	68.06	190.886	30.053	99.660	47.616	0+800.82	0+860.51
5	2	37	29.23	2.626	IZQUIERDA	182.23	1015.58	2	0	0	60.00	24.83	572.958	13.126	26.250	97.888	0+999.52	1+025.77
6	11	20	26.18	11.341	IZQUIERDA	171.96	1187.96	4	0	0	60.00	40.00	286.479	28.444	56.700	98.095	1+156.18	1+212.88
7	78	30	2.96	78.501	DERECHA	201.41	1386.97	36	30	0	20.00	47.30	31.395	25.651	43.010	103.665	1+360.19	1+403.20
8	33	25	23.52	33.423	IZQUIERDA	97.18	1486.15	20	30	0	20.00	32.25	55.898	18.783	32.810	14.971	1+457.96	1+490.56

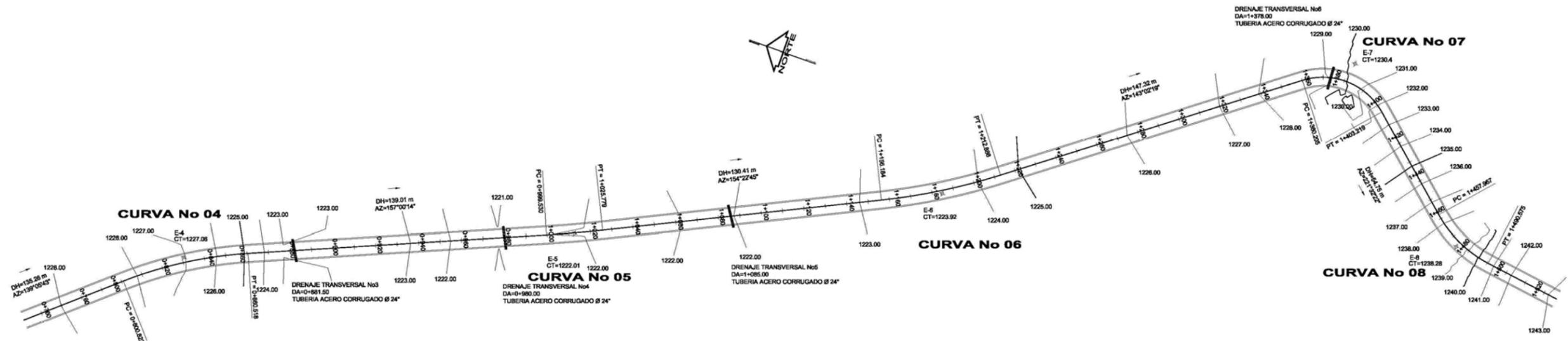
TABLA DE SIMBOLOGIA

UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL

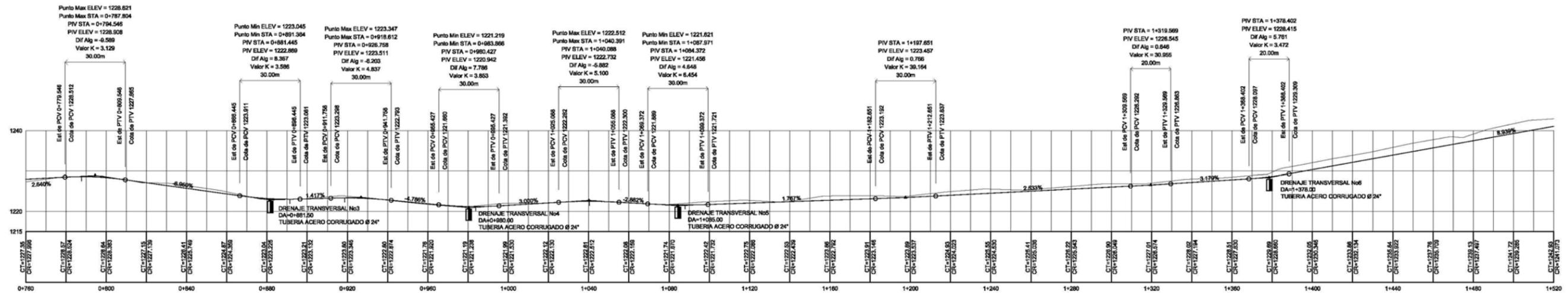
0+500
 PT
 PC
 DELTA
 LC
 ST
 RADIO
 PC
 PT
 PIV
 PCV
 PTV
 -7.50%

UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES		FECHA		PROYECTO:	
1				DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA	
2				UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA	
3				CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 0+760.00 A 1+520.00	
4				PROPIETARIO:	REVISO:
5				MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FECHA:
6				APROBO:	EJECUTESE:
7				FECHA:	FECHA:
8				ESCALAS:	PLANO No.
9				ESCALA HORIZONTAL 1:1,000	03/13
10				ESCALA HORIZONTAL 1:500	



PLANTA
 ESCALA 1:1,000



PERFIL
 ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
 ESCALA VERTICAL 1:500

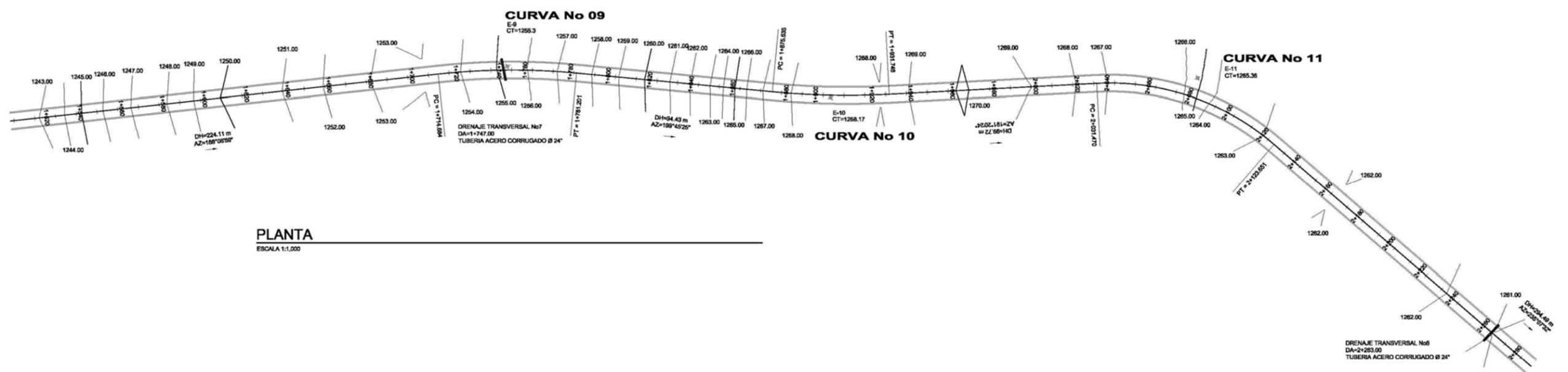
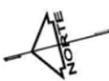
TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DELEJON	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
9	11	38	26.67	11.641	DERECHA	274.27	1760.42	3	30	0	70.00	70.66	327.404	33.374	66.520	172.658	1+714.87	1+781.19
10	8	25	1.12	8.417	IZQUIERDA	158.91	1816.33	3	0	0	70.00	70.66	381.972	28.107	56.110	23.769	1+875.82	1+931.73
11	43	47	7.73	43.785	DERECHA	178.30	2092.83	9	30	0	60.00	93.41	120.823	48.472	92.180	17.686	2+031.45	2+123.63

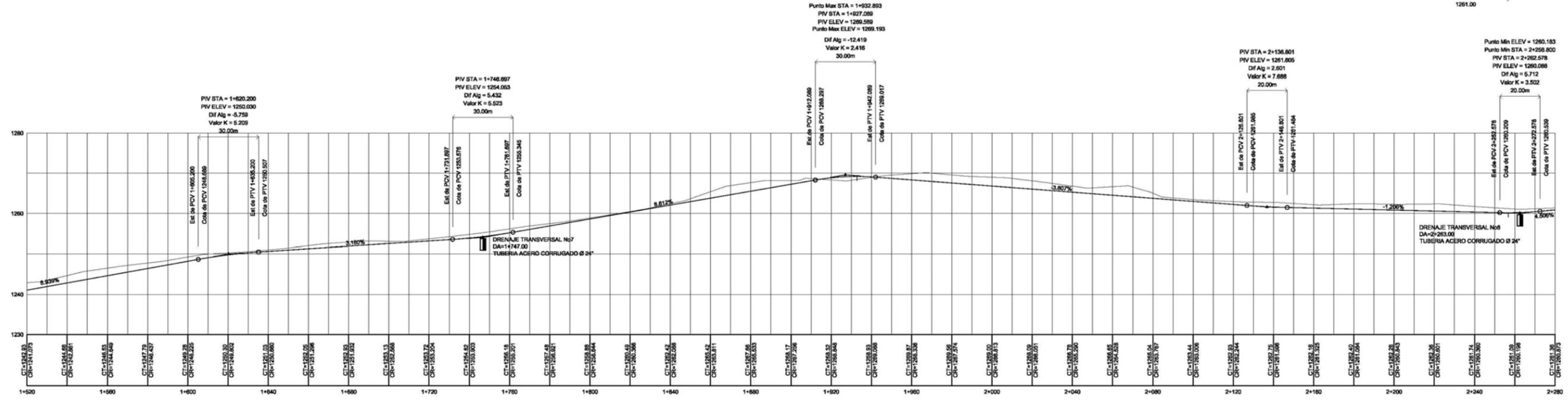
TABLA DE SIMBOLOGIA

	UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
	UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
	DISYNCIA ACUMULADA DE ORIGEN
	PRINCIPIO DE TANGENTE
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	DEFLACION
	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
	SUSTANGENTE
	RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
	PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
	UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
	EJE DE DISEÑO

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA	
UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA	
CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 1+520.00 A 2+280.00	
PROPIETARIO:	REVISO:
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FEB/2009
FECHA:	FECHA:
APROBO:	EJECUTESE:
FECHA:	FECHA:
ESCALAS:	PLANO No.
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000	04/13
ESCALA HORIZONTAL 1:500	



PLANTA
ESCALA 1:1,000



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500

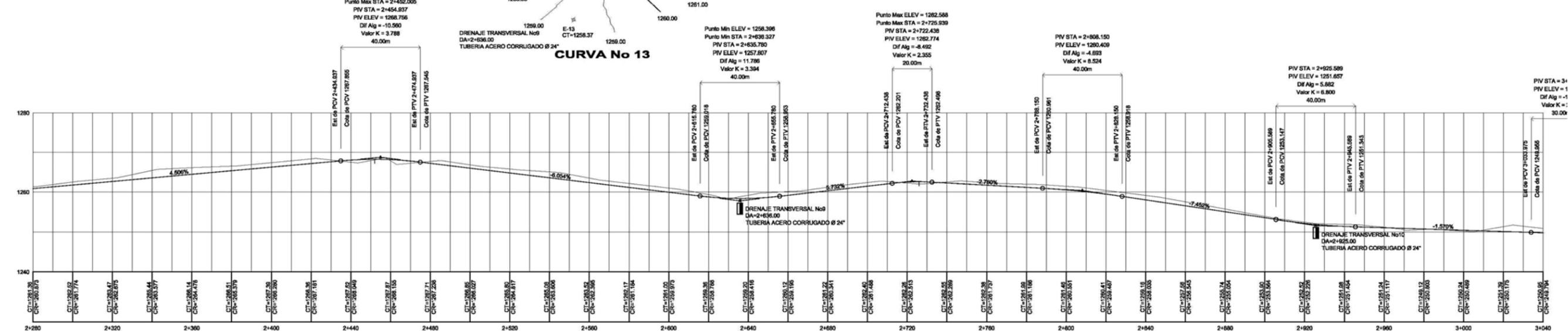
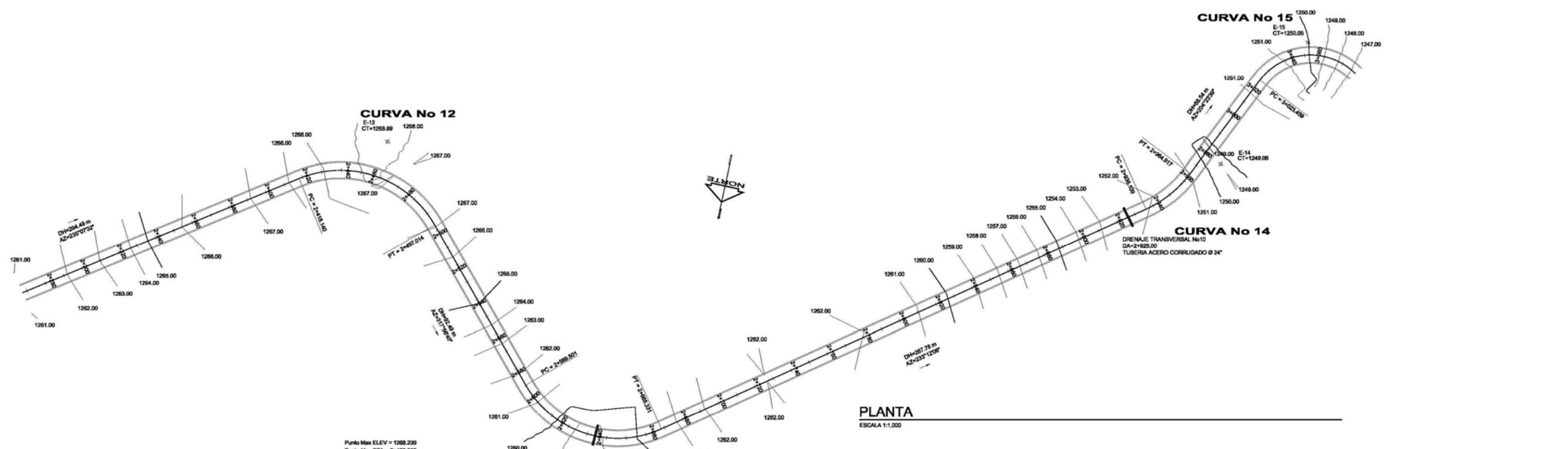
TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DELEXION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT			
12	82	49	7.26	DERECHA	391.08	2483.71	21	0	0	40.00	79.26	54.587	48.123	78.870	208.140	2+418.12	2+496.99
13	84	44	30.33	IZQUIERDA	189.23	2672.94	21	30	0	40.00	78.83	53.298	48.618	78.830	13.434	2+589.47	2+668.30
14	28	48	29.34	IZQUIERDA	331.11	3004.05	20	0	0	20.00	31.26	57.295	14.715	28.910	212.732	2+936.06	2+964.89
15	98	3	55.58	DERECHA	109.92	3113.97	36	0	0	20.00	47.10	31.831	36.660	54.480	19.385	3+023.44	3+077.82

TABLA DE SIMBOLOGIA

	UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
	UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
	DISUNBANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
	PRINCIPIO DE TANGENTE
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	DEFLEXION
	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
	SUBTANGENTE
	RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
	PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
	UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
	EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES	FECHA	APROBADO	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA
	FECHA	APROBADO	UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA
DESCRIPCION	FECHA	APROBADO	CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 2+280.00 A 3+040.00
	FECHA	APROBADO	PROPIETARIO: MUNICIPIO DE BARBERENA
FECHA	FECHA	APROBADO	REVISO:
	FECHA	APROBADO	EJECUTESE:
FECHA	FECHA	APROBADO	ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
	FECHA	APROBADO	ESCALA HORIZONTAL 1:500
FECHA	FECHA	APROBADO	PLANO No. 05/13



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500

TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

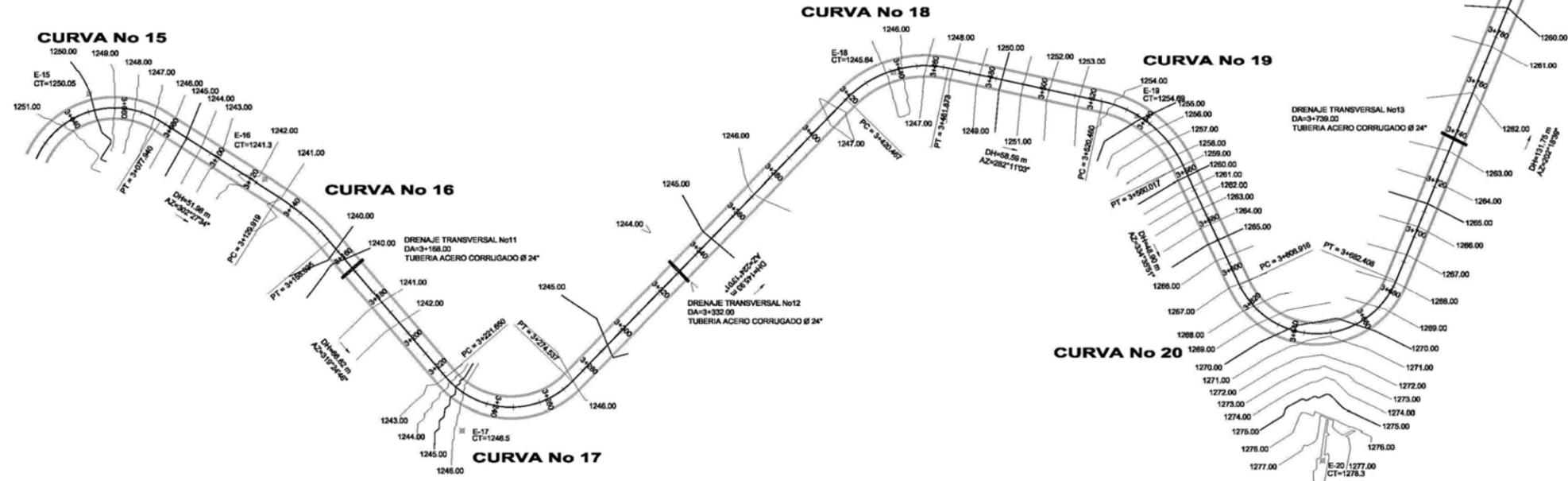
No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DEFECCION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT			
15	96	3	55.58	DERECHA	109.92	3113.97	36	0	0	20.00	47.10	31.831	36.660	54.490	19.365	3+023.44	3+077.92
16	18	57	10.19	DERECHA	101.29	3215.26	13	30	0	20.00	22.82	84.863	12.650	25.120	17.120	3+129.90	3+155.02
17	96	11	43.02	IZQUIERDA	114.12	3328.38	35	0	0	20.00	47.10	31.831	34.867	52.890	31.753	3+221.63	3+274.82
18	57	58	1.21	DERECHA	203.46	3532.84	28	0	0	20.00	40.29	40.926	22.670	41.410	102.238	3+420.45	3+481.86
19	52	24	47.60	DERECHA	102.54	3635.38	28	30	0	20.00	38.78	43.242	21.284	39.560	19.051	3+520.45	3+580.01
20	132	17	12.20	IZQUIERDA	142.16	3777.54	36	0	0	20.00	47.10	31.831	71.978	73.490	5.958	3+608.91	3+682.40

TABLA DE SIMBOLOGIA

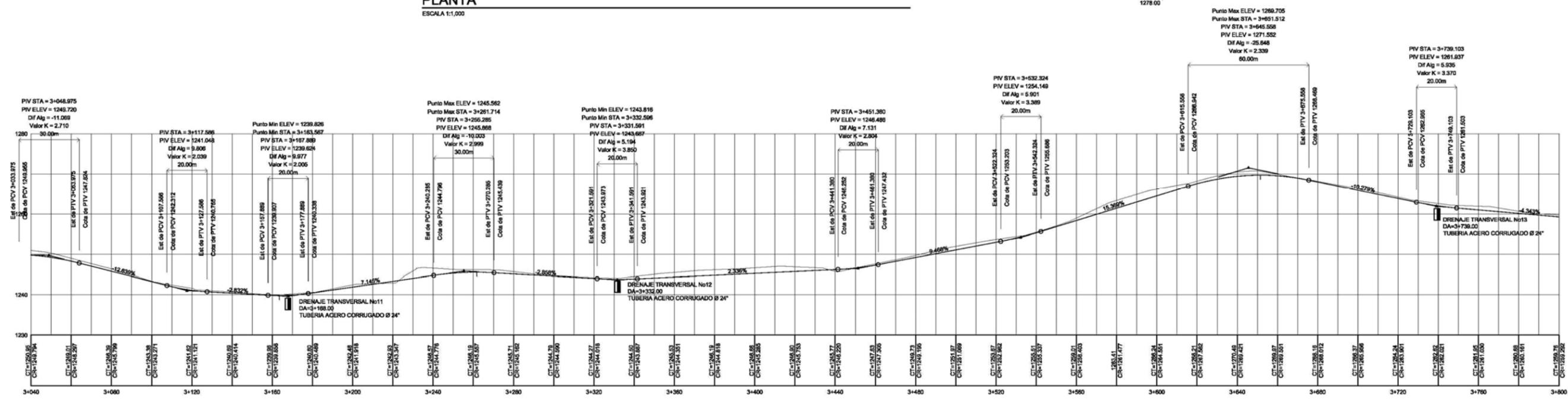
UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
 UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
 DISYUNCION ACUMULADA DE ORIGEN
 PRINCIPIO DE TANGENTE
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 DEFLEXION
 LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 SUBTANGENTE
 RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
 PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
 UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES		FECHA		APROBADO	
1					
2					

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA
UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA
CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 3+040.00 A 3+800.00
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE BARBERENA
REVISO: FEB/2009
APROBO: [Signature]
EJECUTESE: [Signature]
ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
PLANO No.: 06/13



PLANTA
ESCALA 1:1,000



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500

TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

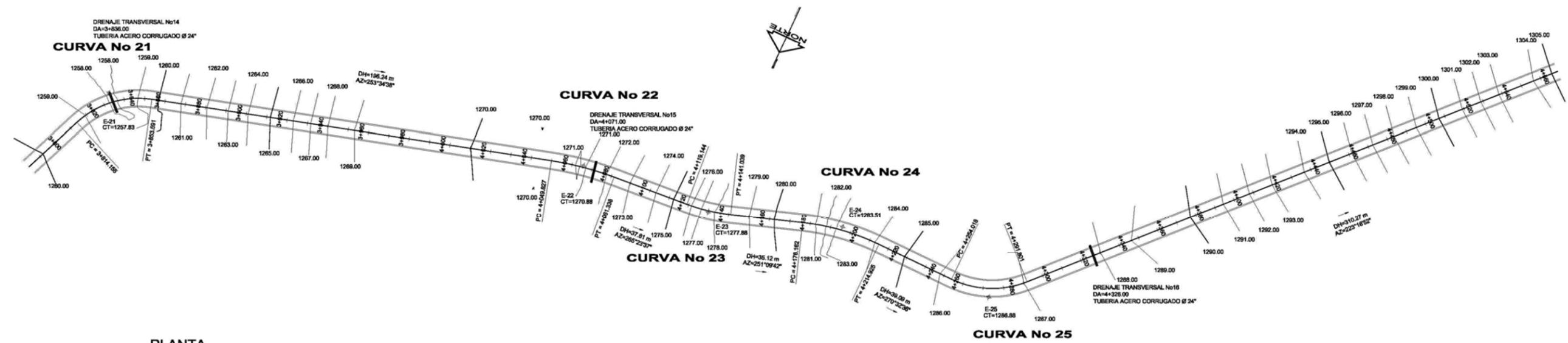
No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DEFECCION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
21	51	59.33	DERECHA	224.87	4022.41	25	0	0	20.00	38.26	44.074	21.148	39.440	89.064	3+814.14	3+853.58		
22	11	48	58.43	11.816	DERECHA	233.20	4235.61	7	30	0	30.00	29.21	152.789	15.811	31.510	162.506	4+048.82	4+081.33
23	14	13	54.88	14.232	IZQUIERDA	84.82	4300.23	13	0	0	20.00	21.89	88.147	11.004	21.900	12.255	4+119.14	4+141.04
24	18	22	56.20	19.382	DERECHA	65.70	4365.63	10	0	0	30.00	36.75	114.592	19.569	38.780	5.807	4+176.16	4+214.92
25	47	13	46.47	47.230	IZQUIERDA	78.70	4444.63	25	0	0	20.00	37.41	45.837	20.040	37.780	2.011	4+254.01	4+291.73

TABLA DE SIMBOLOGIA

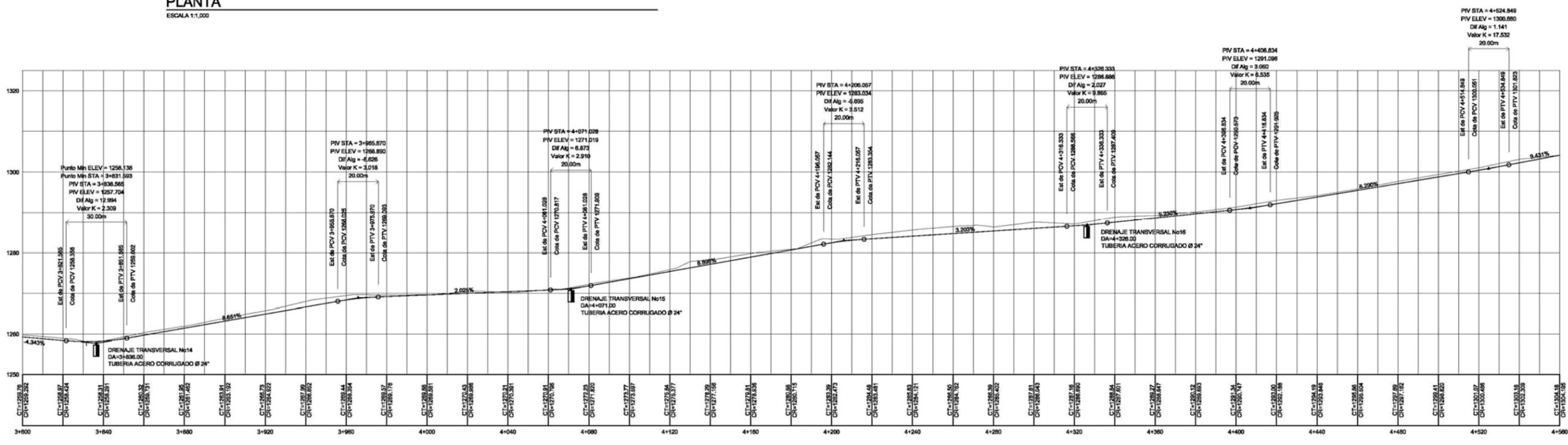
UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
 UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
 DISTANCIA ACUMULADA DE ORIGEN
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 PRINCPIO DE CURVA HORIZONTAL
 LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
 RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
 PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
 PRINCPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
 PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
 PRINCPIO DE CURVA VERTICAL
 PRINCPIO DE TANGENTE VERTICAL
 PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
 UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
 EJE DE DISEÑO

MODIFICACIONES		FECHA		APROBADO	
1					
2					

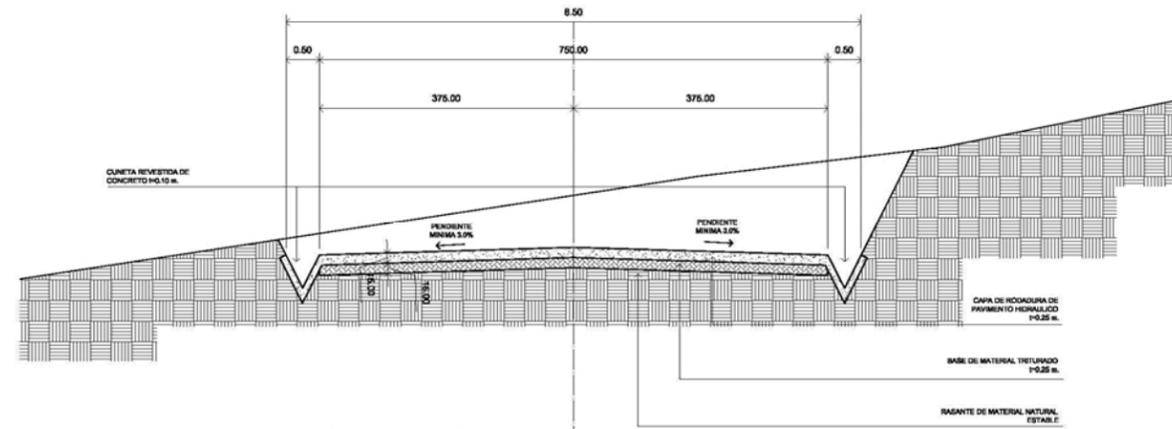
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA
UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA
CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 3+800.00 A 4+560.00
PROPIETARIO: MUNICIPIO DE BARBERENA
REVISO: FEB 2009
APROBADO: EJE CUTESESE
ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
PLANO No. 07/13



PLANTA
ESCALA 1:1,000

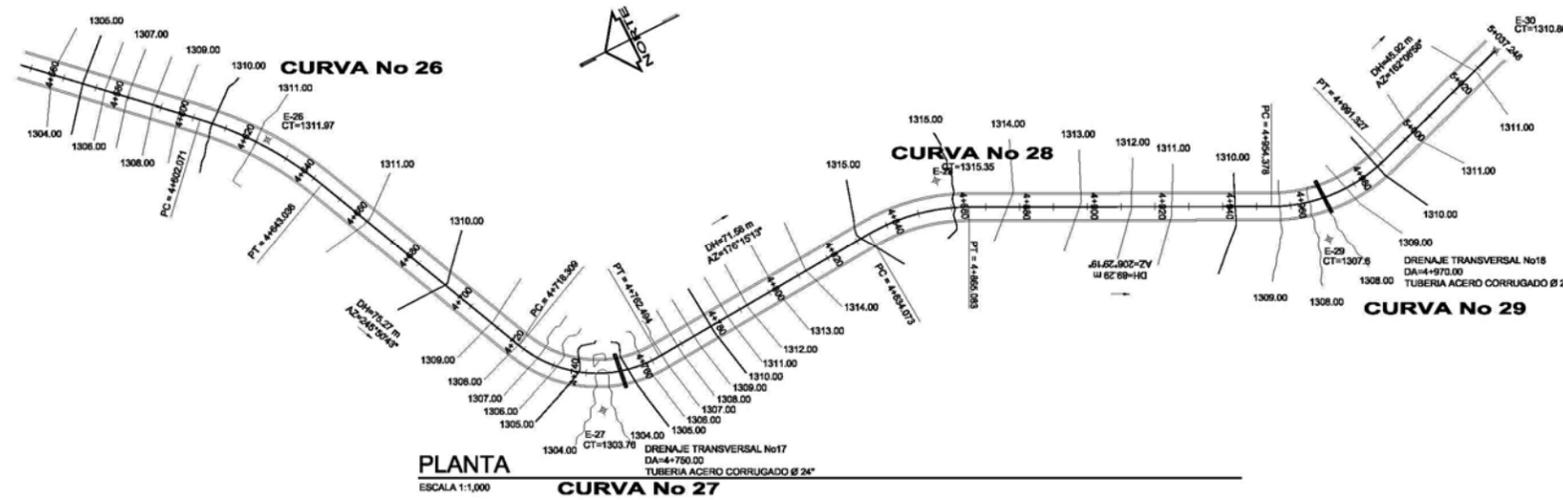


PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500



DETALLE DE TIPICA

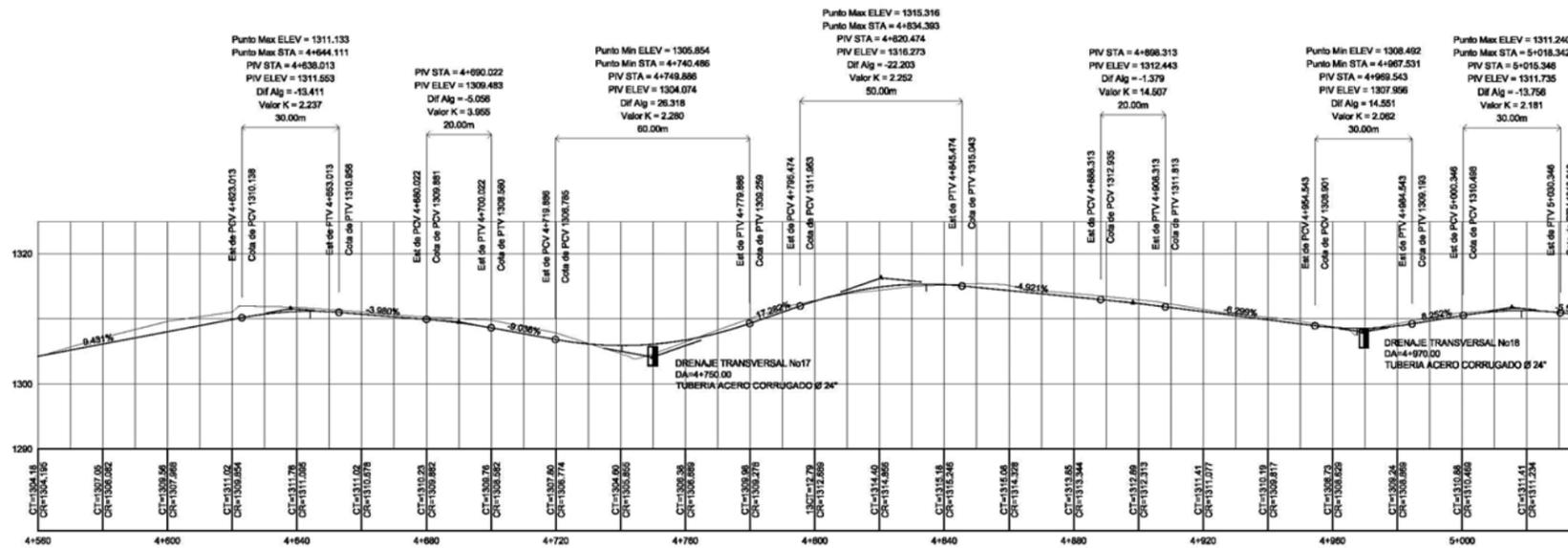
ESCALA 1:50



PLANTA

ESCALA 1:1,000

CURVA No 27



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1,000
ESCALA VERTICAL 1:500

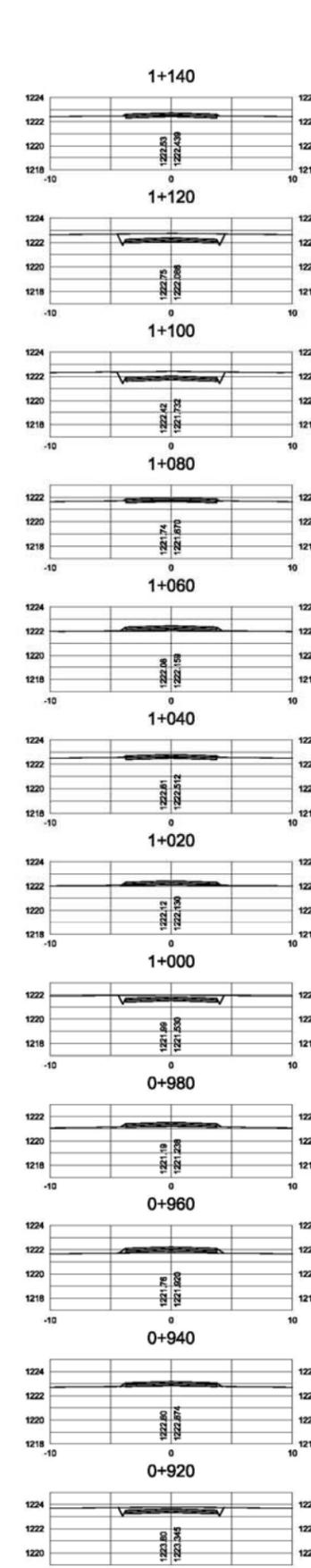
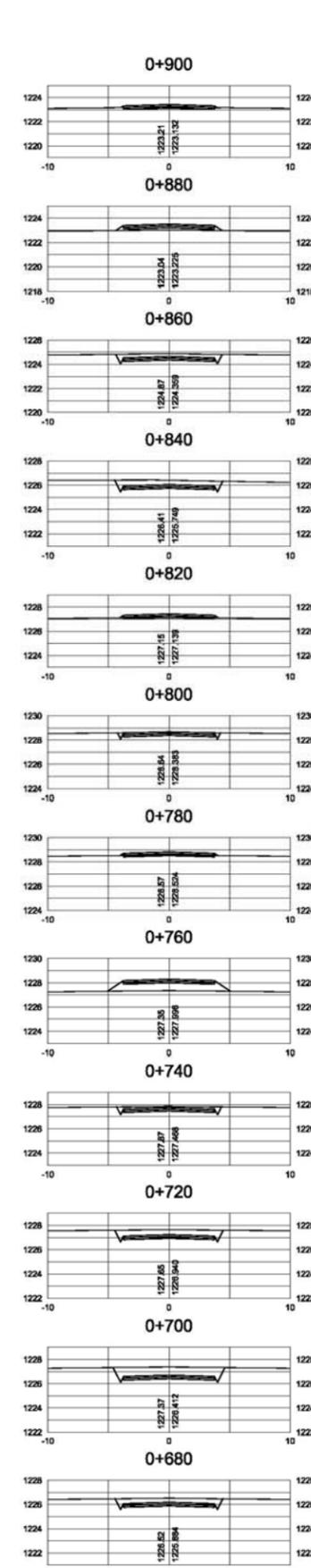
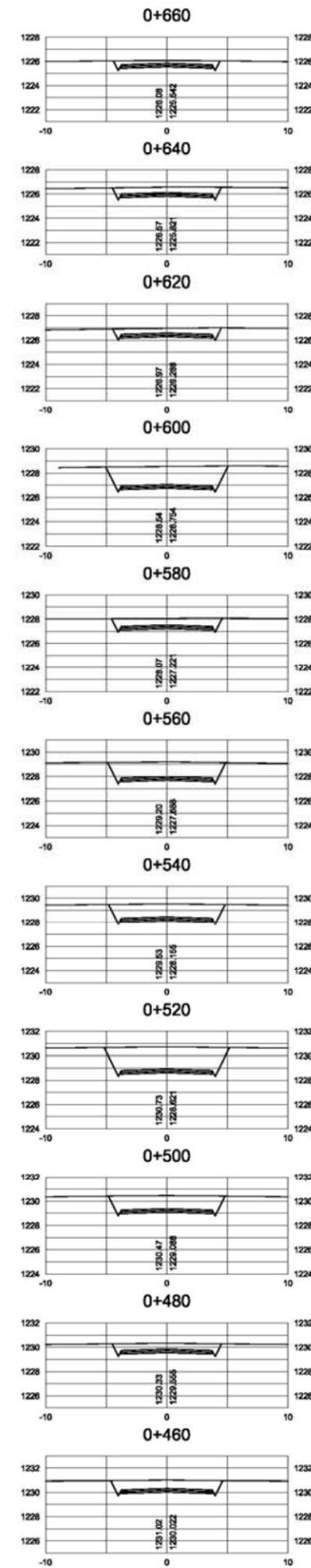
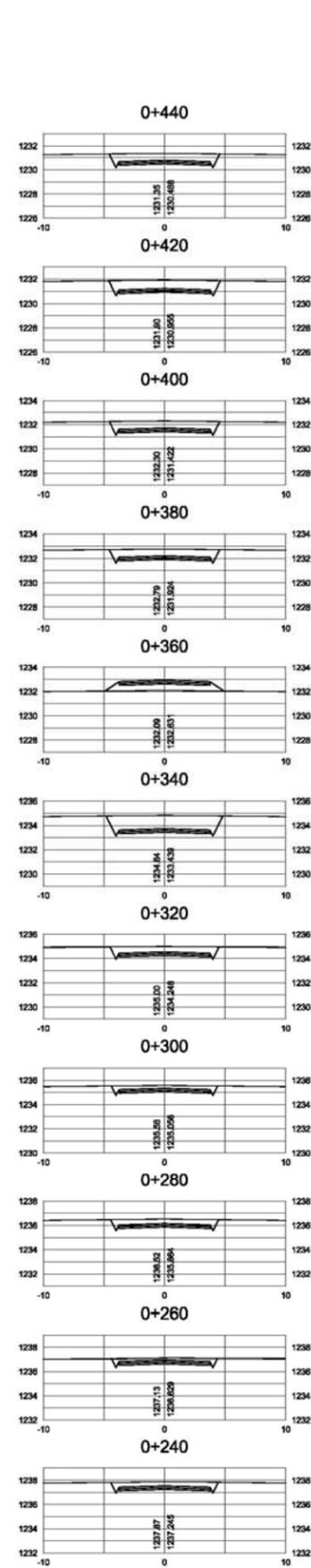
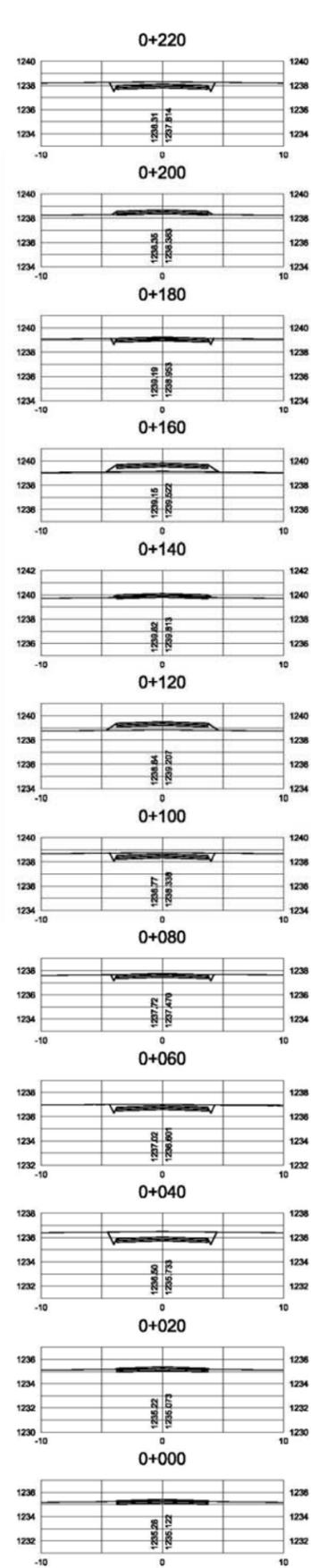
MODIFICACIONES		FECHA		APROBADO	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA CONTENIDO: DISEÑO GEOMETRICO Y ALTIMETRICO PLANTA Y PERFIL TRAMO 4+560.00 A 5+037.24 PROPIETARIO: _____ REVISO: _____ MUNICIPALIDAD DE BARBERENA FEB/2009 _____ FECHA: _____ APROBO: _____ EJECUTESE: _____ FECHA: _____ FECHA: _____ ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:1,000 PLANO No. 08/13 ESCALA HORIZONTAL 1:500					

TABLA DE DISEÑO GEOMETRICO

No CURVA	DELTA	DELTA	SENTIDO DE DEFECCION	DISTANCIA EN PI	DISTANCIA ACUMULADA	G	VELOCIDAD	LS	RADIO	ST	LC	TANGENTE	PC	PT				
26	22	31	50.68	22.531	DERECHA	351.06	4795.69	11	0	0	30.00	39.47	104.174	20.751	40.960	271.829	4+602.06	4+643.02
27	69	30	28.91	69.991	IZQUIERDA	121.30	4916.89	31	30	0	20.00	43.52	36.378	25.279	44.180	33.775	4+718.28	4+762.47
28	30	14	5.73	30.235	DERECHA	112.73	6029.72	19	30	0	20.00	30.78	58.785	15.875	31.010	34.438	4+834.05	4+885.06
29	44	20	20.44	44.339	IZQUIERDA	124.82	8154.34	24	0	0	20.00	38.10	47.746	19.455	38.950	55.860	4+954.35	4+991.30

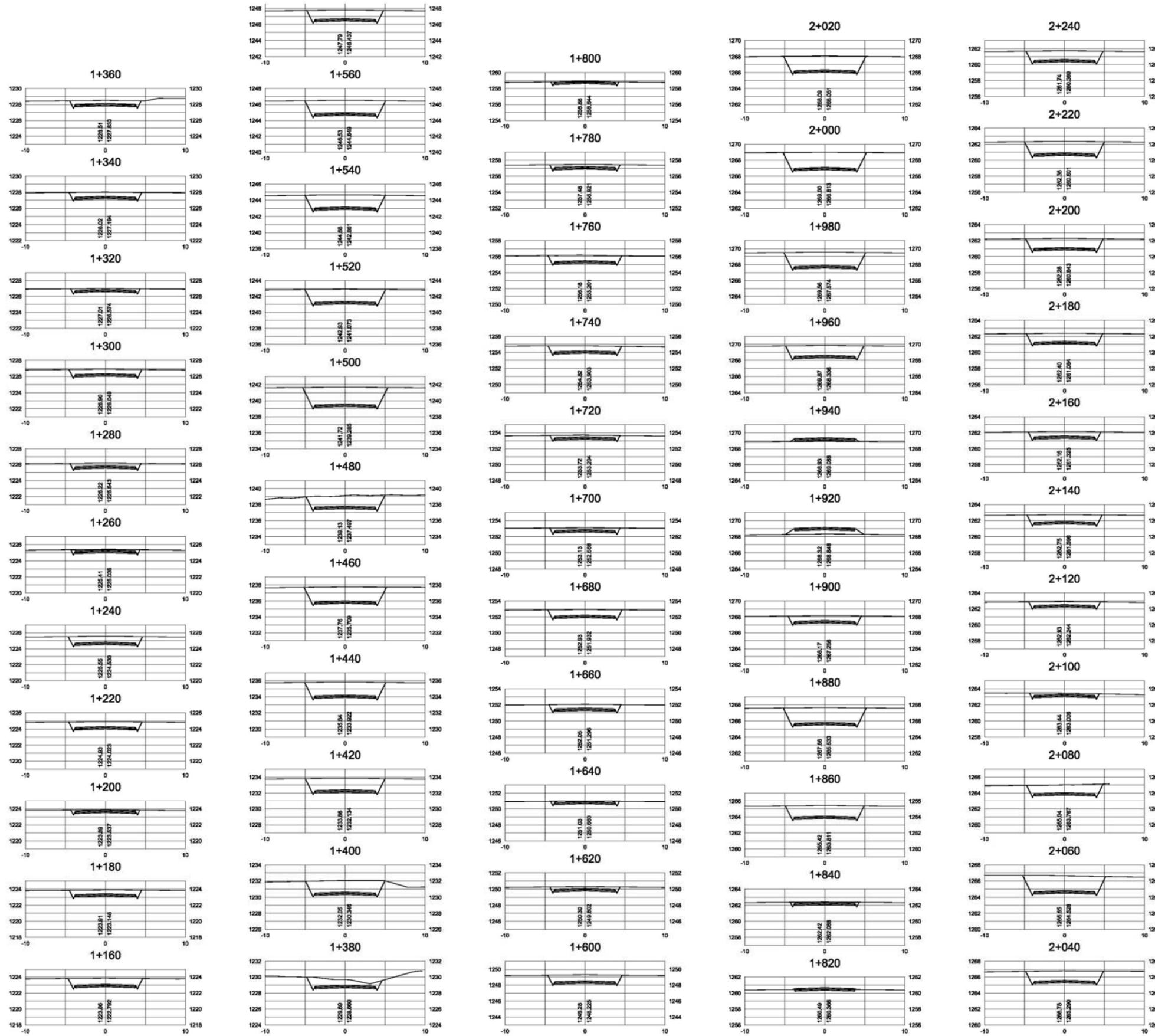
TABLA DE SIMBOLOGIA

	UBICACION DE DRENAJES EN PLANTA
	UBICACION DE DRENAJES EN PERFIL
	DISUNCION ACUMULADA DE ORIGEN
	PRINCIPIO DE TANGENTE
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	DEFLECCION
	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
	SUBTANGENTE
	RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
	PUNTO DE INFLEXION VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PORCENTAJE DE PENDIENTE DE RASANTE
	UBICACION DE PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)
	EJE DE DISEÑO



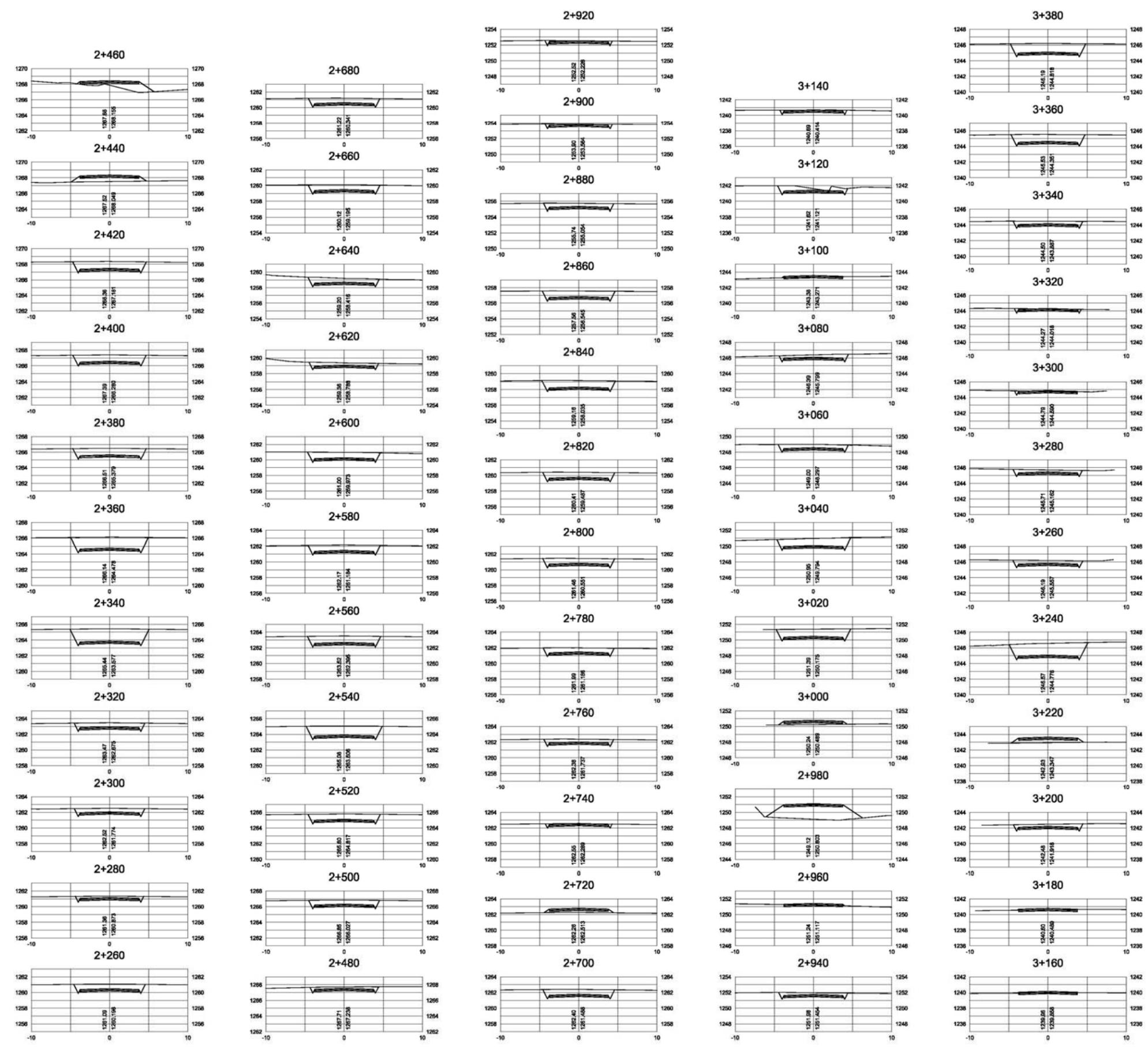
MODIFICACIONES	FECHA	APROBADO
	FECHA	APROBADO
	FECHA	APROBADO
	FECHA	APROBADO
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 0+000.00 A 1+140.00 PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE BARBERENA APROBO: FEB/2008 REVISO: FECHA EJECUTESE: FECHA ESCALAS: ESCALA HORIZONTAL 1:250 ESCALA HORIZONTAL 1:250 PLANO No. 09/13		

MODIFICACIONES	FECHA	APROBADO
	FECHA	APROBADO
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 1+160.00 A 2+240.00		
PROPIETARIO:	FEB2009	REVISO:
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FECHA	FECHA
APROBADO:	FECHA	EJECUTESE:
FECHA	FECHA	FECHA
ESCALAS:	ESCALA HORIZONTAL 1:250	PLANO No.
	ESCALA HORIZONTAL 1:250	10/13



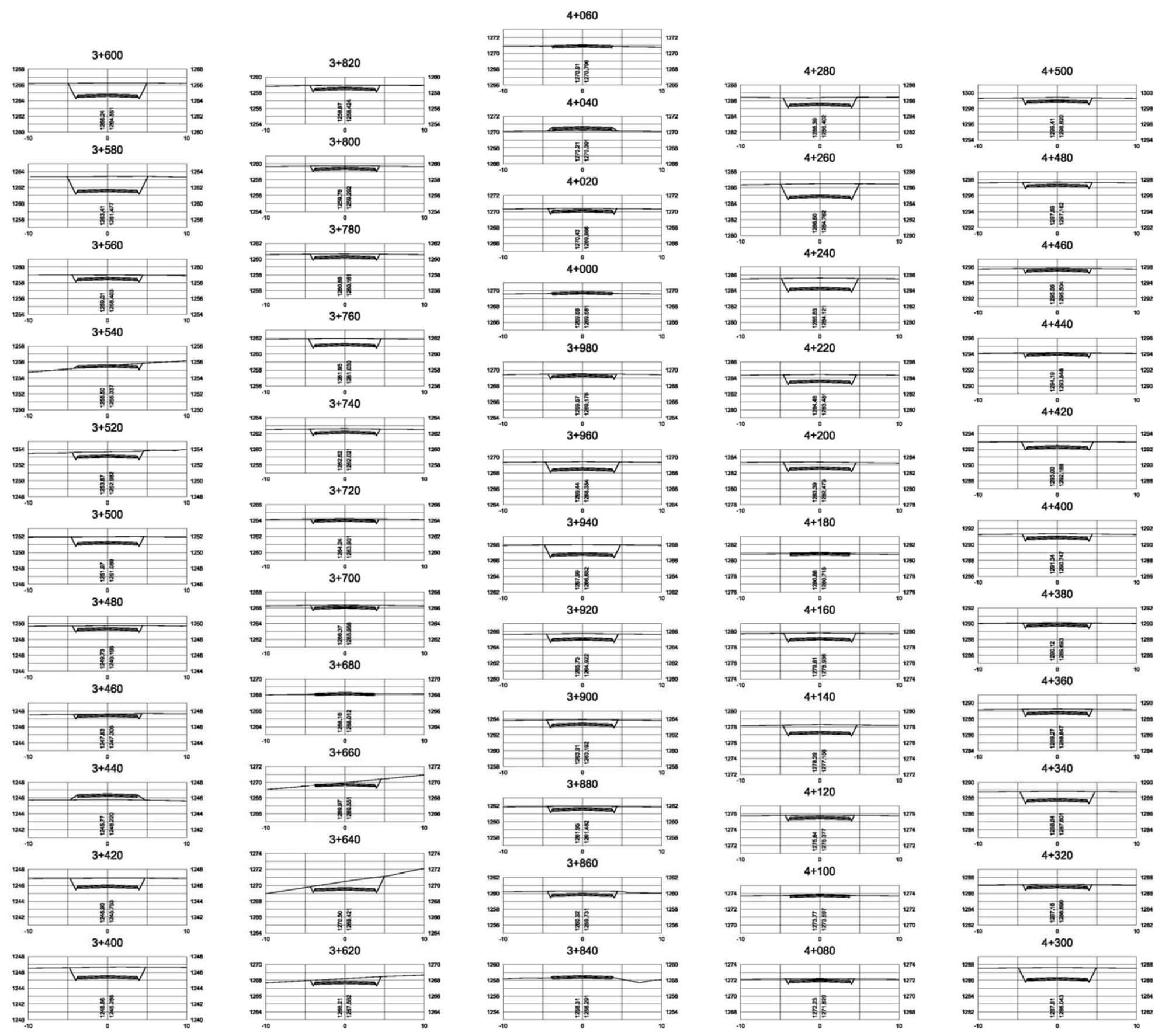
SECCIONES TRANSVERSALES
 ESCALA HORIZONTAL 1:250
 ESCALA VERTICAL 1:250

MODIFICACIONES	PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA		
	UBICACION:	MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA		
	CONTENIDO:	SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 2+260.00 A 3+380.00		
	PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FEB/2009	FECHA
APROBO:			FECHA	EJECUTESE:
ESCALAS:	ESCALA HORIZONTAL 1:250			PLANO No.
				11/13

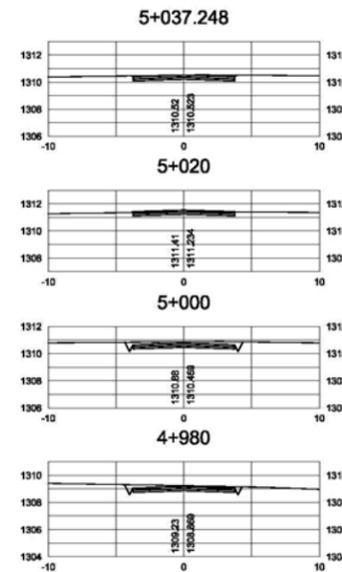
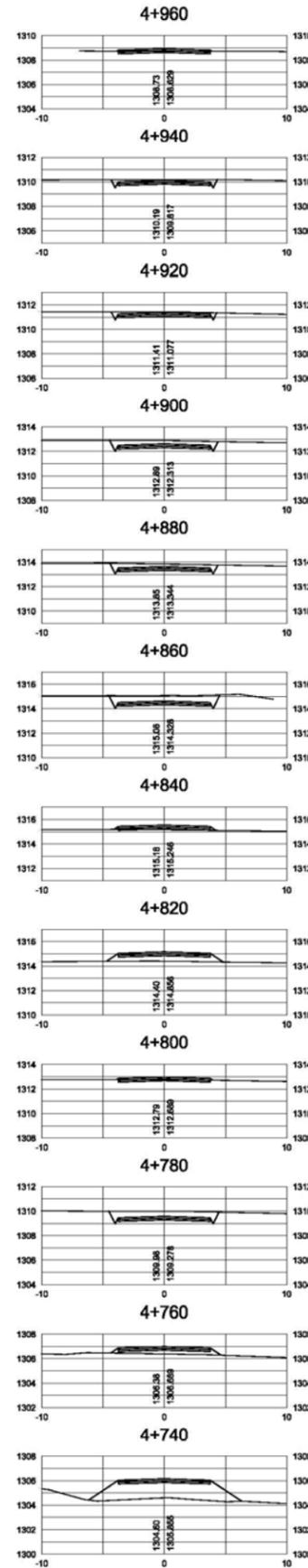
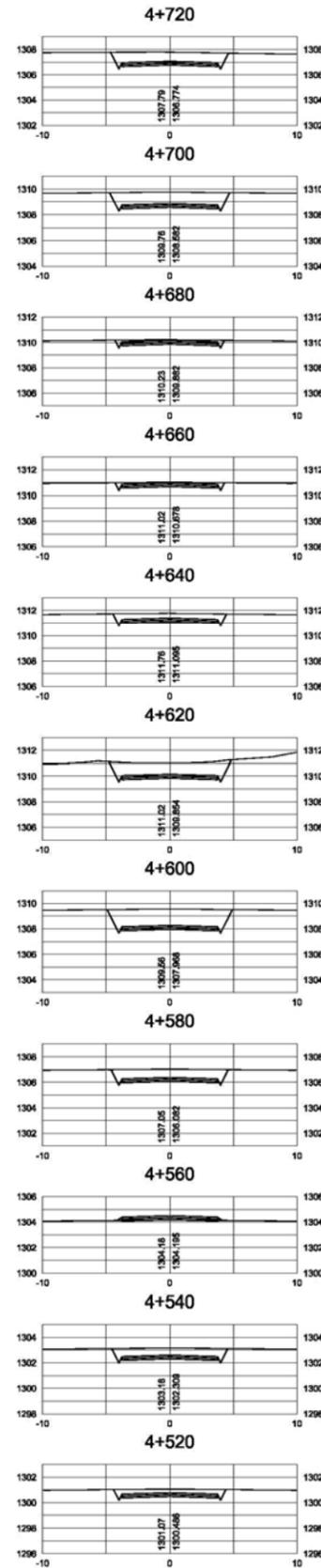


SECCIONES TRANSVERSALES
 ESCALA HORIZONTAL 1:250
 ESCALA VERTICAL 1:250

MODIFICACIONES	FECHA	APROBADO
	FECHA	APROBADO
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA UBICACION: MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 3+400.00 A 4+500.00		
PROPIETARIO:	FEB/2009	REVISO:
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FECHA	FECHA
APROBO:	FECHA	EJECUTESE:
FECHA	FECHA	FECHA
ESCALAS:	ESCALA HORIZONTAL 1:250	
	ESCALA HORIZONTAL 1:250	
	PLANO No. 12/13	



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESCALA HORIZONTAL 1:250
 ESCALA VERTICAL 1:250



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESCALA HORIZONTAL 1:250
 ESCALA VERTICAL 1:250

MODIFICACIONES	PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CANTON UTZUMAZATE - ALDEA BUENA VISTA		
	UBICACION:	MUNICIPIO DE BARBERENA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA		
	CONTENIDO:	SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 4+520.00 A 5+037.25		
	PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE BARBERENA	FEB/2009	FECHA
APROBO:			EJECUTESE:	
ESCALAS:	ESCALA HORIZONTAL 1:250		ESCALA HORIZONTAL 1:250	
				PLANO No. 13/13