



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA
LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Allan Renand Hernández Guevara
Asesorado por el Ing. Jorge Arturo Figueroa Miranda

Guatemala, qewdtg de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA
LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ALLAN RENAND HERNÁNDEZ GUEVARA

ASESORADO POR EL ING. JORGE ARTURO FIGUEROA MIRANDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, QEVWDTG'F G 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Perez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. William Ricardo Yon Chavarria
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Diego Velásquez Jofre
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 13 de octubre del 2009.

Allan Renand Hernández Guevara

Guatemala, 29 de abril del 2010.

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Montenegro:

Por medio de la presente tengo el agrado de notificarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA”**, del estudiante de Ingeniería Civil, Allan Renand Hernández Guevara.

Considero que el trabajo de graduación realizado, cumple con los preceptos y objetivos con los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención, me suscribo.

Atentamente.

f.



Jorge Arturo Figueroa Miranda

INGENIERO CIVIL

Jorge Arturo Figueroa Miranda

COL. No. 4645

Ingeniero Civil Colegiado Activo No. 4,645.

Asesor de Tesis



Guatemala,
29 de julio de 2010

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

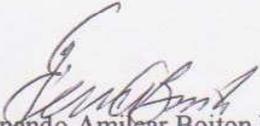
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Allan Renand Hernández Guevara, quien contó con la asesoría del Ing. Jorge Arturo Figueroa Miranda.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Arturo Figueroa Miranda y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez, al trabajo de graduación del estudiante Allan Renand Hernández Guevara, titulado DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2010

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Allan Renand Hernández Guevara**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2010

/cc

ACTO QUE DEDICO

- A Dios** Todopoderoso, por brindarme y prestarme la vida, la salud y permitirme alcanzar y culminar un éxito más en la vida.
- A mi madre** Reina Esmeralda Guevara Tórtola, por darme la vida y brindándome una enseñanza integral desde mi infancia, inculcando valores de bien, para formarme como una persona de beneficio a la sociedad, mostrándome con tus pasos el camino a seguir, siempre con espíritu incansable e ineludible, buscando la superación constante en todos los ámbitos y áreas de la vida, por eso con todo mi corazón y cariño te dedico este acto Madre mía, porque este éxito es tuyo.
- A mi padre** Pablo Hernández Rodríguez, por tu cariño y aprecio desde bebe y a lo largo de mi vida, dándome tu apoyo moral e incondicionalmente en todo lo que he emprendido, Padre, con orgullo te dedico este éxito.
- A mis hermanos** Evelinn y Pablo, mis compañeros de vida, de los cuales siempre recibo todo tipo de cariño, aprecio y consejos directa e indirectamente, los quiero mucho.
- A mis abuelos:** Maternos Arturo Guevara Paniagua (†) y Reina Blanca Tórtola Hernández (†), a mis abuelos Paternos Clemente Hernández Revolorio y Martha Cecilia Rodríguez Gómez (†), a mis abuelos adoptivos, Marco Antonio Ramírez López (†) y Dolores Tórtola de Ramírez (†), mis grandes mentores, siempre los llevo presente, los amo.

- A mi abuelo** Arturo Guevara Paniagua (†), gracias Pa', eres mi admiración, tu magna carrera periodística trascendió fronteras, tu intachable profesionalidad, cimienta mi ética, tu admirable y ejemplar vida, encamina mi vida, los consejos que me brindaste de niño, cuando estabas en vida, guían mis éxitos, lo que de niño te prometí... satisfactoriamente puedo decirte y que se escuche hasta allá en el cielo, ¡LO HE LOGRADO!
- A mi amigo** Juan Gilberto Benítez López (†), mi amigo del alma, que estas allá en el cielo junto a Dios.
- A mis padrinos** Misael Meneses (†) y Lourdes Ramírez Tórtola (†), los llevo presentes en mi corazón, gracias por todo.
- A las familias** Guevara-Chete, Mejia-Hernández, Elvira-Méndez, Rojo-Aldana, Ramírez-Sosa, siempre presentes formando parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A

- A Dios** Por darme la sabiduría, la paciencia, el entendimiento necesario para lograr mis metas y mis objetivos, para ser lo que tú quieres que sea, para ti Señor, muchas gracias Dios.
- A mi Madre** Por la dedicación y apoyo incondicional que me has brindado a lo largo de mi carrera estudiantil, por tu solidaridad en tantas noches largas de arduo trabajo, por tu esfuerzo incalculable para asegurarnos los recursos económicos necesarios y de esta manera culminar nuestros estudios.
- A la Universidad** A la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios, la universidad del pueblo, mi Alma Máter, de la cual me siento orgulloso de pertenecer, en especial a la Facultad de Ingeniería y fundamentalmente a la Escuela de Ingeniería Civil.
- A mi asesor** Ing. Jorge Arturo Figueroa Miranda, por el apoyo y asesoría técnica, laboral, en la creación y redacción de este documento de investigación.
- A los ingenieros** Mario Corzo, Armando Fuentes, Pedro Polanco, Edelberto Teos, Omar Medrano, Guillermo Mellini, Dilma Mejicanos, Francisco Torres, Julio Guerra, y Gerson De León, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales sin reserva alguna, durante mi formación académica en esta casa de estudios y a lo largo de mi vida estudiantil.

- A mis hermanos** Evelinn y Pablo, los quiero con todo mi corazón.
- A mi cuñado** Raúl Fernando Mejía.
- A mis sobrinas** Catheryne y Allison, las amo mis bebas, son mi fuente de inspiración.
- A mi tío y tía** Arturo y Patricia, por su apoyo en los momentos en que lo he requerido.
- A mis primos** Arturo, Grethel, Renan, Emilia, Mendy, Sharon, José, Marvin.
- A mis amigos** Jeanny Ramírez, Diego Muralles, Robin López, Edgar Clara, Carlos Pérez, Carlos Castillo, Alejandro Valle, Nery Rodríguez, Javier Velásquez, Miguel Hernández, Alejandro Dávila, Lester Valdez, Tomas Valdez, Héctor Rodríguez, Alfredo Ros, Julio Gaitan, José López, Pablo Quinteros, Heber Salguero, Dimas Contreras, entre muchos, con los que de una u otra manera compartí y conviví durante estos años en la universidad, compañeros de infancia, amigos del deporte, a todos muchas gracias.
- A las empresas** CODICO, COGUE, Tecnología y Normas, por brindarme los recursos tecnológicos, físicos y humanos, en cada uno de los proyectos que realicé durante los diferentes cursos en el pregrado de Ingeniería Civil.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Ubicación	1
1.2 Descripción del problema	2
2. ESTUDIO DEL TRÁNSITO ACTUAL	5
2.1 Generalidades	5
2.1.1 Transporte	5
2.1.2 Planificación del transporte	6
2.1.3 Ingeniería de tránsito	7
2.1.4 Tránsito	7
2.1.5 Congestionamiento vial	7
2.2 Metodología de aforo vehicular de tránsito	8
2.2.1 Estaciones para aforo vehicular	9
2.2.1.1 Estación permanente	9
2.2.1.2 Estación sumaria	10
2.2.2 Duración de conteos	10
2.2.3 Descripción del aforo vehicular	11

2.3	Análisis del aforo vehicular de tránsito	12
2.4	Propuesta tipo de sección típica	12
3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	17
3.1	Preliminar de campo	17
3.1.1	Selección de ruta	17
3.1.2	Reconocimiento	19
3.1.3	Ubicación y colocación de bancos de marca (BM)	19
3.2	Levantamiento preliminar	20
3.2.1	Tránsito de línea preliminar	20
3.2.2	Niveles de línea preliminar	21
3.2.3	Secciones de línea preliminar	21
3.3	Preliminar de gabinete	22
3.3.1	Revisión de libretas	23
3.3.1.1	Libreta de tránsito	23
3.3.1.2	Libreta de niveles	24
3.3.1.3	Libreta de secciones transversales	25
3.3.2	Cálculo de libretas	25
3.3.2.1	Libreta de tránsito	25
3.3.2.2	Libreta de niveles	26
3.3.3	Digitalización y ploteo de libretas de preliminar	27
3.4	Cálculo de línea preliminar	27
3.4.1	Determinación de coordenadas de línea preliminar	27
3.4.2	Cálculo de deflexiones angulares	32
4.	DISEÑO DE ALINEAMIENTOS HORIZONTAL-VERTICAL	35
4.1	Diseño de alineamiento horizontal	35

4.1.1	Conceptos y generalidades básicas	35
4.1.1.1	Velocidad	35
4.1.1.2	Velocidad de operación	36
4.1.1.3	Velocidad de recorrido	36
4.1.1.4	Velocidad de diseño	36
4.1.1.5	Distancia de visibilidad de parada	37
4.1.1.6	Tiempo de reacción para frenar	37
4.1.1.7	Distancia de frenado	38
4.1.1.8	Distancia de visibilidad para adelantamiento	39
4.1.1.9	Distancia de visibilidad en curvas horizontales	42
4.1.1.10	Tangentes	43
4.1.1.11	Curvas circulares	43
4.1.1.13	Curvas circulares compuestas	46
4.1.1.13	Espiral de transición	48
4.1.1.14	Corona o ancho de calzada	52
4.1.1.15	Bombeo	52
4.1.1.16	Sobreelevación o peralte	53
4.1.1.17	Transición del bombeo a sobreelevación	54
4.1.1.18	Sobreamo	56
4.1.1.19	Corrimiento	58
4.1.2	Selección y cálculo de línea de localización	59
4.1.2.1	Diseño de curvas horizontales y curvas de transición	60
4.2	Diseño alineamiento vertical	83
4.2.1	Conceptos y generalidades básicas	83
4.2.1.1	Tangentes verticales	83

4.2.1.2	Pendiente gobernadora	84
4.2.1.3	Pendiente máxima	84
4.2.1.4	Pendiente mínima	85
4.2.1.5	Longitud crítica	85
4.2.1.6	Curvas verticales	86
4.2.2	Selección y cálculo de rasante	91
4.2.2.1	Puntos de inflexión vertical PIV	91
4.2.2.2	Cálculo de curvas verticales	92
5.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL-LONGITUDINAL	101
5.1	Conceptos y generalidades básicas	101
5.1.1	Método racional	101
5.1.2	Tiempo de concentración para el método racional	103
5.2	Cálculo y diseño de drenaje transversal	104
5.2.1	Caudal de descarga	105
5.2.2	Capacidad de tuberías de metal corrugado	106
5.2.3	Caudales esperados contra capacidad hidráulica de tuberías	107
6.	SEÑALIZACIÓN	109
6.1	Dispositivos para la regulación del tránsito	109
6.2	Señalización horizontal	109
6.2.1	Generalidades	110
6.2.2	Marcas longitudinales	110
6.2.2.1	Líneas centrales o líneas divisorias de sentido de circulación	112
6.2.2.2	Líneas de borde de pavimento	113
6.2.2.3	Líneas del carril	113

6.2.3	Marcas transversales	115
6.2.3.1	Líneas de parada	115
6.2.3.2	Palabras y símbolos demarcados en el pavimento	116
6.2.3.3	Marcas para evitar el bloqueo de una intersección	118
6.2.3.4	Líneas de pasos peatonales	119
6.2.3.5	Vialetas reflectivas	119
6.3	Señalización vertical	120
6.3.1	Generalidades	121
6.3.2	Señales de reglamentación	121
6.3.3	Señales de prevención	123
6.3.4	Señales de información de servicios y turísticas	124
7.	CANTIDADES Y RENGLONES DE TRABAJO	127
7.1	Descripción de los renglones de trabajo	127
7.1.1	División 100	128
7.1.2	División 200	128
7.1.3	División 300	132
7.1.4	División 400	134
7.1.5	División 500	138
7.1.6	División 600	139
7.1.7	División 700	141
7.2	Cantidades de renglones de trabajo	145
8.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	149
8.1	Marco legal	149
8.2	Análisis de situación actual	150
8.2.1	Ambiente físico	150

8.2.2 Ambiente biótico	151
8.2.3 Ambiente socioeconómico	152
8.3 Matriz de mitigación	154
CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA	161
APENDICES	163
A. ESTUDIO DE TRÁNSITO	165
B. REPORTE DE RASANTE	177
C. CANTIDADES DE TRABAJO	193
D. PLANOS DE DISEÑO	205

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cultivos en aldea Las Vertientes, Palencia	2
2.	Vista del casco urbano de Palencia	3
3.	Convergencia en casco urbano de Palencia	4
4.	Clasificación de vehículos pesados	11
5.	Detalle de sección típica tipo B	15
6.	Propuestas de selección de ruta	18
7.	Bisectriz en levantamiento de secciones transversales	22
8.	Cuadrantes angulares	23
9.	Etapas para la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles	42
10.	Propiedades geométricas de curva circular simple	46
11.	Propiedades geométricas de curva circular compuesta de dos radios	48
12.	Propiedades geométricas de curvas de espiral de transición o Euler, configuración espiral-curva-espiral	52
13.	Variación del peralte a lo largo de la longitud de espiral	55
14.	Variación de la sobreelevación	56
15.	Tipos de curvas verticales	87
16.	Cuencas tributarias a libramiento	105
17.	Demarcación de línea central en carril de ascenso	112

18. Aplicación de líneas de carril	115
19. Demarcación de pasos peatonales	119

TABLAS

I.	Tránsito promedio diario anual, tasas de crecimiento, proyección al año 2010, Palencia	12
II.	Proyecciones para tránsito promedio diario anual, Palencia	13
III.	Características geométricas recomendadas para el tramo, según su demanda de T.P.D.A.	14
IV.	Tabla de conversión angular	24
V.	Información topográfica de línea preliminar	28
VI.	Coordenadas y deflexiones de línea preliminar	34
VII.	Valores para distancia de visibilidad para parada	39
VIII.	Tipos de bombeos	53
IX.	Factores de diseño para curvas circulares	60
X.	Primera tabla resumen de diseño horizontal	81
XI.	Segunda tabla resumen de diseño horizontal	82
XII.	Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño	85
XIII.	Constantes para distancia de visibilidad en curvas verticales	90
XIV.	Ubicación y altura de PIV	92
XV.	Tabla resumen del diseño vertical	100
XVI.	Coeficientes de escorrentía para diferentes superficies	103
XVII.	Área de cuencas	104
XVIII.	Análisis caudales esperados vs. capacidad hidráulica de tuberías	107
XIX.	Distancias para la ubicación de las señales preventivas	124

XX.	Señalización propuesta para libramiento municipio de Palencia	126
XXI.	Cantidades de trabajo actividades de terracería y drenaje menor	146
XXII.	Cantidades de trabajo actividades de pavimento y señalización	147
XXIII.	Matriz de mitigación ambiental en diseño geométrico	155

GLOSARIO

AASHTO	“American Association of State Highway and Transportation Officials”, o sea Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
Autobús	Vehículo automotor de dos o más ejes, especialmente equipado y construido para el transporte colectivo de personas, con capacidad total para más de 28 personas y con peso bruto máximo superior de 3.5 toneladas métricas.
Automóvil	Vehículo automotor, de dos ejes, especialmente equipado y construido para el transporte de personas y con capacidad total para nueve ocupantes máximo, su peso bruto máximo es de 3.5 toneladas métricas.
Arcén u hombro:	Franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automotores más que en caso de detención o parada.
Avenida	La vía urbana determinada topográficamente de norte a sur o viceversa.
Banco de materiales	El lugar aprobado por la DGC para la extracción de materiales naturales satisfactorios, a usarse en la construcción de obras de drenaje, estructuras y capas del pavimento y de balasto, excluyendo la construcción de terraplenes.
Banco de préstamo	El lugar aprobado por el delegado residente para la extracción de materiales de préstamo para terracería.
Calzada	Capa de rodadura de la vía pública dedicada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles
Calle	La vía urbana determinada topográficamente de este a oeste o viceversa.

Camión	Vehículo automotor, de dos o más ejes, especialmente equipado y construido para el transporte de carga con peso bruto máximo superior a 3,5 toneladas métricas.
Carretera	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
Carril	Banda longitudinal en que puede estar subdividida la calzada, determinada por señalización horizontal.
Conductor	Toda persona que conduce un vehículo por la vía pública.
Derecho de vía	El área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.
Diatomita	Son rocas sedimentarias que se forma de los restos flotantes de las diatomeas, se encuentra cerca de las aguas superficiales actuales o anteriores.
DGC	Dirección General de Caminos es la dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, que tiene a su cargo el planeamiento a su nivel, estudio, diseño, preparación de documentos de licitación, cotización, términos de referencia, construcción, supervisión y mantenimiento de las carreteras de la República.
EIA	Estudio de impacto ambiental.
FHWA	“The Federal Highway Administration”, o sea Administración Federal de Carreteras.
Intersección	El lugar donde se cruzan dos o más vías públicas.
Latifoliado	Se refiere a una vegetación o a un ecosistema con predominancia de plantas con hojas anchas.
Libro azul	Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, de la DGC, en sus ediciones de 1975 y 2001.
Microbús	Vehículo automotor de dos ejes, especialmente equipado y construido para el transporte de personas y con capacidad total para hasta 25 personas pero más de 9 y con peso máximo admisible de 3,5 toneladas métricas.

Peatón	Toda persona que transita a pie por la vía pública. Se entienden también, como peatón el que empuja una bicicleta o motocicleta y el minusválido que circula en silla de ruedas.
Paso peatonal	Franja demarcada por señalización y localizada transversal u oblicuamente a la calzada, donde el peatón goza siempre del derecho de paso, salvo las excepciones reglamentarias.
Panel	Vehículo automotor de dos ejes especialmente equipado y construido para el transporte de carga con peso bruto máximo de 35 toneladas métricas
Pick-up	Vehículo automotor, de dos ejes especialmente equipado y construido para el transporte de carga de una capacidad máximo de 1.5 toneladas métricas, Su peso bruto máximo es de 3,5 toneladas métricas.
Pumicita	Piedra de tipo volcánica, del grupo de las ígneas conocida comúnmente como “pómez” o “piedra pómez”.
Rasante	El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.
Remolcadores	Vehículo automotor de dos o tres ejes especialmente equipado y construido para tirar de un remolque, también conocidos como cabezales o tractocamiones.
Renglón de Trabajo	Un rubro específicamente descrito, para el cual se fija un precio unitario.
Represamiento	Embalse natural de agua, creado a partir de un deslave o alud en ríos donde existen valles estrechos y escarpados.
Riolíticas	Erupciones volcánicas muy grandes, cuyos productos expulsados tienen una amplia distribución.
Semiremolque	Vehículo no automotor equipado y construido para circular arrastrado por un vehículo automotor.

Señalización horizontal	Todas aquellas señales de tránsito pintadas sobre el pavimento.
Señalización vertical	Todas aquellas señales de tránsito montadas sobre postes u otros dispositivos análogos.
Tránsito mixto	Conjunto de vehículos de todo tipo circulando en un espacio común.
Túmulo	Dispositivo para la reducción de la velocidad, dispuesto transversal u oblicua mente al sentido de circulación y con una altura superior a 5 centímetros y un ancho inferior a 1 metro.
Vehículo	Cualquier medio de transporte que circula sobre la vía pública.
Vehículo automotor	Vehículo provisto de motor eléctrico o de combustión interna para su propulsión. Se excluyen las motocicletas y los tranvías.
Vía pública o vía	Es el espacio público por donde circulan los vehículos peatones y animales.

RESUMEN

En el diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia, se requirió de un análisis de los diferentes estudios que contribuyen de forma directa e indirecta en la fase del diseño geométrico en la planificación de todo proyecto de ingeniería vial.

De esta manera se presenta un análisis y descripción del municipio de Palencia, haciendo un estudio de tránsito vial, con el cual se determinó el tipo de sección típica a utilizar en la propuesta de libramiento, los cuales pueden ser consultados en los capítulos 1 y 2, respectivamente.

Por reconocimiento geográfico, se hizo la propuesta y selección de ruta, formulando la propuesta preliminar de línea central para el eje de la carretera, con el cual la topografía favoreciera de mejor manera la circulación de los vehículos que fueron aforados en el capítulo 2.

En los capítulos 4, 5 y 6 se presentan el correspondiente diseño geométrico, estudio hidrológico con su respectiva memoria de cálculo y la señalización correspondiente para el libramiento, con el cual se hizo la estimación de las cantidades de trabajo las cuales serán ejecutadas en la construcción del libramiento y son presentadas en el capítulo 7.

Por último y no menos importante, se presentan las consideraciones tomadas para el estudio de impacto ambiental, del cual se hace observación del medio ambiente, así como de las áreas de influencia directa e indirectamente que se ven afectados por la realización de esta carretera, mostrando la correspondiente matriz de mitigación en el diseño geométrico del libramiento para el municipio de Palencia.

OBJETIVOS

General

- Diseñar un libramiento que dé solución al problema vial existente en la cabecera Municipal de Palencia.

Específicos

1. Plasmar el proceso y consideraciones preliminares, tales como: tránsito, topografía, diseño vial, hidrología.
2. Determinar la sección típica adecuada al flujo vehicular esperado.
3. Realizar un estudio técnico profesional que sirva de referencia para las personas interesadas en la materia.

INTRODUCCIÓN

Procurar la constante mejora en la planificación y así como en construcción de las obras civiles y carreteras que forma parte de la infraestructura vial, la cual constituye el factor de mayor importancia para el intercambio comercial, económico-social, dentro y fuera del país.

De esta manera es como nace la necesidad de plasmar el diseño geométrico y la propuesta de un libramiento, con el cual se evite el paso vehicular a través de la cabecera municipal del municipio de Palencia, y agilice de una manera rápida, eficiente y segura la transición de automotores que requieren atravesar dicho municipio para trasladarse hacia su lugar de destino, los cuales contribuyen grandemente con el intercambio comercial y crecimiento económico de la región.

La propuesta fue concebida haciendo hincapié en la correcta planificación de proyectos de infraestructura vial, considerando un análisis de la problemática actual en el casco urbano, realizando un estudio de tránsito, en el cual se determinó el comportamiento del flujo vehicular que transita en dicho centro urbano. A su vez se consideró la topografía del lugar, que dio como resultado la propuesta de ruta a trazar, de la cual, al realizar el respectivo diseño horizontal y vertical, se consideraron las normas de diseño geométrico del SIECA, AASTHO, DGC, entre otras normas y especificaciones, para alcanzar un diseño seguro y eficiente desde el punto de vista vial. Sin dejar de lado el medio ambiente se consideró, un estudio hidrológico para drenar eficazmente el agua que llegue a precipitarse en el área durante la temporada lluviosa del año. Se realizó la estimación de las cantidades de trabajo, basado en los planos constructivos obtenidos de las consideraciones anteriormente mencionadas, sin dejar desapercibido el respectivo EIA, el cual es considerado únicamente para el diseño geométrico, y no para la ejecución.

1. Planteamiento del problema

Para realizar el diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia, es necesario hacer una breve descripción del municipio y un análisis de la situación actual en el casco urbano de Palencia, así como de las condiciones viales existentes propias del lugar e inducidas por su ubicación geográfica en la región.

1.1 Ubicación

El proyecto se ubica en el municipio de Palencia del departamento de Guatemala, ubicado al noreste de la Ciudad Capital a una distancia de 28 km, con área aproximada de 256 km², colinda al norte con San José del Golfo, San Pedro Ayampuc (Guatemala) y San Antonio La Paz (Progreso); al este con San Antonio La Paz, Sanarate (Progreso) y Mataquesuintla (Jalapa); al sur con San José Pinula (Guatemala); al oeste con Guatemala y San Pedro Ayampuc (Guatemala). La elevación de cabecera municipal es de 1,340 metros SNM, sus coordenadas geográficas son: latitud N 14°40'05", y longitud W 90°21'25". Se localiza en la hoja cartográfica a escala 1:50,000, San Pedro Ayampuc 2160 III.

Cuenta con una población de 52,252 habitantes según el censo del año 2,002, el municipio cuenta con 1 pueblo, 14 aldeas y 62 caseríos, dedicadas fundamentalmente a la actividad agrícola, con cultivos muy variados y no extensivos, entre los que se destaca el cultivo de güisquil, brócoli, papa, coliflor, maíz y fríjol, entre los cultivos permanentes está el cultivo de café.

La zona cuenta con ganadería bovina, desarrollando también en la región la industria dedicada a la artesanía y a la recreación turística, ya que cuenta con lagunas dedicadas al deporte de la pesca, así como diversos turicentros y los parques ecológicos, El Calaguar y Tomastepeck, los cuales cuentan gran afluencia de visitantes nacionales y extranjeros durante los fines de semana.

1.2 Descripción del problema

Debido a que en el municipio se concentra la mayor parte de los servicios esenciales para la población, el mismo ha llegado a ser el centro de convergencia para la mayoría, teniendo como resultado una carga vehicular mayor principalmente en calles y avenidas ya pavimentadas.

Figura 1. Cultivos en aldea Las Vertientes, Palencia



Las personas que provienen de distintas regiones y que su lugar de destino no precisamente es el municipio de Palencia, regularmente se ven obligados a atravesar el casco urbano, ya que actualmente no se cuenta con una ruta alterna que permita tener un flujo vehicular continuo y más adecuado.

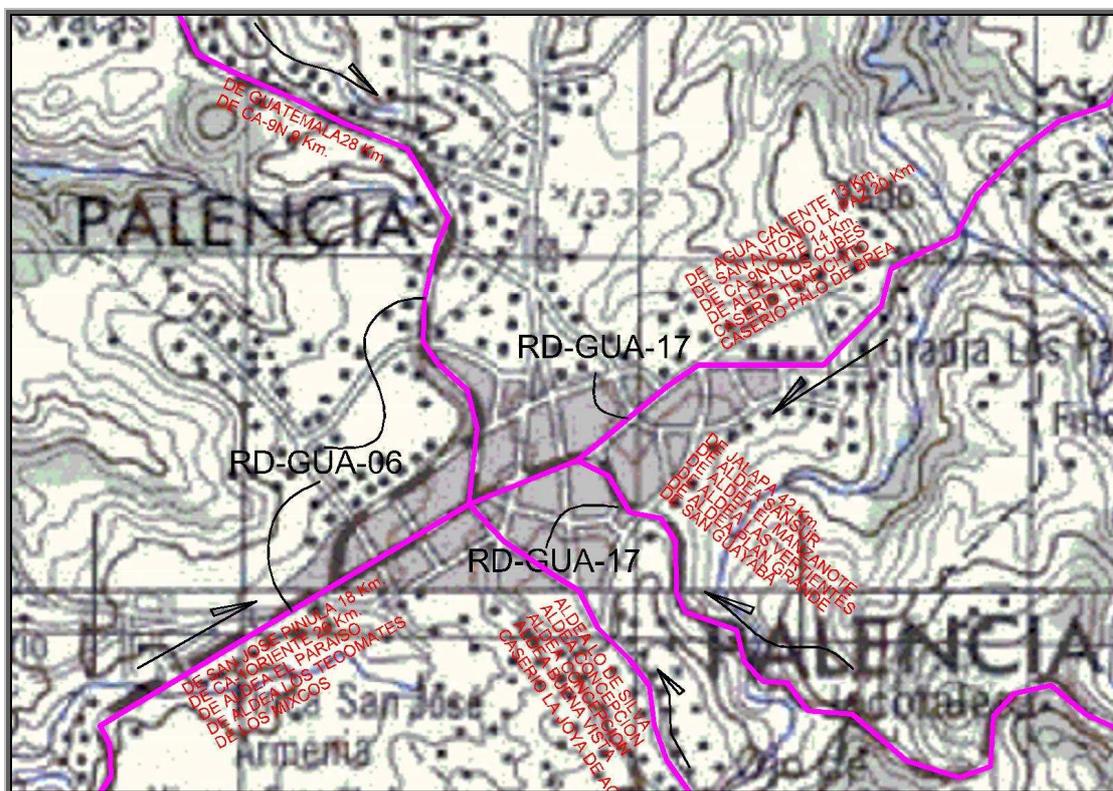
Adicionalmente es necesario tomar en consideración que, en la actualidad se realiza la rehabilitación de la carretera que brinda el acceso a dicho centro urbano desde el entronque sobre el km. 18.5 carretera CA-9N o mejor conocida como carretera al Atlántico, y al mismo tiempo se construye la carretera RD-GUA-17, la cual se dirige de la cabecera municipal de Palencia, hacia la región de mayor productividad agrícola dentro del municipio, área integrada por las aldeas El Manzanote, Las Vertientes, Plan Grande, Sansur y Agua Caliente, la cual llega a finalizar en la aldea Sanyuyo, municipio de Mataquescuintla, departamento de Jalapa, con la que se espera un crecimiento en el flujo de tránsito.

Figura 2. Vista del casco urbano de Palencia



Para contrarrestar a esta problemática se plantea el presente trabajo de tesis que propone el diseño de una ruta alterna que permita a los usuarios tener una opción de libramiento del poblado, con lo cual se eviten atrasos, una mayor seguridad para los transeúntes, economía en el consumo del combustible, disminuir el deterioro acelerado de las calles, movilización adecuada de los usuarios sobre una carretera diseñada bajo normas y especificaciones, ya que a la fecha se provocan embotellamientos específicamente a la salida del municipio.

Figura 3. Convergencia en casco urbano de Palencia



2. Estudio de tránsito

Como es esencial en toda planificación de proyectos de infraestructura vial, es necesario contar con un estudio de tráfico. Para nuestro libramiento vehicular, dicho estudio es descrito en este capítulo, realizando el correspondiente análisis de aforo vehicular para obtener las proyecciones del T.P.D.A. y de esta manera poder determinar el tipo de sección típica, que debe ser utilizada para el diseño del mismo.

2.1 Generalidades

2.1.1 Transporte

El transporte es el traslado de personas o bienes de un lugar a otro lugar. El transporte puede ser dividido en infraestructura, vehículos y operaciones.

La infraestructura: incluye carreteras, ferrocarriles, vías, canales y tuberías. La infraestructura es la red donde se llevan los bienes. La infraestructura también incluye los aeropuertos, estaciones de ferrocarril, estaciones de autobuses y puertos marítimos (muelles). La infraestructura suele ser construida por los gobiernos y pagada por los impuestos de los ciudadanos de un país o región. Infraestructuras, tales como: carreteras y ferrocarriles está diseñado por los ingenieros civiles y planificadores urbanos.

Vehículos y barcos de viaje en la infraestructura: los vehículos son automóviles, camiones, trenes y aviones. Los vehículos son generalmente diseñados por los ingenieros mecánicos.

Los buques que incluyen barcos, transbordadores y barcos que viajan en los canales, diques de uso y puertos marítimos. De la misma manera que los trenes que utilizan estaciones de tren, aviones de uso de los aeropuertos, los trenes que utilizan líneas ferroviarias (vías del tren), aviones utilizan rutas de vuelo.

Las operaciones del control del sistema: las operaciones incluyen las señales de tráfico, las señales ferroviarias y de control del tráfico aéreo. Las operaciones también incluyen las políticas del gobierno (política es un plan de acción para orientar las decisiones y acciones) y reglamentos (un conjunto o grupo de leyes y reglas) para controlar el sistema, tales como peajes, impuestos a los combustibles, y las leyes de tránsito. Entre las principales leyes que rigen y brindan soporte a la parte operacional del tránsito y transporte en Guatemala, se puede mencionar: Ley de Tránsito, Reglamento de Tránsito, Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones, entre otras.

2.1.2 Planificación del transporte

Se define como un proyecto que estudia demandas presentes y futuras de movilidad de personas y material. Estos proyectos están precedidos por estudios de movimientos y necesariamente involucran a los diferentes medios de transporte. Esta estrechamente relacionado con el campo de la ingeniería de tránsito.

La planificación es la fase fundamental del proceso de desarrollo y organización del transporte, pues es la que permite conocer los problemas, diseñar o crear soluciones y, en definitiva, optimizar y organizar los recursos para enfocarlos a atender la demanda de movilidad. En ella hay que destacar la importancia de asignar en los presupuestos los recursos necesarios para su realización.

2.1.3 Ingeniería de tránsito

Ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

El ingeniero de tráfico en vez de construir nueva infraestructura introduce elementos dinámicos o estáticos (Señales de tráfico, semáforos, paneles, sensores, que provienen en su mayoría de la industria del ferrocarril) para regular y dirigir el tráfico maximizando la capacidad de la vía especialmente en lugares congestionados.

2.1.4 Tránsito

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle, carretera o autopista.

2.1.5 Congestionamiento vial

Congestionamiento vial, atasco o embotellamiento, se refiere tanto urbana como inter-urbanamente, a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atoramientos. Este fenómeno se produce comúnmente en las horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

Las consecuencias de las congestiones vehiculares denotan en accidentes, a pesar que los automóviles no pueden circular a gran velocidad, ya que el automovilista pierde la calma al encontrarse estático por mucho tiempo en un lugar de la vía, lo cual esto también puede derivar en violencia vial.

Por otro lado, desde de un punto de vista positivo, reduce la gravedad de los accidentes ya que los vehículos no se desplazan a una velocidad importante, para ser víctima de daños o lesiones de mayor gravedad. También, los vehículos pierden innecesariamente combustible debido a que se está inactivo por mucho tiempo en un mismo lugar, sin avanzar en el trayecto de un punto a otro.

2.2 Metodología de aforo vehicular de tránsito

Existe una gran variedad de procedimientos, los cuales pueden aportar la información requerida, en la búsqueda de soluciones a los múltiples problemas que aquejan a las urbes en el campo del tránsito y transporte.

Uno de estos procedimientos para la obtención de datos es la técnica de la medición de volúmenes vehiculares, el cual tiene por objetivo definir el número de vehículos que pasa por un punto determinado en un cierto intervalo de tiempo la información obtenida puede ser utilizada para diferentes análisis, entre los cuales se pueden mencionar; cálculos estadísticos de accidentes, evaluación de las condiciones de tráfico actuales en una carretera, estudio de intersecciones, determinación de la eficiencia y capacidad, establecer programas operacionales (colocación de señales, semáforos, etc.), establecer variaciones horarias, semanales y mensuales, en un flujo vehicular, y lo que concierne en este caso determinación de tráfico promedio diario anual (TPDA) para diseño geométrico.

Entre las metodologías usadas para estos procedimientos encontramos, contadores mecánicos y manuales, entre los contadores mecánicos se encuentra una variedad de estos, desde una cámara filmadora hasta un sencillo detector.

Estos pueden ser clasificados como fijos y portátiles, entre los contadores portátiles se encuentran: los contadores continuos con un dial visible, contadores activados por un control de relojería para actuar en un lapso determinado, contador activo por un mecanismo de relojería y que graba la información recolectada.

Estos contadores reciben un impulso desde un tubo neumático instalado en la calle o vía, el tubo es de goma flexible y se coloca perpendicularmente al paso de los vehículos.

Se hace mención que cuando este mecanismo es utilizado en pistas de más de dos carrileras y sometido a un alto número de transporte pesado, la exactitud del sistema es del 90% aproximadamente, agregado a la limitación de poder detectar ejes y para clasificar el tipo de vehículos que circulan en dicha vía.

Los equipos permanentes o semi-fijos usan una gran variedad de detectores, tales como tubo neumático, contador eléctrico, foto celda, radar, detector magnético, ultrasonido, etc.

El método manual, en el cual se puede contar los vehículos, utilizando uno o dos personas como contadores los cuales pueden observar y controlar detalladamente las observaciones que sean necesarias para el estudio, tales como: clasificación de vehículos, número y tipo de eje, dirección del vehículo, etc. Este método puede ser combinado con cualquiera de los contadores anteriormente mencionados para obtención de datos con mayor exactitud y veracidad en el conteo para cualquier aforo vehicular.

2.2.1 Estaciones para aforo vehicular

Entre las diferentes estaciones de aforo vehicular utilizadas en Guatemala, sobre salen dos tipos de estaciones: permanentes y sumarias.

2.2.1.1 Estación permanente

Es aquella cuyo propósito es estudiar en un punto dado de la carretera, en donde se realizan conteos continuos de tránsito, interrumpidamente, los volúmenes horarios de vehículos a lo largo de todo un año o más.

2.2.1.2 Estación sumaria

Es aquella cuyo propósito es estudiar en un punto dado de una carretera en donde se realizan conteos continuos del tránsito, anotando ininterrumpidamente, los volúmenes horarios de vehículos a lo largo de 48 horas, en días laborables, una vez por año.

2.2.2 Duración de conteos

Estaciones semipermanentes:

Conteos mecánicos o automáticos: se hacen una vez al año, con una semana de duración (7 días).

Conteos clasificados (manuales): se hacen una vez al año durante 14 horas, de 6 a 20 horas en un día hábil.

Estaciones Sumarias:

Conteos mecánicos: se hacen de 24 horas de duración cada 2 años.

Conteos clasificados: se hacen de 4 horas de duración (de 11 a 15 horas) cada 2 años.

Los conteos manuales son hechos cuando los datos deseados no se pueden obtener con equipo contable mecánico. Una ventaja de los conteos manuales es, la clasificación de vehículos por tipo.

De acuerdo con la metodología utilizada en la Dirección General de Caminos en los tipos de estaciones a analizar para el tramo en estudio se realizan conteos de doce horas continuas, en horario de 6:00 a las 18:00 horas, una vez por año, de la manera siguiente:

- Tipo A; los conteos se efectúan durante 4 días (2 laborales y 2 no laborales).
- Tipo B; los conteos se efectúan durante 2 días laborales.
- Tipo Sumaria; los conteos se efectúan durante 1 día laborable.

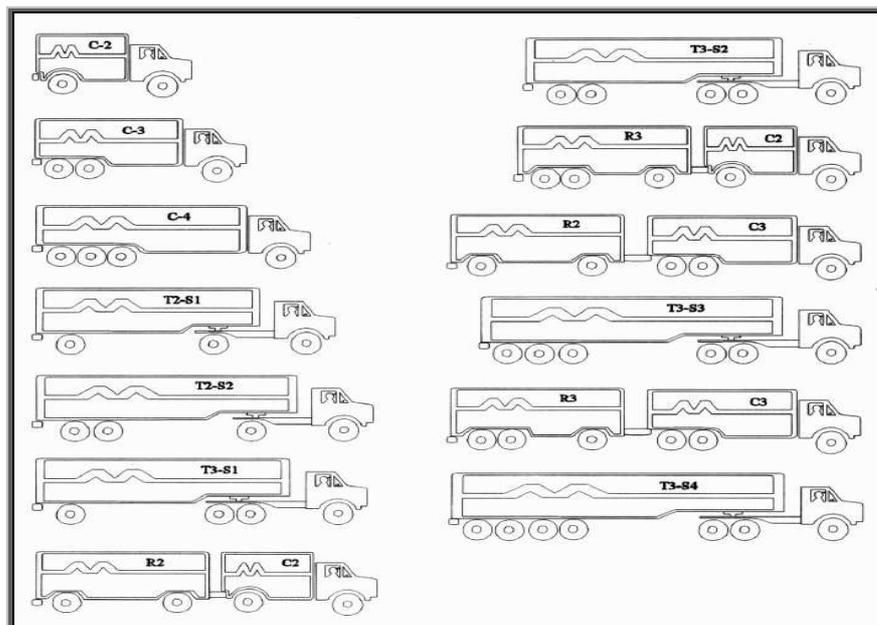
Debido principalmente a limitaciones presupuestarias los conteos muchas veces no se efectúan todos los años, existiendo casos con dos o más años seguidos sin información.

2.2.3 Descripción del aforo vehicular

El método utilizado para la determinación del TPDA de nuestro caso, es el método manual, el cual en su forma elemental consistió en una persona como contador, lápiz y hojas con un cuadro de formato especial, el mismo colocado en un punto estratégico, en el cual fuera posible realizar el conteo y obtener la información requerida.

El conteo efectuado con Estación Tipo A, durante cuatro días consecutivos, 14 horas continuas en horario de 6:00 a 20:00 horas, considerando que en este período, se encuentran los horarios de mayor concentración vehicular en un día típico o normal, 07:00 - 09:00; 12:00 a 14:00 y de 18:00 a 20:00 horas. Los vehículos fueron clasificados según el Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones, de la cual se considera vehículos pesados, C-2, C3, C-4, T3S2, T3S3, vehículos pesados de cuatro o más ejes TSR.

Figura 4. Clasificación de vehículos pesados



2.3 Análisis del aforo vehicular de tránsito

Para el desarrollo de las proyecciones y determinación del TPDA para este caso, se analizaron los resultados de los conteos de 14 horas ejecutados y descritos en tema anterior (ver anexo A), los cuales fueron expandidos a volúmenes de 24 horas, usando los factores horarios y tasas de crecimiento obtenidos en base a los conteos de dos semanas de duración afectados en la carretera CA-1 Occidente en el tramo Mixco-San Lucas Sacatepequez en el año 2003 y en el mes de enero del 2006, considerando que estos valores son aplicables para los proyectos localizados en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala. En la Tabla 1, se muestran los volúmenes de tránsito expandidos a 24 horas, las tasas de crecimiento y las proyecciones tomando como base el año 2010, considerando que la ejecución de los trabajos para dicho libramiento pueden ser ejecutados durante el presente año.

Tabla I. Tránsito promedio diario anual, tasas de crecimiento, proyeccion al año 2010, Palencia

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL											
	TIPO DE VEHÍCULO										VOLUMEN TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T.P.D.A. 2009	956	540	159	42	3	10	2	0	35	142	1,891
Tasa Crec.	5.0%	6.0%	3.5%	3.5%	3.0%	4.0%	3.5%	2.0%	3.5%	3.0%	
2,010	1,003	573	164	43	4	10	4	0	37	146	1,984

Debido a que en esa área, no existen estudios recientes, referentes a las variaciones mensuales del tránsito por tipo de vehículo, se consideró un factor de variación mensual igual a la unidad, con lo que los volúmenes de tránsito obtenidos en los conteos, se pueden considerar como representativos del tránsito promedio diario anual.

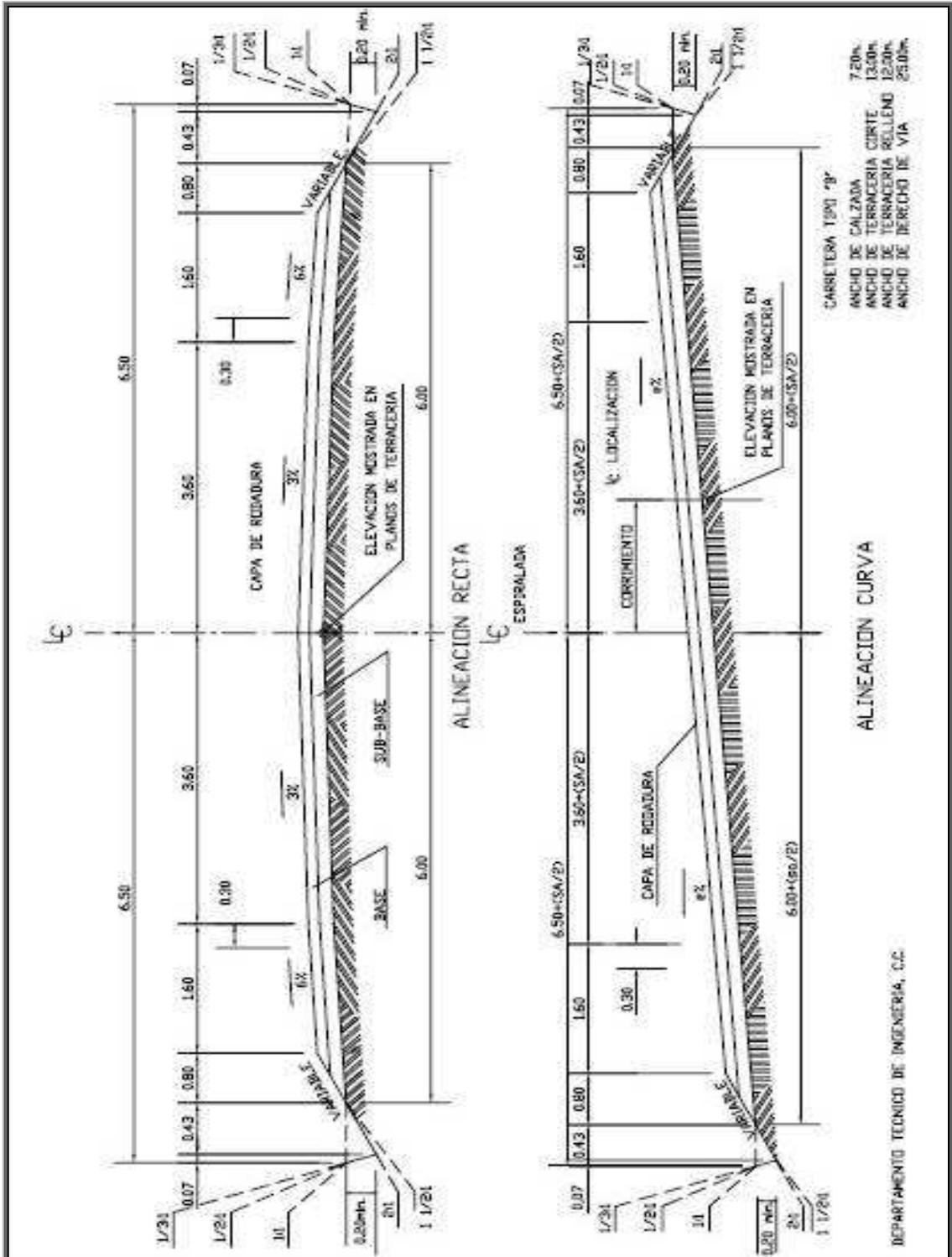
Tabla III. Características geométricas recomendadas para el tramo, según su demanda de T.P.D.A.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D.A. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	ANCHO CALZADA (M)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (M)	RADIO MINIMO (M)	PENDIENTE MAXIMA (M)	DISTANCIA VISIBILIDAD PARADA		DISTANCIA VISIBILIDAD PASO			
				CORTE (M)	RELLENO (M)				MINIMA (M)	RECOMENDADA (M)	MINIMA (M)	RECOMENDADA (M)		
3000 A 5000	TIPO "A" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	100	2x7.20	25	24	50	375	3	160	200	700	750		
		80											520	550
		60												
1500 A 3000	TIPO "B" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80	7.2	13	12	25	225	6	110	150	520	550		
		60											350	400
		40												
900 A 1500	TIPO "C" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80	6.5	12	11	25	225	6	110	150	520	550		
		60											350	400
		40												
500 A 900	TIPO "D" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80	6	11	10	25	225	6	110	150	520	550		
		60											350	400
		40												
100 A 500	TIPO "E" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	50	5.5	9.5	8.5	25	225	6	110	150	520	550		
		40											350	400
		30												
10 A 100	TIPO "F" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	40	5.5	9.5	8.5	15	225	6	110	150	520	550		
		30											350	400
		20												

Figura 5. Detalle de sección típica tipo B



3. Levantamiento topográfico

En este capítulo se hace hincapié en los conceptos básicos y elementales para realizar un estudio topográfico para infraestructura vial, reflejándose estos conceptos en la selección y propuesta de trazo preliminar para el libramiento vehicular y la correcta interpretación de la información recolectada para la fase de diseño.

3.1 Preliminar de campo

3.1.1 Selección de ruta

El trazo para este libramiento tiene como puntos fijos de inicio y final, correspondiendo el primero al entronqué con la carretera RD-GUA-06 que deberá ser desviada en el tramo entre Palencia y CA-09 NORTE y siendo el otro punto el entronque con la carretera RD-GUA-17, la cual se dirige de Palencia a aldea Sansur, respectivamente.

La metodología utilizada para una selección, consistió en la utilización de mapas a escala 1:50,000, generados por el Instituto Geográfico Nacional, en los cuales se deben considerar los accidentes del terreno: patrón de drenaje, ríos, geología, suelo relieves, infraestructura, vegetación, en general los usos de la tierra.

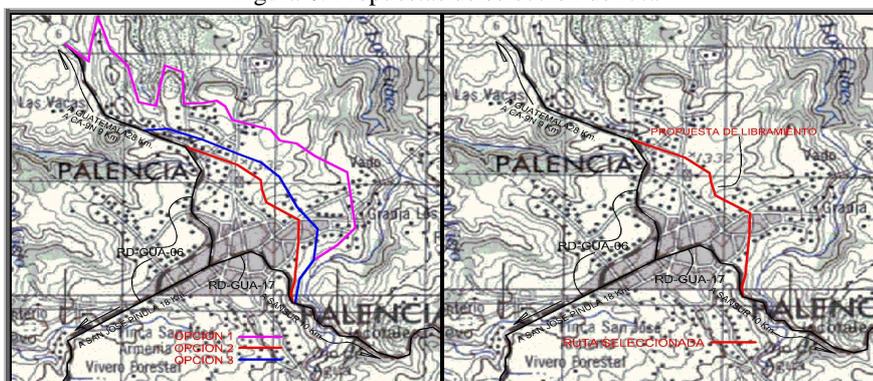
Para la interpretación de estos mapas los cuales cuenta con curvas de nivel que están equidistadas a cada 20 metros, se debe tomar en cuenta las siguientes características las cuales son muy importantes.

- a) La distancia horizontal entre curvas de nivel es inversamente proporcional a la pendiente. (A mayor distancia, menor pendiente).

- b) En pendientes uniformes, las curvas de nivel están a la misma distancia horizontal entre sí.
- c) En superficies planas las curvas de nivel se convierten en líneas rectas paralelas.
- d) Debido a que las curvas son horizontales, éstas son perpendiculares a las líneas de pendiente máxima, también son perpendiculares a los fondos y divisorias de aguas en el punto que las cortan.
- e) Las curvas de nivel estarán más unidas en regiones montañosas que en regiones planas.
- f) Todos los terrenos se pueden considerar como montañas o islas sobre el nivel del mar, porque las curvas se cierran sobre sí dentro o fuera de los límites del mapa. Así cada curva representa una elevación o depresión.
- g) Las curvas de nivel representan diferentes cotas de terreno unas con otras, entonces, éstas no pueden cortarse ni unirse entre sí, solamente en casos de superficies verticales: puentes, gradas, rocas salientes, grutas, y acantilados.

Teniendo en consideración los aspectos anteriores, se procedió a realizar el análisis respectivo, considerando las condiciones topográficas, urbanas, uso del suelo, viabilidad, obteniendo tres propuestas de las cuales al realizar el respectivo reconocimiento fueron descartadas dos de las mismas, desde el punto de vista vial dichas propuestas no presentan las condiciones de factibilidad requeridas, quedando una propuesta la cual es presentada a continuación.

Figura 6. Propuestas de selección de ruta



3.1.2 Reconocimiento

El propósito del reconocimiento es describir si existe una ubicación práctica entre los puntos terminales propuestos, determinando a su vez, cual de las diversas propuestas de ruta es la más adecuada para realizar. Este brindará un panorama más amplio de la ruta a seguir y el mismo debe realizarse exhaustivamente, como un examen crítico e intenso del terreno entre los dos puntos propuestos, para determinar sus principales características topográficas, seleccionando y ubicando marcas de trazo, que será utilizada como una línea de base para encontrar la mejor posición de la línea preliminar la cual la brigada de topografía utilizará posteriormente.

Se deberá determinar dicha línea examinando el terreno en detalle, colocando puntos de control y marcas de referencia de la ruta, mediante señales en árboles, rocas, trompos enterrados o cualquier tipo de objeto, los cuales no sean removidos, fáciles de identificar, los cuales servirán como bancos de marca.

3.1.3 Ubicación y colocación de bancos de marca (BM)

La ubicación de los bancos de marca, son marcas o anotaciones, las cuales tiene como función referenciar la ubicación del proyecto y recorrido del tramo con la Red Geodesia Nacional, cuando no existe un banco de marca perteneciente a dicha red, se deberá tomar uno arbitrario, estos bancos deberán ser anotados en objetos como en árboles, muros de casas, verjas, muros cabezales, aunque se recomienda la fundición de mojones para colocar los BM, para que no sean movidos o arrancados y obtener una referencia segura, al momento de realizar replanteos o cambios de línea en la línea de localización y por consecuente en la línea final de construcción.

3.2 Levantamiento preliminar

Este se refiere al levantamiento topográfico de la línea preliminar, la cual es seleccionada siguiendo una línea de banderas, marcas o referencias, realizadas con anterioridad en un reconocimiento. Este levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, en la cual debe ser establecido los siguientes aspectos.

- a) Establecer un punto de partida.
- b) Establecer un azimut o rumbo de salida.
- c) Establecer el kilometraje de salida
- d) Establecer la cota o altura de salida del terreno.
- e) Ubicación y colocación de BM de salida.

El levantamiento debe tener un grado de precisión razonable, de forma que sea una medición total que además de marcar las sinuosidades topográficas, muestre pormenores y accidentes que en alguna forma pudiesen efectuar la localización final. Para cada levantamiento preliminar, se debe determinar en el campo: tránsito preliminar, nivelación preliminar, secciones transversales de preliminar, radiaciones y referencias.

3.2.1 Tránsito de línea preliminar

El trazo se efectúa por el método de deflexiones angulares, con estacionamientos a cada 20 metros y en los puntos donde se considere necesario, por ejemplo, cause de río, fondo, cruce con alguna calle o carretera existente, la cima de un cerro, etc. En cada estación se coloca una estaca, en los puntos donde pueda dejar la estación deberá colocarse, en un árbol, muros de casas, verjas, muros cabezales, etc.

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

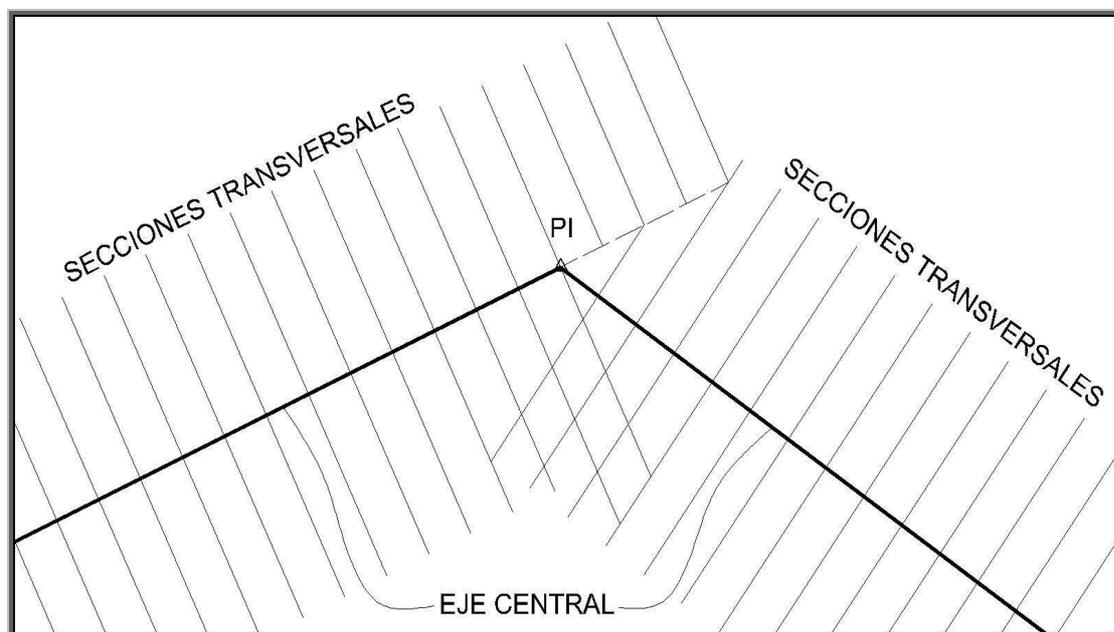
3.2.2 Niveles de línea preliminar

La nivelación debe efectuarse tomando en cuenta la diferencia de nivel en todos los puntos fijados por línea central, estos niveles son obtenidos utilizando el método de nivelación diferencial, situando bancos de marca (BM) o controles de nivel cada 500 metros aproximadamente. Como cota de salida (BM inicial) se tomará de preferencia una que sea parte de la Red Geodésica Nacional, fijada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), de no existir un BM cerca del punto de partida se puede adoptar una cota arbitraria. Todos los datos de la nivelación de preliminar se deberán ir anotando en una libreta denominada Libreta de Niveles de Línea Preliminar.

3.2.3 Secciones de línea preliminar

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la franja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. En las estaciones de la línea central se trazarán perpendiculares haciendo un levantamiento de por lo menos 40 metros de cada lado de la línea central. La longitud de las secciones, pueden variar de acuerdo con el terreno y el derecho de vía, a criterio del topógrafo. Cuando la sección tope con algún obstáculo, como un peñasco o un barranco se deberá indicar en la libreta claramente de la clase de obstáculo, no es necesario prolongarla. En los PI la alineación de la sección debe seguir la bisectriz del ángulo anterior, como se ilustra en la figura 7.

Figura 7. Bisectriz en levantamiento de secciones transversales



Se deberá sacar sección en estaciones intermedias donde exista alguna referencia importante que sirva en gabinete, también se deberá sacar sección de fondos, zanjas, orillas de río y tuberías si existiera. Todos los datos deberán anotarse en una libreta denominada Libreta de Secciones Transversales de Línea Preliminar, en ésta deberá incluir orillas de camino (OC), cercos (CER), orillas de río (OR), fondos de río (FR), pies de talud (PT), coronas de talud (CT), dimensiones de casas y alguna otra información que el topógrafo considere necesaria

3.3 Preliminar de gabinete

Este proceso consiste en el análisis, verificación e interpretación en gabinete de todos los datos proporcionados por la brigada de campo encargada del levantamiento, el cual se describe a continuación.

3.3.1 Revisión de libretas

Obteniendo las libretas, deben ser revisadas para que posteriormente no existan problemas de ningún tipo en el momento de realizar el diseño.

3.3.1.1 Libreta de tránsito

En esta libreta se deben revisar los cálculos de la longitud de curva, subtangentes y los estacionamientos PC y PT cuidadosamente, si la libreta incluyera los cálculos de las tangentes y rumbos, también se deberán revisar cuidadosamente, si no estuvieran en la libreta deberán calcularse.

Las longitudes de las tangentes se obtendrán únicamente de restar el PC menos el PT, para el cálculo de los rumbos se deberá tomar en cuenta que están dados de la siguiente forma: N-W, N-E, S-W, S-E, aunque se recomienda realizar las mediciones de las direcciones angulares de las tangentes, con Azimut referenciado desde el Norte, debido a un mejor manejo matemático y técnico de los mismos al momento del cálculo y dibujo de la línea preliminar.

Figura 8. Cuadrantes angulares

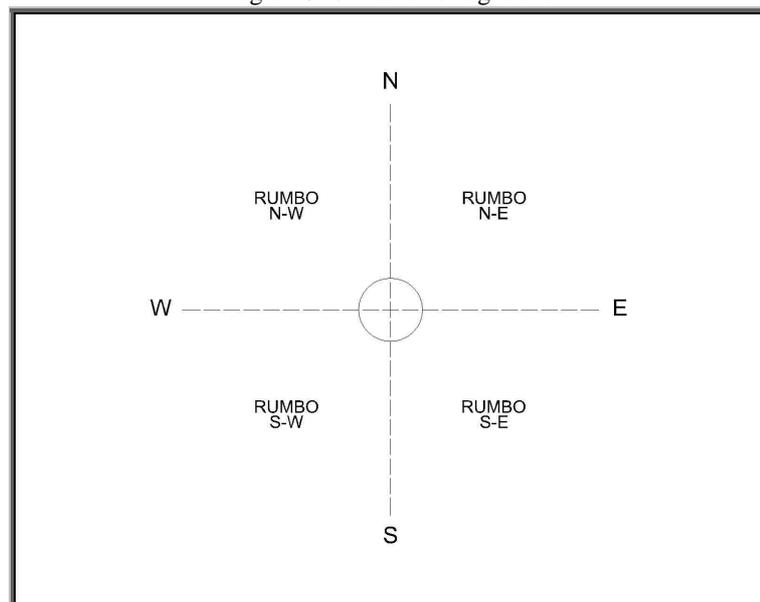


Tabla IV. Tabla de conversión angular.

CONVERSION	CUADRANTE	I	II	III	IV
		N - E	S - E	S - W	N - W
De Azimut a Rumbo		Az = R	180° - Az	Az - 180°	360° - Az
De Rumbo a Azimut		R = Az	180° - R	R + 180°	360° - R
Deflexión a Rumbo		Der = +	Der = -	Der = +	Der = -
		Izq = -	Izq = +	Izq = -	Izq = +
Suma de Rumbos		N = +	N = -	N = -	N = +
		S = -	S = +	S = +	S = -
		E = +	E = -	E = -	E = +
		W = -	W = -	W = +	W = +

3.3.1.2 Libreta de niveles

En esta libreta se deben revisar los niveles en los estacionamientos, observando que no exista una irregularidad en el comportamiento de la altura a lo largo del perfil levantado, se deberá realizar la comprobación respectiva de acuerdo a la siguiente expresión:

$$|\sum VAT - \sum VAD| = |Cota\ inicial - Cota\ final| \quad (\text{ecuación 3-1})$$

Teniéndose una tolerancia o error admisible t medido en metros, en función de la longitud L del tramo medido en kilómetros, y que se determina con la siguiente ecuación:

$$t = 0.02 * L^{1/2} \quad (\text{ecuación 3-2})$$

3.3.1.3 Libreta de secciones transversales

En esta libreta se debe revisar el comportamiento del terreno, ya que las secciones transversales representan los perfiles que atraviesan perpendicularmente la línea preliminar, verificando que no existan irregularidades o comportamientos extraños en la forma del terreno y que los niveles de la línea central correspondan a los niveles obtenidos en la libreta de niveles de preliminar, observando a su vez que las anotaciones y descripciones del mismo vayan anotadas en dicha libreta.

3.3.2 Cálculo de libretas

El cálculo de las libretas es una actividad que debe realizarse obligadamente en gabinete para el manejo y la interpretación de la información obtenida en campo, ya que dicha información será transformada en diferentes datos como lo son coordenadas, referencias, alturas, etc., las cuales son fundamentales para el dibujo, propuesta y diseño de todo proyecto.

3.3.2.1 Libreta de tránsito

El cálculo de las libretas consiste en la obtención de las coordenadas de cada PC, PI, PT, teniendo la distancia y el rumbo o azimut entre cada uno, las coordenadas pueden ser determinadas con el sistema UTM, si se tiene en dicho sistema la coordenada correspondiente al punto de partida, y no fuese así, puede ser utilizada unas coordenadas de salida arbitrarias de las cuales se recomienda 10,000 en X o Este y 10,000 en Y o Norte, esto para evitar tener coordenadas con signos negativos las cuales no son de uso técnico, para determinar dichas coordenadas utilizamos el uso de coordenadas polares, de las cuales se derivan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Norte o } y = Dh * \text{Cos } Az \quad (\text{ecuación 3-3})$$

$$\text{Este o } x = Dh * \text{Sen } Az \quad (\text{ecuación 3-4})$$

Donde D_h corresponde a la distancia entre los dos puntos en observación, y A_z corresponde al azimut o rumbo correspondiente a la medición angular entre dichos puntos. Para determinar las coordenadas totales, se hace uso de las siguientes expresiones:

$$Y_n = y + Y_{n-1} \quad (\text{ecuación 3-5})$$

$$X_n = x + X_{n-1} \quad (\text{ecuación 3-6})$$

Considerando lo anterior se presentan las coordenadas de los PC, PI, PT correspondientes, estas coordenadas fueron referenciadas de un banco de marca ubicado en el monolito que indica el Km 28+000, en la entrada del centro urbano de Palencia, sobre la RN-GUA-06, en el tramo que conduce del entronque con la CA-9N a Palencia, a 6 metros lado izquierdo del eje de la carretera, obteniendo como coordenadas de inicio Norte-34813.933 y Este-8329.220.

3.3.2.2 Libreta de niveles

El cálculo de niveles es desarrollado directamente sobre la libreta de campo, proporcionada por la brigada y consiste en calcular las elevaciones de las estaciones de la línea central. Utilizando las siguientes ecuaciones:

$$H_i - VAD = Cota \quad (\text{ecuación 3-7})$$

$$Cota + VAT = H_i \quad (\text{ecuación 3-8})$$

Donde H_i corresponde a la altura del instrumento en este caso del nivel diferencial, VAD vista adelante, VAT vista atrás y Cota el valor de la altura en el estacionamiento observado.

3.3.3 Digitalización y ploteo de libretas de preliminar

Para la digitalización y ploteo de las libretas es necesario del uso de programas de dibujo computarizado como *Autodesk Land Desktop*, *Autocad Civil 3D*, o *Eagle Point*, los cuales al ser utilizados como herramientas de trabajo, benefician la rapidez y la precisión de la información obtenida en campo, disminuyendo considerablemente las horas de trabajo, a la vez si son utilizados apropiadamente, mejoran grandemente la calidad del diseño y presentación del mismo.

Este tipo de *software* responde a ordenes o comandos, los cuales son escritos en un archivo de texto, indicando la orden y la información correspondiente, la cual debe ser interpretada de las libretas del levantamiento, y trasladadas al lenguaje de compilación del programa, para que pueda ser procesada e ingresada a la base de datos del programa, esto permite que dicha información pueda ser dibujada y editada cada vez que sea necesario para hacer cambios y mejoras en lo que concierne a diseño.

3.4 Cálculo de línea preliminar

Teniendo en consideración los conceptos anteriormente descritos, se procede a calcular y determinar los datos e información necesaria para obtener la línea preliminar.

3.4.1 Determinación de coordenadas de línea preliminar

De las ecuaciones 3-3 a 3-6, se procede a determinar las coordenadas correspondientes para cada uno de los puntos de inflexión (PI) de la línea preliminar.

Tabla V. Información topográfica de línea preliminar

Línea Preliminar			
PI inicial	PI final	Azimut	Distancia (m)
0	1	109°57'45"	172.256
1	2	104°19'40"	141.349
2	3	182°51'14"	259.734
3	4	154°52'06"	185.27
4	5	161°04'58"	117.082
5	6	125°62'25"	135.289
6	7	185°30'59"	70.904
7	8	193°23'51"	117.464
8	9	164°06'01"	92.424
9	10	195°06'59"	93.263
10	11	154°15'16"	79.551
11	12	118°34'27"	69.516
12	13	132°55'36"	266.501

De PI_0 a PI_1 : Estación $28+322.250$ m, coordenadas en PI_0 , $X_0 = 8626.096$ m,

$Y_0 = 34691.435$ m, $Az_{0-1} = 109°57'45"$, distancia de 172.256 m.

$X_1 = 8626.096$ m + $\text{sen}(109°57'45") * 172.256$ m = 8788.002 m

$Y_1 = 34691.435$ m + $\text{cos}(109°57'45") * 172.256$ m = 34632.626 m

Estación $PI_1 = 28+322.250$ m + 172.256 m = $28+494.506$ m

De PI_1 a PI_2 : Estación $28+494.506$ m, coordenadas en PI_1 , $X_1 = 8788.002$ m,

$Y_1 = 34632.626$ m, $Az_{1-2} = 104°19'40"$, distancia de 141.349 m.

$X_2 = 8788.002$ m + $\text{sen}(104°19'40") * 141.349$ m = 8924.955 m

$Y_2 = 34632.626$ m + $\text{cos}(104°19'40") * 141.349$ m = 34597.646 m

Estación $PI_2 = 28+494.506$ m + 141.349 m = $28+635.855$ m

De PI₂ a PI₃: Estación 28+635.855 m, coordenada en PI₂, X₂ = 8924.955 m,

Y₂ = 34597.646 m, Az₂₋₃ = 182°51'14", distancia de 259.734 m

*X₃ = 8924.955 m + sen (182°51'14")*259.734 m = 8912.023 m*

*Y₃ = 34597.646 m + cos (182°51'14")*259.734 m = 34338.234 m*

Estación PI₃ = 28+635.855 m + 259.734 m = 28+895.589 m

De PI₃ a PI₄: Estación 28+895.589 m, coordenadas en PI₃, X₃ = 8912.023 m,

Y₃ = 34338.234 m, Az₃₋₄ = 154°52'06", distancia de 185.270 m.

*X₄ = 8912.023 m + sen (154°52'06")*185.270 m = 8990.707 m*

*Y₄ = 34338.234 m + cos (154°52'06")*185.270 m = 34170.503 m*

Estación PI₄ = 28+895.589 m + 185.270 m = 29+080.859 m

De PI₄ a PI₅: Estación 29+080.859 m, coordenadas en PI₄, X₄ = 8912.023 m,

Y₄ = 34338.234 m, Az₄₋₅ = 161°04'58", distancia de 117.082 m.

*X₅ = 8912.023 m + sen (161°04'58")*117.082 m = 9028.665 m*

*Y₅ = 34338.234 m + cos (161°04'58")*117.082 m = 34059.745 m*

Estación PI₅ = 29+080.859 m + 117.082 m = 29+197.941 m

De PI₅ a PI₆: Estación 29+197.941 m, coordenadas en PI₅, X₅ = 9028.665 m,

Y₅ = 34059.745 m, Az₅₋₆ = 125°22'25", distancia de 135.289 m.

*X₆ = 9028.665 m + sen (125°22'25")*135.289 m = 9138.979 m*

$$Y_6 = 34059.745 \text{ m} + \cos (125^\circ 22' 25'') * 135.289 \text{ m} = 33981.425 \text{ m}$$

$$\text{Estación } PI_6 = 29 + 197.941 \text{ m} + 135.289 \text{ m} = 29 + 333.230 \text{ m}$$

De PI_6 a PI_7 : Estación $29 + 333.230 \text{ m}$, coordenadas en PI_6 , $X_6 = 9138.979 \text{ m}$,

$$Y_6 = 33981.425 \text{ m}, Az_{6-7} = 185^\circ 30' 59'', \text{ distancia de } 70.904 \text{ m}.$$

$$X_7 = 9138.979 \text{ m} + \sin (185^\circ 30' 59'') * 70.904 \text{ m} = 9132.163 \text{ m}$$

$$Y_7 = 33981.425 \text{ m} + \cos (185^\circ 30' 59'') * 70.904 \text{ m} = 33910.849 \text{ m}$$

$$\text{Estación } PI_7 = 29 + 333.230 \text{ m} + 70.904 \text{ m} = 29 + 404.134 \text{ m}$$

De PI_7 a PI_8 : Estación $29 + 404.134 \text{ m}$, coordenadas en PI_7 , $X_7 = 9132.163 \text{ m}$,

$$Y_7 = 33910.849 \text{ m}, Az_{7-8} = 193^\circ 23' 51'', \text{ distancia de } 117.464 \text{ m}.$$

$$X_8 = 9132.163 \text{ m} + \sin (193^\circ 23' 51'') * 117.464 \text{ m} = 9104.946 \text{ m}$$

$$Y_8 = 33910.849 \text{ m} + \cos (193^\circ 23' 51'') * 117.464 \text{ m} = 33796.582 \text{ m}$$

$$\text{Estación } PI_8 = 29 + 404.134 \text{ m} + 117.464 \text{ m} = 29 + 521.598 \text{ m}$$

De PI_8 a PI_9 : Estación $29 + 521.598 \text{ m}$, coordenadas en PI_8 , $X_8 = 9104.946 \text{ m}$,

$$Y_8 = 33796.582 \text{ m}, Az_{8-9} = 164^\circ 06' 01'', \text{ distancia de } 92.424 \text{ m}.$$

$$X_9 = 9104.946 \text{ m} + \sin (164^\circ 06' 01'') * 92.424 \text{ m} = 9130.266 \text{ m}$$

$$Y_9 = 33796.582 \text{ m} + \cos (164^\circ 06' 01'') * 92.424 \text{ m} = 33707.694 \text{ m}$$

$$\text{Estación } PI_9 = 29 + 521.598 \text{ m} + 92.424 \text{ m} = 29 + 614.022 \text{ m}$$

De PI_9 a PI_{10} : Estación $29 + 614.022 \text{ m}$, coordenadas en PI_9 , $X_9 = 9130.266 \text{ m}$,

$Y_9 = 33707.694 \text{ m}$, $Az_{9-10} = 195^\circ 06' 59''$, distancia de 93.263 m.

$X_{10} = 9130.266 \text{ m} + \text{sen}(195^\circ 06' 59'') * 93.263 \text{ m} = 9105.945 \text{ m}$

$Y_{10} = 33707.694 \text{ m} + \text{cos}(195^\circ 06' 59'') * 93.263 \text{ m} = 33617.658 \text{ m}$

Estación $PI_{10} = 29+614.022 \text{ m} + 93.263 \text{ m} = 29+707.285 \text{ m}$

De PI_{10} a PI_{11} : Estación 29+707.285 m, coordenadas en PI_{10} , $X_{10} = 9105.945 \text{ m}$,

$Y_{10} = 33617.658 \text{ m}$, $Az_{10-11} = 154^\circ 15' 16''$, distancia de 79.551 m.

$X_{11} = 9105.945 \text{ m} + \text{sen}(154^\circ 15' 16'') * 79.551 \text{ m} = 9140.500 \text{ m}$

$Y_{11} = 33617.658 \text{ m} + \text{cos}(154^\circ 15' 16'') * 79.551 \text{ m} = 33546.004 \text{ m}$

Estación $PI_{11} = 29+707.285 \text{ m} + 79.551 \text{ m} = 29+786.836 \text{ m}$

De PI_{11} a PI_{12} : Estación 29+786.836 m, coordenadas en PI_{11} , $X_{11} = 9140.500 \text{ m}$,

$Y_{11} = 33546.004 \text{ m}$, $Az_{11-12} = 118^\circ 34' 27''$, distancia de 69.516 m.

$X_{12} = 9140.500 \text{ m} + \text{sen}(118^\circ 34' 27'') * 69.516 \text{ m} = 9201.549 \text{ m}$

$Y_{12} = 33546.004 \text{ m} + \text{cos}(118^\circ 34' 27'') * 69.516 \text{ m} = 33512.754 \text{ m}$

Estación $PI_{12} = 29+786.836 \text{ m} + 69.516 \text{ m} = 29+856.353 \text{ m}$

De PI_{12} a PI_{13} : Estación 29+856.353 m, coordenadas en PI_{12} , $X_{12} = 9201.549 \text{ m}$,

$Y_{12} = 33512.754 \text{ m}$, $Az_{12-13} = 132^\circ 55' 36''$, distancia de 266.501 m.

$X_{13} = 9201.549 \text{ m} + \text{sen}(132^\circ 55' 36'') * 266.501 \text{ m} = 9396.688 \text{ m}$

$Y_{13} = 33512.754 \text{ m} + \text{cos}(132^\circ 55' 36'') * 266.501 \text{ m} = 33331.251 \text{ m}$

Estación $PI_{13} = 29+856.353 \text{ m} + 266.501 \text{ m} = 30+122.854 \text{ m}$

3.4.2 Cálculo de deflexiones angulares

Deflexión en PI_1 : $A_{z_{0-1}} = 109^\circ 57' 45''$ y $A_{z_{1-2}} = 104^\circ 19' 40''$:

$\Delta_1 = 104^\circ 19' 40'' - 109^\circ 57' 45'' = -5^\circ 38' 05''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $5^\circ 38' 05''$ Izq.

Deflexión en PI_2 : $A_{z_{1-2}} = 104^\circ 19' 40''$ y $A_{z_{2-3}} = 182^\circ 51' 14''$:

$\Delta_2 = 182^\circ 51' 14'' - 104^\circ 19' 40'' = 78^\circ 31' 34''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $78^\circ 31' 34''$ Der.

Deflexión en PI_3 : $A_{z_{2-3}} = 182^\circ 51' 14''$ y $A_{z_{3-4}} = 154^\circ 52' 06''$:

$\Delta_3 = 154^\circ 52' 06'' - 182^\circ 51' 14'' = -27^\circ 59' 08''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $27^\circ 59' 08''$ Izq.

Deflexión en PI_4 : $A_{z_{3-4}} = 154^\circ 52' 06''$ y $A_{z_{4-5}} = 161^\circ 04' 58''$:

$\Delta_4 = 161^\circ 04' 58'' - 154^\circ 52' 06'' = 6^\circ 12' 50''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $6^\circ 12' 50''$ Der.

Deflexión en PI_5 : $A_{z_{4-5}} = 161^\circ 04' 58''$ y $A_{z_{5-6}} = 125^\circ 22' 25''$:

$\Delta_5 = 125^\circ 22' 25'' - 161^\circ 04' 58'' = -35^\circ 42' 33''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $35^\circ 42' 33''$ Izq.

Deflexión en PI_6 : $A_{z_{5-6}} = 125^\circ 22' 25''$ y $A_{z_{6-7}} = 185^\circ 30' 59''$:

$\Delta_6 = 185^\circ 30' 59'' - 125^\circ 22' 25'' = 60^\circ 08' 34''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $60^\circ 08' 34''$ Der.

Deflexión en PI₇: $A_{z_{6-7}} = 185^{\circ}30'59''$ y $A_{z_{7-8}} = 193^{\circ}23'51''$:

$\Delta_7 = 193^{\circ}23'51'' - 185^{\circ}30'59'' = 7^{\circ}52'52''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $7^{\circ}52'52''$ Der.

Deflexión en PI₈: $A_{z_{7-8}} = 193^{\circ}23'51''$ y $A_{z_{8-9}} = 164^{\circ}06'01''$:

$\Delta_8 = 164^{\circ}06'01'' - 193^{\circ}23'51'' = -29^{\circ}17'50''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $29^{\circ}17'50''$ Izq.

Deflexión en PI₉: $A_{z_{8-9}} = 164^{\circ}06'01''$ y $A_{z_{9-10}} = 195^{\circ}06'59''$:

$\Delta_9 = 195^{\circ}06'59'' - 164^{\circ}06'01'' = 31^{\circ}00'58''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $31^{\circ}00'58''$ Der.

Deflexión en PI₁₀: $A_{z_{9-10}} = 195^{\circ}06'59''$ y $A_{z_{10-11}} = 154^{\circ}15'16''$:

$\Delta_{10} = 154^{\circ}15'16'' - 195^{\circ}06'59'' = -40^{\circ}51'43''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $40^{\circ}51'43''$ Izq.

Deflexión en PI₁₁: $A_{z_{10-11}} = 154^{\circ}15'16''$ y $A_{z_{11-12}} = 118^{\circ}34'27''$:

$\Delta_{11} = 118^{\circ}34'27'' - 154^{\circ}15'16'' = -35^{\circ}40'49''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $35^{\circ}40'49''$ Izq.

Deflexión en PI₁₂: $A_{z_{11-12}} = 118^{\circ}34'27''$ y $A_{z_{12-13}} = 132^{\circ}55'36''$:

$\Delta_{12} = 132^{\circ}55'36'' - 118^{\circ}34'27'' = 14^{\circ}21'09''$, por lo cual nos da como resultado una deflexión de $14^{\circ}21'09''$ Der.

Tabla VI. coordenadas y deflexiones de línea preliminar.

PI	Estación	Norte	Este	Δ	Sentido
0	28+322.250	34691.435	8626.096	-----	-----
1	28+494.506	34632.626	8788.002	5°38'05"	Izq
2	28+635.855	34597.646	8924.955	78°31'34"	Der
3	28+895.589	34338.234	8912.023	27°59'08"	Izq
4	29+080.859	34170.503	8990.707	6°12'50"	Der
5	29+197.941	34059.745	9028.665	35°42'33"	Izq
6	29+333.230	33981.425	9138.979	60°08'34"	Der
7	29+404.134	33910.849	9132.163	7°52'52"	Der
8	29+521.598	33796.582	9104.946	29°17'50"	Izq
9	29+614.022	33707.694	9130.266	31°00'58"	Der
10	29+707.285	33617.658	9105.945	40°51'43"	Izq
11	29+786.836	33546.004	9140.5	35°40'49"	Izq
12	29+856.353	33512.754	9201.549	14°21'09"	Der
13	30+122.854	33331.251	9396.688	-----	-----

4. Diseño de alineamientos horizontal-vertical

En este capítulo se entra en la fase del diseño geométrico, recopilando los parámetros y condicionantes que brindan las diferentes normas y especificaciones de diseño, de los cuales deben al momento de realizar y obtener la armonía del diseño en los planos horizontal y vertical, fueron considerados para obtener un diseño seguro y eficiente desde el punto de vista vial, para el usuario que circule por él.

4.1 Diseño de alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares y viceversa o también entre dos curvas circulares de radio diferente. El alineamiento horizontal debe permitir un recorrido de operación suave y segura a una velocidad de diseño específica.

4.1.1 Conceptos y generalidades básicas

Para alcanzar la operación deseada es necesario conocer los parámetros, cálculo y diseño de los diferentes elementos geométricos que interactúan entre sí, concibiendo de ésta manera el alineamiento horizontal.

4.1.1.1 Velocidad

La velocidad es uno de los factores más importantes a considerar para la movilización en diferentes alternativas de rutas y medios de transportes.

Esta característica es de gran valor para determinar el transporte y/o movilización de personas y bienes, así como sinónimo de conveniencia y economía, los cuales están relacionados directamente con la velocidad. La velocidad de los vehículos en una carretera y autopistas, depende en gran parte de la capacidad y experiencia de los conductores, de las condiciones mecánicas de los vehículos y de otros cuatro factores los cuales son: las características físicas de las carreteras y de las distracciones laterales asociadas en la misma, el clima, la presencia de otros vehículos y los límites de velocidad establecidos por leyes o dispositivos para el control de tráfico.

4.1.1.2 Velocidad de operación

Es la velocidad a la cual se ha observado a los conductores manejar su vehículo, en condiciones libres de tráfico en una carretera. El 85% de distribución de las velocidades observadas es el usado frecuentemente como medida para determinar la velocidad de operación en locaciones particulares o condiciones geométricas asociadas.

4.1.1.3 Velocidad de recorrido

La velocidad, en la cual un vehículo recorre un tramo determinado en una carretera, es conocida como velocidad de recorrido. Es la longitud del tramo observado dividido el tiempo que requiere un vehículo en cruzar su recorrido. El promedio de la velocidad de recorrido de todos los vehículos es el más apropiado como medida de la velocidad para la evaluación del nivel de servicio y costos de uso.

4.1.1.4 Velocidad de diseño

Velocidad de diseño es la velocidad seleccionada para determinar los varios diseños geométricos de una carretera. La determinación de una velocidad de diseño debe ser lógica, considerando la topografía, anticipando una velocidad de operación, el uso de la tierra y la clasificación funcional de la misma.

Una vez seleccionada la velocidad de diseño, todo lo relacionado con los elementos que forman la carretera, debe ser relacionado con la misma, procurando obtener un diseño balanceado. Algunos de estos elementos de diseño, como grado de curvatura, súper elevación o peralte y la distancia de visibilidad, van relacionados directamente y varían apreciablemente con la velocidad de diseño, por lo cual cuando se hace un cambio en la velocidad de diseño, muchos de los elementos de diseño deben ser cambiados acorde al cambio realizado en la misma.

4.1.1.5 Distancia de visibilidad de parada

Distancia de visibilidad es la distancia que es requerida por el conductor en la cual puede observar hacia delante de su recorrido. La distancia de visibilidad de parada es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto en su recorrido.

Esta distancia es el resultado de la suma de dos distancias, la primera que corresponde a la distancia desde el momento en el cual el conductor divisa un objeto por el cual es necesario detenerse hasta el momento en el que son aplicados los frenos del vehículo, y la segunda corresponde a la distancia que necesita el vehículo para detenerse desde el momento en la cual son aplicados los frenos. A estas distancias se les conoce como distancia de reacción para frenar y distancia de frenado, respectivamente.

4.1.1.6 Tiempo de reacción para frenar

Corresponde al intervalo de tiempo en que, el conductor divisa un objeto delante de su recorrido por lo cual es necesario detenerse hasta el momento en que son aplicados los frenos. La norma AASHTO recomienda según estudios realizados que el tiempo de reacción de un conductor habitualmente se encuentra entre 1.64 a 3.5 segundos, por lo cual ellos recomiendan un tiempo de 2.5 segundos para determinar la distancia de reacción para frenar la cual está dada por la ecuación:

$$d = 0.278 Vt \quad (\text{ecuación 4-1})$$

En donde:

d = Distancia de reacción para frenado, en m.

V = Velocidad de diseño, en km/h.

t = Tiempo de reacción para frenar, en s.

4.1.1.7 Distancia de frenado

La distancia necesaria para frenado de un vehículo, puede calcularse cuando éste viaja aproximadamente a la velocidad de diseño, con la siguiente ecuación:

$$d = 0.039 V^2/a \quad (\text{ecuación 4-2})$$

En donde:

d = Distancia de frenado, en m.

V = Velocidad de diseño, en km/h.

a = Desaceleración del vehículo, en m/s^2 .

Estudios realizados por AASTHO, demuestran que la mayoría de conductores desacelera en un rango de tiempo de $4.5 m/s^2$, cuando son confrontados a la necesidad de detenerse por un objeto inesperado delante de su recorrido, pero el 90% desacelera en un rango mayor a los $3.4 m/s^2$, debido que con esta desaceleración, el conductor tiene la capacidad de tener el control del vehículo, detenerse adecuadamente evitando salirse del carril y/o de la superficie de rodadura, por lo que es recomendado utilizar como valor de desaceleración $3.4 m/s^2$ para determinar la distancia de frenado. Es de esta manera que se puede determinar la distancia de visibilidad de parada, como la suma de las ecuaciones 10 y 11, descritas anteriormente y de la cual se obtiene la siguiente tabla.

Tabla VII. Valores para distancia de visibilidad para parada

Velocidad de Diseño	Distancia de Reacción para Frenar	Distancia de Frenado	Distancia de Visibilidad para Parada	
			Distancia Calculada	Distancia para Diseño
Km/h	m	M	m	m
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.4	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.2	220
120	83.4	165.2	248.6	250

Nota: Tiempo de Reacción de 2.5 s y desaceleración de 3.4 m/s² utilizados para determinar la Distancia de Visibilidad para Parada.

Fuente: AASHTO, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2001, pag. 112.

4.1.1.8 Distancia de visibilidad para adelantamiento

La distancia de visibilidad de adelantamiento se define como la distancia mínima de visibilidad que requiere un conductor para adelantar a otro vehículo que se moviliza a menor velocidad, en el mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo el carril de la izquierda sin afectar la velocidad del vehículo rebasado, así como la del vehículo que se moviliza en dirección contraria sobre dicho carril, el cual es divisado por el conductor inmediatamente después de iniciar la maniobra de adelantamiento. El conductor puede retornar a su carril si percibe, que por la proximidad del vehículo opuesto, no alcanza a realizar la maniobra completa de adelantamiento.

La distancia de adelantamiento se estima haciendo la suposición de que es realizada bajo determinadas condiciones:

- a) El vehículo que es rebasado viaja a una velocidad constante.

- b) El vehículo que rebasa reduce su velocidad a la velocidad del vehículo que es rebasado mientras espera la oportunidad para rebasar.
- c) Cuando es posible el adelantamiento, el conductor del vehículo que adelanta debe tomar un corto periodo de tiempo, para determinar la percepción y claridad de la situación y realizar o no la maniobra de adelantamiento.
- d) El conductor que realiza la maniobra de adelantamiento, acelera durante la maniobra hasta alcanzar unos 15 km/h promedio por arriba de la velocidad del vehículo que está siendo rebasado.
- e) Cuando el vehículo que adelanta regresa a su carril, este debe contar con una clara y segura distancia entre el vehículo que se acerca movilizándose en sentido contrario.

La distancia de visibilidad para adelantamiento mínima se determina con la suma de las siguientes distancias.

- d_1 : Distancia recorrida durante la percepción y el tiempo de reacción, entre la aceleración inicial y el punto en el cual el vehículo que rebasa ha invadido completamente el carril izquierdo colocándose al lado del vehículo rebasado. Esta distancia se determina por medio de la siguiente expresión:

$$d_1 = 0.278 * t * (v - m + a * t / 2) \quad (\text{ecuación 4-3})$$

En donde:

t = Tiempo en que inicia la maniobra entre 3.5 a 9.3, en s.

a = Rango de aceleración, entre 2.25 a 2.37, en km/h/s.

v = Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

m = Diferencia de velocidad entre el vehículo que adelanta y el vehículo rebasado, en Km/h.

- d_2 : Distancia recorrida durante el tiempo que el vehículo de adelantamiento ocupa el carril izquierdo, la cual esta determinada par la expresión:

$$d_2 = 0.278 Vt \quad \text{(ecuación 4-4)}$$

En donde:

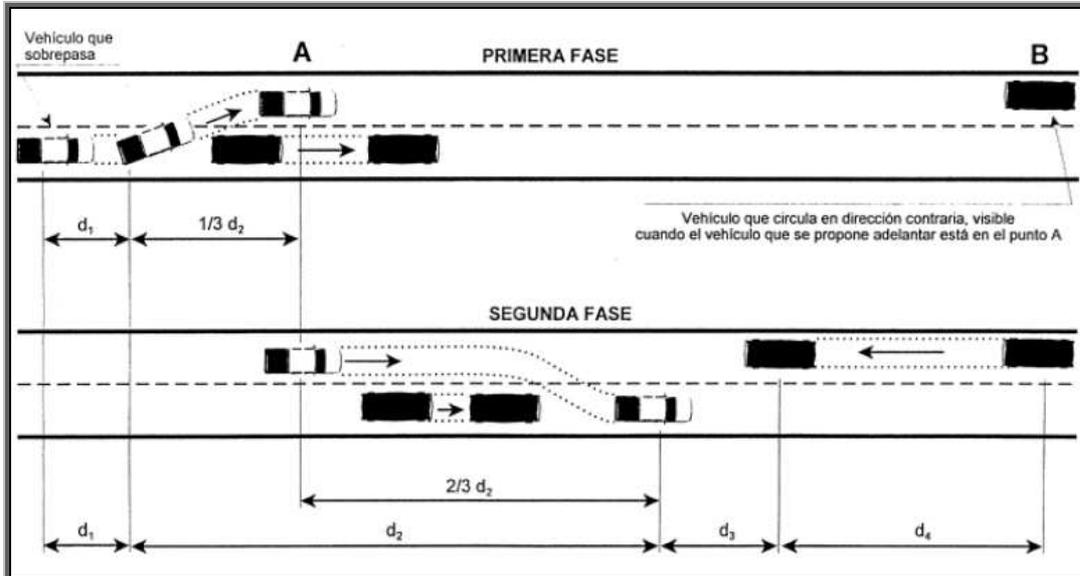
V = Velocidad del vehículo que adelanta, en Km/h.

t = Tiempo del vehículo que adelanta ocupa el carril izquierdo, en s.

- d_3 : Distancia entre el vehículo que adelanta cuando ha finalizado la maniobra y el vehículo que se conduce en dirección contraria, la cual debe ser entre 30 y 75 metros.
- d_4 : Distancia recorrida por el vehículo que se conduce en dirección contraria durante dos tercios del tiempo o distancia ($d_4=2d_2/3$) que ocupa el vehículo que rebasa conduciéndose sobre el carril izquierdo.

Estas distancias pueden ser observadas de mejor manera en la figura 7, en esta se representa la maniobra de adelantamiento, se hace hincapié que esta distancia es vital para determinar los tramos dentro del recorrido de todo proyecto, en los cuales es permitido el adelantamiento, y los cuales son señalizados con líneas discontinuas sobre la superficie de rodadura.

Figura 9. Etapas para la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles



Fuente: SIECA, Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2004, pag. 4-27.

4.1.1.9 Distancia de Visibilidad en Curvas Horizontales

En las curvas del alineamiento horizontal que parcial o totalmente quede alojadas en corte o que tengan obstáculos en su parte interior que limite la distancia de visibilidad, debe tenerse presente que esa distancia sea cuando menos equivalente a la distancia de visibilidad. Si las curvas no cumplen con ese requisito, deberán tomarse las consideraciones necesarias para satisfacerlo, ya sea recortando o abatiendo el talud del lado interior de la curva, modificando el grado de curvatura o eliminando el obstáculo. Para realizar cálculos de estos elementos de diseño, la norma AASTHO recomienda la siguiente expresión:

$$D_{vc} = R (1 - \cos 28.65 * d / R) \quad (\text{ecuación 4-5})$$

En donde:

D_{vc} = Distancia de visibilidad en curva, en m.

d = Distancia de visibilidad para parada, en m.

R = Radio de la curva circular, en m.

4.1.1.10 Tangentes

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut o rumbo y a su vez deberá cumplir ciertos requisitos para su diseño.

Longitud mínima:

- Entre dos curvas circulares inversamente con transición mixta deberá ser igual a la suma de las longitudes de dichas transiciones.
- Entre dos curvas circulares inversas con espiral de transición, podrá ser igual a cero.
- Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
- Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

Longitud máxima: la longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado, sin embargo se recomienda no ser mayor de 300 metros para evitar distracción en la concentración del conductor.

4.1.1.11 Curvas circulares

Las curvas circulares del alineamiento horizontal están definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que las caracterizan se muestran en la figura 10 y los cuales son descritos a continuación:

Grado de curvatura: el grado de curvatura (G) se define como el ángulo central, subtendido por un arco de 20m.

Radio de giro: los radios de giro son los valores límites del grado de curvatura para una velocidad de diseño determinada.

Por definición G es el ángulo subtendido por un arco de 20m.

$$G/20 = 360^\circ / 2\pi R \quad (\text{ecuación 4-6})$$

$$R = 20 \cdot 360^\circ / 2\pi G \quad (\text{ecuación 4-7})$$

$$R = 1145.9156 / G \quad (\text{ecuación 4-8})$$

Longitud de curva: la longitud de curva (L_c) es la distancia, siguiendo la curva, desde el principio de curva (Pc), hasta el principio de tangente (Pt).

$$L_c / 2\pi R = \Delta / 360^\circ \quad (\text{ecuación 4-9})$$

$$L_c = 2\pi R \Delta / 360^\circ \quad (\text{ecuación 4-10})$$

$$L_c = 2\pi * (1145.9156 / G) \Delta / 360^\circ \quad (\text{ecuación 4-11})$$

$$L_c = 2\pi * 1145.9156 * \Delta / 360^\circ G \quad (\text{ecuación 4-12})$$

$$L_c = 20 * \Delta / G \quad (\text{ecuación 4-13})$$

Subtangente: la subtangente (St) corresponde a la distancia entre el Pc y el punto de inflexión o intersección (PI) o entre el PI y el Pt.

$$\tan (\Delta/2) = St / R \quad (\text{ecuación 4-14})$$

$$St = R \tan (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-15})$$

Cuerda máxima: se conoce como cuerda máxima (C_m) a la distancia en línea recta desde el Pc al Pt.

$$\text{sen} (\Delta/2) = (C_m/2) / R \quad (\text{ecuación 4-16})$$

$$Cm/2 = R \operatorname{sen} (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-17})$$

$$Cm = 2R \operatorname{sen} (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-18})$$

External: external (E) es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$\cos (\Delta/2) = R / (R+E) \quad (\text{ecuación 4-19})$$

$$R \cos (\Delta/2) + E \cos (\Delta/2) = R \quad (\text{ecuación 4-20})$$

$$E \cos (\Delta/2) = R - R \cos (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-21})$$

$$E = (R - R \cos (\Delta/2)) / \cos (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-22})$$

$$E = R (1 - \cos (\Delta/2)) / \cos (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-23})$$

$$E = R (\sec (\Delta/2) - 1) \quad (\text{ecuación 4-24})$$

Ordenada media: la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima es llamada ordenada media (M).

$$\cos (\Delta/2) = (R - M) / R \quad (\text{ecuación 4-25})$$

$$R \cos (\Delta/2) = R - M \quad (\text{ecuación 4-26})$$

$$M = R - R \cos (\Delta/2) \quad (\text{ecuación 4-27})$$

$$M = R (1 - \cos (\Delta/2)) \quad (\text{ecuación 4-28})$$

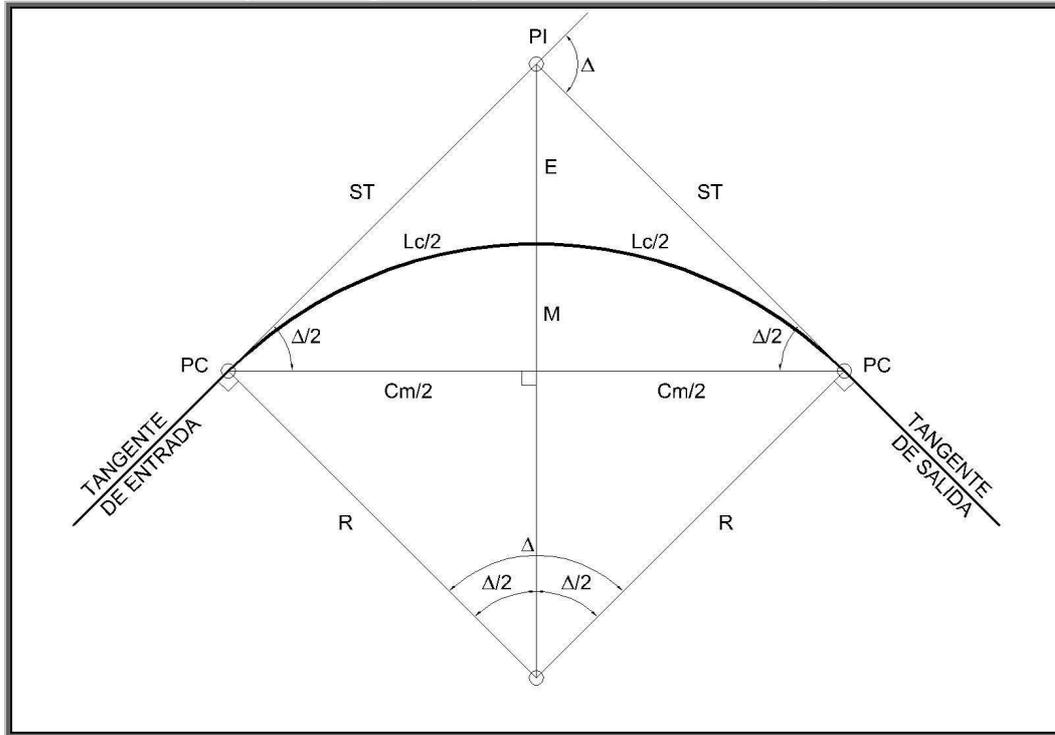
Pc y Pt: los estacionamientos se calculan con base en las distancias entre los PI de localización, la subtangente y la longitud de curva.

$$Pc = PI - St \quad (\text{ecuación 4-29})$$

$$Pt = Pc + Lc$$

(ecuación 4-30)

Figura 10. Propiedades geométricas de curva circular simple



4.1.1.13 Curvas circulares compuestas

Son aquellas curvas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas, cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

A pesar que no son muy comunes, se pueden emplear en terrenos montañosos, cuando se quiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras. También se pueden utilizar cuando existen limitaciones de libertad en el diseño, como por ejemplo, en las entradas a puentes, pasos a desnivel e intersecciones.

En el diseño de carreteras debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos, sin embargo, entre intersecciones puede emplearse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobre pase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición del peralte.

Los elementos geométricos que caracterizan cada curva circular compuesta, se calculan en forma independiente en cada una de ellas, utilizando las expresiones para curvas circulares simples, deducidas anteriormente.

Para la curva compuesta es necesario calcular la tangente larga T_L y la tangente corta T_C , de la siguiente manera:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (\text{ecuación 4-31})$$

$$T_L = R_2 \text{ sen } \Delta + (R_1 - R_2) \text{ sen } \Delta_1 - T_C \text{ cos } \Delta \quad (\text{ecuación 4-32})$$

$$T_C = b / \text{sen } \Delta \quad (\text{ecuación 4-33})$$

$$b = R_1 - R_2 \text{ cos } \Delta - (R_1 - R_2) \text{ cos } \Delta_1 \quad (\text{ecuación 4-34})$$

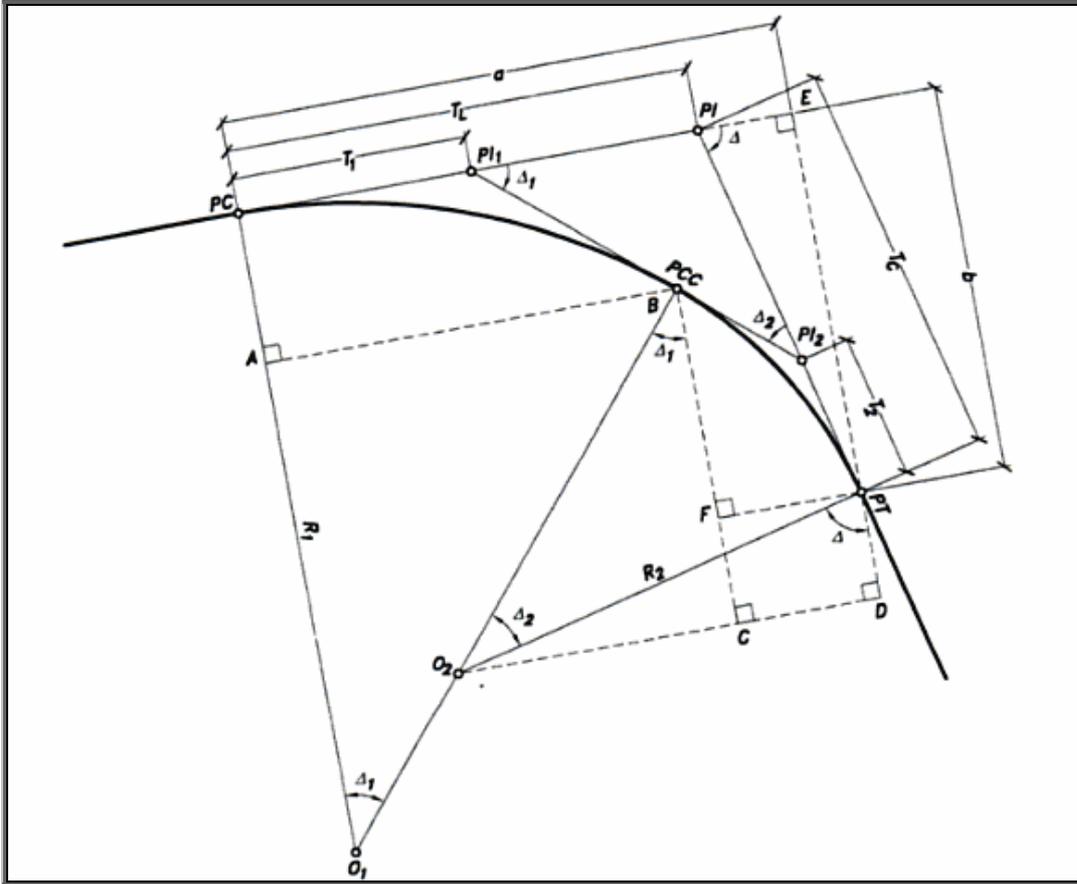
Por lo tanto;

$$T_C = (R_1 - R_2 \text{ cos } \Delta - (R_1 - R_2) \text{ cos } \Delta_1) / \text{sen } \Delta \quad (\text{ecuación 4-35})$$

y

$$T_L = (R_1 - R_2 \text{ cos } \Delta + (R_1 - R_2) \text{ cos } \Delta_2) / \text{sen } \Delta \quad (\text{ecuación 4-36})$$

Figura 11. Propiedades geométricas de curva circular compuesta de dos radios



4.1.1.13 Espiral de Transición

Generalmente, la espiral de Euler, es conocida como clotoide y es usada para el diseño de curvas de transición o espirales de transición. El objetivo del uso de las curvas de transición es brindar una transición gradual de un vehículo que pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, tanto en lo que se refiera al cambio de dirección como a la sobreelevación y la ampliación necesarias. De esta manera es como el radio de la espiral varía desde el infinito en el punto final de la tangente (TE), hasta el radio de la curva, a lo largo de la espiral, hasta unirse con el arco circular de la curva (EC). En la situación salida de la curva hacia la espiral con la tangente (CE), se produce el desarrollo inverso hasta el contacto con la tangente (ET).

Por definición, el radio de curvatura en cualquier punto de la espiral de Euler varía inversamente con la distancia medida a lo largo de la espiral.

La siguiente ecuación fue desarrollada en 1909 por W. H. Shortt, la cual fue la primera fórmula para calcular la longitud mínima de la espiral para curvas de ferrocarril, basándose en que la variación de la aceleración centrífuga debe ser constante cuando se recorre la curva a velocidad uniforme.

$$L_s = 0.0214V^3/CR_c \quad (\text{ecuación 4-37})$$

En donde:

L_s = Longitud mínima de la espiral, en m.

V = Velocidad de la curva, en Km/h.

R_c = Radio de la curva circular, en m.

C = Coeficiente de la variación de la aceleración centrífuga, en m/s^3 .

El valor C es un valor empírico que representa la seguridad y confort provisto por las curvas de espiral. El valor de $C=0.3 \text{ m/s}^3$ es el valor generalmente utilizado, pero éste puede variar entre 0.3 a 0.9 m/s^3 en el diseño de carreteras. Empíricamente la norma AASHTO establece que para caminos de más de dos carriles, la longitud mínima de espiral debe ser:

Para carreteras de tres carriles debe ser 1.2 veces la longitud calculada para dos carriles, para carreteras de cuatro carriles, sin medianera, debe ser 1.5 la longitud calculada para dos carriles, para carreteras de seis carriles, sin medianera, debe ser 2 veces la longitud calculada para dos carriles; para determinar las propiedades geométricas de las curvas de transición tenemos las siguientes expresiones:

Constante de proporcionalidad: las clotoide o curvas de transición como anteriormente se describen, los radios de curvatura de cada uno de los puntos están en razón inversa de los desarrollados por sus respectivos arcos, K^2 es la constante de proporcionalidad, es decir:

$$K^2 = R_c L_s \quad \text{(ecuación 4-38)}$$

En donde:

K^2 = Constante de la espiral, en m^2 .

R_c = Radio de curvatura de la curva circular, en m.

L_s = Longitud de espiral de transición, en m.

Deflexión de la curva: corresponde al ángulo comprendido entre las normales a las tangentes en TE y ET. Su valor es igual a la deflexión de las tangentes y se representa con el símbolo Δ .

Deflexión de la espiral: es el ángulo comprendido entre las tangentes de la espiral en los puntos extremos.

$$\theta_s = G L_s / 40 \quad \text{(ecuación 4-39)}$$

En donde:

θ_s = Deflexión angular de la espiral, en $^\circ G$.

G = Grado de curvatura en la curva circular, en $^\circ G$.

L_s = Longitud de espiral de transición, en m

Coordenadas de EC de la curva: estas coordenadas corresponden al punto en donde convergen la espiral con la curva circular, esta definido por las siguientes ecuaciones:

$$X_s = L_s / 100 * (100 - 0.00305 \theta_s^2) \quad \text{(ecuación 4-40)}$$

$$Y_s = L_s / 100 * (0.582 \theta_s - 0.0000126 \theta_s^3) \quad (\text{ecuación 4-41})$$

En donde:

θ_s = Deflexión angular de la espiral, en ° G.

G = Grado de curvatura en la curva circular, en ° G.

L_s = Longitud de espiral de transición, en m.

X_s = Valor X del EC, en m.

Y_s = Valor Y del EC, en m.

Subtangente de espiral: es la distancia entre el PI y el TE o ET de la curva, medida sobre la prolongación de la tangente; es denominada STs.

$$STs = \tan (\Delta/2) (Y_s + R_c + R_c (\cos \theta_s - 1)) + X_s - R_c \operatorname{sen} \theta_s \quad (\text{ecuación 4-42})$$

Externa: es la distancia entre el PI y la curva y se denomina Es.

$$E_s = \sec (\Delta/2) (Y_s + R_c + R_c (\cos \theta_s - 1)) - R_c \quad (\text{ecuación 4-43})$$

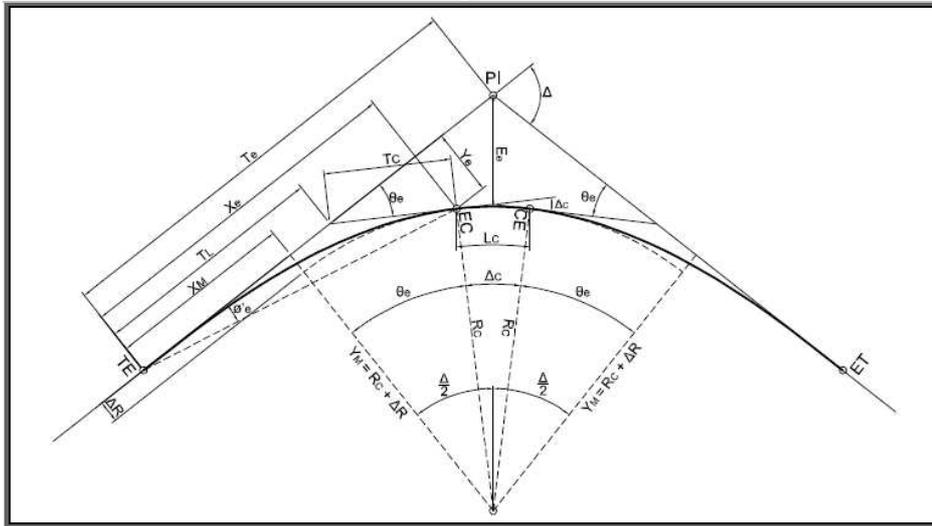
Tangente larga: es el tramo de subtangente comprendido entre el TE o ET y la intersección con la tangente a EC o CE, es llamada TL.

$$TL = X_s - Y_s \cot \theta_s \quad (\text{ecuación 4-44})$$

Tangente corta: es el tramo de la tangente a CE o EC comprendida entre uno de estos puntos y la intersección con la subtangente correspondiente, se representa como TC.

$$TC = Y_s \operatorname{csc} \theta_s \quad (\text{ecuación 4-45})$$

Figura 12. Propiedades geométricas de curvas de espiral de transición o euler, configuración espiral-curva-espiral



4.1.1.14 Corona o ancho de calzada

La corona o ancho de calzada es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, así como las aristas superiores de los taludes de terraplén y/o las interiores de las cunetas.

4.1.1.15 Bombeo

Bombeo es la pendiente que se da a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad. Empíricamente se ha demostrado que en función del tipo de superficie, puede ser determinado el valor requerido para la pendiente del bombeo, obteniendo una evacuación eficiente del agua, sobre el área de rodadura.

Tabla VIII. Tipos de Bombeos

Eficiencia	Tipo de superficie de rodadura	Bombeo %
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con colocadoras mecánicas.	1 a 3
Buena	Superficie de concreto asfáltico, tendido con motoniveladora.	2 a 3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava.	2 a 4

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, México 1991, pag. 369.

4.1.1.16 Sobreelevación o peralte

La sobreelevación o peralte es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas de alineamiento horizontal.

La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular, esta dada por la siguiente ecuación:

$$\%e = 0.00785V^2 / R - \mu \quad (\text{ecuación 4-46})$$

En donde:

$\%e$ = Valor absoluto de sobreelevación, en %.

V = Velocidad de diseño, en km/h.

R = Radio de la curva, en m.

μ = Coeficiente de fricción lateral.

Con la expresión anterior μ varia entre 0.10 a un máximo de 0.50 considerando que las ruedas del vehículo se encuentren en un estado de bueno a medio y una superficie de pavimento con rugosidad media, y con esta puede calcularse la sobreelevación necesaria para que no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad determinada; sin embargo, algunos problemas relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de la carretera, ha mostrado la necesidad de fijar un valor para sobreelevación máximo de 12%.

4.1.1.17 Transición del bombeo a sobreelevación

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva, este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. En párrafos anteriores (inciso 4.1.12) se indicó que la longitud de la espiral debe ser tal, que permita hacer adecuadamente el cambio de pendientes transversales. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse de la carretera, esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para esos casos, dar parte de las transición en las tangentes y parte sobre la curva. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobre elevación completa.

La consideración anterior limita la longitud mínima de la tangente entre dos curvas circulares consecutivas de sentido contrario que no tengan espirales de transición, esa longitud debe ser igual a la suma de las longitudes de transición de las dos curvas.

La longitud mínima de transición para dar la sobreelevación puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tiene tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer método es el más conveniente y utilizado, ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes, los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

En la figuras 13 y 14 se ilustra el primer procedimiento, indicando la variación de la sobre elevación y las secciones transversales en la mitad de la curva, la otra mitra es simétrica. En la sección A, a una distancia Db antes del punto donde comienza la transición, conocida como distancia de bombeo, se tiene la sección normal del eje de la corona, a fin de que en TE esté a nivel como se muestra en la sección B y el ala interior conserve su pendiente original de bombeo b , a partir de ese punto se sigue girando el ala exterior hasta que se hace colineal con el ala interior, como se muestra en la sección C, a partir de la cual, se gira la sección completa hasta obtener la sobre elevación e de la curva en el EC. Se hace notar que cuando la curva no tiene espirales de transición y se introduce la transición de la sobre elevación dentro de la curva circular, la sobre elevación en el Pc como se muestra en la sección C', es aproximadamente el cincuenta por ciento del valor total de la sobre elevación de la teórica requerida.

Figura 13. Variación del peralte a lo largo de la longitud de espiral

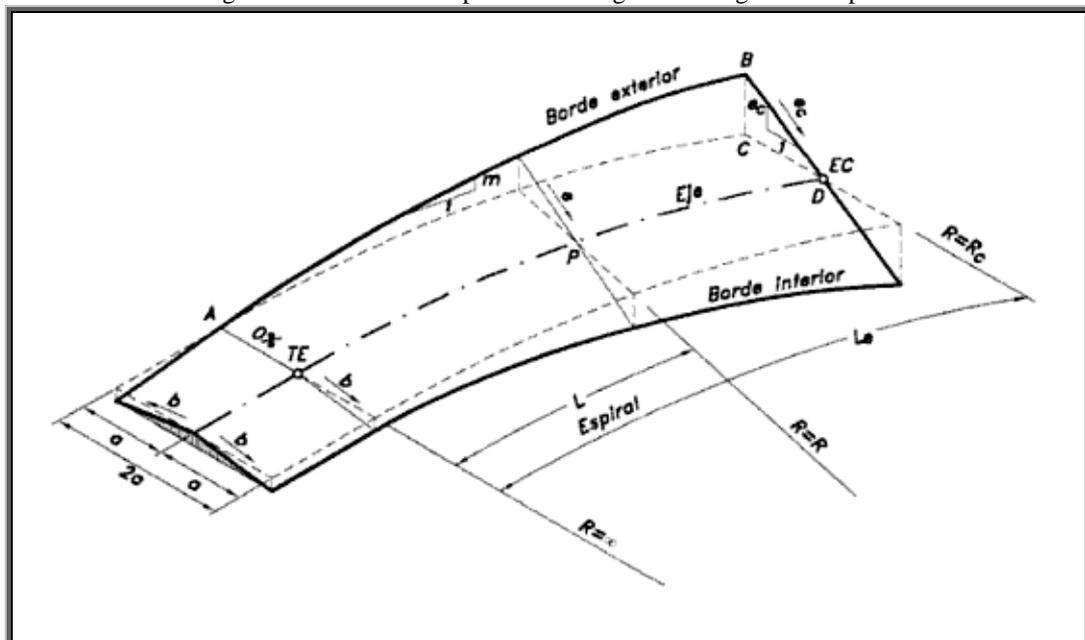
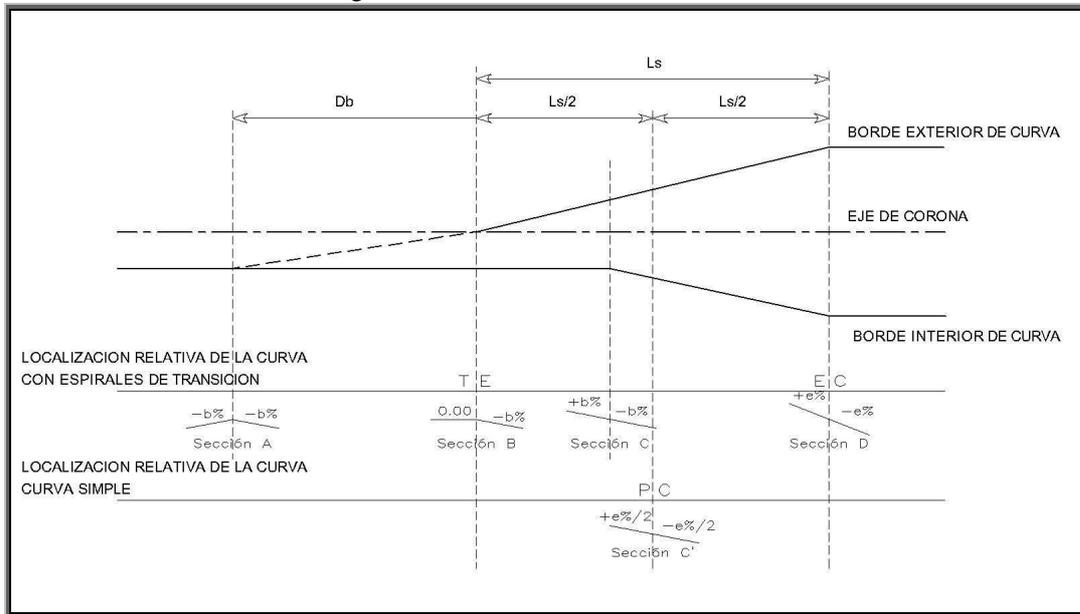


Figura 14. Variación de la sobreelevación



4.1.1.18 Sobreancho

Los sobreanchos deben ser diseñados siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, y cómoda para el conductor. Los sobre anchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse al centro de su carril de circulación.

Para establecer el sobreancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) En curvas circulares sin transición, el sobre ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.

- b) Cuando existen curvas de transición, el sobre ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- c) El sobreancho debe efectuarse sobre la longitud total de la curva de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sea efectivamente utilizado.
- d) Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.
- e) Para el valor de L en la ecuación para el sobreancho, el valor esta determinado por el aforo vehicular, en el cual han sido clasificados los vehículos con anterioridad.

La norma AASTHO utiliza la siguiente expresión empírica para determinar el sobreancho en las curvas horizontales:

$$Sa = n [R - \sqrt{(R^2 - L^2)}] + 0.1 / \sqrt{R} \quad (\text{ecuación 4-47})$$

En donde:

Sa = Valor de sobreancho, en m.

n = Numero de carriles.

L = Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, en m.

R = Radio de la curva, en m.

V = Velocidad de la curva, en Km/h.

Además de estas consideraciones se debe tomar en cuenta que sobreanchos menores de 0.60 metros, pueden llegar a no ser necesarios en las curvas, la longitud L de la ecuación es igual a 8 metros.

Los sobreanchos para radios entre 250 a 400 metros el sobreancho debe ser incrementado 0.20 metros y 0.60 metros en radios menores a 80 metros. Al igual que con las curvas de transición la norma AASHTO establece que para caminos de más de dos carriles, el valor del sobreancho debe ser afectado en función del número de carriles. Para carreteras de tres carriles debe ser 1.2 veces el valor calculado para dos carriles, para carreteras de cuatro carriles, debe de ser 1.5 el valor calculado para dos carriles, para caminos de seis carriles debe de ser 2 veces el valor del sobreancho calculado para dos carriles.

4.1.1.19 Corrimiento

El corrimiento es el desplazamiento radial interno que es necesario darle a la curva circular, con el objetivo de permitir el desarrollo correcto de las espirales de transición. El corrimiento debe efectuarse sobre la longitud total de la curva de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, aunque en realidad el corrimiento representa la solución gráfica de la ecuación que resuelve la definición de la espiral de Euler, ya que brindará el valor de los puntos que forman parte de la espiral, medidos a lo largo sobre la curva de transición. Estos puntos son determinados por las siguientes ecuaciones:

$$x_c = L/100 * [100 - 0.3048 (L^2 G / 40 L_s)^2 * 10^{-2} + 0.4296 (L^2 G / 40 L_s)^4 * 10^{-7}] \text{ (ecuación 4-48)}$$

$$y_c = L^3 G / (6896.5517 * L_s) \text{ (ecuación 4-49)}$$

En donde:

L = Longitud medida sobre la longitud de espiral, en °G.

G = Grado de curvatura en la curva circular, en °G.

L_s = Longitud de espiral de transición, en m.

X_c = Valor X del corrimiento, en m.

Y_c = Valor Y del corrimiento, en m.

El valor absoluto del corrimiento, que permita el desarrollo de la espiral de transición, puede ser obtenido mediante la siguiente expresión:

$$Corr = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} \quad (\text{ecuación 4-50})$$

En donde:

$Corr$ = Valor absoluto del corrimiento radial, en m.

Otra metodología para determinar el valor absoluto del corrimiento, es el resultado de la resta entre el external de la curva de espiral o transición y el valor del external de la curva circular, los cuales fueron descritos con anterioridad en los incisos 4.1.1.13 y 4.1.1.11 respectivamente.

$$Corr: E_s - E$$

En donde:

$Corr$ = Valor absoluto del corrimiento radial, en m.

E = Valor del external en la curva circular, en m.

E_s = Valor del external en la curva espiral, en m.

4.1.2 Selección y cálculo de línea de localización

Para la selección y cálculo de la línea de localización en el alineamiento horizontal se tomarán las siguientes consideraciones de diseño.

Velocidad de diseño: se consideró que para una segura y efectiva transición entre cada una de las carreteras descritas es idóneo tomar una velocidad de 40 km/h como

velocidad de diseño, ésta será considerada como la velocidad base para el cálculo de los elementos del alineamiento horizontal.

Distancia de visibilidad de parada: con base en lo descrito en el inciso anterior y en la tabla 4, se tomará una distancia de visibilidad de parada de 50 metros.

Distancia de visibilidad de adelantamiento: en función de lo descrito en el inciso 4.1.1.8 se ha determinado las distancias $d_1=34$, $d_2=117$, $d_3=30$ y $d_4=78$ que sumadas dan una distancia de visibilidad para adelantamiento de 259 metros.

Vehículo de diseño: para el diseño geométrico se ha considerado del estudio de tránsito el vehículo tipo T3-S2 como vehículo de diseño.

Grados de curvatura: los grados de curvatura han sido determinados en función de la velocidad de transición en cada uno de los PI's, son los que a continuación se presentan, tomando en cuenta la información obtenida en el capítulo anterior, así como las consideraciones en este capítulo.

Tabla IX. Factores de diseño para curvas circulares

PI	Estación	Δ	Sentido	G	Vel. Kph
1	28+494.506	5°38'05"	Izq	4°	50
2	28+635.855	78°31'34"	Der	18°	40
3	28+895.589	27°59'08"	Izq	10°	50
4	29+080.859	6°12'50"	Der	5°	40
5	29+197.941	35°42'33"	Izq	13°	50
6	29+333.230	60°08'34"	Der	24°	40
7	29+404.134	7°52'52"	Der	5°	50
8	29+521.598	29°17'50"	Izq	11°	50
9	29+614.022	31°00'58"	Der	15°	40
10	29+707.285	40°51'43"	Izq	17°	40
11	29+786.836	35°40'49"	Izq	16°	40
12	29+856.353	14°21'09"	Der	10°	40

4.1.2.1 Diseño de curvas horizontales y curvas de transición

Para el diseño de las curvas han sido considerados el grado de curvatura, la deflexión angular y la velocidad de diseño en cada una, para el cálculo de los diferentes elementos geométricos que las componen.

Curva PI₁:

$G=4^\circ$, $\Delta=5^\circ38'05''$ y Velocidad=50 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 4^\circ = 386.479 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 5^\circ38'05'' / 4^\circ = 28.174 \text{ m}$$

$$St = 286.479 \text{ m} * \tan (5^\circ38'05''/2) = 14.098 \text{ m}$$

$$E = 286.479 \text{ m} * (\sec (5^\circ38'05''/2) - 1) = 0.347 \text{ m}$$

$$Pc = 28 + 494.506 \text{ m} - 14.098 \text{ m} = 28 + 480.408 \text{ m}$$

$$Pt = 28 + 480.408 \text{ m} + 28.174 \text{ m} = 28 + 508.582 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (50 \text{ kph})^3 / (0.6 \text{ m/s}^3 * 286.479 \text{ m}) = 15.66 = 16 \text{ m}$$

$$\theta_s = 4^\circ * 16 \text{ m} / 40 = 1^\circ36'00''$$

$$K = (286.479 \text{ m} * 16 \text{ m})^{1/2} = 67.703 \text{ m}$$

$$Xs = 16 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(1^\circ36'00'')^2) = 15.999 \text{ m}$$

$$Y_s = 16 \text{ m} / 100 * (0.582(1^\circ 36' 00'') - 0.0000126(1^\circ 36' 00'')^3) = 0.147 \text{ m}$$

$$ST_s = \tan(5^\circ 38' 05'' / 2) (0.147 \text{ m} + 286.479 \text{ m} + 286.479 \text{ m}(\cos(1^\circ 36' 00'') - 1)) + 15.999 \text{ m} - 286.479 \text{ m} * \sin(1^\circ 36' 00'') = 14.158 \text{ m}$$

$$E_s = \sec(5^\circ 38' 05'' / 2) (0.147 \text{ m} + 286.479 \text{ m} + 286.479 \text{ m} * (\cos(1^\circ 36' 00'') - 1)) - 286.479 \text{ m} = 0.382 \text{ m}$$

$$TL = 15.999 \text{ m} - 0.147 \text{ m} * \cot(1^\circ 36' 00'') = 10.739 \text{ m}$$

$$TC = 0.147 \text{ m} * \csc(1^\circ 36' 00'') = 5.261 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 0.382 \text{ m} - 0.347 \text{ m} = 0.035 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$Sa = 2 [286.479 \text{ m} - \sqrt{((286.479 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{286.479 \text{ m}} = 0.70 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 3.68\%$$

$$TE = 28 + 480.408 \text{ m} - 16 \text{ m} / 2 = 28 + 472.408 \text{ m}$$

$$EC = 28 + 480.408 \text{ m} + 16 \text{ m} / 2 = 28 + 488.408 \text{ m}$$

$$CE = 28 + 508.582 \text{ m} - 16 \text{ m} / 2 = 28 + 500.582 \text{ m}$$

$$ET = 28 + 508.582 \text{ m} + 16 \text{ m} / 2 = 28 + 516.582 \text{ m}$$

Curva PI₂:

G=18°, Δ=78°31'34" y Velocidad=40 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 18^\circ = 63.662 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 78^\circ 31' 34'' / 18^\circ = 87.251 \text{ m}$$

$$St = 63.662 \text{ m} * \tan (78^\circ 31' 34'' / 2) = 52.038 \text{ m}$$

$$E = 63.662 \text{ m} * (\sec (78^\circ 31' 34'' / 2) - 1) = 18.562 \text{ m}$$

$$Pc = 141.349 \text{ m} - 52.038 \text{ m} - 14.098 \text{ m} + 28 + 508.582 \text{ m} = 28 + 583.795 \text{ m}$$

$$Pt = 28 + 583.795 \text{ m} + 87.251 \text{ m} = 28 + 671.046 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.6 \text{ m/s}^3 * 63.662 \text{ m}) = 34.24 = 35 \text{ m}$$

$$\theta_s = 18^\circ * 35 \text{ m} / 40 = 15^\circ 45' 00''$$

$$K = (63.662 \text{ m} * 35 \text{ m})^{1/2} = 47.204 \text{ m}$$

$$Xs = 35 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(15^\circ 45' 00'')^2) = 34.735 \text{ m}$$

$$Ys = 35 \text{ m} / 100 * (0.582(15^\circ 45' 00'') - 0.0000126(15^\circ 45' 00'')^3) = 3.191 \text{ m}$$

$$STs = \tan (78^\circ 31' 34'' / 2) (3.191 \text{ m} + 63.662 \text{ m} + 63.662 \text{ m} * (\cos (15^\circ 45' 00'') - 1)) + 34.735 \text{ m} - 63.662 \text{ m} * \text{sen} (15^\circ 45' 00'') = 70.147 \text{ m}$$

$$Es = \sec(78^\circ 31' 34'' / 2) (3.191 \text{ m} + 63.662 \text{ m} + 63.662 \text{ m} * (\cos (15^\circ 45' 00'') - 1)) - 63.662 \text{ m} = 19.597 \text{ m}$$

$$TL = 34.735 \text{ m} - 3.191 \text{ m} * \cot (15^\circ 45' 00'') = 23.421 \text{ m}$$

$$TC = 3.191 \text{ m} * \csc (15^\circ 45' 00'') = 11.756 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 19.597 \text{ m} - 18.562 \text{ m} = 1.04 \text{ m}$$

Sobreeancho:

$$Sa = 2 [63.662 \text{ m} - \sqrt{((63.662 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{63.662 \text{ m}} = 3.19 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 9.27\%$$

Distancia de visibilidad en curva:

$$Dvc = 63.662 \text{ m} * (1 - \cos (28.65) * 50 \text{ m} / 63.662 \text{ m}) = 19.78 = 20 \text{ m}$$

$$TE = 28 + 583.795 \text{ m} - 35 \text{ m} / 2 = 28 + 566.295 \text{ m}$$

$$EC = 28 + 583.795 \text{ m} + 35 \text{ m} / 2 = 28 + 601.295 \text{ m}$$

$$CE = 28 + 671.046 \text{ m} - 35 \text{ m} / 2 = 28 + 653.546 \text{ m}$$

$$ET = 28 + 671.046 \text{ m} + 35 \text{ m} / 2 = 28 + 688.546 \text{ m}$$

Curva PI₃:

G=10°, Δ=27°59'08'' y Velocidad=50 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 10^\circ = 114.592 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 27^\circ 59' 08'' / 10^\circ = 55.971 \text{ m}$$

$$St = 114.592 \text{ m} * \tan (27^\circ 59' 08'' / 2) = 28.555 \text{ m}$$

$$E = 114.592 \text{ m} * (\sec (27^\circ 59' 08'' / 2) - 1) = 3.504 \text{ m}$$

$$Pc = 259.734 \text{ m} - 52.038 \text{ m} - 28.555 \text{ m} + 28 + 671.046 \text{ m} = 28 + 850.187 \text{ m}$$

$$Pt = 28 + 850.187 \text{ m} + 55.971 \text{ m} = 28 + 906.158 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (50 \text{ kph})^3 / (0.6 \text{ m/s}^3 * 114.592 \text{ m}) = 38.90 = 40 \text{ m}$$

$$\theta_s = 10^\circ * 40 \text{ m} / 40 = 10^\circ 00' 00''$$

$$K = (114.592 \text{ m} * 40 \text{ m})^{1/2} = 67.703 \text{ m}$$

$$Xs = 40 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(10^\circ 00' 00'')^2) = 39.878 \text{ m}$$

$$Ys = 40 \text{ m} / 100 * (0.582(15^\circ 00' 00'') - 0.0000126(10^\circ 00' 00'')^3) = 2.323 \text{ m}$$

$$STs = \tan (27^\circ 59' 08'' / 2) (2.323 \text{ m} + 39.878 \text{ m} + 114.592 \text{ m} * (\cos (10^\circ 00' 00'') - 1)) + 39.878 \text{ m} - 114.952 \text{ m} * \text{sen} (10^\circ 00' 00'') = 48.680 \text{ m}$$

$$Es = \sec(27^\circ 59' 08'' / 2) (2.323 \text{ m} + 39.878 \text{ m} + 114.592 \text{ m} * (\cos (10^\circ 00' 00'') - 1) - 114.952 \text{ m} = 4.105 \text{ m}$$

$$TL = 39.878 \text{ m} - 2.323 \text{ m} * \cot (10^\circ 00' 00'') = 26.704 \text{ m}$$

$$TC = 2.323 \text{ m} * \csc (10^\circ 00' 00'') = 13.378 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 4.105 \text{ m} - 3.504 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$Sa = 2 [114.592 \text{ m} - \sqrt{((114.592 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{114.592 \text{ m}} = 1.76 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 8.67\%$$

$$TE = 28+850.187 \text{ m} - 40 \text{ m}/2 = 28+830.187 \text{ m}$$

$$EC = 28+850.187 \text{ m} + 40 \text{ m}/2 = 28+870.187 \text{ m}$$

$$CE = 28+906.158 \text{ m} - 40 \text{ m}/2 = 28+886.158 \text{ m}$$

$$ET = 28+906.158 \text{ m} + 40 \text{ m}/2 = 28+926.158 \text{ m}$$

Curva PL₄:

G=5°, Δ=6°12'52" y Velocidad=40 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 5^\circ = 229.183 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 6^\circ 12' 52'' / 5^\circ = 24.858 \text{ m}$$

$$St = 229.183 \text{ m} * \tan (6^\circ 12' 52'' / 2) = 12.441 \text{ m}$$

$$E = 229.183 \text{ m} * (\sec (6^\circ 12' 52'' / 2) - 1) = 0.337 \text{ m}$$

$$Pc = 185.270 \text{ m} - 28.555 \text{ m} - 12.441 \text{ m} + 28+906.158 \text{ m} = 29+050.432 \text{ m}$$

$$Pt = 29+050.432 \text{ m} + 24.858 \text{ m} = 29+075.289 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$L_s = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 229.183 \text{ m}) = 14.59 = 15 \text{ m}$$

$$\theta_s = 5^\circ * 15 \text{ m} / 40 = 1^\circ 52' 30''$$

$$K = (229.183 \text{ m} * 15 \text{ m})^{1/2} = 58.6322 \text{ m}$$

$$X_s = 15 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305 (1^\circ 52' 30'')^2) = 14.998 \text{ m}$$

$$Y_s = 15 \text{ m} / 100 * (0.582 (1^\circ 52' 30'') - 0.0000126 (1^\circ 52' 30'')^3) = 0.164 \text{ m}$$

$$STs = \tan (27^\circ 59' 08'' / 2) (0.164 \text{ m} + 229.183 \text{ m} + 229.183 \text{ m} (\cos (1^\circ 52' 30'') - 1)) + 14.998 \text{ m} - 229.183 \text{ m} * \text{sen} (1^\circ 52' 30'') = 19.943 \text{ m}$$

$$Es = \sec(27^\circ 59' 08'' / 2) (0.164 \text{ m} + 229.183 \text{ m} + 229.183 \text{ m} * (\cos(1^\circ 52' 30'') - 1)) - 229.183 \text{ m} = 0.368 \text{ m}$$

$$TL = 14.998 \text{ m} - 0.164 \text{ m} * \cot (1^\circ 52' 30'') = 9.998 \text{ m}$$

$$TC = 0.164 \text{ m} * \csc (1^\circ 52' 30'') = 5.003 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$\text{Corr: } 0.368 \text{ m} - 0.337 \text{ m} = 0.03 \text{ m}$$

Sobreeancho:

$$Sa = 2 [229.183 \text{ m} - \sqrt{((229.183 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{229.183 \text{ m}} = 0.88 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 3.00\%$$

$$TE = 29+050.432 \text{ m} - 15 \text{ m}/2 = 29+042.932 \text{ m}$$

$$EC = 29+050.432 \text{ m} + 15 \text{ m}/2 = 29+057.932 \text{ m}$$

$$CE = 29+075.289 \text{ m} - 15 \text{ m}/2 = 29+067.789 \text{ m}$$

$$ET = 29+075.289 \text{ m} + 15 \text{ m}/2 = 29+082.789 \text{ m}$$

Curva PI₅:

G=13°, Δ=35°42'33" y Velocidad=50 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 13^\circ = 88.147 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 35^\circ 42' 33'' / 13^\circ = 54.937 \text{ m}$$

$$St = 88.147 \text{ m} * \tan (35^\circ 42' 33'' / 2) = 28.394 \text{ m}$$

$$E = 88.147 \text{ m} * (\sec (35^\circ 42' 33'' / 2) - 1) = 4.460 \text{ m}$$

$$Pc = 117.082 \text{ m} - 12.441 \text{ m} - 28.394 \text{ m} + 29+075.289 \text{ m} = 29+151.536 \text{ m}$$

$$Pt = 29+151.536 \text{ m} + 54.937 \text{ m} = 29+206.473 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (50 \text{ kph})^3 / (0.7 \text{ m/s}^3 * 88.147 \text{ m}) = 43.35 = 45 \text{ m}$$

$$\theta_s = 13^\circ * 45 \text{ m} / 40 = 14^\circ 37' 30''$$

$$K = (88.147 \text{ m} * 45 \text{ m})^{1/2} = 62.981 \text{ m}$$

$$Xs = 45 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(14^\circ 37' 30'')^2) = 44.706 \text{ m}$$

$$Y_s = 45 \text{ m} / 100 * (0.582 (14^\circ 37' 30'') - 0.0000126 (14^\circ 37' 30'')^3) = 3.813 \text{ m}$$

$$ST_s = \tan (35^\circ 42' 33'' / 2) (3.813 \text{ m} + 88.147 \text{ m} + 88.147 \text{ m} * (\cos (14^\circ 37' 30'') - 1)) + 44.706 \text{ m} - 88.147 \text{ m} * \sin (14^\circ 37' 30'') = 51.152 \text{ m}$$

$$E_s = \sec (35^\circ 42' 33'' / 2) (3.813 \text{ m} + 88.147 \text{ m} + 88.147 \text{ m} * (\cos (14^\circ 37' 30'') - 1)) - 88.147 \text{ m} = 5.465 \text{ m}$$

$$TL = 44.706 \text{ m} - 3.813 \text{ m} * \cot (14^\circ 37' 30'') = 30.096 \text{ m}$$

$$TC = 3.813 \text{ m} * \csc (14^\circ 37' 30'') = 15.100 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$\text{Corr: } 5.465 \text{ m} - 4.460 \text{ m} = 1.01 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$S_a = 2 [88.147 \text{ m} - \sqrt{((88.147 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{88.147 \text{ m}} = 2.29 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 9.78\%$$

Distancia de visibilidad en curva:

$$D_{vc} = 88.147 \text{ m} * (1 - \cos (28.65)) * 50 \text{ m} / 88.147 \text{ m} = 44.27 = 45 \text{ m}$$

$$TE = 29 + 151.536 \text{ m} - 45 \text{ m} / 2 = 29 + 129.036 \text{ m}$$

$$EC = 29 + 151.536 \text{ m} + 45 \text{ m} / 2 = 29 + 174.036 \text{ m}$$

$$CE = 29 + 206.473 \text{ m} - 45 \text{ m} / 2 = 29 + 183.973 \text{ m}$$

$$ET = 29+206.473 \text{ m} + 45 \text{ m}/2 = 29+228.973 \text{ m}$$

Curva PI₆:

$$G = 24^\circ, \Delta = 60^\circ 08' 34'' \text{ y Velocidad} = 40 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 24^\circ = 47.746 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 60^\circ 08' 34'' / 24^\circ = 50.119 \text{ m}$$

$$St = 47.746 \text{ m} * \tan (60^\circ 08' 34'' / 2) = 27.646 \text{ m}$$

$$E = 47.746 \text{ m} * (\sec (60^\circ 08' 34'' / 2) - 1) = 7.426 \text{ m}$$

$$Pc = 135.289 \text{ m} - 27.646 \text{ m} - 28.394 \text{ m} + 29+206.473 \text{ m} = 29+285.722 \text{ m}$$

$$Pt = 29+285.722 \text{ m} + 50.119 \text{ m} = 29+335.841 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 47.746 \text{ m}) = 35.85 = 40 \text{ m}$$

$$\theta_s = 24^\circ * 40 \text{ m} / 40 = 24^\circ 00' 00''$$

$$K = (47.746 \text{ m} * 40 \text{ m})^{1/2} = 43.701 \text{ m}$$

$$Xs = 40 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(24^\circ 00' 00'')^2) = 39.297 \text{ m}$$

$$Ys = 40 \text{ m} / 100 * (0.582 (24^\circ 00' 00'') - 0.0000126 (24^\circ 00' 00'')^3) = 5.518 \text{ m}$$

$$STs = \tan (60^\circ 08' 34'' / 2) (5.518 \text{ m} + 47.746 \text{ m} + 47.746 \text{ m} * (\cos (24^\circ 00' 00'') - 1)) + 39.297 \text{ m} - 47.746 \text{ m} * \text{sen} (24^\circ 00' 00'') = 48.328 \text{ m}$$

$$Es = \sec(60^\circ 08' 34'' / 2)(5.518 \text{ m} + 47.746 \text{ m} + 47.746 \text{ m} * (\cos(24^\circ 00' 00'') - 1)) - 47.746 \text{ m} \\ = 9.032 \text{ m}$$

$$TL = 39.297 \text{ m} - 5.518 \text{ m} * \cot(24^\circ 00' 00'') = 26.905 \text{ m}$$

$$TC = 5.518 \text{ m} * \csc(24^\circ 00' 00'') = 13.563 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 9.032 \text{ m} - 7.426 \text{ m} = 1.61 \text{ m}$$

Sobreeancho:

$$Sa = 2 [47.746 \text{ m} - \sqrt{((47.746 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{47.746 \text{ m}} = 4.30 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 10.00\%$$

$$TE = 29 + 285.722 \text{ m} - 40 \text{ m} / 2 = 29 + 265.722 \text{ m}$$

$$EC = 29 + 285.722 \text{ m} + 40 \text{ m} / 2 = 29 + 305.722 \text{ m}$$

$$CE = 29 + 335.841 \text{ m} - 40 \text{ m} / 2 = 29 + 315.841 \text{ m}$$

$$ET = 29 + 335.841 \text{ m} + 40 \text{ m} / 2 = 29 + 355.841 \text{ m}$$

Curva PI₇:

$$G = 5^\circ, \Delta = 7^\circ 52' 52'' \text{ y Velocidad} = 50 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 5^\circ = 229.183 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 7^{\circ}52'52'' / 5^{\circ} = 31.524 \text{ m}$$

$$St = 229.183 \text{ m} * \tan (7^{\circ}52'52''/2) = 15.787 \text{ m}$$

$$E = 229.183 \text{ m} * (\sec (7^{\circ}52'52''/2) - 1) = 0.543 \text{ m}$$

$$Pc = 70.904 \text{ m} - 15.787 \text{ m} - 27.646 \text{ m} + 29+335.841 \text{ m} = 29+363.312 \text{ m}$$

$$Pt = 29+363.312 \text{ m} + 31.524 \text{ m} = 29+394.836 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (50 \text{ kph})^3 / (0.7 \text{ m/s}^3 * 229.183 \text{ m}) = 16.67 = 20 \text{ m}$$

$$\theta_s = 5^{\circ} * 20 \text{ m} / 40 = 2^{\circ}30'00''$$

$$K = (229.183 \text{ m} * 20 \text{ m})^{1/2} = 67.702$$

$$Xs = 20 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(2^{\circ}30'00'')^2) = 19.996 \text{ m}$$

$$Ys = 20 \text{ m} / 100 * (0.582 (2^{\circ}30'00'') - 0.0000126 (2^{\circ}30'00'')^3) = 0.264 \text{ m}$$

$$STs = \tan (7^{\circ}52'52''/2) (0.264 \text{ m} + 229.183 \text{ m} + 229.183 \text{ m} * (\cos (2^{\circ}30'00'') - 1)) + 19.996 \text{ m} - 229.183 \text{ m} * \text{sen} (2^{\circ}30'00'') = 25.790 \text{ m}$$

$$Es = \sec (7^{\circ}52'52''/2) (0.264 \text{ m} + 229.183 \text{ m} + 229.183 \text{ m} * (\cos (2^{\circ}30'00'') - 1)) - 229.183 \text{ m} = 0.589$$

$$TL = 19.996 \text{ m} - 0.264 \text{ m} * \cot (2^{\circ}30'00'') = 13.950 \text{ m}$$

$$TC = 0.264 \text{ m} * \csc (2^{\circ}30'00'') = 6.052 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 0.589 \text{ m} - 0.543 \text{ m} = 0.05 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$Sa = 2 [229.183 \text{ m} - \sqrt{((229.183 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{229.183 \text{ m}} = 0.88 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 4.77\%$$

$$TE = 29+363.312 \text{ m} - 20 \text{ m}/2 = 29+353.312 \text{ m}$$

$$EC = 29+363.312 \text{ m} + 20 \text{ m}/2 = 29+373.312 \text{ m}$$

$$CE = 29+394.836 \text{ m} - 20 \text{ m}/2 = 29+384.836 \text{ m}$$

$$ET = 29+394.836 \text{ m} + 20 \text{ m}/2 = 29+404.836 \text{ m}$$

Curva PI₈:

$$G = 11^\circ, \Delta = 29^\circ 17' 50'' \text{ y Velocidad} = 50 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 11^\circ = 104.174 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 29^\circ 17' 50'' / 11^\circ = 53.268 \text{ m}$$

$$St = 104.174 \text{ m} * \tan (29^\circ 17' 50'' / 2) = 27.229 \text{ m}$$

$$E = 104.174 \text{ m} * (\sec (29^\circ 17' 50'' / 2) - 1) = 3.500 \text{ m}$$

$$Pc = 117.464 \text{ m} - 27.229 \text{ m} - 15.787 \text{ m} + 29+394.836 \text{ m} = 29+469.284 \text{ m}$$

$$Pt = 29+469.284 \text{ m} + 53.268 \text{ m} = 29+522.552 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$L_s = 0.0214 * (50 \text{ kph})^3 / (0.7 \text{ m/s}^3 * 104.174 \text{ m}) = 36.68 = 40 \text{ m}$$

$$\theta_s = 11^\circ * 40 \text{ m} / 40 = 11^\circ 00' 00''$$

$$K = (104.174 \text{ m} * 40 \text{ m})^{1/2} = 64.552 \text{ m}$$

$$X_s = 40 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(11^\circ 00' 00'')^2) = 39.852 \text{ m}$$

$$Y_s = 40 \text{ m} / 100 * (0.582 (11^\circ 00' 00'') - 0.0000126 (11^\circ 00' 00'')^3) = 2.554 \text{ m}$$

$$STs = \tan (29^\circ 17' 50'' / 2) (2.554 \text{ m} + 104.174 \text{ m} + 104.174 \text{ m} * (\cos (11^\circ 00' 00'') - 1)) + 39.852 \text{ m} - 104.174 \text{ m} * \text{sen} (11^\circ 00' 00'') = 47.372 \text{ m}$$

$$Es = \sec (29^\circ 17' 50'' / 2) (2.554 \text{ m} + 104.174 \text{ m} + 104.174 \text{ m} * (\cos (11^\circ 00' 00'') - 1)) - 104.174 \text{ m} = 4.160$$

$$TL = 39.852 \text{ m} - 2.554 \text{ m} * \cot (11^\circ 00' 00'') = 26.713 \text{ m}$$

$$TC = 2.554 \text{ m} * \csc (11^\circ 00' 00'') = 13.386 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 4.160 \text{ m} - 3.50 \text{ m} = 0.66 \text{ m}$$

Sobreeancho:

$$Sa = 2 [104.174 \text{ m} - \sqrt{((104.174 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{104.174 \text{ m}} = 1.94 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 9.15\%$$

$$TE = 29+469.284 \text{ m} - 40 \text{ m}/2 = 29+449.284 \text{ m}$$

$$EC = 29+469.284 \text{ m} + 40 \text{ m}/2 = 29+489.289 \text{ m}$$

$$CE = 29+522.552 \text{ m} - 40 \text{ m}/2 = 29+502.552 \text{ m}$$

$$ET = 29+522.552 \text{ m} + 40 \text{ m}/2 = 29+542.552 \text{ m}$$

Curva PI₉:

$$G = 15^\circ, \Delta = 31^\circ 00' 58'' \text{ y Velocidad} = 40 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 15^\circ = 76.394 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 31^\circ 00' 58'' / 15^\circ = 41.355 \text{ m}$$

$$St = 76.394 \text{ m} * \tan (31^\circ 00' 58'' / 2) = 21.198 \text{ m}$$

$$E = 76.394 \text{ m} * (\sec (31^\circ 00' 58'' / 2) - 1) = 2.886 \text{ m}$$

$$Pc = 92.424 \text{ m} - 21.198 \text{ m} - 27.229 \text{ m} + 29+522.552 \text{ m} = 29+566.549$$

$$Pt = 29+566.549 \text{ m} + 41.355 \text{ m} = 29+607.904$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 76.394 \text{ m}) = 22.41 = 25 \text{ m}$$

$$\theta_s = 15^\circ * 25 \text{ m} / 40 = 9^\circ 22' 30''$$

$$K = (76.394 \text{ m} * 25 \text{ m})^{1/2} = 43.70 \text{ m}$$

$$Xs = 25 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(9^\circ 22' 30'')^2) = 24.933 \text{ m}$$

$$Y_s = 25 \text{ m} / 100 * (0.582 (9^\circ 22' 30'') - 0.0000126 (9^\circ 22' 30'')^3) = 1.362 \text{ m}$$

$$ST_s = \tan (31^\circ 00' 58'' / 2) (1.365 \text{ m} + 76.394 \text{ m} + 76.394 \text{ m} * (\cos (9^\circ 22' 30'') - 1)) + 24.933 \text{ m} - 76.394 \text{ m} * \sin (9^\circ 22' 30'') = 33.781 \text{ m}$$

$$E_s = \sec (31^\circ 00' 58'' / 2) (1.365 \text{ m} + 76.394 \text{ m} + 76.394 \text{ m} * (\cos (9^\circ 22' 30'') - 1)) - 76.394 \text{ m} = 3.240 \text{ m}$$

$$TL = 24.933 \text{ m} - 1.362 \text{ m} * \cot (9^\circ 22' 30'') = 26.713 \text{ m}$$

$$TC = 1.362 \text{ m} * \csc (9^\circ 22' 30'') = 8.358 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 3.240 \text{ m} - 2.886 \text{ m} = 0.36 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$Sa = 2 [76.394 \text{ m} - \sqrt{((76.394 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{76.394 \text{ m}} = 2.65 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 8.37\%$$

Distancia de visibilidad en curva:

$$D_{vc} = 76.394 \text{ m} * (1 - \cos (28.65) * 50 \text{ m} / 76.394 \text{ m}) = 32.52 = 33 \text{ m}$$

$$TE = 29+566.549 \text{ m} - 25 \text{ m} / 2 = 29+554.049 \text{ m}$$

$$EC = 29+566.549 \text{ m} + 25 \text{ m} / 2 = 29+579.049 \text{ m}$$

$$CE = 29+607.904 \text{ m} - 25 \text{ m} / 2 = 29+595.404 \text{ m}$$

$$ET = 29+607.904 \text{ m} + 25 \text{ m}/2 = 29+620.404 \text{ m}$$

Curva PI10:

$$G = 17^\circ, \Delta = 40^\circ 51' 43'' \text{ y Velocidad} = 40 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 17^\circ = 67.407 \text{ m}$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 40^\circ 51' 43'' / 17^\circ = 48.073 \text{ m}$$

$$St = 67.407 \text{ m} * \tan (40^\circ 51' 43'' / 2) = 25.110 \text{ m}$$

$$E = 67.407 \text{ m} * (\sec (40^\circ 51' 43'' / 2) - 1) = 4.525 \text{ m}$$

$$Pc = 93.263 \text{ m} - 25.110 \text{ m} - 21.198 \text{ m} + 29+607.904 \text{ m} = 29+654.859 \text{ m}$$

$$Pt = 29+654.859 \text{ m} + 48.073 \text{ m} = 29+702.932 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$Ls = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 67.407 \text{ m}) = 25.40 = 30 \text{ m}$$

$$\theta_s = 17^\circ * 30 \text{ m} / 40 = 12^\circ 45' 00''$$

$$K = (67.407 \text{ m} * 30 \text{ m})^{1/2} = 44.97 \text{ m}$$

$$Xs = 30 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305 (12^\circ 45' 00'')^2) = 29.851 \text{ m}$$

$$Ys = 30 \text{ m} / 100 * (0.582 (12^\circ 45' 00'') - 0.0000126 (12^\circ 45' 00'')^3) = 2.218 \text{ m}$$

$$STs = \tan (40^\circ 51' 43'' / 2) (2.218 \text{ m} + 67.407 \text{ m} + 67.407 \text{ m} * (\cos (12^\circ 45' 00'') - 1)) + 29.851 \text{ m} - 67.407 \text{ m} * \text{sen} (12^\circ 45' 00'') = 40.292 \text{ m}$$

$$Es = \sec (40^{\circ}51'43''/2) (2.218 \text{ m} + 67.407 \text{ m} + 67.407 \text{ m} * (\cos (12^{\circ}45'00'') - 1)) - 67.407 \text{ m} = 5.119$$

$$TL = 29.85 \text{ m} - 2.218 \text{ m} * \cot (12^{\circ}45'00'') = 20.048 \text{ m}$$

$$TC = 2.218 \text{ m} * \csc (12^{\circ}45'00'') = 10.051 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 5.119 \text{ m} - 4.525 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$$

Sobreechancho:

$$Sa = 2 [67.407 \text{ m} - \sqrt{((67.407 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{67.407 \text{ m}} = 3.02 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 9.01\%$$

$$TE = 29+654.859 \text{ m} - 30 \text{ m}/2 = 29+639.859 \text{ m}$$

$$EC = 29+654.859 \text{ m} + 30 \text{ m}/2 = 29+669.859 \text{ m}$$

$$CE = 29+702.932 \text{ m} - 30 \text{ m}/2 = 29+687.932 \text{ m}$$

$$ET = 29+702.932 \text{ m} + 30 \text{ m}/2 = 29+717.932 \text{ m}$$

Curva PI₁₁:

$$G = 16^{\circ}, \Delta = 35^{\circ}40'49'' \text{ y Velocidad} = 40 \text{ Kph.}$$

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 16^{\circ} = 71.620 \text{ m}$$

$$L_c = 20 \text{ m} * 35^\circ 40' 49'' / 16^\circ = 44.600 \text{ m}$$

$$St = 71.620 \text{ m} * \tan (35^\circ 40' 49'' / 2) = 23.050 \text{ m}$$

$$E = 71.620 \text{ m} (\sec (35^\circ 40' 49'' / 2) - 1) = 3.620 \text{ m}$$

$$Pc = 79.551 \text{ m} - 23.050 \text{ m} - 25.110 \text{ m} + 29 + 702.932 \text{ m} = 29 + 734.323 \text{ m}$$

$$Pt = 29 + 734.323 \text{ m} + 44.600 \text{ m} = 29 + 778.923 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$L_s = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 71.620 \text{ m}) = 23.904 = 25 \text{ m}$$

$$\theta_s = 16^\circ * 25 \text{ m} / 40 = 10^\circ 00' 00''$$

$$K = (71.620 \text{ m} * 25 \text{ m})^{1/2} = 43.31 \text{ m}$$

$$X_s = 25 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(10^\circ 00' 00'')^2) = 24.924 \text{ m}$$

$$Y_s = 25 \text{ m} / 100 * (0.582 (10^\circ 00' 00'') - 0.0000126 (10^\circ 00' 00'')^3) = 1.452 \text{ m}$$

$$STs = \tan (35^\circ 40' 49'' / 2) (1.452 \text{ m} + 71.620 \text{ m} + 71.620 \text{ m} * (\cos (10^\circ 00' 00'') - 1)) + 24.924 \text{ m} - 71.620 \text{ m} * \sin (10^\circ 00' 00'') = 35.654 \text{ m}$$

$$Es = \sec (35^\circ 40' 49'' / 2) (1.452 \text{ m} + 71.620 \text{ m} + 71.620 \text{ m} * (\cos (10^\circ 00' 00'') - 1)) - 71.620 \text{ m} = 4.00$$

$$TL = 24.924 \text{ m} - 1.452 \text{ m} * \cot (10^\circ 00' 00'') = 16.691 \text{ m}$$

$$TC = 1.452 \text{ m} * \csc (10^\circ 00' 00'') = 8.359 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 4.00 \text{ m} - 3.62 \text{ m} = 0.38 \text{ m}$$

Sobreancho:

$$Sa = 2 [71.620 \text{ m} - \sqrt{((71.620 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{71.620 \text{ m}} = 2.83 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 8.71\%$$

$$TE = 29+734.323 \text{ m} - 25 \text{ m}/2 = 29+721.823 \text{ m}$$

$$EC = 29+734.323 \text{ m} + 25 \text{ m}/2 = 29+746.823 \text{ m}$$

$$CE = 29+778.923 \text{ m} - 25 \text{ m}/2 = 29+766.423 \text{ m}$$

$$ET = 29+778.923 \text{ m} + 25 \text{ m}/2 = 29+791.423 \text{ m}$$

Curva PI₁₂:

G = 10°, Δ = 14°21'09" y Velocidad = 40 Kph.

Curva circular:

$$R = 1145.9156 \text{ m} / 10^\circ = 114.592$$

$$Lc = 20 \text{ m} * 14^\circ 21' 09'' / 10^\circ = 28.705 \text{ m}$$

$$St = 114.592 \text{ m} * \tan (14^\circ 21' 09'' / 2) = 14.4280 \text{ m}$$

$$E = 114.592 \text{ m} (\sec (14^\circ 21' 09'' / 2) - 1) = 0.905 \text{ m}$$

$$Pc = 69.516 \text{ m} - 14.428 \text{ m} - 23.050 \text{ m} + 29+778.923 \text{ m} = 29+810.961 \text{ m}$$

$$Pt = 29+810.961 \text{ m} + 28.705 \text{ m} = 29+839.666 \text{ m}$$

Curva de transición:

$$L_s = 0.0214 * (40 \text{ kph})^3 / (0.8 \text{ m/s}^3 * 114.592 \text{ m}) = 14.94 = 15 \text{ m}$$

$$\theta_s = 10^\circ * 15 \text{ m} / 40 = 3^\circ 45' 00''$$

$$K = (114.592 \text{ m} * 15 \text{ m})^{1/2} = 41.46 \text{ m}$$

$$X_s = 15 \text{ m} / 100 * (100 - 0.00305(3^\circ 45' 00'')^2) = 14.994 \text{ m}$$

$$Y_s = 25 \text{ m} / 100 * (0.582(3^\circ 45' 00'') - 0.0000126(3^\circ 45' 00'')^3) = 0.327 \text{ m}$$

$$STs = \tan(14^\circ 21' 09'' / 2) (0.327 \text{ m} + 114.592 \text{ m} + 114.592 \text{ m} * (\cos(3^\circ 45' 00'') - 1)) + 14.994 \text{ m} - 114.592 \text{ m} * \sin(3^\circ 45' 00'') = 35.654 \text{ m}$$

$$Es = \sec(14^\circ 21' 09'' / 2) (0.327 \text{ m} + 114.592 \text{ m} + 114.592 \text{ m} * (\cos(3^\circ 45' 00'') - 1)) - 114.592 \text{ m} = 0.987$$

$$TL = 14.994 \text{ m} - 0.327 \text{ m} * \cot(3^\circ 45' 00'') = 10.00 \text{ m}$$

$$TC = 0.327 \text{ m} * \csc(3^\circ 45' 00'') = 5.00 \text{ m}$$

Corrimiento:

$$Corr: 0.987 \text{ m} - 0.905 \text{ m} = 0.08 \text{ m}$$

Sobreechancho:

$$Sa = 2 [114.592 \text{ m} - \sqrt{((114.592 \text{ m})^2 - (14.14 \text{ m})^2)}] + 0.1 / \sqrt{114.592 \text{ m}} = 2.83 \text{ m}$$

Peralte:

$$e = 6.61\%$$

$$TE = 29+810.961 \text{ m} - 15 \text{ m}/2 = 29+803.461 \text{ m}$$

$$EC = 29+810.961 \text{ m} + 15 \text{ m}/2 = 29+818.461 \text{ m}$$

$$CE = 29+839.666 \text{ m} - 15 \text{ m}/2 = 29+829.166 \text{ m}$$

$$ET = 29+839.666 \text{ m} + 15 \text{ m}/2 = 29+844.166 \text{ m}$$

De la memoria de cálculo, se puede resumir el diseño horizontal en las siguientes tablas.

Tabla X. Primera tabla resumen de diseño horizontal

PI	NORTE (m)	ESTE (m)	VELOCIDAD	Δ	SENTIDO	G	RADIO (m)
0	34691.435	8626.096	-----	-----	-----	-----	-----
1	34632.626	8788.002	50 KPH	5°38'05"	Izq	4°	386.479
2	34597.646	8924.955	40 KPH	78°31'34"	Der	18°	63.662
3	34338.234	8912.023	50 KPH	27°59'08"	Izq	10°	114.592
4	34170.503	8990.707	40 KPH	6°12'52"	Der	4°	229.183
5	34059.745	9028.665	50 KPH	35°42'33 "	Izq	13°	88.147
6	33981.425	9138.979	40 KPH	60°08'34"	Der	24°	47.746
7	33910.849	9132.163	50 KPH	7°52'52"	Der	5°	229.183
8	33796.582	9104.946	50 KPH	29°17'50"	Izq	11°	104.174
9	33707.694	9130.266	40 KPH	31°00'58"	Der	15°	76.394
10	33617.658	9105.945	40 KPH	40°51'43"	Izq	17°	67.407
11	33546.004	9140.500	40 KPH	35°40'49"	Izq	16°	71.620
12	33512.754	9201.549	40 KPH	14°21'09"	Der	10°	114.592
13	33331.251	9396.688	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla XI. Segunda tabla resumen de diseño horizontal

PI	LCc (m)	LS (m)	Lc (m)	STs (m)	θ_s	K (m)	TL (m)	TC (m)	e%	Cr. Max (m)
0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	28.174	16.000	12.174	14.158	1°36'00"	67.703	10.739	5.261	3.680	0.035
2	87.251	35.000	52.251	70.147	15°45'00"	47.204	23.421	11.756	9.270	1.040
3	55.971	40.000	15.971	48.680	10°00'00"	67.703	26.704	13.378	8.670	0.600
4	24.858	15.000	9.858	19.943	1°52'30"	58.632	9.998	5.003	3.000	0.030
5	54.937	45.000	9.937	51.152	14°37'30"	62.981	30.096	15.100	9.780	1.010
6	50.119	40.000	10.119	48.328	24°00'00"	43.701	26.905	13.563	10.000	1.610
7	31.524	20.000	11.524	25.790	2°30'00"	67.702	13.950	6.052	4.770	0.050
8	53.268	40.000	13.268	47.372	11°00'00"	64.552	26.713	13.386	9.150	0.660
9	41.355	25.000	16.355	33.781	9°22'30"	43.700	26.713	8.358	8.370	0.360
10	48.073	30.000	18.073	40.292	12°45'00"	44.970	20.048	10.051	9.010	0.600
11	44.600	25.000	19.600	35.654	10°00'00"	43.310	16.691	8.359	8.710	0.380
12	28.705	15.000	13.705	21.938	3°45'00"	41.460	10.000	5.000	6.610	0.080
13	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

4.2 Diseño de alineamiento vertical

El alineamiento vertical esta formado por la rasante, constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes. La inclinación de la rasante depende principalmente de la topografía de la zona que atraviesa, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en las diferentes pendientes de ascenso y descenso que lleguen a configurar el perfil longitudinal de la carretera.

4.2.1 Conceptos y generalidades básicas

Es de esta manera, como al igual que en el alineamiento horizontal, es necesario el conocimiento de los diferentes factores, parámetros y elementos que conforman el alineamiento vertical, además del cálculo y diseño de los mismos, procurando siempre alcanzar con el diseño una operación adecuada, así como una interacción congruente con el alineamiento horizontal.

4.2.1.1 Tangentes verticales

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente, están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia media horizontal entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre los dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se les representa con la letra A.

4.2.1.2 Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para dominar un desnivel determinado o en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deba proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

4.2.1.3 Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto, queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar criterios obstáculos locales tales como acantilados, fallas y zonas inestables, siempre que no rebase la longitud crítica.

La norma AASTHO recomienda que para carreteras principales las pendientes máximas no excedan la las dadas en la tabla 6. Para carreteras secundarias con escaso volumen de tránsito, las pendientes dadas en la tabla pueden incrementarse hasta en dos por ciento.

Tabla XII. Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MAXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE DISEÑO, EN Km/h.						
	50	60	70	80	90	100	110
Llano	6	4	4	4	3	3	3
Ondulado	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso	9	8	7	7	6	5	5

Fuente: AASHTO, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2001, pag. 237.

4.2.1.4 Pendiente mínima

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los rellenos o terraplenes puede ser nula, en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

4.2.1.5 Longitud crítica

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

El vehículo con su relación peso/potencia, define características de operación que determinan la velocidad con que es capaz de recorrer una pendiente determinada. La configuración del terreno impone condiciones al proyecto que, desde el punto de vista económico, obligan a la utilización de pendientes que reducen la velocidad de los vehículos pesados y hacen que estos interfieran con los vehículos livianos. El volumen y la composición del tránsito son elementos primordiales para el estudio económico del tramo, ya que los costos de operación dependen básicamente de ellos.

4.2.1.6 Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida. Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

El punto en común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

$$y = Kx^2 + Px \quad \text{(ecuación 4-51)}$$

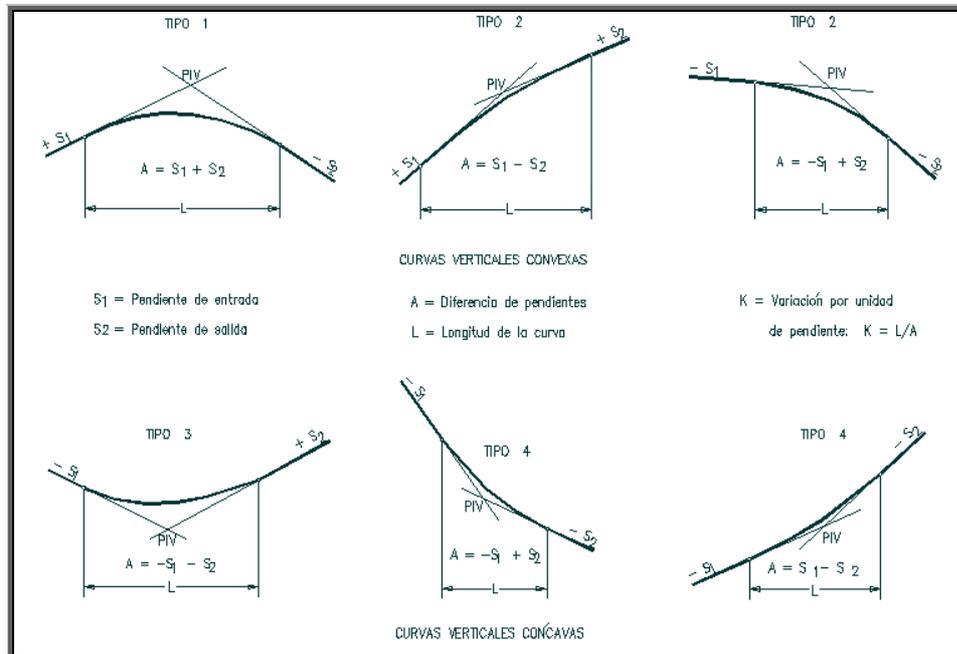
En donde:

K = es una constante.

P = es la pendiente de la tangente de entrada.

La expresión anterior corresponde a la ecuación de una parábola que es la recomendada para emplearse en las curvas verticales. Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de convexas o en cresta y en cóncavas o en columpio respectivamente. En la figura 10 se ilustran los tipos representativos de curvas verticales convexas y cóncavas, en los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen el mismo signo, en los tipos II y IV tienen signos contrarios.

Figura 15. Tipos de curvas verticales



Los elementos de una curva vertical son:

Longitud: es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas.

Criterio de comodidad. Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo. Se recomienda que en la curva la aceleración centrífuga no exceda a 0.305 m/seg^2 .

$$K = L/A \geq V^2 / 395 \quad (\text{ecuación 4-52})$$

En donde:

K = es una constante del recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

V = es la velocidad de diseño, en Km/h.

A = es la diferencia algebraica de las pendientes, en por ciento.

L = es la longitud de la curva vertical, en m.

Criterio de apariencia. Se aplica en diseño de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente la norma AASTHO ha determinado que:

$$K = L/A \geq 30 \quad \text{(ecuación 4-53)}$$

En donde:

K = es una constante del recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

A = es la diferencia algebraica de las pendientes, en por ciento.

L = es la longitud de la curva vertical, en m.

Criterio de drenaje. Se aplica al diseño de curvas verticales convexas y/o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La norma AASTHO ha encontrado que para que esto ocurra de cumplirse la siguiente condición:

$$K = L/A \leq 43 \quad \text{(ecuación 4-54)}$$

En donde:

K = Constante del recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento.

L = Longitud de la curva vertical, en m.

Criterio de seguridad. Se aplica en curvas convexas y cóncavas. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la

de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con las distancia de visibilidad de adelantamiento. En inciso 4.1.1, se dedujeron las expresiones que permiten calcular la distancia de parada como de adelantamiento. Estas expresiones permiten determinar curvas verticales convexas y cóncavas, cuando la distancia de visibilidad es mayor o menor que la longitud de la curva.

Para curvas convexas:

$$D > L \quad L = 2D - C_1 / A \quad (\text{ecuación 4-55})$$

$$D < L \quad L = AD^2 / C_1 \quad (\text{ecuación 4-56})$$

Para curvas cóncavas:

$$D > L \quad L = 2D - (C_2 + 3.5D) / A \quad (\text{ecuación 4-57})$$

$$D < L \quad L = AD^2 / (C_2 + 3.5D) \quad (\text{ecuación 4-58})$$

En donde:

L = Longitud de la curva vertical, en m.

D = Distancia de visibilidad de parada o adelantamiento, en m.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento.

C1, C2 = Constantes que dependen de la altura del ojo del conductor o altura de los faros y de la altura del obstáculo o altura del vehículo.

El valor de las constantes para el vehículo considerado, se indican en el siguiente cuadro:

Tabla XIII. Constantes para distancia de visibilidad en curvas verticales

CONSTANTE	PARA DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
	DE PARADA	DE ADELANTAMIENTO
C ₁	425	1000
C ₂	120	----

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, México 1991, pag. 361.

Las curvas diseñadas para distancia de visibilidad de adelantamiento resultan de gran longitud y sólo deberán diseñarse cuando no se afecte el costo de la carretera más allá de lo permisible o donde lo amerite el nivel de servicio. Una forma empírica para obtener la longitud de una curva vertical, esta determinada por la siguiente ecuación.

$$L=1.5*800 / |A| \quad (\text{ecuación 4-59})$$

Pendiente en un punto cualquiera de la curva: para determinar esta pendiente P, se parte de la propiedad de la parábola de que la variación de pendiente a lo largo de ella respecto a su longitud, es uniforme. Esta puede establecerse con la siguiente expresión:

$$P = P_1 - Al / L \quad (\text{ecuación 4-60})$$

En donde:

L y l = Longitud de la curva y longitud medida en la curva, en m.

P₁, P y A = Pendientes, en por ciento.

Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera: para determinar esta pendiente simbolizada como P' se hace uso de la propiedad de la parábola de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

$$P' = P_1 - Al / 2L \quad (\text{ecuación 4-61})$$

En donde:

L y l = Longitud de la curva y longitud medida en la curva, en m.

P₁, P y A = Pendientes, en por ciento.

Desviación respecto a la tangente: es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva, llamada *t*.

$$t = Al^2 / 200L \quad (\text{ecuación 4-62})$$

Externa: es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente, se representa como *E_v*.

$$E_v = AL / 800 \quad (\text{ecuación 4-63})$$

Flecha: es la distancia entre la curva y la cuerda PTV-PCV multiplicada por L/2.

$$f = AL/800 \quad (\text{ecuación 4-64})$$

Puede observarse que $f = E_v$.

4.2.2 Selección y cálculo de rasante

Para la selección y cálculo de la línea de rasante en el alineamiento vertical se tomarán las consideraciones realizadas en el diseño horizontal, para obtener una armonía entre el diseño horizontal y vertical, facilitando la transición, rápida, segura y eficiente por el libramiento.

4.2.2.1 Puntos de inflexión vertical PIV

Se ha determinado en la siguiente tabla los PIV a utilizar en el recorrido.

Tabla XIV. Ubicación y altura de PIV

PIV	Estación	Altura
0	28+428.622	1343.000
1	28+610.000	1347.500
2	28+820.000	1326.000
3	29+090.000	1353.550
4	29+150.000	1353.800
5	29+290.000	1376.500
6	29+550.000	1346.500
7	29+780.000	1354.900
8	29+890.321	1366.000

Pendientes: con la información en la tabla anterior se procede a determinar las pendientes:

$$G_{0-1} = (1347.500 - 1343.000) / (28+610.000 - 28+428.622) = 2.481\%$$

$$G_{1-2} = (1326.000 - 1347.500) / (28+820.000 - 28+610.000) = -10.238\%$$

$$G_{2-3} = (1353.550 - 1326.000) / (29+090.000 - 28+820.000) = 10.204\%$$

$$G_{3-4} = (1353.800 - 1353.550) / (29+150.000 - 29+090.000) = 5.417\%$$

$$G_{4-5} = (1376.500 - 1353.800) / (29+290.000 - 29+150.000) = 14.071\%$$

$$G_{5-6} = (1346.500 - 1376.500) / (29+550.000 - 29+290.000) = -11.538\%$$

$$G_{6-7} = (1354.900 - 1346.500) / (29+780.000 - 29+550.000) = 8.000\%$$

$$G_{7-8} = (1366.000 - 1354.900) / (29+890.321 - 29+780.000) = 0.997\%$$

4.2.2.2 Cálculo de curvas verticales

PIV₁: Curva convexa

$$G_{0-1} = 2.481\% \text{ y } G_{1-2} = -10.238\%.$$

$$A = |2.481\% - (-10.238\%)| = 12.719\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D < L$$

$$L = AD^2/C_1 = 12.719\% * (50 \text{ m})^2 / 425 = 74.81 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 160 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 160 \text{ m} / 12.719\% = 12.579$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$12.579 \geq (40 \text{ kph})^2 / 395 = 4.051$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$12.579 \leq 43$$

External:

$$E_v = 12.719\% * 160 \text{ m} / 800 = 2.542 \text{ m}$$

La curva de 160 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₂: Curva cóncava

$G_{1-2} = -10.238\%$ y $G_{2-3} = 10.204\%$.

$$A = | -10.238\% - 10.204\% | = 20.442\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D < L$$

$$L = AD^2 / (C_1 + 3.5D) = 20.442\% * (50 \text{ m})^2 / (120 - 3.5 * 50 \text{ m}) = 173.27 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 200 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 200 \text{ m} / 20.442 \% = 9.78$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$9.78 \geq (40 \text{ kph})^2 / 395 = 4.051$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$9.78 \leq 43$$

External:

$$E_v = 20.442\% * 200 \text{ m} / 800 = 5.11 \text{ m}$$

La curva de 200 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₃: Curva convexa

$$G_{2-3} = 10.204\% \text{ y } G_{3-4} = 5.417\%.$$

$$A = |10.204\% - 5.417\%| = 4.787\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D > L$$

$$L = 2D - C_1 / A = 2 * 50 \text{ m} - 425 / 4.787\% = 11.21 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 30 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 30 \text{ m} / 4.787 = 6.267$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$6.267 \geq (30 \text{ kph})^2 / 395 = 2.278$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$6.267 \leq 43$$

External:

$$E_v = 4.787 \% * 30 \text{ m} / 800 = 0.179 \text{ m}$$

La curva de 200 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₄: Curva cóncava

$$G_{3-4} = 5.417\% \text{ y } G_{4-5} = 14.071\%.$$

$$A = | 5.417\% - 14.071\% | = 8.654\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D > L$$

$$L = 2D - (C_2 + 3.5D) / A = 2 * 50 \text{ m} - (120 + 3.5 * 50 \text{ m}) / 8.654\% = 65.97 \text{ m}$$

Longitud a utilizar = 70 m

Chequeo de curva:

$$K = 70 \text{ m} / 8.654\% = 8.075$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$8.075 \geq (30 \text{ kph})^2 / 395 = 2.278$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$8.075 \leq 43$$

External:

$$Ev = 8.654\% * 70 \text{ m} / 800 = 0.757 \text{ m}$$

La curva de 70 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₅: Curva convexa

$$G_{4-5} = 14.071\% \text{ y } G_{5-6} = -11.538\%.$$

$$A = | 14.071\% - (-11.538\%) | = 25.609\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D < L$$

$$L = AD^2 / C_1 = 25.609\% * (50 \text{ m})^2 / 425 = 150.65 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 160 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 160 \text{ m} / 25.609\% = 6.248$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$6.248 \geq (40\text{kph})^2 / 395 = 4.05$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$6.248 \leq 43$$

External:

$$E_v = 25.609\% * 160 \text{ m} / 800 = 5.122 \text{ m}$$

La curva de 160 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₆: Curva cóncava

$$G_{5-6} = -11.538\% \text{ y } G_{6-7} = 8.000\%.$$

$$A = | -11.538\% - 8.000\% | = 19.538\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D < L$$

$$L = AD^2 / (C_1 + 3.5D) = 19.538\% * (50 \text{ m})^2 / (120 - 3.5 * 50 \text{ m}) = 165.58 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 180 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 180 \text{ m} / 19.538 = 9.213$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$9.213 \geq (40\text{kph})^2 / 395 = 4.05$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$9.213 \leq 43$$

External:

$$E_v = 19.538\% * 180 \text{ m} / 800 = 4.396 \text{ m}$$

La curva de 180 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

PIV₇: Curva convexa

$$G_{6-7} = 8.000\% \text{ y } G_{7-8} = 0.997\%.$$

$$A = | 8.000\% - 0.997\% | = 7.003\%$$

Longitud de curva vertical mínima:

Criterio de seguridad

$$D < L$$

$$L = AD^2 / C_1 = 7.003\% * (50 \text{ m})^2 / 425 = 41.19 \text{ m}$$

$$\text{Longitud a utilizar} = 160 \text{ m}$$

Chequeo de curva:

$$K = 160 \text{ m} / 7.003\% = 22.837$$

Criterio de comodidad

$$K \geq V^2 / 395$$

$$22.837 \geq (40 \text{ kph})^2 / 395 = 4.05$$

Criterio drenaje

$$K \leq 43$$

$$22.837 \leq 43$$

External:

$$Ev = 7.003\% * 160 \text{ m} / 800 = 1.401 \text{ m}$$

La curva de 160 metros de longitud propuesta puede ser utilizada para el diseño vertical.

De la memoria de cálculo, se puede resumir el diseño vertical en la siguiente tabla.

Tabla XV. Tabla resumen del diseño vertical

PIV	Estación	Altura	Curva	Vel. (Kph)	G de Salida (%)	A (%)	K	LCV (m)	Ev (m)
0	28+428.622	1343.000	-----	-----	2.481	-----	-----	-----	-----
1	28+610.000	1347.500	Convexa	40.00	-10.238	12.719	12.579	160.00	2.542
2	28+820.000	1326.000	Cóncava	40.00	10.204	20.442	9.780	200.00	5.110
3	29+090.000	1353.550	Convexa	30.00	5.417	4.787	6.267	30.00	0.179
4	29+150.000	1353.800	Cóncava	30.00	14.071	8.654	8.075	70.00	0.757
5	29+290.000	1376.500	Convexa	40.00	-11.538	25.609	6.248	160.00	5.122
6	29+550.000	1346.500	Cóncava	40.00	8.000	19.538	9.213	180.00	4.396
7	29+780.000	1354.900	Convexa	40.00	0.997	7.003	22.837	160.00	1.401
8	29+890.321	1366.000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5. Obras de drenaje transversal-longitudinal

Obteniendo el diseño en los planos horizontal y vertical, es necesario realizar el estudio hidrológico, ya que la durabilidad de la estructura del pavimento está en función de la correcta evacuación de las aguas de lluvia dentro del tramo diseñado. Es de esta manera como se hace el análisis de las cuencas que tributan sus aguas al libramiento, la precipitación media anual del área en observación, determinando de esta manera los respectivos caudales tributarios y la capacidad hidráulica que se necesita para drenar los mismos.

5.1 Conceptos y generalidades básicas

5.1.1 Método racional

El método racional es el más utilizado y permite determinar afluencias en términos de metros cúbicos por segundo para el diseño de drenaje mayor y menor. Se basa en la relación directa entre caída de lluvia y flujos y puede expresarse por la ecuación:

$$Q = CIA / 360$$

En donde:

Q = el flujo en metros cúbicos por segundo de un área dada.

I = la intensidad de lluvia en milímetros por hora para una duración igual al tiempo de concentración.

C = un coeficiente de escorrentía que representa la relación entre afluencia y lluvia.

A = el área de drenaje en hectáreas.

El valor de C , a ser usado, debe estimarse a partir de un estudio del terreno, la pendiente y la condición de la superficie, la impermeabilidad de la superficie y una consideración de cambios futuros probables en las superficies dentro del área.

El valor de I a seleccionar, depende de las curvas para la intensidad de la lluvia ploteadas para la vecindad local y el período asumido de recurrencia, así como el período de concentración requerido por la afluencia de la superficie para fluir desde el punto más distante en el área en estudio, hasta el punto de observación.

El valor de A en hectáreas se puede medir y determinar con precisión en los planos a escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional.

El coeficiente de escorrentía C es el porcentaje de lluvia en un área dada que fluye como agua superficial libre. Es improbable que este valor nunca alcance el 100 por ciento, debido a que siempre se dará algún porcentaje de evaporación incluso durante una tormenta. Las superficies impermeables absorben alguna humedad y las pequeñas irregularidades y depresiones detienen cantidades adicionales. Sin embargo, C gradualmente se incrementará a medida que una tormenta progresa hasta que el terreno se sature, o bien que el área impermeable se humedezca completamente y se llenen todas las depresiones.

El método racional puede utilizarse para calcular afluencias de todo tipo de superficies.

Es necesario entonces escoger un valor apropiado de C . La siguiente tabla contiene valores de C que pueden utilizarse para el diseño de estas estructuras.

Tabla XVI. Coeficientes de escorrentía para diferentes superficies

Valores C de Escorrentía	
Tipo de superficie	Valor de C
Superficies impermeables	0.90 – 0.95
Superficies empinadas y áridas	0.80 – 0.90
Superficies onduladas y áridas	0.60 – 0.80
Superficies planas y áridas	0.50 – 0.70
Prado ondulado	0.40 – 0.65
Bosques de hoja suelta	0.35 – 0.60
Bosques de coníferas	0.25 – 0.50
Huertos	0.15 – 0.40
Tierra de cultivo ondulada	0.15 – 0.40
Tierra de cultivo plana	0.10 – 0.30

Un área de drenaje puede incluir varios tipos diferentes de superficies y si éste es el caso será necesario ponderar el área de cada tipo en relación con el todo a modo de escoger un valor promedio de C.

5.1.2 Tiempo de concentración para el método racional

Un factor importante es el tiempo requerido para avenidas de agua desde la parte más remota y alta de un área de drenaje para alcanzar el punto bajo diseño, ésto se conoce como el tiempo de concentración. La ecuación de Kirpich utiliza el desnivel y la longitud del cauce tal y como se muestra.

$$T_c = 0.02 * L^{1.15} / H^{0.385}$$

En donde:

T_c= Tiempo de concentración o duración, en min.

L = Longitud de la avenida principal de la cuenca, en m.

H= Diferencia de altura entre la parte más remota de la cuenca y el punto bajo diseño, en m.

Un tiempo mínimo de 5 minutos es lo recomendado por la *Federal Highway Administration*.

Para el cálculo hidráulico del tubo metálico corrugado puede ser utilizada la ecuación de Manning con su respectivo coeficiente de rugosidad n y encontrar el tirante de agua correspondiente a dicha tubería.

$$Q = 1/N * ((D*/4)^{2/3} * A * S^{1/2}$$

En donde:

Q = Caudal máximo, en m^3/s .

N = Rugosidad, adimensional.

A = Área de sección transversal de la corriente, en m^2 .

D = Diámetro de la sección transversal, en m.

S = Pendiente hidráulica, en mm/m.

5.2 Cálculo y diseño de drenaje transversal

Para el diseño de las estructuras de drenaje menor, han sido consideradas las cuencas de descarga que drenan al tramo, como puede ser observado en la figura 16.

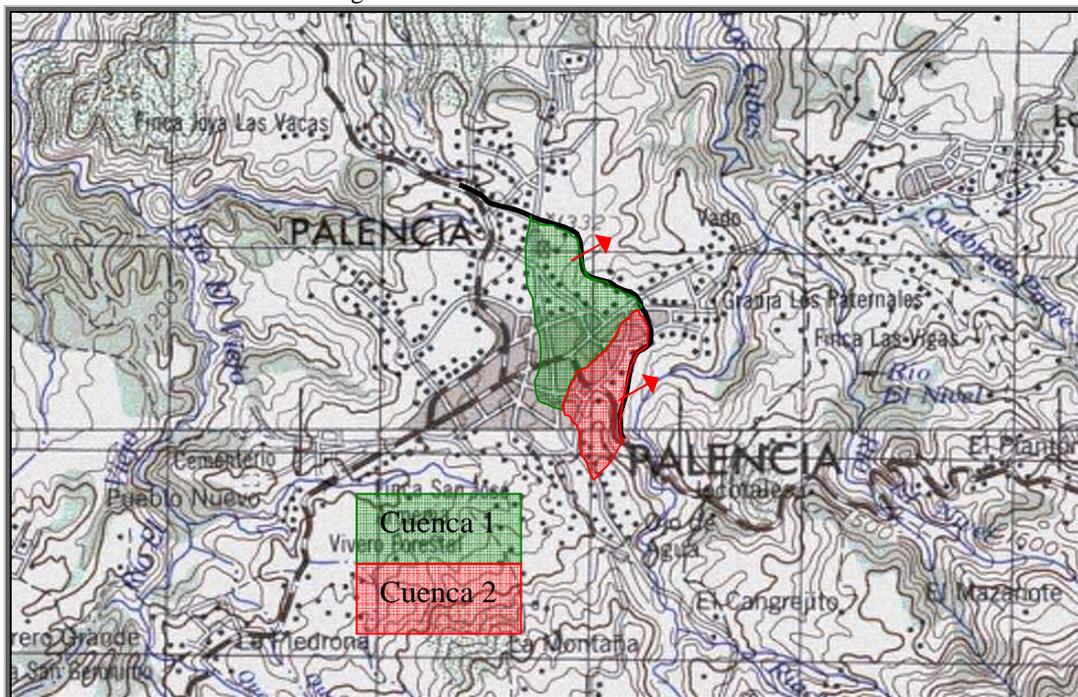
Cuencas:

Observando en mapa 1:50,000, se ha determinado que existen dos cuencas, las cuales drenan sus aguas de lluvia a la propuesta de libramientos.

Tabla XVII. Área de cuencas

Cuenca	Área m ²
1	340,421.48
2	121,457.88

Figura 16. Cuencas tributarias a libramiento



Coefficiente de escorrentía:

Observando la vegetación existente y la topografía del lugar, así mismo en función de los valores presentados en el inciso anterior, se ha determinado que el valor más acertado para el coeficiente de escorrentía es de $C=0.40$.

Intensidad de lluvia:

La intensidad de lluvia fue obtenida del atlas hidrológico publicado por el INSIVUMEH, en el es considerada una intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y un periodo de retorno de 10 años, del cual se obtuvo un valor de $i=170\text{mm/hr}$.

5.2.1 Caudal de descarga

Teniendo la información antes descrita, se procede a determinar los caudales de descarga para ambas cuencas por medio del método racional.

Cuenca 1

$$Q = 0.40 * 165 * 34.042148 / 360 = 6.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cuenca 2

$$Q = 0.40 * 165 * 12.1457883 / 360 = 2.23 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2.2 Capacidad de tuberías de metal corrugado

Utilizando la ecuación de Manning, asumiendo que para drenar el agua pluvial se utilizará tuberías de metal corrugado, se hace la evaluación de la capacidad de dichas tuberías de diferentes diámetros para determinar cuál de éstas sería idónea para ser colocadas y realizar su función eficientemente.

Tubería de diámetro 30 pulgadas:

$$N = 0.030, S = 0.03, A = 0.456 \text{ m}^2$$

$$Q = 1/0.030 * (30'' * 0.0254/4)^{2/3} * 0.456 * 0.03^{1/2} = 0.872 \text{ m}^3/\text{s}$$

*Para determinar la capacidad de descarga se aplica un factor de seguridad de 0.90, por lo tanto la capacidad de la tubería es de $Q = 0.872 * 0.90 = 0.785 \text{ m}^3/\text{s}$.*

Tubería de Diámetro 36 pulgadas:

$$N = 0.030, S = 0.03, A = 0.657 \text{ m}^2$$

$$Q = 1/0.030 * (36'' * 0.0254/4)^{2/3} * 0.657 * 0.03^{1/2} = 1.418 \text{ m}^3/\text{s}$$

*Para determinar la capacidad de descarga se aplica un factor de seguridad de 0.90, por lo tanto la capacidad de la tubería es de $Q = 1.418 * 0.90 = 1.276 \text{ m}^3/\text{s}$.*

Tubería de diámetro 42 pulgadas:

$$N= 0.030, S=0.03, A=0.894 \text{ m}^2$$

$$Q = 1/0.030*(42''*0.0254/4)^{2/3}*0.894*0.03^{1/2} = 2.139 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar la capacidad de descarga se aplica un factor de seguridad de 0.90, por lo tanto la capacidad de la tubería es de $Q = 2.139*0.90 = 1.925 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tubería de diámetro 48 pulgadas:

$$N= 0.030, S=0.03, A=1.167 \text{ m}^2$$

$$Q = 1/0.030*(48''*0.0254/4)^{2/3}*1.167*0.03^{1/2} = 3.052 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar la capacidad de descarga se aplica un factor de seguridad de 0.90, por lo tanto la capacidad de la tubería es de $Q = 3.052*0.90 = 2.747 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2.3 Caudales esperados contra capacidad hidráulica de tuberías

Analizando los caudales esperados y las capacidades de las tuberías de diferente diámetro se propone la colocación de tuberías como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Análisis caudales esperados vrs capacidad hidráulica de tuberías

No. Estructura	No. Cuenca	Estación	Diámetro (")	Unidad	Capacidad Q (m3/s)	Capacidad Hidráulica de Estructuras		Caudal Esperado en Cuenca Q (m3/s)
						Menor	Total Q (m3/s)	
1	1	28+690.00	36	1	1.28	1.28	6.57	6.24
2		28+820.00	36	1	1.28	1.28		
3		28+940.00	36	1	1.28	1.28		
4		29+040.00	48	1	2.75	2.75		
5	2	29+566.00	48	1	2.75	2.75	2.75	2.23

6. Señalización

La señalización es, esencialmente, la fase complementaria de mayor importancia en el diseño geométrico, ya que en ésta deben ser considerados y plasmados todos los dispositivos horizontales y verticales a colocar en la carretera. Para la determinación de esta señalización se utilizó como referencia el manual centroamericano de señalización vial, por la facilidad de interpretación de los códigos y nomenclaturas utilizadas para la identificación de las diferentes señales y marcas reglamentarias, informativas y preventivas, las cuales permitan brindar la información necesaria y requerida, para que el usuario transite de manera segura por el libramiento.

6.1 Dispositivos para la regulación del tránsito

La señalización es la rama de la ingeniería vial, la cual establece las especificaciones para el diseño, ubicación y ampliación de los dispositivos para la regulación del tránsito en calles, caminos y carreteras; la decisión de utilizar un dispositivo en particular, en una localización determinada, se debe basar en un estudio de ingeniería identificado como proyecto de señalización o de semaforización, según sea el caso, en donde tiene relevante importancia el juicio del ingeniero que lo elabora.

6.2 Señalización horizontal

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o estructuras de las carreteras y/o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

6.2.1 Generalidades

La demarcación desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de regulación del tránsito. En algunos casos, son usadas para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas entendibles.

Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere que se tenga una uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

Las marcas viales o demarcaciones deben ser reflectivas, excepto paso peatonal tipo cebrá, o estar debidamente iluminadas.

6.2.2 Marcas longitudinales

Se deben tener en cuenta los siguientes conceptos básicos:

1. Las líneas longitudinales de trazo discontinuo tienen carácter permisivo, es decir pueden ser cruzadas siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad.
2. Las líneas longitudinales de trazo continuo tienen carácter restrictivo, no deben ser cruzadas, ni se puede circular sobre ellas.

De acuerdo con lo enunciado, los tipos de líneas son los siguientes:

1. La línea blanca de trazo discontinuo se emplea como línea de carril en calzadas de varios carriles y como línea central en carreteras de dos carriles en el mismo sentido donde se permite el adelantamiento.

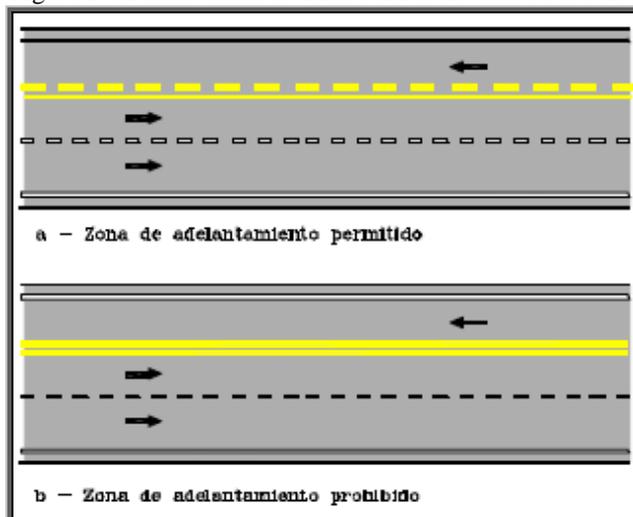
2. La línea blanca de trazo continuo se utiliza para demarcar el borde de un flujo de circulación donde se permite circular a ambos lados de la línea en el mismo sentido, en cuyo caso tiene la función de desalentar el cambio de carril. Además, se usa para demarcar el borde derecho de la calzada y frecuentemente para demarcar las líneas de carril de las entradas a intersecciones y los carriles de giro hacia la izquierda o hacia la derecha.
3. La línea doble blanca de trazo continuo demarca el borde de un flujo de circulación donde se permite circular a ambos lados de la línea en el mismo sentido. Es frecuentemente usada como una línea de canalización para advertir la presencia de una obstrucción que puede ser pasada por ambos lados.
4. La línea amarilla de trazo continuo se utiliza para demarcar el borde izquierdo de la calzada, en una carretera dividida, en aproximación a una obstrucción y para definir isletas de tránsito.
5. La línea amarilla de trazo discontinuo es utilizada como línea de centro en carreteras de dos carriles en sentido contrario donde es permitido adelantar.
6. La isla doble formada por dos líneas amarillas de trazo continuo, demarca la separación de flujos de circulación con sentidos opuestos en carreteras con calzadas de múltiples carriles, donde no es permitido adelantar.
7. La línea doble formada por dos líneas amarillas de trazos discontinuos, demarca el borde de un carril cuyo sentido de circulación es variable. Se utiliza para indicar carriles reversibles.
8. La línea doble constituida por una línea amarilla de trazo continuo y una de trazo discontinuo demarca el borde de un flujo de circulación donde se permite circular a ambos lados de la línea en sentido opuesto, y donde adelantar es permitido para el tránsito adyacente a la línea de trazo discontinuo y es prohibido para el tránsito adyacente a la línea de trazo continuo. Este tipo de marca también se utiliza en carriles exclusivos para giro a la izquierda.

9. La línea punteada demarca la prolongación de otra línea a través de una intersección o de una zona de intercambio. Su color debe ser el mismo que el de la línea que prolonga.

6.2.2.1 Líneas centrales o líneas divisorias de sentido de circulación

Las líneas de centro se usan para designar el centro de la superficie de rodadura de una carretera con tránsito en ambos sentidos. En ciertos casos, como en transiciones del ancho del pavimento o donde se ha previsto una vía adicional como carril de ascenso, no es indispensable que esté situada en el centro geométrico del pavimento, como se observa en la figura 17. En zonas urbanas y en algunos caminos rurales donde no se requiere una extensa línea de centro, se pueden pintar secciones cortas en las aproximaciones a una intersección muy transitada, pasos de peatones, cruces de ferrocarril y curvas circulares. Este tipo de marcas sirve para prevenir acerca de condiciones no usuales y organizar el tránsito a través de zonas peligrosas o congestionadas. Las líneas que dividen una carretera de sentido único en dos o más carriles, se llaman líneas de carril.

Figura 17. Demarcación de línea central en carril de ascenso



Fuente: SIECA, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, pag. 3.8.

La línea de centro normal para carreteras con tránsito en ambos sentidos, con menos de cuatro vías y donde se permite el adelantamiento, consiste en una línea amarilla discontinua con un ancho de 10 cm a 15cm, con una razón de segmento a separación de 3 a 5, correspondiente a segmentos de 4.5 m. y separaciones de 7.5 m

6.2.2.2 Líneas de borde de pavimento

Las líneas del borde del pavimento deben ser blancas y continuas, de no menos de 5 cm ni más de 10 cm de ancho.

Deben usarse solamente como un suplemento y no para sustituir la línea central o las de carril. Las líneas del borde del pavimento tampoco son un sustituto adecuado de los delineadores.

Los propósitos de marcar líneas al borde del pavimento son los siguientes:

1. Evitar el paso de vehículos pesados por los espaldones, que generalmente tienen una capacidad estructural menor que la del pavimento adyacente.
2. Suministrar una guía continua al automovilista, haciendo más cómoda su labor, principalmente durante la noche o en tiempo lluvioso o nublado.
3. Disminuir accidentes de tránsito.
4. Reducir el ancho de un carril que tenga 4.3 m o más de ancho.

6.2.2.3 Líneas del carril

Este tipo de líneas se utiliza en carreteras de una sola dirección. Son muy útiles para canalizar y organizar el tránsito en los carriles adecuados y para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento de la superficie de la carretera en zonas congestionadas. Particularmente se deben usar en:

1. Carreteras rurales con número par de vías de tránsito.

2. Las aproximaciones a intersecciones importantes, pasos de peatones y zonas peligrosas ya sea en carreteras rurales o en calles urbanas.
3. Zonas congestionadas, particularmente en calles urbanas, donde el pavimento puede acomodar más vías de tránsito que sin el empleo de dichas líneas.

Esto incluye:

- a. Sitios entre islas de seguridad y cordones de acera.
- b. Sitios donde el ancho normal de vía se reduce.
- c. Aproximaciones a intersecciones angostas.

La línea de carril debe ser una línea blanca discontinua de ancho no menor de 10 cm ni mayor de 15 cm (Ver figura 18.a).

Los segmentos y las separaciones medirán 4.5 m y 7.5 m, respectivamente, en carreteras rurales y 3 m y 5m en calles urbanas.

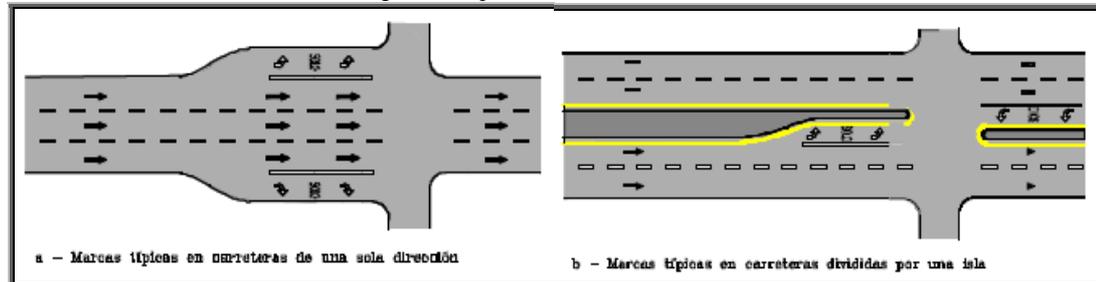
Con el objeto de separar los carriles de giro en una intersección, de los restantes carriles, es recomendable usar una línea continua de canalización de 20 cm de ancho en lugar de la línea de carril normal, como se muestra en la figura 18.b.

El ancho de carril conveniente en carreteras rurales no debe ser menor de 3 m, aunque lo deseable es que sea de 3.65 m de ancho.

Se permite un ancho mínimo por carril de 2.75 m donde se desee obtener un máximo de carriles, por ejemplo en una intersección semaforizada con un bajo porcentaje de vehículos pesados y autobuses, con lo cual se logra alcanzar una mayor capacidad de la intersección.

En los sitios donde exista un porcentaje significativo de vehículos pesados el ancho mínimo será de 3.0 m.

Figura 18. Aplicación de Líneas de Carril



Fuente: SIECA, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, pag. 3.10.

6.2.3 Marcas y transversales

Las líneas transversales incluyen marcas en el espaldón, palabras y símbolos, líneas de parada, líneas para sendas peatonales, marcas para reducir la velocidad, marcas para espacio de parqueos y otras. Las mismas deben ser blancas, excepto en los siguientes casos:

- a. Marcas en islas que separan flujos en sentido opuesto, las cuales son de color amarillo.
- b. Marcas en intersecciones, las cuales son de color amarillo.
- c. Marcas que indiquen al tránsito que viaja contra vía, las cuales son de color rojo.

Las líneas transversales, que por su colocación tienen un ángulo de visual pequeño vistas desde un vehículo que se aproxima, deben usarse con un ancho ampliado, de modo que sean igualmente visibles que las longitudinales.

6.2.3.1 Líneas de parada

Al igual que todas las otras líneas transversales, que por su colocación tienen un ángulo de visual pequeño, vista desde un vehículo que se aproxima, las de parada deben usarse con un ancho ampliado, no menor de 30 cm ni mayor de 60 cm, que depende de la velocidad permitida. Se extenderán a través de todos los carriles de aproximación.

En calles urbanas donde las velocidades no son altas, generalmente es suficiente un ancho entre 30 cm y 45 cm (usualmente se utiliza 40 cm).

Deben usarse líneas de parada tanto en áreas rurales como urbanas donde sea importante indicar el sitio exacto detrás del cual sea requerido que se detengan los vehículos en concordancia con una señal de ALTO, CEDA, semáforo, orden de un vigilante u otra disposición legal.

Las líneas de parada deberían pintarse normalmente 1.20 m antes y paralelas a la línea más cercana de un paso peatonal. En ausencia de un paso peatonal demarcado, la línea de parada debería pintarse en el mismo sitio donde deben detenerse los vehículos y en ningún caso a más de 9 m ni a menos de 1.20 m de la esquina más cercana de la vía que cruce.

Si se usa una línea de parada en conjunto con una señal vertical de ALTO, ambas deben colocarse en la misma sección de la calle. Sin embargo, si la señal no pudiera ser colocada exactamente en el sitio donde los vehículos deben parar, la línea de parada sí debe colocarse en ese sitio.

Para intersecciones normales se recomienda que la línea de parada esté colocada a una distancia de 3 m del borde más cercano de la carretera que se intercepta, cuando no exista zona de cruce de peatones.

6.2.3.2 Palabras y símbolos demarcados en el pavimento

La demarcación de palabras y de símbolos sobre el pavimento puede ser usada con el fin de guiar o advertir el tránsito, no así para mensajes de reglamentación, excepto cuando sirvan de apoyo para señales estándar. Su color será blanco.

Las letras y los símbolos deben ser bastante alargados en la dirección del movimiento de tránsito, debido al estrecho ángulo desde el cual son vistos por los conductores que se aproximan.

Se deben usar letras y cifras de grandes dimensiones, 2.40 m o más de largo para velocidades mayores de 60 km/h. Si el mensaje consiste en más de una palabra se debe leer hacia arriba, es decir, la primera palabra se debe encontrar más cerca del conductor que las demás. Donde las velocidades son bajas (iguales o menores a 60 km/h), el tamaño podría reducirse a aproximadamente un tercio. El espacio entre las líneas debe ser por lo menos cuatro veces el largo de las letras. Todas las letras, números y símbolos deberían estar de acuerdo con el Alfabeto Estándar para marcas en el pavimento y señales de carretera, las cuales se detallan en el Anexo C del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

Nunca debe emplearse más de tres palabras en el mensaje marcado sobre el pavimento. En carreteras de alta velocidad, especialmente donde el tránsito es pesado, los mensajes de más de una línea no son aconsejables y generalmente deben ser evitados.

Las palabras y símbolos que se consideran apropiados para ser usados cuando se justifique son:

1. Regulación:

- CEDA
- ALTO
- SOLO (GIRO DERECHO o IZQUIERDO)
- 40 KPH (o la velocidad a indicar)
- FLECHAS

2. Prevención:

- FERROCARRIL
- ALTO ADELANTE
- SEMÁFORO ADELANTE
- ESCUELA

3. Información:

- Señales de identificación de rutas

El letrero “ALTO” no debe ser marcado en el pavimento a menos que esté acompañado por una línea de parada y una señal vertical de ALTO, de manera que si se pinta es porque se requiere que cada uno de los vehículos siempre tenga que detenerse.

El ancho de los mensajes en el pavimento generalmente debería ser menor que el ancho de un carril, excepto la palabra ESCUELA, según se especifica en la Sección 7.3.7 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

6.2.3.3 Marcas para evitar el bloqueo de una intersección

Según se establece en la legislación, se prohíbe entrar a una intersección aún si tiene luz verde o se cuenta con derecho de vía, si debido al congestionamiento prevaleciente no se puede salir de ella, de modo tal que obstruiría la circulación de las vías laterales adyacentes.

Con el propósito de recordar a los conductores su obligación de no bloquear una intersección al tránsito lateral, así como facilitar a las autoridades competentes la sanción de quienes infrinjan esta regulación.

Se recomienda utilizar este señalamiento sólo en las intersecciones que presentan problemas crónicos de rebote de colas desde las intersecciones vecinas.

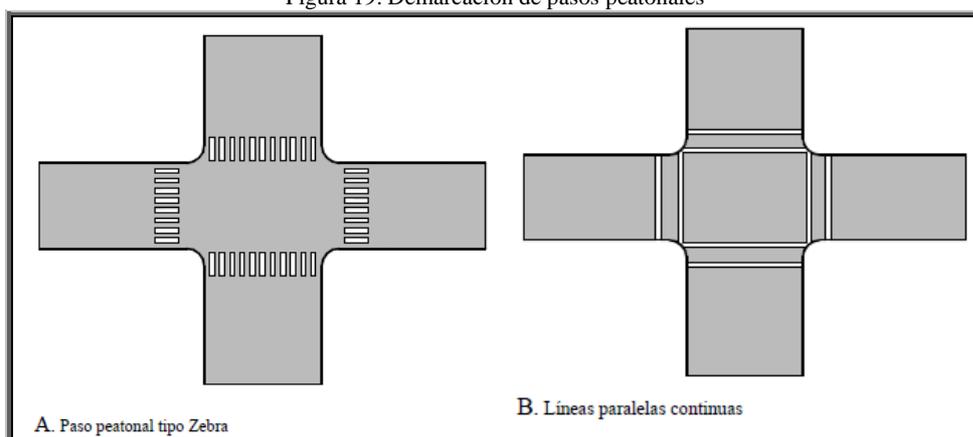
Estas líneas tendrán un ancho de 25 cm y la separación entre líneas podrá ser de 1 m o de 1.5 m, dependiendo del tamaño del área a cubrir. Las líneas serán perpendiculares entre sí y el ángulo de las líneas amarillas con respecto a las líneas de parada en los accesos es de 45°.

6.2.3.4 Líneas de pasos peatonales

Se utilizan en las intersecciones donde puedan presentarse conflictos entre los movimientos de vehículos y peatones. Su definición dependerá del tipo de intersección, rural o urbana, el volumen de peatones, las características del cruce, la presencia o no de señales luminosas, etc. Se tienen los siguientes tipos de sendas o pasos peatonales.

1. Tipo zebra o cebrado, para intersecciones con alto volumen de peatones o en lugares donde no es fácil identificar la presencia de un cruce peatonal. El ancho de las líneas y la separación entre ellas será como mínimo 40 cm y como máximo 60 cm (ver figura 19).
2. Líneas paralelas continuas, cuando la geometría de la intersección o el ancho considerable de la calzada hace preferible delimitar la senda con exactitud.

Figura 19. Demarcación de pasos peatonales



Fuente: SIECA, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, pag. 3.10.

6.2.3.5 Vialitas reflectivas

Si la señalización horizontal se aplica y se mantiene en forma apropiada, es fácilmente visible durante el día, es igualmente efectiva y visible durante la noche, en tiempo seco. Sin embargo, en condiciones de lluvia la demarcación se cubre de una película de agua, la línea de demarcación deja de ser visible para los usuarios de las vías.

Para mejorar la visibilidad de la demarcación en circunstancias de humedad del pavimento se han intentado varias alternativas. Sin embargo, ha tenido mayor éxito son las vialitas reflectivas. Este tipo de señalización consiste en la instalación de cuerpos sólidos de superficie lisa, blancas o de color, que tienen incorporados materiales reflectivos. Sirven generalmente como complemento de las marcas de pintura en el pavimento y de gran utilidad para la separación de las vías de circulación, delineación de carriles y señalización de obstáculos.

Complementar las líneas pintadas sobre el pavimento, guiando al conductor cuando llueve y pierde de vista la línea canalizadora. Así se evita la invasión involuntaria de otros carriles por distracción o fatiga del conductor. Se usan en la línea central para vías de doble sentido, y en línea de carriles para la circulación del tránsito en el mismo sentido y en línea de borde de pavimento.

Indican el sentido de circulación. Mostrando su cara reflectiva al tránsito que viene en la dirección correcta. Son monodireccionales cuando hay circulación en un solo sentido y bidireccionales cuando hay circulación en ambos sentidos.

6.3 Señalización vertical

Las señales verticales, como dispositivos instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

6.3.1 Generalidades

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

1. Señales de reglamentación: son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país. La violación de la regulación establecida en el mensaje de estas señales constituye una contravención, que es sancionada conforme con lo establecido la ley o reglamento de tránsito. Este tipo de infracciones se sanciona con multas, el retiro de la circulación del vehículo, o la suspensión de la licencia.
2. Señales de prevención: son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.
3. Señales de información: son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios.

6.3.2 Señales de reglamentación

Las señales de reglamentación son aquellas que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito.

La violación de la regulación establecida en el mensaje de estas señales constituye una infracción, que es sancionada conforme a la ley o reglamento de tránsito. Este tipo de infracciones se sanciona con multas, el retiro de la circulación del vehículo, o la suspensión de la licencia.

Las señales de reglamentación deberán ser colocadas en aquellos sitios donde se requiera la regulación y se debe evitar el uso excesivo de las mismas. El mensaje de la señal deberá indicar con claridad los requisitos impuestos por la regulación, y deberán ser fácilmente visibles y legibles para los conductores.

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito clasifica las señales de reglamentación en los siguientes grupos:

1. Derechos y Prioridad de Paso (R-1-1 a R-1-8)
2. Límites de Velocidad (R-2-1 a R-2-12)
3. Restricción de Giros y Maniobras (R-3-1a a R-3-19)
4. Serie para Intersecciones con Semáforos (R-4-1 a R-4-8)
5. Serie para Carriles Reversibles (R-5-1 a R-5-9)
6. Dirección de Circulación (R-6-1 a R-6-9)
7. Exclusión de Flujos (R-7-1 a R-7-23)
8. Estacionamiento (R-8-1 a R-8-31)
9. Vías Exclusivas (R-9-1 a R-9-14)
10. Transporte Público (R-10-1 a R-10-10)
11. Peatones y Cruces protegidos (R-11-1a a R-11-18)
12. Restricciones de Dimensiones, Peso y Tipo de Carga (R-12-1 a R-12-5)
13. Otras Restricciones al Conducir (R-13-1 a R-13-8)
14. Inspección Oficial y Peajes (R-14-1 a R-14-6)
15. Camino Cerrado y Sentido Obligatorio (R-15-1 a R-15-15)
16. Confirmación de las Reglas de Conducción (R-16-1 a R-16-6)

6.3.3 Señales de prevención

Estas señales se emplean con el objeto de prevenir al tránsito de condiciones peligrosas existentes o potenciales, en la carretera o adyacentes a ella y la naturaleza de las mismas. Las señales de prevención exigen precaución de parte del conductor, ya sea para disminuir la velocidad o para que efectúe otras maniobras que redundan en su beneficio y en el de otros conductores y peatones. Las advertencias adecuadas de peligro son de gran ayuda para el conductor y muy valiosas en la prevención de accidentes y como medio de facilitar el tránsito. Sin embargo, el uso de estas señales debe limitarse al mínimo necesario, pues de lo contrario no cumplirán bien su importante misión.

Las señales de prevención, por regla general, deberán colocarse en sitios que aseguren su mayor eficiencia, tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones particulares de la carretera, calle o camino, así como la cantidad de vehículos que transiten por la vía.

Se recomienda que la ubicación longitudinal de las señales se defina de acuerdo con las velocidades de operación o de proyecto, en combinación con la distancia de visibilidad de parada. Estas se deben colocar antes del riesgo que se trate de señalar, a una distancia que depende de la velocidad, de tal manera que provean un tiempo de reacción adecuado para el conductor, de manera que pueda percibir, identificar, decidir y realizar cualquier maniobra necesaria. Este tiempo puede variar alrededor de 3 segundos para señales de prevención y 10 segundos para condiciones más peligrosas.

Se deben colocar, como todos los otros tipos de señales, al lado derecho de la carretera, entre 75 y 225 m antes del lugar de peligro, a una distancia de 1.8 a 3.65 m del borde del pavimento y a una altura mínima sobre éste de 1.5 m.

Tabla XIX. Distancias para la ubicación de las señales preventivas.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN	DISTANCIA m
40	50
60	90
80	120
100	120
>100	250

Fuente: Manual de Señalización, Ministerio de Transportes, Colombia 2004, pag. 21.

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito clasifica las señales de prevención en los siguientes grupos:

1. Cambios en el alineamiento horizontal (P-1-1 a P-1-14)
2. Intersecciones (P-2-1 a P-2-8)
3. Proximidad a un dispositivo de control (P-3-1a a P-3-7)
4. Vías de tránsito convergentes y carreteras divididas (P-4-1 a P-4-6)
5. Pasos angostos y claro vertical restringido (P-5-1 a P-5-11)
6. Pendientes y rampa de emergencia (P-6-1 a P-6-9)
7. Condiciones de peligro (P-7-1 a P-7-35)
8. Cruces de ferrocarril y tranvía (P-8-1 a P-8-6)
9. Advertencia de la presencia de personas y reductores de velocidad (P-9-1 a P-9-14)
10. Semovientes en la vía (P-10-1 a P-10-9)
11. Variaciones y limitaciones en la vía (P-11-1 a P-11-11)
12. Delineadores y marcas de objetos (P-12-1 a P-12-6)

6.3.4 Señales de información de servicios y turísticas

El objetivo de estas señales es informar de la existencia y guiar a los conductores hacia los servicios y centros recreativos y de actividades que están disponibles al público en la vecindad de la vía donde se encuentran instaladas las señales.

Las Señales de Información de Servicios y Turísticas se clasifican en los siguientes grupos:

1. Señales de Servicios Generales (IS-1-1 a IS-1-26)
2. Señales de Servicios Turísticos Generales (IS-2-1 a IS-2-27)
3. Señales de Servicios de Transporte (IS-3-1 a IS-3-14)
4. Señales de Turismo: Actividades Sol y Playa, y Ecoturismo (IS-4-1 a IS-4-14)
5. Señales de Actividades Deportivas (IS-5-1 a IS-5-11)
6. Señales de Turismo: Artesanías y Sitios de Interés Cultural e Histórico (IS-6-1 a IS-6-11)
7. Señales complementarias (IS-7-1 a IS-7-13)

Tabla XX. Señalización propuesta para libramiento municipio de Palencia

Señalización lado izquierdo			Señalización lado derecho		
EST.	Código	Descripción	EST.	Código	Descripción
29+870.00		Señal informativa de proyecto	28+420.00	ID-1-2	Arriba (Palencia Centro) abajo (Sansur)
29+860.00	ID-1-2	Arriba (Palencia Centro) abajo (Carr. Atlántico)	28+440.00	R-1-1	Alto
29+800.00	P-1-15	Carretera sinuosa	28+480.00		Señal informativa de proyecto
29+720.00	P-6-1	Pendiente peligrosa	28+520.00	P-1-1	Curva peligrosa derecha
29+620.00	R-2-6	Velocidad máxima 40Kph	28+580.00	P-6-1	Pendiente peligrosa
29+400.00	P-1-2	Curva pronunciada izquierda	28+700.00	R-2-6	Velocidad máxima 40Kph
29+280.00	P-6-1	Pendiente peligrosa	28+780.00	P-1-1	Curva peligrosa izquierda
29+240.00	R-2-6	Velocidad máxima 30Kph	29+000.00	II-4-2b	Monumento Km 29
29+160.00	R-1-1	Alto	29+070.00	R-2-6	Velocidad máxima 30Kph
29+140.00	ID-1-2	arriba (Palencia Centro) abajo (Los Cubes)	29+100.00	R-1-1	Alto
29+120.00	ID-1-2	Arriba (Sansur) abajo (Carr. Atlántico)	29+120.00	ID-1-2	Arriba (Palencia Centro) abajo (Los Cubes)
29+080.00	P-6-1	Pendiente peligrosa	29+240.00	P-1-2	Curva pronunciada derecha
29+060.00	R-2-6	Velocidad máxima 40Kph	29+280.00	R-2-6	Velocidad máxima 30Kph
29+000.00	II-4-2b	Monumento Km 29	29+360.00	R-2-6	Velocidad máxima 40Kph
28+970.00	P-1-1	Curva peligrosa derecha	29+360.00	P-6-1	Pendiente peligrosa
28+740.00	P-1-1	Curva peligrosa izquierda	29+400.00	P-1-5	Carretera sinuosa
28+440.00	ID-1-2	Arriba (Palencia Centro) abajo (Carr. Atlántico)	29+700.00	R-2-6	Velocidad máxima 30Kph
28+420.00	R1-1	Alto	29+750.00	R-1-1	Alto

7. Cantidades y renglones de trabajo

Para determinar el costo de la obra, es necesario establecer los renglones de trabajo, con las cantidades a ejecutar en los mismos, basados en las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

7.1 Descripción de los Renglones de Trabajo

Los renglones de trabajos corresponden a las diversas actividades realizadas durante la ejecución de todo proyecto de obra civil.

Lo correspondiente con las obras de infraestructura vial que son ejecutadas por medio de la Dirección General de Caminos, existen las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes, mejor conocido en el medio como “Libro Azul”, del cual existen dos ediciones, siendo la última edición la correspondiente al año 2001.

Estas especificaciones son el compendio que norma en forma general, las relaciones entre la Dirección General de Caminos y los contratistas, para todas sus obras, en dichas especificaciones se encuentra la descripción correspondiente a los renglones de trabajo, métodos constructivos, mensura, así como la forma de pago, de cada una de las actividades relacionadas en la ejecución y construcción de carreteras y puentes.

Las especificaciones para su ordenada comprensión e interpretación se encuentran estructuradas en divisiones, éstas se subdividen consecuentemente en secciones, que a su vez también se subdividen en renglones de trabajo correspondiente a cada actividad a realizar, dentro de los cuales se describen brevemente los renglones de mayor relevancia.

7.1.1 División 100

105.06 Planos finales de la obra construida: en toda obra que se construya por contrato, debe existir obligatoriamente el renglón 105.06, que cubra la elaboración y actualización por parte del contratista, de los planos finales de la obra construida. El trabajo cubierto por este renglón, debe estar terminado cuando se inicie la liquidación final de la obra su forma de medida y pago es la unidad.

7.1.2 División 200

202.02 Limpia, chapeo y destronque: son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.

Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar, o que tenga que ser removida de acuerdo con otras secciones de estas especificaciones generales.

La medida se debe hacer del número de hectáreas, con aproximación de cuatro decimales, que hayan sido satisfactoriamente limpiadas, chapeadas y destroncadas, de conformidad con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de hectáreas medidas como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a la limpia, chapeo y destronque.

203.04 (a) Excavación no clasificada: es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción de la carretera.

203.04 (b) Excavación no clasificada de desperdicio: es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra

203.04 (c) Excavación no clasificada para préstamo: cuando todo el material proveniente del corte sea insuficiente para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos, tendrá que recurrirse a obtener materiales provenientes de áreas ubicadas fuera de los límites de construcción o bancos de préstamo.

203.05 (b) Remoción de material inadecuado: en todas las áreas donde se vayan a construir terraplenes, se deben terminar previamente los trabajos correspondientes a limpia, chapeo y destronque, retiro de estructuras, servicios existentes, obstáculos y, si fuese requerido, sub-drenajes, drenajes y retiro de material inadecuado.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de excavación no clasificada, excavación no clasificada de material de desperdicio, excavación no clasificada para préstamo y sub-excavación medidos en su posición original, por medio de secciones transversales como se indica en 152.04, de las Especificaciones.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente al precio unitario de contrato correspondiente a los renglones de excavación no clasificada y sub-excavación consignados en los documentos de oferta.

Dichos precios incluyen el trabajo estipulado en 203.03 de esta sección, según el caso y de conformidad con lo indicado en 110.02, de las especificaciones.

205 Excavación estructural: son las operaciones de excavar y rellenar y demás trabajos necesarios para cimentar o colocar las estructuras a que se refiere esta Sección tales como:

- 205.05 (a) Excavación estructural de cimentación para cajas y cabezales para alcantarilla
- 205.06 Excavación estructural para alcantarillas
- 205.07 Excavación estructural para sub-drenaje

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de excavación estructural del renglón de que se trate, medido en su posición original, por medio de secciones transversales como se indica en 152.04, usando para el cálculo del volumen, el método de promedio de áreas extremas u otro como se estipula en 110.01.

El pago se hará como sigue: el 80% al estar terminada la excavación y el 20% restante, al estar debidamente terminado el relleno. Cuando se trate de excavación estructural para sub-drenajes o para gaviones, se pagará el 100% al estar debidamente terminada la excavación, de conformidad con estas especificaciones generales.

206) Relleno estructural: este trabajo consiste en la excavación, remoción y transporte del material apropiado; excavación del material inadecuado y su reemplazo; colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación del relleno; y la limpieza final que sea necesaria para la adecuada terminación del trabajo.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, del material de relleno para estructuras, en su posición final, satisfactoriamente suministrados, transportados, colocados, conformados, compactados y aceptados de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 206.08 (a), (b) ó (c), según el caso, al precio unitario de contrato correspondiente a relleno para estructuras (puentes), relleno para estructuras (bóvedas) o relleno para estructuras (alcantarilla), respectivamente, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02

207.06 (a) Acarreo libre: es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a una distancia menor o igual a 1,000 metros.

207.06 (b) Acarreo: es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a cualquier distancia que exceda de 1,000 metros.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos-kilómetro, con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente transportados, de conformidad con el trayecto más corto y accesible que determine el delegado residente. El volumen de material debe ser calculado con base en las medidas del mismo en su posición original, por el método de promedio de áreas extremas. La distancia de acarreo debe ser la comprendida entre el centro del volumen de material en su posición original y el centro del volumen del material ya colocado, menos la distancia de acarreo libre.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos-kilómetro de acarreo, medidos como se indica en 208.05, al precio unitario de contrato correspondiente a acarreo, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

7.1.3 División 300

301 Reacondicionamiento de sub rasante: es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos u ordenadas por el delegado residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar mediante estas operaciones, las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura del pavimento.

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de sub-rasante reacondicionada, debidamente construida y aceptada de acuerdo a estas especificaciones generales, disposiciones especiales y los planos correspondientes.

El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en 301.05, construidos y aceptados conforme a los planos, estas especificaciones generales y disposiciones especiales; al precio unitario de contrato, correspondiente a reacondicionamiento de sub-rasante. Este precio incluye el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 110.02.

303 Capa de sub-base: es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de sub-base, con aproximación de dos decimales, medidos y compactados, en su posición final y satisfactoriamente construídos de acuerdo con estas especificaciones generales.

El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, satisfactoriamente construídos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con capa de base y hombros, al precio unitario de contrato, correspondiente a capa de sub-base común, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

305.01 (b) Capa de base triturada: es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de capa de sub-base o base trituradas, medidos ya compactados en su posición final en la carretera y satisfactoriamente construídos de acuerdo con estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

El volumen de material efectivamente colocado se debe determinar por procedimientos analíticos y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el delegado residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 305.11 y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la sub-base triturada o imprimados en el caso de la base triturada, al precio unitario de contrato, correspondiente a capa de sub-base Triturada 305.01 (a) o capa de base triturada 305.01 (b).

En todo caso los precios citados incluyen el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. No se reconocerá ningún pago adicional, por el suministro, acarreo y sobreacarreo de todos los materiales, incluyendo el agua y el material de relleno que se necesite agregar a la sub-base o base trituradas, ni por todas las operaciones necesarias para producir el material de sub-base o base trituradas de conformidad con estas especificaciones generales.

7.1.4 División 400

401 Concreto asfáltico en caliente: es el sistema de construcción asfáltica, que consiste en la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla de proporciones estrictamente controladas de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto de alta resistencia y duración, con características de calidad uniformes, que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera, en una o en varias capas, de ser requerido, para proporcionar las características de resistencia y textura a las capas de soporte o de superficie, según se establezca en los planos y en las disposiciones especiales.

El concreto asfáltico en caliente puede ser medido de dos formas, concreto asfáltico por volumen y concreto asfáltico por peso. Concreto asfáltico, por volumen: cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, la medida se debe hacer por el número de metros cúbicos de concreto asfáltico, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final ya compactados, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas especificaciones.

El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal, el ancho debe ser el delimitado y dimensionado dentro de la sección típica de pavimentación y el espesor debe ser el promedio de los espesores reales colocados y compactados dentro de las tolerancias establecidas en 401.18.

Concreto asfáltico, por peso: salvo que en las disposiciones especiales se establezca de otra forma, la medida se debe hacer del número de toneladas métricas de 1,000 kilogramos, con aproximación de dos decimales de concreto asfáltico, satisfactoriamente construido, colocado dentro de los límites de la sección típica de pavimentación o conforme lo autorice el delegado residente y aceptado de acuerdo con estas especificaciones generales, disposiciones especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar, por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en 401.08 (a) (10), debiéndose efectuar cada medida del peso neto de la mezcla en presencia del Inspector que controla el peso por parte de la supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del Inspector de campo de la misma supervisora.

Cemento asfáltico: la medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6 °C, con aproximación de dos decimales, de cemento asfáltico ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas especificaciones generales, disposiciones especiales y planos correspondientes.

Concreto asfáltico por volumen: el pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica, satisfactoriamente construidos y aceptados como lo establecen los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato, correspondiente a concreto asfáltico.

Concreto asfáltico, por peso. Cuando las disposiciones especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas, medidas como se indica en 401.20 (b), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato correspondiente a concreto asfáltico.

Cemento asfáltico. el pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en 401.20 (c), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados como lo establecen los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales al precio unitario de contrato correspondiente a cemento asfáltico para concreto asfáltico.

407 Riego de imprimación: es la aplicación de un asfalto líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la sub-base o sobre la base y hombros de una carretera, para protegerla, impermeabilizarla, unir entre sí las partículas minerales existentes en la superficie y endurecer la misma, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6 °C, ordenados, con aproximación de dos decimales, del asfalto líquido para imprimación satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme a estas especificaciones generales y disposiciones especiales y planos correspondientes.

La medida del asfalto líquido se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego. No se debe efectuar ninguna medida del material secante requerido.

El pago se debe hacer por el número de galones, (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en 407.09, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme lo indicado en los planos, estas especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato, correspondiente a riego de imprimación. Dicho precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. No se reconoce ningún pago adicional por la obtención, suministro y acarreo de todos los materiales incluyendo el agua, material secante y mezcla asfáltica, ni por las correcciones de defectos imputables al contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el precio unitario de contrato, correspondiente a esta sección.

408 Riego de liga: es la aplicación de una emulsión asfáltica diluida por medio de riego a presión, sobre una superficie bituminosa existente, la cual debe ser cubierta con la capa de material asfáltico inmediato superior. Este riego tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies y prevenir deslizamientos.

La medida se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6 °C, con aproximación de dos decimales, de emulsión asfáltica sin diluir para riego de liga, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme a estas especificaciones generales, disposiciones especiales y planos correspondientes.

La medida de la emulsión asfáltica se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando ésta a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego.

El pago se debe hacer, por el número de galones, (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en 408.09, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme lo indicado en los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato, correspondiente a riego de liga. Dicho precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

7.1.5 División 500

501 Pavimento de Concreto: es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en 1) Pavimentos de concreto simple y 2) Pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero. Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos: a) Pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia, y b) Pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros.

El pavimento de concreto hidráulico tiene tres formas de medida, por superficie, por volumen y por peso.

El pavimento de concreto por superficie, la medida se debe hacer obteniendo el número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de pavimento de concreto, satisfactoriamente construidos y aceptados.

El pavimento de concreto por volumen, la medida se debe hacer obteniendo el número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de pavimento de concreto, satisfactoriamente construidos y aceptados.

El área se debe determinar por procedimientos analíticos, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las secciones típicas de pavimentación, y de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos.

Pavimento de concreto por volumen. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos, ya colocados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente construidos y aceptados. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos. El ancho es el indicado en las secciones típicas de pavimentación, el espesor es el indicado en los planos.

Pavimento de concreto de cemento hidráulico por peso. La medida se debe hacer por el número de toneladas de 1,000 Kg. (2,200 lb.), con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente construido y aceptado. El peso se debe determinar por medio de básculas debiéndose calcular la media del peso neto de la mezcla en presencia del inspector que controla el peso por parte de la supervisora, quién debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del inspector de campo de la misma supervisora.

7.1.6 División 600

603.1 Alcantarillas de metal corrugado anidable: son los conductos que se construyen por debajo de la sub-rasante de una carretera u otras obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales.

La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de alcantarillas de metal corrugado del renglón de que se trate, suministradas y colocadas satisfactoriamente de acuerdo con estas especificaciones generales.

Esta medida se debe hacer entre rostros exteriores de los extremos de la alcantarilla o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la alcantarilla.

El pago se debe hacer por el número de metros lineales, medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente al renglón de alcantarillas de metal corrugado de que se trate, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

607.01 Cajas y cabezales para alcantarilla: son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto clase 17.5 MPa (2500 psi), mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y protección de la carretera.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, de cajas y cabezales de concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) ó ciclópeo, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, construidos satisfactoriamente, de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a cajas y cabezales de concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) o ciclópeo, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

608.01 Cunetas revestidas: son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de cunetas revestidas de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido, o de mezclas asfálticas, construidas satisfactoriamente de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a cunetas revestidas de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido, o de mezclas asfálticas; así como vertederos y cortinas, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

7.1.7 División 700

701.01 Defensas para carreteras y puentes: son las estructuras de madera, concreto reforzado prefundido, concreto pre-esforzado o de metal, formadas por postes (miembros verticales) y rieles (miembros horizontales), colocados a los lados de la carretera y/o puentes para prevenir accidentes y disminuir la gravedad como consecuencia de los mismos.

La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de defensas para carreteras y puentes, suministrados o fabricados, instalados y pintados satisfactoriamente, de acuerdo con los planos, las disposiciones especiales y estas especificaciones generales. La medida se debe verificar a lo largo de la línea central de las defensas, de extremo a extremo de los rieles, incluyendo las secciones terminales.

El pago se debe hacer por el número de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a defensas para carreteras y puentes, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

704.01 Monumentos de kilometraje: son los postes de concreto reforzado prefundido, con el kilometraje, que se deben colocar a lo largo de la carretera y en un lado y que sirven para ubicar cualquier punto de la misma con relación a su origen.

La medida se debe hacer del número de monumentos de kilometraje, fabricados, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de monumentos medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a monumentos de kilometraje, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. Este pago también comprende el acero de refuerzo.

705.01 Delineadores: son los postes de concreto reforzado prefundido, que se deben colocar a lo largo de la carretera, en series, y en ambos lados, cuando son necesarios, para indicar el alineamiento de la vía.

La medida debe hacerse del número de delineadores, fabricados, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de delineadores, medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a delineadores, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. Este pago también comprende el acero de refuerzo.

706.01 Líneas y marcas de tráfico: son el conjunto de indicadores que se aplican en el pavimento para el control y ordenamiento del tráfico de la carretera.

La pintura debe ser reflectiva. Su composición y propiedades deben llenar los requisitos indicados en la especificación AASHTO M 248 para el Tipo F.

La pintura debe ser suministrada en envases resistentes originales, claramente marcados con el peso por litro, el volumen del contenido de pintura en litros, color y el uso propuesto. Deben también mostrar una declaración fiel de la composición del pigmento en porcentaje, de la proporción del pigmento al vehículo y el nombre del fabricante. Cualquier envío que no esté marcado en la forma indicada, no será aceptado para su uso, según estas especificaciones generales.

La pintura tiene que estar bien mezclada antes de su aplicación y tiene que ser aplicada cuando la temperatura ambiente sea superior a los 4 °C. La pintura debe ser rociada con un espesor de capa húmeda igual a 0.38 milímetros, antes de aplicar las esferas de vidrio (si éstas han de ser utilizadas), a una razón mínima de 2.6 metros cuadrados por litro. Las esferas de vidrio deben ser aplicadas a una razón de 0.7 kilogramos por litro de pintura.

Marcadores resaltados en el pavimento (ojos de gato). Los marcadores resaltados sobre el pavimento tienen que ser colocadas en las ubicaciones y a los intervalos indicados en los planos. La aplicación de los marcadores no se tiene que llevar a cabo hasta que la superficie del pavimento haya sido aprobada.

Los marcadores podrán ser adheridos al pavimento por medio de un material epóxico o de un material adhesivo para asfaltos. La superficie del pavimento tiene que estar seca y con una temperatura igual o mayor a 10 °C. En el caso de pavimentos rígidos, sólo se permitirá el uso de material epóxico.

Medida:

Marcas: la medida se debe hacer del número de kilómetros, con aproximación de tres decimales, de marcas de tráfico, del material, tamaño y razón de aplicación especificado en las disposiciones especiales, medidos a lo largo de la línea central de la carretera, aplicados y aceptados satisfactoriamente, de acuerdo con los planos, las disposiciones especiales y estas especificaciones generales.

Marcadores resaltados (Ojos de gato). La medida se debe hacer del número de marcadores resaltados, colocados y aceptados satisfactoriamente, de acuerdo con estas especificaciones generales.

Pago:

Marcas. el pago se debe hacer por el número de kilómetros de líneas de tráfico medidos como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a marcas de tráfico, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

Marcadores resaltados (Ojos de gato). El pago se debe hacer por el número de marcadores resaltados, medidos como se indicó anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a marcadores resaltados (Ojos de gato), cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

707.01 Señales de tráfico: es el conjunto de figuras, letreros y rótulos en postes y planchas, colocados a uno, en ambos lados o encima de la carretera, que sirven para el control y ordenamiento del tráfico.

707.04 Tableros para señales: los tableros para señales pueden ser fabricados de aluminio, acero o plástico según se especifique en los planos y tienen que tener láminas o pliegos de material reflectivo en su parte delantera. Cuando el tipo de material para la señal no se especifique en los planos, se tiene que usar tableros de aluminio.

La medida se debe hacer del número de señales de tráfico, fabricadas, e instaladas satisfactoriamente, de acuerdo con el reglamento de señales aprobado por la dirección general de caminos y estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por el número de señales de tráfico, medidas como se especifica anteriormente, al precio unitario de contrato, correspondiente a señales de tráfico, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

708 Dispositivos para el control temporal del tránsito: es el conjunto de dispositivos y de servicios temporales necesarios para que el tránsito circule dentro del proyecto y en los tramos abiertos a éste, durante el período de construcción del proyecto.

El contratista debe mantener los tramos de la obra habilitados al tránsito, en condiciones tales que el mismo pueda circular sin riesgos. Los dispositivos y los servicios de control de tránsito dentro y fuera de los límites de la obra, tienen que ser proporcionados y mantenidos según sea necesario, para facilitar la dirección del tránsito.

La medida se debe hacer por suma global por los dispositivos suministrados y los trabajos correspondientes al renglón de “Dispositivos para el control temporal del tránsito” efectuados satisfactoriamente de acuerdo con estas especificaciones generales.

El pago se debe hacer por la suma global como se especifica anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a “Dispositivos para el control temporal del tránsito”, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

7.2 Cantidades de renglones de trabajo

Las cantidades de trabajo fueron obtenidas realizando, los diferentes cálculos correspondientes en cada uno de los renglones, basados en la información de los planos finales, tablas de diseño y factores de rendimientos asociados a cada una de las actividades, los cuales son utilizados en la ejecución y planificación de proyectos de obras de infraestructura vial, los cuales son presentados en las tablas 21 y 22.

Tabla XXI. Cantidades de trabajo actividades de terracería y drenaje menor

CANTIDADES DE TRABAJO LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA			
Renglón	Descripción	U	Cantidad
110.11	Trabajos por administración	Global	1.52
TERRACERIAS			
202.02	Limpia chapeo y destronque.	Ha	2.13
203.04 (b)	Excavación no clasificada de material de desperdicio.	m3	48764.42
203.04 (c)	Excavación no clasificada para préstamo.	m3	15368.90
203.04 (d1)	Excavación en roca para material de desperdicio.	m3	5.25
203.05 (b)	Remoción de material inapropiado.	m3	8525.52
203.05 (f)	Excavación de contra cunetas.	m3	41.58
203.11	Remoción y prevención de derrumbes.	m3	661.50
204.02 (c)	Excavación de canales en la entrada y salida de alcantarillas.	m3	39.08
205.05 (a)	Excavación estructural para cimentaciones de cajas y cabezales para alcantarillas.	m3	66.26
205.06	Excavación estructural para alcantarillas.	m3	377.16
205.07	Excavación estructural para subdrenaje	m3	182.70
206.05 (c)	Relleno estructural.	m3	16040.56
207.06 (a)	Sobre acarreo.	m3-Hm	13788.00
207.06 (b)	Acarreo.	m3-Km	81010.00
DRENAJE MENOR			
603.07 (b) (36")	Alcantarilla de metal corrugado anidable de 36" de diámetro cal 16.	m	36
603.07 (b) (48")	Alcantarilla de metal corrugado anidable de 48" de diámetro cal 14.	m	24
604 (1)	Tela geotextil para sub-drenaje 150 g/m2.	m2	1705.2
604.03 (e)	Agregado fino para filtro de sub-drenaje.	m3	91.35
604.03 (f)	Agregado grueso para filtro de sub-drenaje.	m3	91.35
607.04	Cunetas revestidas de concreto simple (2,000 psi) fundido en sitio de 7 cm de espesor.	m2	1380.75

Tabla XXII. Cantidades de trabajo actividades de pavimento y señalización

CANTIDADES DE TRABAJO LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA			
Renglón	Descripción	U	Cantidad
PAVIMENTO			
302.00	Capa de sub-base 20 cm.	m3	3836.87
304.00	Capa de base y hombros con material triturado tipo B-2 de 20 cm de espesor, sin acarreo.	m3	3703.39
402.00	Riego de imprimación (RC - 250).	Gls.	4629.24
408.00	Riego de liga entre capa de base y rodadura.	Gls.	1817.58
407.00	Concreto asfáltico en caliente, sin acarreo.	Ton 2000#	3569.06
407.09	Material bituminoso para concreto asfáltico.	Gls.	53535.90
SEÑALIZACIÓN			
704.02	Monumentos de kilometraje, suministro y colocación.	U	2.00
701.05	Defensas metálicas (postes y rieles).	m	240
703.02	Cercas.	m	1520.514
708	Bordillos de 10 x 30 cm.	m2	75
709	Dispositivos para señalización nocturna, suministro y colocación.	U	460.00
706.08 (a) (1)	Pintura termoplástica para línea central.	Km.	1520.51
706.08 (b) (1)	Pintura termoplástica para línea no central.	Km.	3041.03
707.05 (a)	Señales de tráfico restrictivas de metal, suministro y colocación.	U	10.00
707.05 (b)	Señales de tráfico preventivas de metal, suministro y colocación.	U	16.00
707.05 (c)IP	Señales de tráfico indicadoras del proyecto, suministro y colocación.	U	2.00
707.05 (c)LS	Señales de tráfico informativas laterales simples de metal, suministro y colocación.	U	6.00

Los renglones 207.06 (b) (1) con nombre, acarreo de material triturado para base negra y concreto asfáltico, en camión, así mismo el renglón 207.06 (b) (2) con nombre, acarreo de concreto asfáltico, en camión, correspondientes a las actividades de pavimento, no fueron considerados para las cantidades de trabajo ya que dependerá de la empresa o entidad ejecutora de la obra, la estimación de dichas cantidades.

8. Estudio de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es un estudio de carácter obligatorio para todos los proyectos que sean realizados por entidades gubernamentales y no gubernamentales, del cual en la fase de diseño geométrico de cualquier proyecto no puede pasar por desapercibido, y para la propuesta de diseño geométrico, fueron considerados los factores bióticos, físicos y socio-culturales, en el área de influencia directa e indirecta del mismo.

8.1 Marco legal

Para realizar el estudio de impacto ambiental se debe cumplir con lo establecido en la Constitución Política de la República de Guatemala específicamente lo contenido en el Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

En el Decreto 68-86, Artículo 8; con en el Acuerdo Gubernativo 431-2007: Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental que en el artículo 12 establece los diferentes instrumentos de evaluación ambiental.

El artículo 11 del Acuerdo Gubernativo 431-2007: Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental indica que los estudios de impacto ambiental están enfocados para que se realicen en todo proyecto, obra, industria o actividad, para que generen los correspondientes compromisos ambientales que deben de adoptar los proponentes y que sirven de base para el control y seguimiento de los proyectos, con la Guía de Términos de Referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades.

El listado taxativo de proyectos establece que por la longitud del libramiento en estudio le corresponde la categoría de tabulación construcción, División 4520 para el Diseño y Construcción de obras viales y ferroviarias de la red nacional, categoría de Estudio de Impacto Ambiental B2 para obras con longitudes de hasta 5,000 metros y con impactos ambientales potenciales moderados.

8.2 Análisis de situación actual

Para el análisis de la situación actual en el municipio de Palencia, es necesario enfocarlo en tres áreas fundamentales el ambiente físico, ambiente biótico y el ambiente socioeconómico.

8.2.1 Ambiente físico

La cabecera está situada sobre la meseta de la sierra de Palencia, que se levanta en lo alto del macizo que divide las aguas de los ríos de Las Cañas y Palencia, situados al oeste y al este; serranía que comienza al sur de los cerros de La Campana y culmina al norte en el cerro del Potrerillo, a un lado del cual y en el mismo rumbo se unen ambas corrientes de agua.

La elevación montañosa que penetra por el sur del municipio en los montes de La Cerrita se dirige al noreste por la sierra de Palencia, determinando las dos vertientes de la comarca: la del noreste, que contiene las primeras estribaciones y barrancas en donde se forman las quebradas del Chorro y de La Melena, el río El Molino, la quebrada Joya Honda, las tres quebradas que contribuyen a formar el río Las Cañas y el de Palencia, así como el riachuelo El Jute, unidos al río de Palencia, forman el de Agua Caliente; y la del sureste, formada por una serie de declives separados por las barrancas casi paralelas por las que corren el río La Danta y sus tributarios, el Casas Viejas y el de Los Cimientos o Sansur.

Según información geológica, tanto en la cabecera como en sus cercanías se han encontrado coladas de lava, así como pómez cubierta por arenas y limos pumicíticos en capas delgadas que, hacia arriba, pasan gradualmente a diatomitas. Los lagos en los cuales se acumularon éstas, parecen haber sido formados por represamiento de los ríos debido a coladas riolíticas y avalanchas.

El clima es templado y sano, frío en las partes elevadas. Datos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología correspondientes a una antigua estación ubicada en la aldea de Azacualpilla dieron una temperatura media de 20.8° centígrados, promedio de máxima 26.6°, promedio de mínima 14.9°, absoluta máxima 32.5°, absoluta mínima 6.0°. La precipitación total es de 936.7 milímetros, con 84 días de lluvia y humedad relativa media de 77%.

8.2.2 Ambiente biótico

El municipio de Palencia se encuentra dentro de una zona de vida, correspondiente a bosque muy húmedo montano bajo subtropical el cual ocupa las áreas con topografía accidentada, sobre todo en las laderas. El uso apropiado de esta zona es la combinación de fitocultivos y bosques.

La vegetación natural indicadora esta constituida por ciprés, canac, pino blanco, curtidor, pino de las cumbres, otras especies que también se observan son el ilamo, aliso, palo lama, roble y encino.

La cobertura forestal original prácticamente ha desaparecido, motivado por el avance de la frontera agrícola, de tal manera que el 60% de las áreas cercanas a las comunidades dentro del municipio son dedicados a la agricultura limpia anual, 20% posee bosques de coníferas, principalmente de pino, 10% plantas latifoliadas y 10% con cultivos perennes.

8.2.3 Ambiente socioeconómico

El municipio cuenta con un pueblo, 14 aldeas y 62 caseríos. La cabecera Palencia, con categoría de pueblo, tiene entre sus barrios Agua Tibia y Rincón de La Piedra, así como los caseríos Chuajercoc, Jocotales, Lo de Silva, El Cangrejito, La Piedrona, Ojo de Agua, El Tabacal, Las Lajas y Pueblo Nuevo.

Las aldeas son: Azacualpilla, con los caseríos Chayal, La Calera, Trapiche Viejo; Buena Vista, con los caseríos Pie del Cerro, Tronco del Cedro; El Dulce Nombre (antes La Culebra), con los caseríos El Morrito, Los Cimientos. Nombre de Dios, El Fiscal. El Paraíso, con los caseríos El Manzanillo, El Sacabastal, Las Nubitas, San Isidro, El Rincón, La Cienaguilla y Las Pitás. El Triunfo, con los caseríos El Trapichito, Mango de Brea; La Concepción, con los caseríos Joya Galana. Tres Quebradas y Los Cubes, con los caseríos Bejucal, El Plantón, El Manzanote, Las Guayabitas, Los Astales y Los Mixcos, con los caseríos Joya Honda, Marillanos, Potrero Grande; Los Planes con el caserío Anonos, Los Tecomates, Plan Grande, con los caseríos El Chagüite, Piedra Partida, Vado Hondo, Vuelta Colorada, La Puente, Primera Joya, Vertientes, Sanguayabá, con el caserío Agua Tibia. El Canutillo, Petén, El Barrancón, Los Fabianes, Puerta del Pito, Sansur, con los caseríos Agua Caliente, El Terrero, Las Joyas, Los Tablones, Omoa, El Hatillo, Las Cofradías, Los Chorritos, Ojo de Agua y Yerbabuena.

La existencia de servicios de emergencia con que cuenta el área, esta constituida de manera especial por los que posee la población de Palencia, consistentes en estaciones de la Policía Nacional Civil, Centro de Salud y Bomberos Voluntarios, que en los casos de accidentes o hechos delictivos que se presentan, atienden toda el área.

La población de la cabecera municipal de Palencia y las aldeas cuentan con servicios de electricidad 110 y 220; el 87 % de los hogares cuentan con el servicio de energía eléctrica 110 voltios. El abastecimiento de la energía proviene sistema de interconexión nacional, con líneas de Transmisión de 69 Kva.

Así mismo la cabecera municipal de Palencia y principales aldeas cuentan con acueductos, administrados por la municipalidad y comités de agua. La operación y mantenimiento del agua es insuficiente, con altos niveles de fugas del vital líquido.

La red de alcantarillados sólo existe en la cabecera municipal de Palencia y centros poblados, la mayoría los desfogues se hacen directamente en cuencas, sin previo tratamiento, teniendo como resultado problemas de contaminación. En lo que respecta al área rural y hogares del área urbana que no cuentan con el servicio de alcantarillado hacen uso de pozos ciegos o letrinas.

La cabecera municipal de Palencia cuenta con servicios de teléfonos residenciales y móviles, servicios de internet y cable para televisión. Cuenta con servicios de transporte diario de pasajeros en diferentes horarios igual que las aldeas que la rodean. La cabecera y las aldeas cuentan con un sistema escolar nacional que cubre los ciclos de primaria y educación básica únicamente en la cabecera. En aspectos de salud, solamente existen Puestos de Salud en las aldeas, Agua Caliente y Sansur, Centro de Salud y clínicas privadas y farmacias surtidas en Palencia.

Las obras de infraestructura comunales se componen de manera especial de salones de usos múltiples existentes en la cabecera municipal de Palencia y en todas las aldeas. Adicionalmente, existe en la cabecera municipal de Palencia instalaciones deportivas comunitarias.

8.3 Matriz de mitigación

Según la matriz de identificación de impactos ambientales empleada para el diseño geométrico del libramiento, en ninguna de las fases de la obra se producen impactos adversos que no sean mitigables. Los impactos adversos mitigables se podrían presentar en el empleo de maquinaria y otras actividades constructivas que se realizan en la fase de ejecución de la obra, dejando a total criterio para que un profesional experto de la materia realice dicho estudio.

Tabla XXIII. Matriz de mitigación ambiental en diseño geométrico

DISEÑO GEOMÉTRICO	
IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Medio físico	
<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de cursos de agua producto de diseño que eliminan red de drenaje natural. • Alteración en la estabilidad de taludes producto de la elección de trazado por sectores montañosos o escavanados. • Aumento de la contaminación atmosférica producto de trazados cercanos habitados vulnerables. • Aumento del ruido de fondo 	<ul style="list-style-type: none"> • Elegir un trazado respetuoso del medio Ambiente, evitando producir, por ejemplo, los impactos señalados. • Preferir el trazado de caminos en superficie llana, y evitando el cruce de aguas superficiales. • Evitar producir efecto dique con la plataforma del camino, • Alejar el trazo del camino de receptores.
Medio biótico	
<ul style="list-style-type: none"> • Corta de flora innecesaria durante las campañas de topografía. • Deterioro de hábitat de especies protegidas por la elección del camino. • División en dos de la vegetación protegida o endémica del sector dada la elección del camino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los profesionales respecto del reconocimiento de especies de flora nativa, con el fin de evitar su corta, • Elegir trazados que evite corte en dos zonas con vegetación protegida o endémica. • Elegir trazados respetuosos del hábitat de especies de fauna protegida.
Medio socioeconómico	
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del riesgo de accidente producto del mejoramiento del camino. • Deterioro del patrimonio cultural producto de elección de trazado que pase por encima de él. • Disminución del valor paisajístico y estético de zonas producto de trazados que no se ajusta a la geomorfología del entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar aceras en sectores poblados para evitar el tráfico de peatones sobre la calzada. • Diseñar paraderos de buses protegidos del tráfico del camino. • Implementar proyectos de iluminación tanto para aumentar la seguridad como para poner en valor el paisajismo del camino. • Evitar trazar el eje del camino sobre elementos del patrimonio cultural. • Ajustar el trazado a la geomorfología del entorno. • Diseñar zonas de descanso y miradores que permitan resaltar el valor paisajístico del entorno. • Asegurar el acceso a servicios.

CONCLUSIONES

1. Con la propuesta de libramiento presentada en esta investigación, se ha brindado una solución problemática vial, al transitar a través del casco urbano del municipio de Palencia, para los usuarios que se dirigen hacia el nororiente del municipio en donde se concentra la mayor cantidad de aldeas y caseríos del municipio, así como las comunidades y aldeas vecinas pertenecientes a los departamentos de El Progreso y Jalapa.

2. Con este libramiento se incrementará las condiciones de seguridad del peatón, se reducirá el riesgo de accidentes, así como el deterioro acelerado de las calles; ya que el mismo está diseñado geoméricamente para que el transporte pesado transite por él.

3. Los camiones y maquinaria pesada que son utilizados en la construcción de las carreteras mencionadas, podrán desviarse, el libramiento evitará que ingresen directamente al casco urbano.

4. Según el estudio de tránsito, se llegó a la conclusión que la sección geométrica del pavimento a construir debe ser una sección tipo B, con un vehículo de diseño T3-S3 que corresponde a un tractocamión de 3 ejes con un semiremolque de triple eje o tándem.

5. El diseño geométrico horizontal y vertical cumple con normas y especificaciones de diseño, por lo cual se garantiza la movilización segura y eficiente por el mismo, siempre y cuando se cumpla con la velocidad de diseño en cada uno de los elementos que lo conforma.

6. Con la realización de este libramiento se está contribuyendo con el Plan de Desarrollo Vial 2008-2017, del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda y la Dirección General de Caminos, proporcionando una fácil y segura transición entre carreteras departamentales, beneficiando de esta manera la red vial del país e impulsando el desarrollo de las comunidades por medio de una red vial eficiente y en buenas condiciones.

7. Esta propuesta se puede tomar como un punto de partida para un ordenamiento vial adecuado, por parte de la municipalidad de Palencia, para las características urbanísticas y topográficas que predominan en el lugar.

RECOMENDACIONES

1. Se hace la observación que será necesario realizar otro libramiento para el centro urbano de Palencia, que brinde una transición entre el ingreso y egreso sobre la RD-GUA-06, para los vehículos que se dirigen entre la CA-9-NORTE a la CA-1-ORIENTE y viceversa, debido a el reordenamiento vial que viene efectuando desde hace ya varios años la municipalidad de Guatemala. Mientras no sea construido un periférico municipal, los vehículos del transporte pesado utilizarán cada vez más, esta vía para trasladar bienes y servicios, en los horarios que no puedan ingresar a la capital.
2. En los estacionamientos 29+100 a 29+160, se recomienda colocar la señalización indicada en los planos para permitir las condiciones de seguridad vial en la intersección de ambas carreteras, ya que es el único lugar viable topográficamente y vial para conectar ambas carreteras.
3. En los estacionamientos 29+160 a 29+220, se ve la necesidad de construir bermas en los taludes, debido al corte que se deberá realizar para dar paso al libramiento y evitar de esta manera derrumbes.

4. Si no se deseara utilizar la calle del campo, este libramiento puede ser modificado realizando un desvío del mismo, hacia la colonia Jardines de Palencia sobre la calle que se dirige hacia la laguna Monja Blanca, para salir por la parte baja de las instalaciones de la Asociación Ganadera de Palencia, pero el mismo sería incrementado en aproximadamente 2,600 metros su longitud, afectando grandemente la rapidez y funcionalidad del libramiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO. *Geometric Design Highways and Streets*, 4ta. Ed., 2001.
2. Acuerdo Gubernativo 1084-92. **Reglamento Para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones**. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas.
3. Acuerdo Gubernativo 134-2005. **Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades**. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Presidencia de la Republica de Guatemala.
4. Acuerdo Gubernativo 431-2007. **Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental**. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Presidencia de la Republica de Guatemala.
5. Acuerdo Gubernativo 499-97. **Reglamento de Tránsito**. Presidencia de la Republica de Guatemala.
6. Aguilar, Leonel. **Estudio de tránsito y diseño de pavimento, CA-1 Occidente en el tramo Mixco-San Lucas Sacatepequez**. 2006.
7. Decreto 132-81. **Ley de Tránsito**. Congreso de la Republica de Guatemala.
8. Dirección General de Caminos. **Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes**. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, 1975.
9. Dirección General de Caminos. **Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes**. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, 2001.
10. Dirección General de Caminos. **Reformulación y Actualización del Plan de Desarrollo Vial, Periodo 2008-2017**. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 2007.

11. Figueroa Miranda, Jorge Arturo. Estudio del Diseño del Pavimento para el Proyecto CA-2 Occidente, Tramo: Nahualate-Retalhuleu, Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997.
12. Kraemer, Carlos, **Ingeniería de Carreteras**, Volúmenes I y II. McGraw-Hill, 2003.
13. Ministerio de Transportes. **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras**, República de Colombia, 1998.
14. Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de Actividades para el Diseño Geométrico de Carreteras, Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989.
15. Secretaria de Comunicaciones y Tránsito. **Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras**, México 1991.
16. SIECA. Manual **Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito**. Agosto 2001.
17. SIECA. **Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales**, 2004.
18. Teos Morales, Edelberto. EIA, Proyecto: **REHABILITACIÓN, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO: ACCESO SANYUYO - PALENCIA** (Incluye el acceso al entronque con la CA guión nueve norte), 2006.
19. www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Hidrologico/int5-10a.jpg (enero 2010).
20. www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm (enero 2010).

APÉNDICES

A. ESTUDIO DE TRÁNSITO

ESTUDIO VOLUMETRO DE TRÁNSITO

RUTA DEPARTAMENTAL GUA-06, PALENCIA ENTRONQUE CA-09 NORTE

RUTA: DEPARTAMENTAL GUA-06
ESTACION: Única
CONTADORES: Nery Lastor, Ricardo Castro

FECHA: Viernes 20 de Noviembre del 2009
LOCALIZACION: Km. 27.5 Entrada a Palencia, RD-GUA-06

T.P.D 1,180
%V.P. 30.82%

HORA	Sentido: HACIA PALENCIA										Sentido: HACIA CA - 09 NORTE										VEH. PESADOS TOTAL	% V.P.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			VOLUMEN HORARIO	VEH. PESADOS TOTAL
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02:00 - 03:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03:00 - 04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04:00 - 05:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05:00 - 06:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06:00 - 07:00	8	7	12	1	0	0	0	2	3	33	13	2	1	0	0	0	0	0	1	13	57	16	28.07%	
07:00 - 08:00	16	15	4	1	0	1	0	0	4	41	15	6	0	0	0	0	0	0	0	9	70	15	21.43%	
08:00 - 09:00	19	15	5	1	0	0	0	2	4	46	10	5	0	0	0	0	0	0	0	11	34	16	47.06%	
09:00 - 10:00	19	10	11	3	0	0	0	1	1	3	7	3	1	2	0	0	0	0	1	3	33	9	27.27%	
10:00 - 11:00	13	9	9	2	1	0	0	0	1	3	11	5	2	0	0	0	0	0	1	3	44	10	22.73%	
11:00 - 12:00	14	13	13	5	0	0	0	0	4	49	13	5	0	0	0	1	0	0	0	5	34	11	32.35%	
12:00 - 13:00	18	13	3	1	0	2	0	0	1	3	18	23	6	6	0	0	0	0	0	1	3	57	15	26.32%
13:00 - 14:00	14	13	12	9	0	0	0	2	2	58	21	10	3	9	0	0	0	0	2	4	48	16	32.65%	
14:00 - 15:00	26	14	7	4	0	0	0	0	8	59	10	5	11	0	1	0	0	0	0	4	42	21	50.00%	
15:00 - 16:00	14	15	6	2	1	1	0	0	2	4	13	16	6	4	0	0	0	0	2	3	44	13	29.55%	
16:00 - 17:00	20	5	3	0	1	0	0	0	1	34	14	4	0	0	0	1	0	0	2	3	37	8	21.62%	
17:00 - 18:00	18	12	3	0	0	0	0	0	5	38	8	5	2	0	0	1	0	1	2	2	29	10	34.48%	
18:00 - 19:00	26	13	1	0	0	0	0	0	7	47	7	5	4	1	0	0	0	0	1	2	20	7	35.00%	
19:00 - 20:00	22	10	2	0	0	0	0	0	6	40	4	6	2	0	0	0	0	0	0	1	13	3	23.08%	
20:00 - 21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21:00 - 22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22:00 - 23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23:00 - 24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	247	164	91	29	3	4	-	3	12	64	220	161	61	37	2	3	1	-	12	66	563	170	30.20%	

10) Buses

7) Vehículo pesado, tres ejes (T3S3)

8) Vehículo pesado, cuatro o mas ejes (TSR)

9) Microbuses

4) Vehículo liviano, dos ejes (C-3)

5) Vehículo liviano, dos ejes (C-4)

6) Vehículo Pesado, tres ejes (T3S2)

1) Automóviles, paneles

2) Pick Ups

3) Vehículo liviano, dos ejes (C-2)

T.P.D. (Tránsito Promedio Diario)

%V.P. (Porcentaje de Vehículos Pesados): sumatoria de los tipos 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 10

ESTUDIO VOLUMETRO DE TRÁNSITO

RUTA DEPARTAMENTAL GUA-06, PALENCIA ENTRONQUE CA-09 NORTE

DEPARTAMENTAL GUA-06
Única
Nery Lastor, Ricardo Castro

FECHA: Sabado 21 de Noviembre del 2009
LOCALIZACIÓN: Km. 27.5 Entrada a Palencia, RD-GUA-06

T.P.D 1.528
%V.P. 20.73%

HORA	Sentido: HACIA PALENCIA										Sentido: HACIA CA - 09 NORTE										VEH. PESADOS TOTAL	% V.P.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02:00 - 03:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03:00 - 04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04:00 - 05:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05:00 - 06:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06:00 - 07:00	7	14	2	4	0	0	0	0	1	3	31	9	29.03%	36	13	11	3	0	0	0	12	75	26	34.67%	
07:00 - 08:00	13	17	11	2	0	0	0	0	1	4	48	17	35.42%	30	22	5	3	0	1	0	8	69	17	24.64%	
08:00 - 09:00	22	20	11	3	0	0	0	0	3	5	59	17	28.81%	26	19	5	5	0	0	0	5	60	15	25.00%	
09:00 - 10:00	25	15	9	0	0	1	0	0	1	2	53	12	22.64%	29	15	2	2	1	1	0	5	55	11	20.00%	
10:00 - 11:00	19	15	8	3	0	0	0	0	2	5	52	16	30.77%	30	24	7	2	0	0	0	4	67	13	19.40%	
11:00 - 12:00	27	15	8	1	0	0	0	0	1	3	55	12	21.82%	13	25	2	6	1	0	0	4	51	13	25.49%	
12:00 - 13:00	20	17	6	1	0	2	0	0	1	5	52	14	26.92%	13	11	3	0	0	0	1	3	31	6	19.35%	
13:00 - 14:00	30	22	8	0	0	0	0	0	3	5	68	13	19.12%	20	9	3	2	0	1	0	3	42	10	23.81%	
14:00 - 15:00	38	23	4	0	0	0	0	0	1	7	73	11	15.07%	27	16	2	0	0	0	1	3	49	5	10.20%	
15:00 - 16:00	40	14	2	0	0	1	0	0	1	8	66	11	16.67%	22	14	2	0	1	1	0	2	3	45	7	15.56%
16:00 - 17:00	39	15	6	0	0	0	0	0	0	6	66	12	18.18%	26	13	2	0	0	0	0	2	3	46	5	10.87%
17:00 - 18:00	43	15	3	0	0	1	0	0	2	6	70	10	14.29%	27	10	3	0	0	0	0	2	42	5	11.90%	
18:00 - 19:00	49	14	6	2	0	0	0	0	1	9	81	17	20.99%	20	9	1	0	0	0	0	2	32	3	9.38%	
19:00 - 20:00	41	17	2	0	0	0	0	0	8	68	10	14.71%	19	9	0	0	0	0	0	1	22	1	4.55%		
20:00 - 21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21:00 - 22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22:00 - 23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23:00 - 24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	413	233	86	16	5	5	5	15	74	842	181	21.50%	331	209	48	23	3	4	9	59	686	137	19.97%		

TIPO: 1) Automóviles, paneles
2) Pick Ups
3) Vehículo liviano, dos ejes (C-2)
4) Vehículo liviano, dos ejes (C-3)
5) Vehículo liviano, dos ejes (C-4)
6) Vehículo Pesado, tres ejes (T3S2)
7) Vehículo pesado, tres ejes (T3S3)
8) Vehículo pesado, cuatro o mas ejes (TSR)
9) Microbuses
10) Buses

T.P.D. (Tránsito Promedio Diario)
%V.P. (Porcentaje de Vehículos Pesados): sumatoria de los tipos 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 10

ESTUDIO VOLUMETRO DE TRÁNSITO

RUTA DEPARTAMENTAL GUA-06, PALENCIA ENTRONQUE CA-09 NORTE

RUTA: DEPARTAMENTAL GUA-06
 ESTACION: Única
 CONTADORES: Nery Lastor, Ricardo Castro

FECHA: Domingo 22 de Noviembre del 2009
 LOCALIZACION: Km. 27,5 Entrada a Palencia, RD-GUA-06

T.P.D 1,288
 %V.P. 10,23%

HORA	Sentido: HACIA PALENCIA										Sentido: HACIA CA-09 NORTE										VEH. PESADOS TOTAL	% V.P.							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			VOLUMEN HORARIO	VEH. PESADOS TOTAL	% V.P.				
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
02:00 - 03:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03:00 - 04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
04:00 - 05:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
05:00 - 06:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
06:00 - 07:00	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
07:00 - 08:00	30	20	4	0	0	1	0	0	3	5	63	10	15,87%	63	10	15,87%	63	10	15,87%	63	10	15,87%	63	10	15,87%	63	10	15,87%	
08:00 - 09:00	19	17	1	3	0	0	0	0	2	1	43	5	11,63%	43	5	11,63%	43	5	11,63%	43	5	11,63%	43	5	11,63%	43	5	11,63%	
09:00 - 10:00	33	15	1	1	0	0	0	0	0	1	3	54	5	9,26%	54	5	9,26%	54	5	9,26%	54	5	9,26%	54	5	9,26%	54	5	9,26%
10:00 - 11:00	32	17	1	1	0	1	0	0	1	2	55	5	9,09%	55	5	9,09%	55	5	9,09%	55	5	9,09%	55	5	9,09%	55	5	9,09%	
11:00 - 12:00	37	9	1	0	0	0	0	0	3	3	53	4	7,55%	53	4	7,55%	53	4	7,55%	53	4	7,55%	53	4	7,55%	53	4	7,55%	
12:00 - 13:00	31	12	1	0	0	0	0	0	2	2	48	3	6,25%	48	3	6,25%	48	3	6,25%	48	3	6,25%	48	3	6,25%	48	3	6,25%	
13:00 - 14:00	33	14	3	0	0	1	0	0	0	2	53	6	11,32%	53	6	11,32%	53	6	11,32%	53	6	11,32%	53	6	11,32%	53	6	11,32%	
14:00 - 15:00	40	18	1	0	0	0	0	0	1	5	65	6	9,23%	65	6	9,23%	65	6	9,23%	65	6	9,23%	65	6	9,23%	65	6	9,23%	
15:00 - 16:00	31	17	3	0	0	0	0	0	3	3	57	6	10,53%	57	6	10,53%	57	6	10,53%	57	6	10,53%	57	6	10,53%	57	6	10,53%	
16:00 - 17:00	20	15	0	1	0	0	0	0	2	5	43	6	13,95%	43	6	13,95%	43	6	13,95%	43	6	13,95%	43	6	13,95%	43	6	13,95%	
17:00 - 18:00	30	11	3	0	0	0	0	0	0	1	3	48	6	12,50%	48	6	12,50%	48	6	12,50%	48	6	12,50%	48	6	12,50%	48	6	12,50%
18:00 - 19:00	27	13	0	0	0	0	0	0	0	5	45	5	11,11%	45	5	11,11%	45	5	11,11%	45	5	11,11%	45	5	11,11%	45	5	11,11%	
19:00 - 20:00	19	10	0	0	0	0	0	0	0	1	2	32	2	6,25%	32	2	6,25%	32	2	6,25%	32	2	6,25%	32	2	6,25%	32	2	6,25%
20:00 - 21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21:00 - 22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22:00 - 23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23:00 - 24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	387	193	20	6	-	3	-	-	-	20	42	671	71	10,58%	342	153	19	3	-	2	-	-	16	32	567	56	9,88%		

TIPO: 1) Automoviles, paneles
 2) Pick Ups
 3) Vehículo liviano, dos ejes (C-2)
 4) Vehículo liviano, dos ejes (C-3)
 5) Vehículo liviano, dos ejes (C-4)
 6) Vehículo Pesado, tres ejes (T3S2)
 7) Vehículo pesado, tres ejes (T3S3)
 8) Vehículo pesado, cuatro o mas ejes (TSR)
 9) Microbuses
 10) Buses

T.P.D. (Tránsito Promedio Diario)
 %V.P. (Porcentaje de Vehículos Pesados): sumatoria de los tipos 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 10

ESTUDIO VOLUMETRO DE TRÁNSITO

RUTA DEPARTAMENTAL GUA-06, PALENCIA ENTRONQUE CA-09 NORTE

RUTA: DEPARTAMENTAL GUA-06
 ESTACION: Única
 CONTADORES: Nery Lastor, Ricardo Castro

FECHA: Lunes 23 de Noviembre del 2009
 LOCALIZACION: Km. 27,5 Entrada a Palencia, RD-GUA-06

T.P.D 1,352
 %V.P. 27,56%

HORA	Sentido: HACIA PALENCIA										Sentido: HACIA CA-09 NORTE										VEH PESADOS TOTAL	% V.P.						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			VOLUMEN HORARIO	% V.P.				
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02:00 - 03:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03:00 - 04:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04:00 - 05:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05:00 - 06:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06:00 - 07:00	13	8	8	1	0	0	1	0	1	2	34	13	38,24%	25	14	3	1	0	0	0	1	10	54	14	25,93%	14	25,93%	
07:00 - 08:00	23	17	8	3	0	0	0	0	0	3	54	14	25,93%	45	13	6	2	0	0	1	0	7	74	16	21,62%	74	21,62%	
08:00 - 09:00	25	14	3	0	0	1	0	0	0	1	44	5	11,36%	22	17	6	0	0	1	0	0	5	51	12	23,53%	51	23,53%	
09:00 - 10:00	18	13	9	1	0	0	1	0	2	3	47	16	34,04%	21	16	23	0	0	1	0	2	6	70	32	45,71%	70	45,71%	
10:00 - 11:00	17	18	10	1	0	0	0	1	4	51	16	31,37%	17	17	8	1	0	0	0	0	3	46	12	26,09%	46	26,09%		
11:00 - 12:00	24	11	7	2	0	2	0	0	2	48	13	27,08%	19	18	3	1	0	1	0	0	5	47	10	21,28%	47	21,28%		
12:00 - 13:00	25	8	4	0	0	0	0	1	4	6	48	15	31,25%	26	7	9	1	0	1	0	0	3	47	14	29,79%	47	29,79%	
13:00 - 14:00	16	15	10	0	0	1	0	0	2	4	48	17	35,42%	16	12	6	3	0	0	0	1	5	43	14	32,56%	43	32,56%	
14:00 - 15:00	36	15	6	0	1	0	0	0	0	8	66	14	21,21%	17	16	7	0	0	0	2	1	2	45	11	24,44%	45	24,44%	
15:00 - 16:00	17	13	12	0	0	0	0	0	0	5	47	17	36,17%	22	24	4	0	0	2	1	2	4	58	11	18,97%	58	18,97%	
16:00 - 17:00	19	9	4	0	0	1	0	0	0	2	6	41	13	31,71%	20	9	2	0	0	1	0	4	34	5	14,71%	34	14,71%	
17:00 - 18:00	23	8	8	0	0	0	0	0	0	6	51	20	39,22%	17	14	5	0	0	0	0	1	2	39	7	17,95%	39	17,95%	
18:00 - 19:00	25	4	5	2	0	0	0	0	1	8	45	16	35,56%	14	13	8	1	0	0	1	0	1	29	11	28,21%	29	28,21%	
19:00 - 20:00	20	6	0	0	0	0	0	0	1	5	32	6	18,75%	11	15	2	0	0	0	0	1	1	29	3	10,34%	29	10,34%	
20:00 - 21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21:00 - 22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22:00 - 23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23:00 - 24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	301	159	94	10	1	5	2	1	20	63	656	195	29,73%	292	205	92	10	2	5	2	5	7	56	676	172	25,44%	676	25,44%

TIPO: 1) Automoviles, paneles
 2) Pick Ups
 3) Vehiculo liviano, dos ejes (C-2)
 4) Vehiculo liviano, dos ejes (C-3)
 5) Vehiculo liviano, dos ejes (C-4)
 6) Vehiculo Pesado, tres ejes (T3S2)
 7) Vehiculo pesado, tres ejes (T3S3)
 8) Vehiculo pesado, cuatro o mas ejes (TSR)
 9) Microbuses
 10) Buses

T.P.D. (Tránsito Promedio Diario)
 %V.P. (Porcentaje de Vehículos Pesados): sumatoria de los tipos 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 10

ESTUDIO VOLUMETRO DE TRÁNSITO

RUTA DEPARTAMENTAL GUA-06, PALENCIA ENTRONQUE CA-09 NORTE

RUTA: DEPARTAMENTAL GUA-06
 ESTACION: Unica
 CONTADORES: Nery Lastor, Ricardo Castro

FECHA: Viernes 20 al Lunes 23 de Noviembre del 2009
 LOCALIZACION: Km. 27.5 Entrada a Palencia, RD-GUA-06

T.P.S. 1,320
 %V.P. 23,98%

DIA	Sentido: HACIA PALENCIA										Sentido: HACIA CA - 09 NORTE															
	TIPO DE VEHICULO										TIPO DE VEHICULO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS					
											TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.				
VIERNES 20	247	164	91	29	3	4	0	3	12	64	617	206	33,39%	220	161	61	37	2	3	1	0	12	66	563	182	32,33%
SABADO 21	413	233	86	16	0	5	0	0	15	74	842	196	23,28%	331	209	48	23	3	4	0	0	9	59	686	146	21,28%
DOMINGO 22	387	193	20	6	0	3	0	0	20	42	671	91	13,56%	342	153	19	3	0	2	0	0	16	32	567	72	12,70%
LUNES 23	301	159	94	10	1	5	2	1	20	63	656	196	29,88%	282	205	92	10	2	5	2	5	7	56	676	179	26,48%
T.P.S. 14 hrs	337	187	73	15	1	4	1	1	17	61	687	172	24,73%	286	182	55	18	2	4	1	1	11	53	623	145	23,23%
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL																										
Sentido: AMBOS SENTIDOS																										
TIPO DE VEHICULO																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS		VEH PESADOS			
											TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.	TOTAL	% V.P.				
T.P.S. 14 hrs	633	369	128	34	3	8	1	2	28	114	1,320	317	24,02%	956	540	159	42	3	10	2	3	35	142	1,881	1,881	
Factor 6 a 18	0,6826	0,6832	0,8050	0,8050	0,8050	0,8050	0,8050	0,8050	0,7941	0,8030				5,0%	6,0%	3,5%	3,0%	4,0%	3,5%	2,0%	3,5%	3,0%				
T.P.D.S.	956	540	159	42	3	10	2	3	35	142	1,881	395	20,88%	2015	1,281	767	195	51	4	12	2	3	44	170	2,528	
T.P.D.A.	956	540	159	42	3	10	2	3	35	142	1,881	395	20,88%	2028	1,635	1,026	232	61	5	15	2	3	52	197	3,226	
PROYECCIONES TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL																										
TIPO:	1) Automoviles, paneles 2) Pick Ups 3) Vehiculo liviano, dos ejes (C-2) 4) Vehiculo liviano, dos ejes (C-3) 5) Vehiculo liviano, dos ejes (C-4) 6) Vehiculo Pesado, tres ejes (T3S2) 7) Vehiculo pesado, tres ejes (T3S3) 8) Vehiculo pesado, cuatro o mas ejes (TSR) 9) Microbuses 10) Buses																									
T.P.S. (Tránsito Promedio Semanal)	T.P.D.A. (Tránsito Promedio Diario Anual)																									
%V.P. (Porcentaje de Vehiculos Pesados)	sumatoria de los tipos 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 10																									

B. REPORTE DE RASANTE

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralte		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					IZQUIERDO DIST.	COTA	L.C. COTA	DERECHO COTA DIST.
▲ 28+428.622			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1343.00		1343.00	6.00	1342.82	1343.00	6.00
28+440.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1343.28		1343.28	6.00	1343.10	1343.28	6.00
28+460.00			0.00	0.00	-3.00	-2.48		1343.78		1343.78	6.00	1343.60	1343.78	6.00
28+470.00			0.00	0.00	-3.00	-0.48		1344.03		1344.03	6.00	1343.85	1344.03	6.00
28+472.41	TS		0.00	0.00	-3.00	0.00		1344.09		1344.09	6.00	1343.91	1344.09	6.00
28+480.00			0.02	0.33	-3.00	1.75		1344.27		1344.27	6.17	1344.09	1344.27	6.17
28+488.41	SC		0.04	0.70	-3.68	3.68		1344.48		1344.48	6.35	1344.25	1344.48	6.35
28+490.00	G=4°	50 KPH	0.04	0.70	-3.68	3.68		1344.52		1344.52	6.35	1344.29	1344.52	6.35
28+500.00	IZQ.		0.04	0.70	-3.68	3.68		1344.77		1344.77	6.35	1344.54	1344.77	6.35
28+500.58	CS		0.04	0.70	-3.68	3.68		1344.79		1344.79	6.35	1344.56	1344.79	6.35
28+510.00			0.01	0.29	-3.00	1.51		1345.02		1345.02	6.14	1344.84	1345.02	6.14
28+516.58	ST		0.00	0.00	-3.00	0.00		1345.18		1345.18	6.00	1345.00	1345.18	6.00
28+520.00			0.00	0.00	-3.00	-0.68	2.481007 %	1345.27		1345.27	6.00	1345.09	1345.27	6.00
28+530.00			0.00	0.00	-3.00	-2.68		1345.52	0.00	1345.52	6.00	1345.34	1345.52	6.00
28+540.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1345.76	-0.04	1345.72	6.00	1345.54	1345.72	6.00
28+550.00			0.00	0.00	-2.44	-3.00		1346.01	-0.16	1345.85	6.00	1345.70	1345.85	6.00
28+560.00			0.00	0.00	-0.94	-3.00		1346.26	-0.36	1345.90	6.00	1345.84	1345.90	6.00
28+566.29	TS		0.00	0.00	0.00	-3.00		1346.42	-0.52	1345.90	6.00	1345.90	1345.72	6.00
28+570.00			0.11	0.34	0.98	-3.00		1346.51	-0.64	1345.87	6.17	1345.93	1345.87	6.17
28+580.00			0.41	1.25	3.63	-3.63		1346.76	-0.99	1345.77	6.62	1346.01	1345.77	6.62
28+590.00			0.70	2.16	6.28	-6.28		1347.00	-1.43	1345.57	7.08	1346.01	1345.57	7.08
28+600.00			1.00	3.07	8.93	-8.93		1347.25	-1.95	1345.30	7.54	1345.97	1345.30	7.54
28+601.29	SC		1.04	3.19	9.27	-9.27		1347.28	-2.02	1345.26	7.60	1345.96	1345.26	7.60
▲ 28+610.000			1.04	3.19	9.27	-9.27	1.60-0.00	1347.50	-2.54	1344.96	7.60	1345.66	1344.96	7.60
28+620.00			1.04	3.19	9.27	-9.27		1346.48	-1.95	1344.53	7.60	1345.23	1344.53	7.60
28+630.00		40 KPH	1.04	3.19	9.27	-9.27		1345.45	-1.43	1344.02	7.60	1344.72	1344.02	7.60
28+640.00			1.04	3.19	9.27	-9.27		1344.43	-0.99	1343.44	7.60	1344.14	1343.44	7.60
28+650.00			1.04	3.19	9.27	-9.27		1343.40	-0.64	1342.76	7.60	1343.46	1342.76	7.60
28+653.55	CS		1.04	3.19	9.27	-9.27		1343.04	-0.53	1342.51	7.60	1343.21	1342.51	7.60
28+660.00			0.85	2.60	7.56	-7.56		1342.38	-0.36	1342.02	7.30	1342.57	1342.02	7.30
28+670.00			0.55	1.69	4.91	-4.91		1341.36	-0.16	1341.20	6.85	1341.54	1341.20	6.85

Curva 1	
Valores de Curva	
e %	3.68
LS	16.00
SA	0.70
CORR.M.	0.04
DB	15.00

Curva 2	
Valores de Curva	
e %	9.27
LS	35.00
SA	3.19
CORR.M.	1.04
DB	20.00

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralte		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		L.C. COTA	LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					DIST.	COTA		COTA	DIST.
28+680.00			0.25	0.78	2.26	-3.00		1340.33	-0.04	1340.29	6.39	1340.43	1340.29	1340.10	6.39
28+688.55	ST		0.00	0.00	0.00	-3.00		1339.46	0.00	1339.46	6.00	1339.46	1339.46	1339.28	6.00
28+690.00			0.00	0.00	-0.22	-3.00		1339.31	0.00	1339.31	6.00	1339.30	1339.31	1339.13	6.00
28+700.00			0.00	0.00	-1.72	-3.00		1338.29		1338.29	6.00	1338.19	1338.29	1338.11	6.00
28+720.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1336.24		1336.24	6.00	1336.06	1336.24	1336.06	6.00
28+740.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1334.19	0.20	1334.39	6.00	1334.21	1334.39	1334.21	6.00
28+760.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1332.14	0.82	1332.96	6.00	1332.78	1332.96	1332.78	6.00
28+780.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1330.10	1.84	1331.94	6.00	1331.76	1331.94	1331.76	6.00
28+800.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1328.05	3.27	1331.32	6.00	1331.14	1331.32	1331.14	6.00
28+810.00			0.00	0.00	-3.00	-2.42		1327.02	4.14	1331.16	6.00	1330.98	1331.16	1331.01	6.00
▲ 28+820.000			0.00	0.00	-3.00	-1.22		1326.00	5.11	1331.11	6.00	1330.93	1331.11	1331.04	6.00
28+830.00			0.00	0.00	-3.00	-0.02		1327.02	4.14	1331.16	6.00	1330.98	1331.16	1331.16	6.00
28+830.19	TS		0.00	0.00	-3.00	0.00		1327.04	4.12	1331.16	6.00	1330.98	1331.16	1331.16	6.00
28+840.00			0.15	0.43	-3.00	2.13		1328.04	3.27	1331.31	6.22	1331.12	1331.31	1331.44	6.22
28+850.00		50 KPH	0.30	0.87	-4.29	4.29		1329.06	2.50	1331.56	6.44	1331.28	1331.56	1331.84	6.44
28+860.00		G=10° IZQ	0.45	1.31	-6.46	6.46		1330.08	1.84	1331.92	6.66	1331.49	1331.92	1332.35	6.66
28+870.00			0.60	1.75	-8.63	8.63		1331.10	1.28	1332.38	6.88	1331.79	1332.38	1332.97	6.88
28+870.19	SC		0.60	1.76	-8.67	8.67		1331.12	1.27	1332.39	6.88	1331.79	1332.39	1332.99	6.88
28+880.00			0.60	1.76	-8.67	8.67		1332.12	0.82	1332.94	6.88	1332.34	1332.94	1333.54	6.88
28+886.16	CS		0.60	1.76	-8.67	8.67		1332.75	0.59	1333.34	6.88	1332.74	1333.34	1333.94	6.88
28+890.00			0.54	1.59	-7.84	7.84		1333.14	0.46	1333.60	6.80	1333.07	1333.60	1334.13	6.80
28+900.00			0.39	1.15	-5.67	5.67		1334.16	0.20	1334.36	6.58	1333.99	1334.36	1334.73	6.58
28+910.00			0.24	0.71	-3.50	3.50		1335.18	0.05	1335.23	6.36	1335.01	1335.23	1335.45	6.36
28+920.00			0.09	0.27	-3.00	1.33		1336.20		1336.20	6.14	1336.02	1336.20	1336.28	6.14
28+926.16	ST		0.00	0.00	-3.00	0.00		1336.83		1336.83	6.00	1336.65	1336.83	1336.83	6.00
28+930.00			0.00	0.00	-3.00	-0.46		1337.22		1337.22	6.00	1337.04	1337.22	1337.19	6.00
28+940.00			0.00	0.00	-3.00	-1.66		1338.24		1338.24	6.00	1338.06	1338.24	1338.14	6.00
28+950.00			0.00	0.00	-3.00	-2.86		1339.26		1339.26	6.00	1339.08	1339.26	1339.09	6.00
28+960.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1340.29		1340.29	6.00	1340.11	1340.29	1340.11	6.00
28+980.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1342.33		1342.33	6.00	1342.15	1342.33	1342.15	6.00

Curva 3	
Valores de Curva	
e %	8.67
LS	40.00
SA	1.76
CORR.M.	0.60
DB	25.00

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralte		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		L.C. COTA	LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					DIST.	COTA		COTA	DIST.
28+990.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1343.35		1343.35	6.00	1343.17	1343.35	1343.17	6.00
29+000.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1344.37		1344.37	6.00	1344.19	1344.37	1344.19	6.00
29+020.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1346.41		1346.41	6.00	1346.23	1346.41	1346.23	6.00
29+030.00			0.00	0.00	-2.59	-3.00		1347.43		1347.43	6.00	1347.27	1347.43	1347.25	6.00
29+040.00			0.00	0.00	-0.59	-3.00		1348.45		1348.45	6.00	1348.41	1348.45	1348.27	6.00
29+042.93			0.00	0.00	0.00	-3.00		1348.75		1348.75	6.00	1348.75	1348.75	1348.57	6.00
29+050.00			0.01	0.41	1.41	-3.00		1349.47		1349.47	6.21	1349.56	1349.47	1349.28	6.21
29+057.93			0.03	0.88	3.00	-3.00		1350.28		1350.28	6.44	1350.47	1350.28	1350.09	6.44
29+060.00			0.03	0.88	3.00	-3.00		1350.49		1350.49	6.44	1350.68	1350.49	1350.30	6.44
29+067.79			0.03	0.88	3.00	-3.00		1351.28		1351.28	6.44	1351.47	1351.28	1351.09	6.44
29+070.00			0.03	0.75	2.56	-3.00		1351.51		1351.51	6.38	1351.67	1351.51	1351.32	6.38
29+080.00			0.01	0.16	0.56	-3.00		1352.53	-0.02	1352.51	6.08	1352.54	1352.51	1352.33	6.08
29+082.79			0.00	0.00	0.00	-3.00		1352.81	-0.05	1352.76	6.00	1352.76	1352.76	1352.58	6.00
▲ 29+090.000			0.00	0.00	-1.44	-3.00		1353.55	-0.18	1353.37	6.00	1353.28	1353.37	1353.19	6.00
29+100.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1354.09	-0.02	1354.07	6.00	1353.89	1354.07	1353.89	6.00
29+110.00			0.00	0.00	-3.00	-2.28		1354.63		1354.63	6.00	1354.45	1354.63	1354.49	6.00
29+120.00			0.00	0.00	-3.00	-1.08		1355.18	0.05	1355.23	6.00	1355.05	1355.23	1355.16	6.00
29+129.04			0.00	0.00	-3.00	0.00		1355.66	0.20	1355.86	6.00	1355.68	1355.86	1355.86	6.00
29+130.00			0.02	0.05	-3.00	0.21		1355.72	0.22	1355.94	6.02	1355.76	1355.94	1355.95	6.02
29+140.00			0.25	0.56	-3.00	2.38		1356.26	0.49	1356.75	6.28	1356.56	1356.75	1356.90	6.28
▲ 29+150.000			0.47	1.07	-4.56	4.56		1356.80	0.87	1357.67	6.53	1357.37	1357.67	1357.97	6.53
29+160.00			0.69	1.58	-6.73	6.73		1358.21	0.49	1358.70	6.79	1358.24	1358.70	1359.16	6.79
29+170.00			0.92	2.08	-8.90	8.90		1359.61	0.22	1359.83	7.04	1359.20	1359.83	1360.46	7.04
29+174.04			1.01	2.29	-9.78	9.78		1360.18	0.14	1360.32	7.15	1359.62	1360.32	1361.02	7.15
29+180.00			1.01	2.29	-9.78	9.78		1361.02	0.05	1361.07	7.15	1360.37	1361.07	1361.77	7.15
29+183.97			1.01	2.29	-9.78	9.78		1361.58	0.02	1361.60	7.15	1360.90	1361.60	1362.30	7.15
29+190.00			0.87	1.98	-8.47	8.47		1362.43		1362.43	6.99	1361.84	1362.43	1363.02	6.99
29+200.00			0.65	1.47	-6.30	6.30		1363.84		1363.84	6.74	1363.42	1363.84	1364.26	6.74
29+210.00			0.43	0.97	-4.12	4.12		1365.24	0.00	1365.24	6.48	1364.97	1365.24	1365.51	6.48

Curva 4	
Valores de Curva	
e %	3.00
LS	15.00
SA	0.88
CORR.M.	0.03
DB	15.00

Curva 5	
Valores de Curva	
e %	9.78
LS	45.00
SA	2.29
CORR.M.	1.01
DB	25.00

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralite		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		L.C. COTA	LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					IZQUIERDO DIST.	COTA		DERECHO COTA	DIST.
29+220.00			0.20	0.46	-3.00	1.95		1366.65	-0.08	1366.57	6.23	1366.38	1366.57	1366.69	6.23
29+228.97	ST		0.00	0.00	-3.00	0.00		1367.91	-0.29	1367.62	6.00	1367.44	1367.62	1367.62	6.00
29+230.00			0.00	0.00	-3.00	-0.12		1368.06	-0.32	1367.74	6.00	1367.56	1367.74	1367.73	6.00
29+240.00			0.00	0.00	-3.00	-1.32		1369.46	-0.72	1368.74	6.00	1368.56	1368.74	1368.66	6.00
29+250.00			0.00	0.00	-2.36	-2.52		1370.87	-1.28	1369.59	6.00	1369.45	1369.59	1369.44	6.00
29+260.00			0.00	0.00	-0.86	-3.00		1372.28	-2.00	1370.28	6.00	1370.23	1370.28	1370.10	6.00
29+265.71	TS		0.00	0.00	0.00	-3.00		1373.08	-2.48	1370.60	6.00	1370.60	1370.60	1370.42	6.00
29+270.00			0.17	0.46	1.07	-3.00		1373.69	-2.88	1370.81	6.23	1370.88	1370.81	1370.62	6.23
29+280.00		40 KPH	0.58	1.54	3.57	-3.57		1375.09	-3.92	1371.17	6.77	1371.41	1371.17	1370.93	6.77
▲ 29+290.000			0.98	2.61	6.07	-6.07		1376.50	-5.12	1371.38	7.31	1371.82	1371.38	1370.94	7.31
29+300.00			1.38	3.69	8.57	-8.57		1375.35	-3.92	1371.43	7.84	1372.10	1371.43	1370.76	7.84
29+305.71	SC		1.61	4.30	10.00	-10.00		1374.69	-3.31	1371.38	8.15	1372.20	1371.38	1370.57	8.15
29+310.00			1.61	4.30	10.00	-10.00		1374.19	-2.88	1371.31	8.15	1372.13	1371.31	1370.50	8.15
29+315.85	CS		1.61	4.30	10.00	-10.00		1373.52	-2.35	1371.17	8.15	1371.99	1371.17	1370.36	8.15
29+320.00			1.44	3.85	8.96	-8.96		1373.04	-2.00	1371.04	7.93	1371.75	1371.04	1370.33	7.93
29+330.00			1.04	2.78	6.46	-6.46		1371.88	-1.28	1370.60	7.39	1371.08	1370.60	1370.12	7.39
29+340.00			0.64	1.70	3.96	-3.96		1370.73	-0.72	1370.01	6.85	1370.28	1370.01	1369.74	6.85
29+350.00			0.24	0.63	1.46	-3.00		1369.58	-0.32	1369.26	6.31	1369.35	1369.26	1369.07	6.31
29+355.85	ST		0.00	0.00	1.54	-3.00		1368.90	-0.16	1368.74	6.00	1368.83	1368.74	1368.56	6.00
29+360.00			0.02	0.29	1.60	-3.00		1368.42	-0.08	1368.34	6.15	1368.44	1368.34	1368.16	6.15
29+363.31	PC		0.03	0.44	2.39	-3.00		1368.04	-0.04	1368.00	6.22	1368.15	1368.00	1367.81	6.22
29+370.00		50 KPH	0.04	0.73	3.98	-3.98		1367.27		1367.27	6.37	1367.52	1367.27	1367.02	6.37
29+380.00			0.05	0.88	4.77	-4.77		1366.12		1366.12	6.44	1366.43	1366.12	1365.81	6.44
29+390.00			0.04	0.65	3.54	-3.54		1364.96		1364.96	6.33	1365.18	1364.96	1364.74	6.33
29+394.84	PT		0.03	0.44	2.39	-3.00		1364.40		1364.40	6.22	1364.55	1364.40	1364.21	6.22
29+400.00			0.01	0.21	1.15	-3.00		1363.81		1363.81	6.11	1363.88	1363.81	1363.63	6.11
29+410.00			0.00	0.00	-1.03	-3.00		1362.65		1362.65	6.00	1362.59	1362.65	1362.47	6.00
29+420.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1361.50		1361.50	6.00	1361.32	1361.50	1361.32	6.00
29+430.00			0.00	0.00	-3.00	-2.89		1360.35		1360.35	6.00	1360.17	1360.35	1360.18	6.00
29+440.00			0.00	0.00	-3.00	-1.39		1359.19		1359.19	6.00	1359.01	1359.19	1359.11	6.00

Curva 6	
Valores de Curva	
e %	10.00
LS	40.00
SA	4.30
CORR.M.	1.61
DB	20.00

Curva 7	
Valores de Curva	
e %	4.77
LS	20.00
SA	0.88
CORR.M.	0.05
DB	15.00

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralite		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					IZQUIERDO DIST.	COTA	L.C. COTA	DERECHO COTA DIST.
29+449.28	TS		0.00	0.00	-3.00	0.00		1358.12		1358.12	6.00	1357.94	1358.12	6.00
29+450.00			0.01	0.03	-3.00	0.16		1358.04		1358.04	6.02	1357.86	1358.04	6.02
29+460.00		50 KPH	0.18	0.52	-3.00	2.45		1356.88		1356.88	6.26	1356.69	1356.88	6.26
29+470.00			0.34	1.00	-4.74	4.74		1355.73	0.02	1355.75	6.50	1355.44	1355.75	6.50
29+480.00			0.51	1.49	-7.03	7.03		1354.58	0.09	1354.67	6.74	1354.20	1354.67	6.74
29+489.28	SC		0.66	1.94	-9.15	9.15		1353.51	0.19	1353.70	6.97	1353.06	1353.70	6.97
29+490.00			0.66	1.94	-9.15	9.15	-11.538462 %	1353.42	0.20	1353.62	6.97	1352.98	1353.62	6.97
29+500.00			0.66	1.94	-9.15	9.15		1352.27	0.36	1352.63	6.97	1351.99	1352.63	6.97
29+502.55			0.66	1.94	-9.15	9.15		1351.98	0.40	1352.38	6.97	1351.74	1352.38	6.97
29+510.00	CS		0.54	1.58	-7.45	7.45		1351.12	0.56	1351.68	6.79	1351.17	1351.68	6.79
29+520.00			0.37	1.09	-5.16	5.16		1349.96	0.80	1350.76	6.55	1350.42	1350.76	6.55
29+530.00			0.21	0.61	-3.00	2.87		1348.81	1.09	1349.90	6.30	1349.71	1349.90	6.30
29+540.00			0.04	0.12	-2.11	0.58		1347.65	1.42	1349.07	6.06	1348.94	1349.07	6.06
29+542.55	ST		0.00	0.00	-1.42	0.00		1347.36	1.51	1348.87	6.00	1348.78	1348.87	6.00
▲ 29+550.000			0.00	0.00	-0.61	-1.12	180.00	1346.50	1.80	1348.30	6.00	1348.26	1348.30	6.00
29+554.05	TS		0.00	0.00	0.00	-3.00		1346.82	1.64	1348.46	6.00	1348.46	1348.46	6.00
29+560.00			0.09	0.63	1.99	-3.00		1347.30	1.42	1348.72	6.32	1348.85	1348.72	6.32
29+570.00			0.23	1.69	5.34	-5.34		1348.10	1.09	1349.19	6.85	1349.56	1349.19	6.85
29+579.05	SC		0.36	2.65	8.37	-8.37		1348.82	0.83	1349.65	7.33	1350.26	1349.65	7.33
29+580.00	G=15°	40 KPH	0.36	2.65	8.37	-8.37		1348.90	0.80	1349.70	7.33	1350.31	1349.70	7.33
29+590.00	DER.		0.36	2.65	8.37	-8.37	8.000000 %	1349.70	0.56	1350.26	7.33	1350.87	1350.26	7.33
29+595.40	CS		0.36	2.65	8.37	-8.37		1350.13	0.44	1350.57	7.33	1351.18	1350.57	7.33
29+600.00			0.29	2.16	6.83	-6.83		1350.50	0.36	1350.86	7.08	1351.34	1350.86	7.08
29+610.00			0.15	1.10	3.48	-3.48		1351.30	0.20	1351.50	6.55	1351.73	1351.50	6.55
29+620.00			0.01	0.04	0.13	-3.00		1352.10	0.09	1352.19	6.02	1352.20	1352.19	6.02
29+620.40	ST		0.00	0.00	0.00	-3.00		1352.13	0.09	1352.22	6.00	1352.22	1352.22	6.00
29+630.00			0.00	0.00	-1.44	-1.48		1352.90	0.02	1352.92	6.00	1352.83	1352.92	6.00
29+639.86	TS		0.00	0.00	-3.00	0.00		1353.69		1353.69	6.00	1353.51	1353.69	6.00
29+640.00			0.00	0.01	-3.00	0.04		1353.70		1353.70	6.01	1353.52	1353.70	6.01

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralte		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		L.C. COTA	LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					DIST.	COTA		COTA	DIST.
Curva 10															
29+650.00			0.20	1.02	-3.05	3.05		1354.50		1354.50	6.51	1354.30	1354.50	1354.70	6.51
29+660.00			0.40	2.03	-6.05	6.05		1355.30		1355.30	7.01	1354.88	1355.30	1355.72	7.01
29+669.86	SC		0.60	3.02	-9.01	9.01		1356.09		1356.09	7.51	1355.41	1356.09	1356.77	7.51
29+670.00		40 KPH	0.60	3.02	-9.01	9.01		1356.10		1356.10	7.51	1355.42	1356.10	1356.78	7.51
29+680.00			0.60	3.02	-9.01	9.01		1356.90		1356.90	7.51	1356.22	1356.90	1357.58	7.51
29+687.93			0.60	3.02	-9.01	9.01		1357.53		1357.53	7.51	1356.85	1357.53	1358.21	7.51
29+690.00	CS		0.56	2.81	-8.39	8.39		1357.70		1357.70	7.41	1357.08	1357.70	1358.32	7.41
29+700.00			0.36	1.80	-5.38	5.38		1358.50		1358.50	6.90	1358.13	1358.50	1358.87	6.90
29+710.00			0.16	0.80	-3.00	3.00	8.000000 %	1359.30	-0.02	1359.28	6.40	1359.09	1359.28	1359.43	6.40
29+717.93	ST		0.00	0.00	-3.00	0.00		1359.93	-0.07	1359.86	6.00	1359.68	1359.86	1359.86	6.00
29+720.00			0.00	0.00	-3.00	0.00		1360.10	-0.09	1360.01	6.00	1359.83	1360.01	1360.01	6.00
29+721.82	TS		0.00	0.00	-3.00	0.00		1360.25	-0.10	1360.15	6.00	1359.97	1360.15	1360.15	6.00
29+730.00			0.12	0.93	-3.00	2.85		1360.90	-0.20	1360.70	6.46	1360.51	1360.70	1360.88	6.46
29+740.00			0.28	2.06	-6.33	6.33		1361.70	-0.35	1361.35	7.03	1360.90	1361.35	1361.80	7.03
29+746.82	SC		0.38	2.83	-8.71	8.71		1362.25	-0.48	1361.77	7.42	1361.12	1361.77	1362.42	7.42
29+750.00	G=1.6°	40 KPH	0.38	2.83	-8.71	8.71		1362.50	-0.55	1361.95	7.42	1361.30	1361.95	1362.60	7.42
29+760.00	IZQ.		0.38	2.83	-8.71	8.71		1363.30	-0.79	1362.51	7.42	1361.86	1362.51	1363.16	7.42
29+766.42	CS		0.38	2.83	-8.71	8.71		1363.81	-0.97	1362.84	7.42	1362.19	1362.84	1363.49	7.42
29+770.00			0.33	2.42	-7.46	7.46		1364.10	-1.07	1363.03	7.21	1362.49	1363.03	1363.57	7.21
▲ 29+780.000			0.17	1.29	-3.98	3.98	1.60:00	1364.90	-1.40	1363.50	6.65	1363.24	1363.50	1363.76	6.65
29+790.00			0.02	0.16	-2.02	0.50		1365.00	-1.07	1363.93	6.08	1363.81	1363.93	1363.96	6.08
29+791.42	ST		0.00	0.00	-1.30	0.00		1365.01	-1.03	1363.98	6.00	1363.90	1363.98	1363.98	6.00
29+800.00			0.00	0.00	-0.52	-1.29	0.997090 %	1365.10	-0.79	1364.31	6.00	1364.28	1364.31	1364.23	6.00
29+803.46	TS		0.00	0.00	0.00	-1.88		1365.13	-0.70	1364.43	6.00	1364.43	1364.43	1364.32	6.00
29+810.00			0.03	1.23	2.88	-3.00		1365.20	-0.55	1364.65	6.62	1364.84	1364.65	1364.45	6.62
29+818.46	SC		0.08	2.83	6.61	-6.61		1365.28	-0.38	1364.90	7.42	1365.39	1364.90	1364.41	7.42
29+820.00	G=1.0°	40 KPH	0.08	2.83	6.61	-6.61		1365.30	-0.35	1364.95	7.42	1365.44	1364.95	1364.46	7.42
29+830.00	DER.		0.08	2.83	6.61	-6.61		1365.40	-0.20	1365.20	7.42	1365.69	1365.20	1364.71	7.42

Estación	Línea	Velocidad	Corr.	S.A.	Peralte		Pendiente %	Rasante	Correcc. Curv. Vert.	Rasante Corregida	LADO IZQUIERDO		L.C. COTA	LADO DERECHO	
					Izq.	Der.					DIST.	COTA		COTA	DIST.
29+832.17	CS		0.08	2.83	6.61	-6.61	0.997090 %	1365.42	-0.17	1365.25	7.42	1365.74	1365.25	1364.76	7.42
29+840.00		40 KPH	0.04	1.35	3.16	-3.16		1365.50	-0.09	1365.41	6.68	1365.62	1365.41	1365.20	6.68
29+847.17	TS		0.00	0.00	0.00	-3.00		1365.57	-0.04	1365.53	6.00	1365.53	1365.53	1365.35	6.00
29+850.00			0.00	0.00	-0.43	-3.00		1365.60	-0.02	1365.58	6.00	1365.55	1365.58	1365.40	6.00
29+860.00			0.00	0.00	-1.93	-3.00		1365.70		1365.70	6.00	1365.58	1365.70	1365.52	6.00
29+880.00			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1365.90		1365.90	6.00	1365.72	1365.90	1365.72	6.00
▲ 29 +890.321			0.00	0.00	-3.00	-3.00		1366.00		1366.00	6.00	1365.82	1366.00	1365.82	6.00

C. CANTIDADES DE TRABAJO

**MEMORIA DE CALCULO CANTIDADES PARA EJECUTAR
PROYECTO: LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA**

TERRACERIAS

110.11	Trabajos por Administración						1.520514	Global	
		Long.	Ancho						
		28+322.250	29+842.764	1520.514	1.00		1.52		
		Total:					1.52		
202.02	Limpia chapeo y destronque						2.129	Ha	
		Long.	Ancho	Altura / espesor	Factor				
		28+322.250	29+842.764	1520.514	14	0.0001	2.129		
		Total:					2.129		
203.04 (b)	Excavación no clasificada de material de desperdicio						48,764.42	m3	
		Long.	volumen		Factor				
		28+322.250	29+842.764	1520.514	46,442.30	1.05	48,764.42		
		Total:					48,764.42		
203.04 (c)	Excavación no clasificada para préstamo						15,368.90	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		28+322.250	29+842.764	1520.514	6,517.50	1.05	6,843.38		
		28+322.250	29+842.764	1520.514	8.90	0.6	8,525.52		
		Total:					15,368.90		
203.04 (d1)	Excavación en roca para material de desperdicio						5.25	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		29+360.000	29+560.000	200.000	5.00	1.2	1.05	5.25	
		Total:					5.25		
203.05 (b)	Remoción de material inapropiado						8,525.52	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		28+322.250	29+842.764	1520.514	8.90	0.6	1.05	8,525.52	
		Total:					8,525.52		
203.05 (f)	Excavación de contracunetas						41.58	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		29+370.000	29+700.000	330.000	0.40	0.3	1.05	41.58	
		Total:					41.58		
203.11	Remoción y prevención de derrumbes						661.50	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		29+150.000	29+290.000	140.000	3.00	1.5	1.05	661.50	
		Total:					661.50		
204.02 (c)	Excavación de canales en la entrada y salida de alcantarillas						39.08	m3	
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor				
		28+720.000	15.000	1.15	0.4	1.05	7.25		
		28+720.000	15.000	1.15	0.4	1.05	7.25		
		28+720.000	15.000	1.30	0.6	1.05	12.29		
		28+720.000	15.000	1.30	0.6	1.05	12.29		
		Total:					39.08		
205.05 (a)	Excavacion estructural para cimentaciones de cajas y cabezales para alcantarillas						66.26	m3	
		volumen	Elementos		Factor				
	Cajas 36"	5	3		1.05		15.75		
	Cajas 48"	6.3	2		1.05		13.23		
	Cabezales de 42"	6.5	3		1.05		20.475		
	Cabezales de 48"	8	2		1.05		16.8		
		Total:					66.26		

**MEMORIA DE CALCULO CANTIDADES PARA EJECUTAR
PROYECTO: LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA**

TERRACERIAS

205.06	Excavación estructural para alcantarillas						377.16	m3
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor			
	Tuberías 36"	60.000	2.00	1.6	1.05	201.60		
	Tuberías 48"	40.000	2.20	1.9	1.05	175.56		
						Total:	377.16	
205.07	Excavación estructural para sub-drenaje						182.70	m3
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor			
	28+920.000	29+100.000	180.000	0.5	0.6	1.05	56.70	
	29+300.000	29+520.000	220.000	0.5	0.6	1.05	69.30	
	29+600.000	29+780.000	180.000	0.5	0.6	1.05	56.70	
						Total:	182.70	
206.05 (c)	Relleno estructural						16,040.56	m3
		Long.	volumen - ancho	Altura / espesor	Factor			
	28+720.000	28+920.000	200.000	12.00	3.5	1.05	8,820.00	
	29+480.000	29+680.000	200.000	12.00	2.75	1.05	6,930.00	
	Vol. Exc.	Area Tub.	Long.	Vol. Tub.	Vol. Rell.	Factor		
	Tuberías 36"	201.600	0.894	60.000	53.640	147.960	1.050	
	Tuberías 48"	175.560	1.170	40.000	46.800	128.760	1.050	
						Total:	16,040.56	
207.06 (a)	Sobrecarreo						13,788.00	m3-Hm
		Volumen		Acarreo (Hm)				
	Desperdicio	24382.210		3		73,147.00		
	Roca	2.625		3		8.00		
	Inapropiado	4262.760		3		12,788.00		
	Derrumbes	330.750		3		992.00		
						Total:	13,788.00	
207.06 (b)	Acarreo						81,010.00	m3-Km
		Volumen		Acarreo (Hm)				
	Desperdicio	24382.210		2		48,764.00		
	Prestamo	7684.448		3		23,053.00		
	Roca	2.625		2		5.00		
	Inapropiado	4262.760		2		8,526.00		
	Derrumbes	330.750		2		662.00		
						Total:	81,010.00	

**MEMORIA DE CALCULO CANTIDADES PARA EJECUTAR
PROYECTO: LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA**

DRENAJE MENOR

603.07 (b) (36")	Alcantarilla de metal corrugado anidable de 36" de diámetro cal 16							36 m
		Long.	Cantidad					
	Tubería 36"	12.000	3.00			36.00		
							Total:	36
603.07 (b) (48")	Alcantarilla de metal corrugado anidable de 48" de diámetro cal 14							24.00 m
		Long.						
	Tubería 48"	12.000	2.00			24.00		
							Total:	24.00
604 (1)	Tela geotextil para sub-drenaje 150 g/m2							1,705.20 m2
		Long.	ancho		Factor			
	28+920.000 29+100.000	180.000	2.80		1.05	529.20		
	29+300.000 29+520.000	220.000	2.80		1.05	646.80		
	29+600.000 29+780.000	180.000	2.80		1.05	529.20		
							Total:	1,705.20
604.03 (e)	Agregado fino para filtro de sub-drenaje							91.35 m3
		Long.	ancho	Altura	Factor			
	28+920.000 29+100.000	180.000	0.50	0.3	1.05	28.35		
	29+300.000 29+520.000	220.000	0.50	0.3	1.05	34.65		
	29+600.000 29+780.000	180.000	0.50	0.3	1.05	28.35		
							Total:	91.35
604.03 (f)	Agregado grueso para filtro de sub-drenaje							91.35 m3
		Long.	ancho	Altura	Factor			
	28+920.000 29+100.000	180.000	0.50	0.3	1.05	28.35		
	29+300.000 29+520.000	220.000	0.50	0.3	1.05	34.65		
	29+600.000 29+780.000	180.000	0.50	0.3	1.05	28.35		
							Total:	91.35
607.04	Cunetas revestidas de concreto simple (2,000 psi) fundido en sitio de 7 cms de espesor							1,380.75 m2
		Long.	volumen - ancho	Lado	Factor			
	28+400.000 29+100.000	700.000	1.00	der	1.05	735.00		
	28+530.000 28+720.000	190.000	1.00	izq	1.05	199.50		
	29+020.000 29+120.000	100.000	1.00	izq	1.05	105.00		
	29+150.000 29+920.000	770.000	1.00	der	1.05	808.50		
	29+150.000 29+920.000	770.000	1.00	izq	1.05	808.50		
	29+235.000 29+780.000	545.000	1.00	izq	1.05	572.25		
							Total:	1,380.75
701.05	Defensas metalicas (postes y rieles)							240.00 m
		Long.						
	29+300.000 29+400.000	100.000				100.00		
	29+540.000 29+620.000	80.000				80.00		
	29+780.000 29+840.000	60.000				60.00		
							Total:	240.00
703.02	Cercas							1,520.51 m
		Long.						
	28+322.250 29+842.764	1520.514				1,520.51		
							Total:	1,520.51
708	Bordillos de 10 x 30 cms.							75.00 m2
		Long.	volumen - ancho					
	Estacionamientos Varios	250.000	0.30			75.00		
							Total:	75.00

**MEMORIA DE CALCULO CANTIDADES PARA EJECUTAR
PROYECTO: LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA**

PAVIMENTO

302	Capa de sub-base 20 cms.							3836.87	m3
		Long.	Ancho	Espesor	Factor				
	28+322.250	29+842.764	1520.514	11.47	0.2	1.1	3,836.87		
								Total:	3,836.87
304	Capa de base y hombros con material triturado tipo B-2 de 20 cms de espesor, sin aca							3703.39	m3
		Long.	Ancho	Espesor	Factor				
	28+322.250	29+842.764	1520.514	11.07	0.2	1.1	3,703.39		
								Total:	3,703.39
402	Riego de imprimación (RC - 250)							4,629.24	Gls.
		Long.	Ancho	gls/m2	Factor				
	28+322.250	29+842.764	1520.514	11.07	0.25	1.1	4,629.24		
								Total:	4629.242886
408	Riego de liga entre capa de base y rodadura							1,817.58	Gls.
		Long.	Ancho	gls/m2	Factor				
	28+322.250	29+842.764	1520.514	10.87	0.1	1.1	1,817.58		
								Total:	1,817.58
407	Concreto asfáltico en caliente, sin acarreo							3,569.06	Ton 2000#
		Long.	Ancho	Espesor	Ton/m3				
	28+322.250	29+842.764	1520.514	10.87	0.09	2.4	3,569.06		
								Total:	3,569.06
407.09	Material bituminoso para concreto asfáltico							53,535.90	Gls.
		Ton	Gls/ton						
	28+322.250	29+842.764	3569.060	15.00			53,535.90		
								Total:	53,535.90
207.06 (b) (1)	Acarreo de material triturado para base negra y concreto asfáltico, en camión							-	m3-Km
								Total:	-
207.06 (b) (2)	Acarreo de concreto asfáltico, en camión							-	Ton-Km
								Total:	-

**MEMORIA DE CALCULO CANTIDADES PARA EJECUTAR
PROYECTO: LIBRAMIENTO MUNICIPIO DE PALENCIA**

SEÑALIZACION

704.02	Monumentos de kilometraje, suministro y colocación	2		U
	Cantidad			
	29+000.000	2.000	2.00	
	Total:		2.00	
706.08 (a) (1)	Pintura termoplástica para línea central	1520.514		Km.
	Long.			
	28+322.250 29+842.764	1520.514	1,520.51	
	Total:		1,520.51	
706.08 (b) (1)	Pintura termoplástica para línea no central	3,041.03		Km.
	Long. izq/der			
	28+322.250 29+842.764	1520.514 2.00	3,041.03	
	Total:		3,041.03	
707.05 (a)	Señales de tráfico restrictivas de metal, suministro y colocación	10.00		U
	Cantidad			
	28+322.250 29+842.764	10.000	10.00	
	Total:		10.00	
707.05 (b)	Señales de tráfico preventivas de metal, suministro y colocación	16.00		U
	Cantidad			
	28+322.250 29+842.764	16.000	16.00	
	Total:		16.00	
707.05 (c)LS	Señales de tráfico informativas laterales simples de metal, suministro y colocación	6.00		U
	Cantidad			
	28+322.250 29+842.764	6.000	6.00	
	Total:		6.00	
707.05 (c)IP	Señales de tráfico indicadoras del proyecto, suministro y colocación	4.00		U
	Cantidad			
	28+322.250 29+842.764	4.000	4.00	
	Total:		4.00	
709	Dispositivos para señalización nocturna, suministro y colocación	460.00		U
	Cantidad			
	28+322.250 29+842.764	460.000	460.00	
	Total:		460.00	

D. PLANOS DE DISEÑO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

AGOST. 2010

PLANTA UBICACION

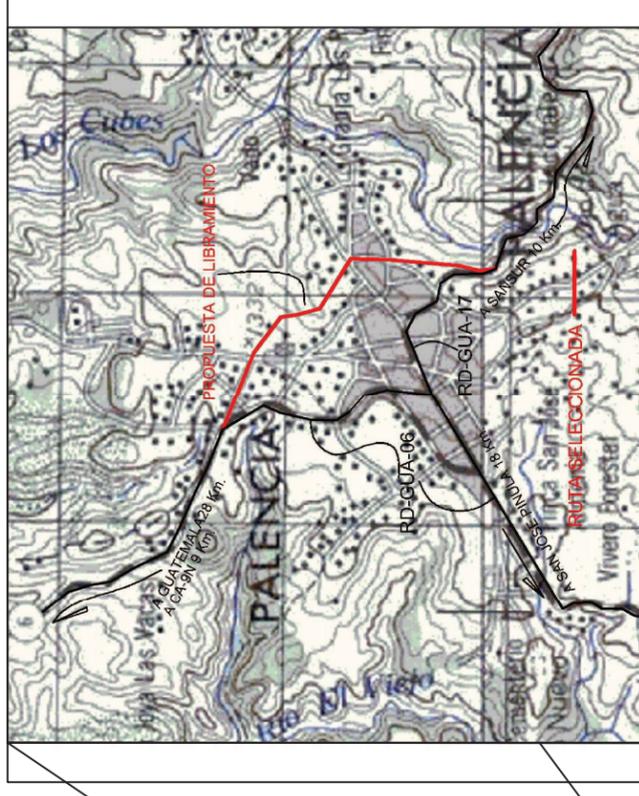
ESCALA INDICADA

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

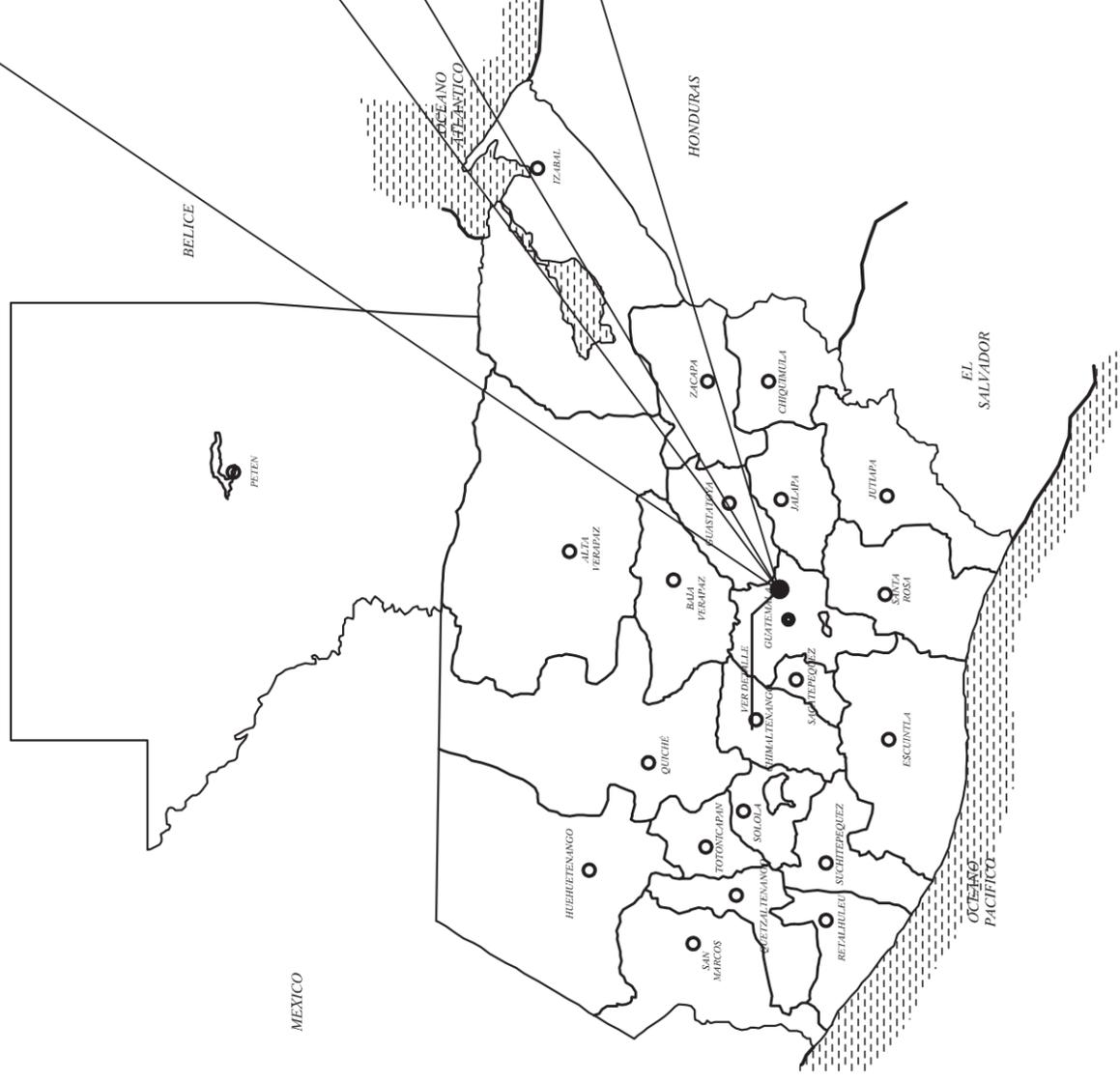
ALLAN RENAND HERNANDEZ GUEVARA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



INDICE DE PLANOS	
1 DE 10	PLANTA DE UBICACION
2 DE 10	PLANTA - PERFIL GENERAL
3 DE 10	DETALLE GEOMETRICO SECCION TIPICA TIPO B
4 DE 10	UBICACION GRAFICA DE TUBERIAS
5 DE 10	DISEÑO DE CABEZALES
6 DE 10	DISEÑO DE CABEZALES DOBLES
7 DE 10	DISEÑO DE ALTETONES
8 DE 10	SEÑALIZACIÓN
9 DE 10	PLANTA-PERFIL DE EST. 28+420 A EST. 29+140
10 DE 10	PLANTA-PERFIL DE EST. 29+120 A EST. 29+880





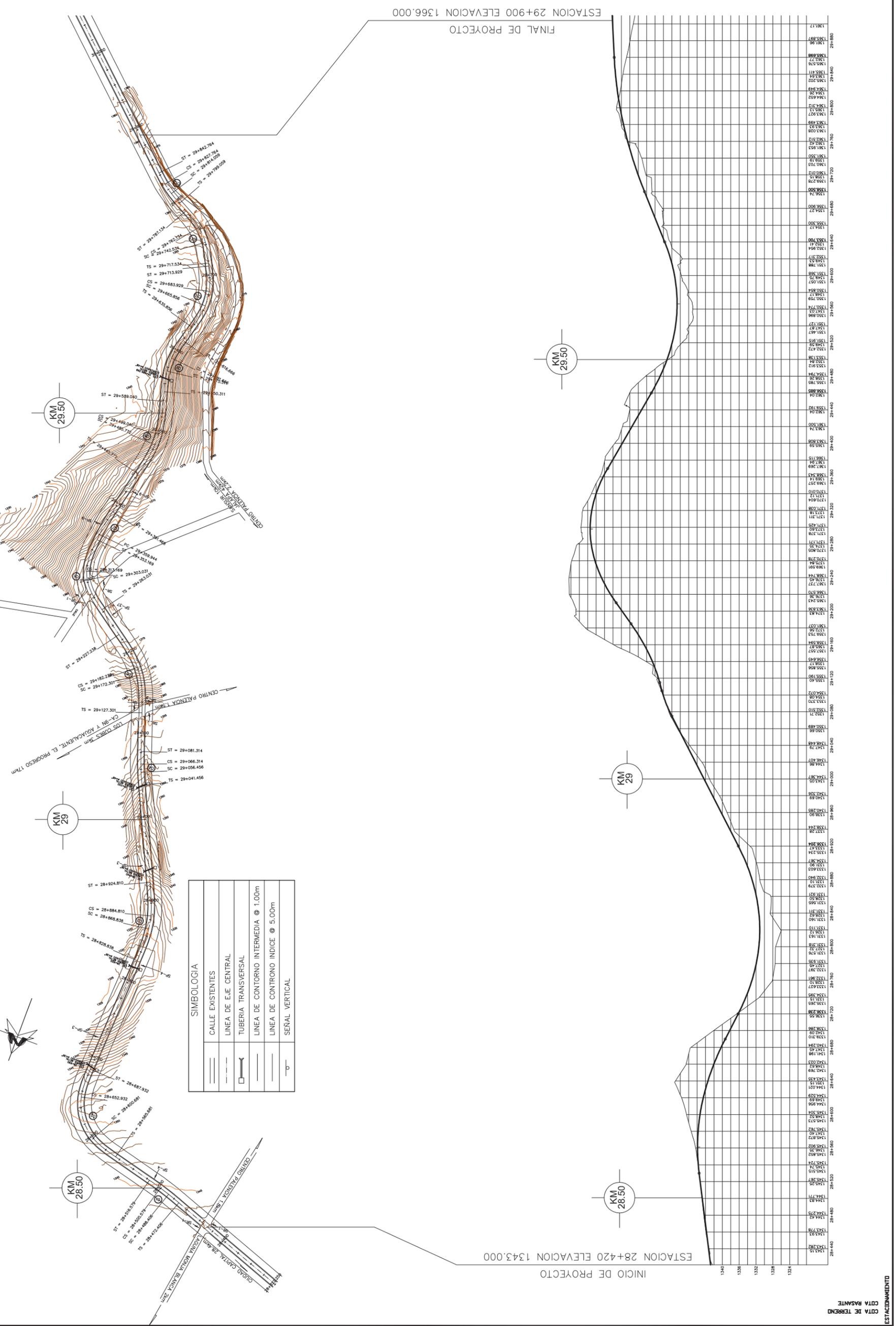
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA
 LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

PLANTA - PERFIL
 GENERAL
 ESCALA PLANTA 1:4,000
 ESCALA VERTICAL 1:800

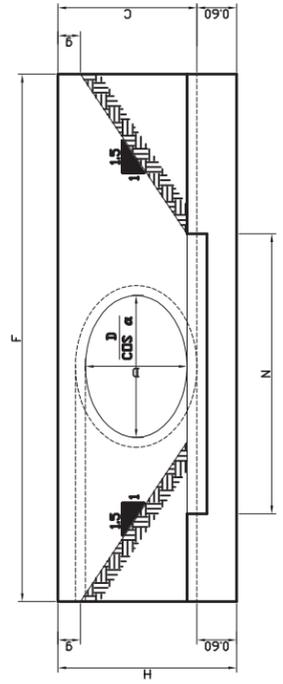
AGOST. 2010
 HOJA 2
 10

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

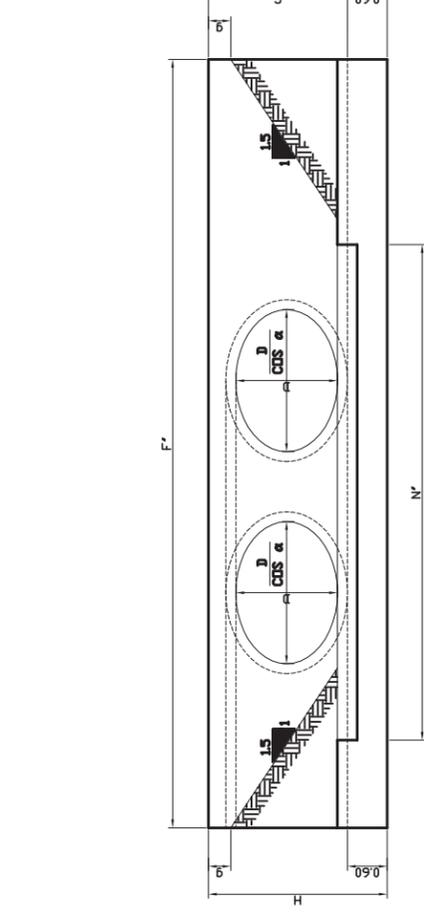


SIMBOLOGIA	
	CALLE EXISTENTES
	LINEA DE EJE CENTRAL
	TUBERIA TRANSVERSAL
	LINEA DE CONTORNO INTERMEDIA @ 1.00m
	LINEA DE CONTORNO INDICE @ 5.00m
	SEÑAL VERTICAL

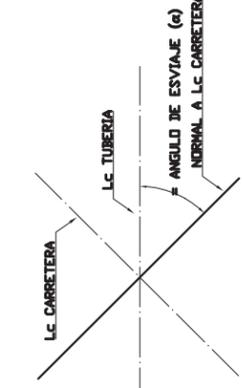
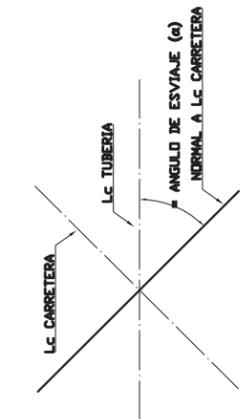
DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA



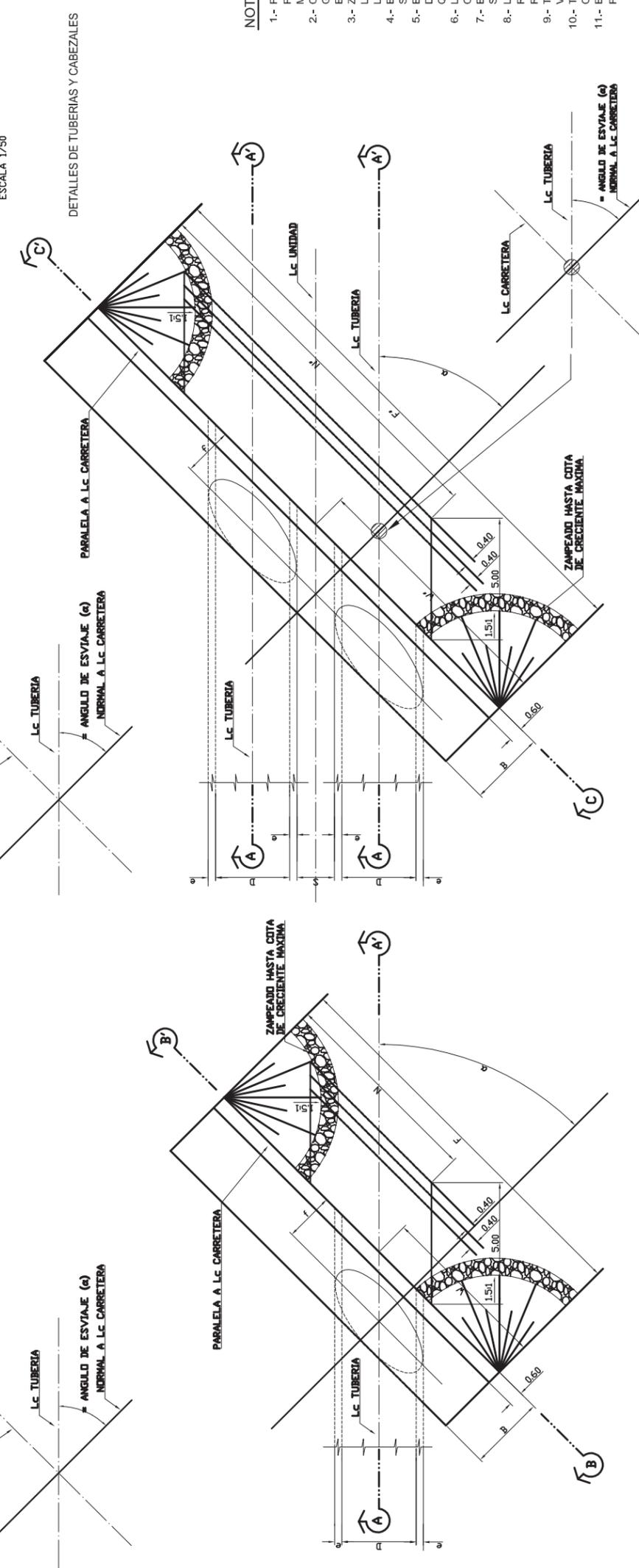
SECCION A-A'
ESCALA 1/50



VISTA B-B'
ESCALA 1/50



VISTA C-C'
ESCALA 1/50



FORMULARIO

- ① $C = E + D + 2e$
- ② $H = C + 60$
- ③ $W = 1.5(C - g - e) + \frac{D}{2 \cos \alpha}$
- ④ $F = 1.5(C - g - e) + \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right) \frac{D}{2 \cos \alpha}$
- ⑤ $V = \left[\frac{(0.30 + B)}{2}\right] C + 0.60B \left[F - \frac{\sqrt{(D + 2e)^2 f}}{4 \cos \alpha} \right]$
- ⑥ $V_L = 0.84N \cos \alpha$
- ⑦ $V' = \left[\frac{(0.30 + B)}{2}\right] C + 0.60B \left[F' - \frac{\sqrt{(D + 2e)^2 f}}{4 \cos \alpha} \right]$
- ⑧ $V'_L = 0.84N' \cos \alpha$
- ⑨ $F = 1.5(C - g - e) + \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right) \frac{D}{2} + \frac{2(D + 2e) + S}{\cos \alpha}$
- ⑩ $W = 1.5(C - g - e) + \frac{D + e + S/2}{2 \cos \alpha}$

NOTA: EN LAS FORMULAS 5, 6, 7 Y 8 LOS VALORES DEBEN DE VALUARSE EN METROS. PARA OBTENER EL VOLUMEN EN METROS CUBICOS.

- V = VOLUMEN DEL CABEZAL PARA UN TUBO
- V' = VOLUMEN DE LA LOSA DEL CABEZAL PARA UN TUBO
- V'' = VOLUMEN DEL CABEZAL PARA DOS TUBOS
- V''' = VOLUMEN DE LA LOSA DEL CABEZAL PARA DOS TUBOS

NOTAS GENERALES:

- 1.- PARA LA CONSTRUCCION SE USARAN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA D.G.C. EDICION MAYO DE 2.001.-
- 2.- CONCRETO CICLOPEO: SE USARA CONCRETO CLASE 2.500 CON PIEDRAS GRANDES COMO SE ESPECIFICA EN LA SECCION 807 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.-
- 3.- ZAMPEADO: SE USARA EL ZAMPEADO DE PIEDRA, COLOCADO A MANO Y LIGADO CON MORTERO DE CEMENTO. SEGUN LAS ESPECIFICACIONES EN LA SECCION 610.06
- 4.- EL MATERIAL QUE SE USARA EN EL MURO SERA CONCRETO CICLOPEO SEGUN SE INDICA EN LA NOTA NUMERO 2.-
- 5.- EL DELEGADO RESIDENTE DECIDIRA SI ES NECESARIO COLOCAR LA LOSA DEL PISO EN CADA CASO PARTICULAR. TAMBIEN DECIDIRA EL MATERIAL QUE SE EMPLEARA EN ELA: CONCRETO CLASE "C" O ZAMPEADO DE PIEDRA.-
- 6.- LOS CABEZALES DEBERAN SER PARALELOS A LA RASANTE DE LA CARRETERA Y TENER LA MISMA PENDIENTE QUE ESTA.-
- 7.- EL CONCRETO DEBERA PRODUCIRSE Y COLOCARSE DE ACUERDO A LA SECCION 504 DE LAS ESPECIFICACIONES.-
- 8.- LOS CABEZALES HAN SIDO DISENADOS CON LOS SIGUIENTES DATOS: A) RESISTENCIA DEL TERRENO 1.5 kg/cm² (3.000 lbs/plg²), B) PESO DEL RELLENO 1.600 kg/cm³ C) EQUIVALENTE LIQUIDO 480 kg/cm³ (300 lb/plg³)-
- 9.- TODAS LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN DADAS EN METROS Y LOS VOLUMENES EN METROS CUBICOS.
- 10.- TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS, DEBERAN SER BISELADAS 2 CENTIMETROS.-
- 11.- EL DELEGADO RESIDENTE, EN CASO PARTICULAR, PODRA HACER SU PROPIO DISEÑO DE MUROS-CABEZALES DISTINTO A ESTE PLANO.-

CABEZAL PARA UN TUBO

ESCALA 1/50

CABEZAL PARA DOS TUBOS

ESCALA 1/50

DIAMETRO Pulg. m.	CABEZAL PARA UNO Y DOS TUBOS										CABEZAL PARA DOS TUBOS						LOSA PARA UN TUBO						LOSA PARA UN TUBO																						
	e		B		C		H		g		f		S		F'		V'		W'		F		V		W		F		V		W		F		V		W		F		V				
	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°	α = 0°	α = 45°					
24	0.61	0.075	0.29	0.60	1.05	1.65	0.32	0.491	1.29	1.93	2.64	1.30	1.97	2.82	1.34	2.08	3.24	1.42	2.38	0.30	3.64	1.82	2.58	3.73	1.65	2.64	4.04	1.95	2.66	4.74	2.17	3.32	1.01	1.20	1.24	1.39	1.70	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97			
30	0.76	0.09	0.31	0.75	1.25	1.85	0.33	0.581	1.63	2.30	3.32	1.64	2.35	3.56	1.70	3.47	4.08	1.78	3.94	0.38	4.58	2.29	3.46	4.69	2.32	4.36	5.09	2.45	4.70	5.95	2.72	5.44	1.26	1.50	1.55	1.73	2.12	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82			
36	0.91	0.10	0.29	0.90	1.40	2.00	0.33	0.662	1.91	2.63	3.82	1.93	2.72	4.16	1.98	3.03	4.80	2.10	5.71	0.46	5.40	2.70	4.17	5.53	2.74	6.30	7.03	3.21	7.89	1.51	1.80	1.86	2.08	2.56	2.69	3.20	3.31	3.70	4.53						
42	1.07	0.115	0.30	1.05	1.60	2.20	0.33	0.745	2.27	3.07	4.54	2.27	3.16	4.64	2.29	3.35	5.36	2.28	6.35	0.54	6.34	3.19	4.93	6.84	3.24	9.13	7.10	3.41	9.86	8.30	3.79	11.39	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97	3.11	3.70	3.83	4.27	5.23			
48	1.22	0.125	0.28	1.20	1.75	2.35	0.33	0.822	2.55	3.41	5.11	2.55	3.50	5.00	2.65	3.77	6.42	2.81	7.37	0.61	7.19	3.59	5.60	7.37	3.65	12.07	8.00	3.84	15.00	9.36	4.27	15.05	2.02	2.40	2.48	2.72	3.39	3.61	4.30	4.45	4.97	6.08			
54	1.37	0.14	0.30	1.35	1.95	2.55	0.33	0.906	2.91	3.85	5.82	2.91	4.00	5.60	3.01	4.30	6.36	3.19	8.35	0.68	8.14	4.07	6.08	8.14	4.07	15.82	8.35	4.14	16.19	9.06	4.36	17.44	10.60	4.84	20.16	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82	4.03	4.80	4.97	5.54	6.79
60	1.52	0.15	0.28	1.55	2.10	2.70	0.34	1.008	3.18	4.18	6.36	3.18	4.30	6.00	3.29	4.60	7.98	3.49	19.21	0.76	8.94	4.47	20.43	9.16	4.54	20.88	9.94	4.78	22.49	11.63	5.32	25.99	2.52	3.00	3.11	3.46	4.24	4.45	5.30	5.49	6.12	7.50			

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

AGOST. 2010
HOJA 5

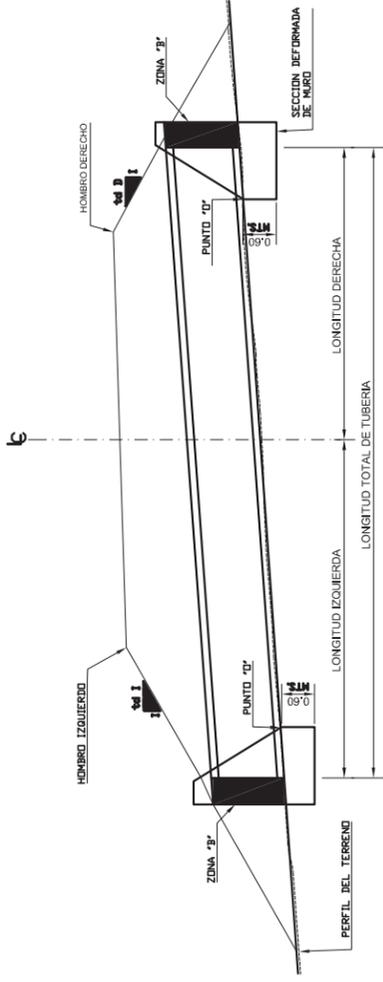
PLANTA - PERFIL
DE EST. 29+000 A EST. 29+000

ESCALA PLANTA 1:2000
ESCALA VERTICAL: 1:400

ALLAN RENAND HERÁNDEZ GUEVARA

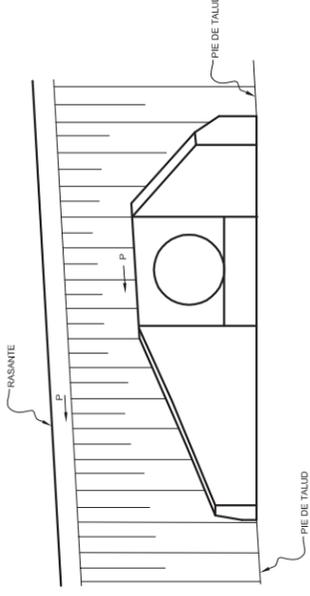
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



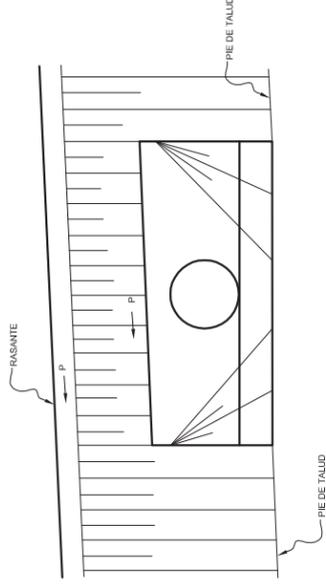
SECCION EN Lc DE LA TUBERIA

SI ESCALA



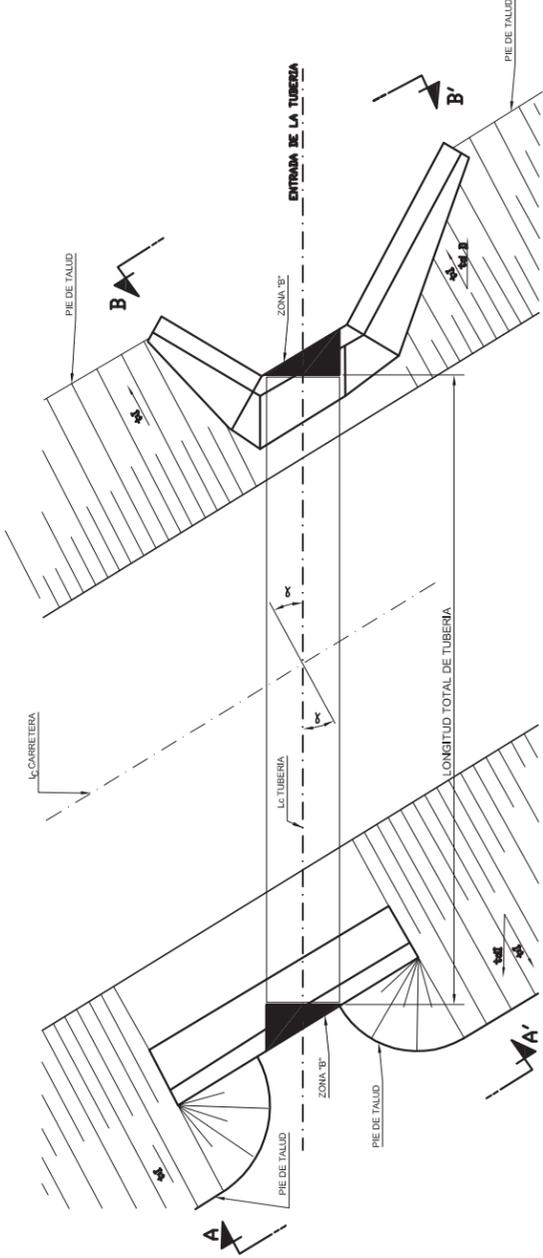
VISTA B-B'

SI ESCALA



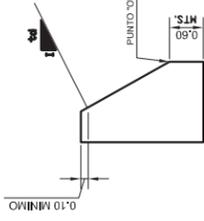
VISTA A-A'

SI ESCALA



PLANTA

SI ESCALA



SECCION DEL MURO EN Lc DE LA TUBERIA

SI ESCALA

FORMULA PARA EL CALCULO DEL TALUD DEFORMADO					
USF = $\frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$ Cos α					
Pendiente Positiva		Pendiente Negativa			
Esvíoje Derecho	Esvíoje Izquierdo	Esvíoje Derecho	Esvíoje Izquierdo		
Lado Izq. + Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Izq. + Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Der. + Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Der. + Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$		
Lado Der. - Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Der. - Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Izq. - Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$	Lado Izq. - Cos α $\frac{t}{\sin \alpha}$		

α = Angulo de esvíoje medido desde la normal a la Lc de la carretera, hasta la Lc de la tubería siempre menor de 90°, puede ser esvíoje derecho o Izquierdo.
 P = Valor absoluto de la pendiente en valor real no en porcentaje
 t = Talud normal
 td = Talud deformado vertical es la unidad.

NOTAS GENERALES:

- 1.- Supondremos que la corriente encuentra a la carretera en una tangente bajo un relleno y que la tubería tendrá cabezales de muro recto en la salida y en la entrada cabezales con alas.-
- 2.- Se usara cabezales de muro recto en la salida y en la entrada cabezales con alas.-
- 3.- Se tiene como datos la sección típica, la pendiente de la carretera, el ángulo de esvíoje de la tubería (α) y el número de líneas de tubería.-
- 4.- Además los siguientes datos: diámetro y calidad de los tubos que se emplearán (ver planos estándar para tubos de concreto reforzado).-
- 5.- Con los datos de las notas 3 y 4 podemos dibujar la sección deformada de la carretera, según la Lc de la tubería, obteniendo de ella, la pendiente de la tubería y la longitud entre pies de talud, la línea que los une es la línea inferior externa de la tubería. El talud deformado td lo podemos calcular con la siguiente formula: $td = \frac{t}{\sin \alpha} + \frac{Lc}{\cos \alpha}$, siendo t el talud de la sección típica de la carretera, P la pendiente de la misma y α el esvíoje.-
- 6.- En una hoja de papel transparente dibujamos a escala la sección deformada del muro, según la Lc de la tubería, con el talud deformado.-
- 7.- Con este dibujo se determina su posición haciendo coincidir el talud del dibujo con el talud de la sección deformada (Nota No. 5) y el punto "O" con la línea inferior externa de la tubería. Esto deberá aplicarse tanto al muro de entrada como al de salida.-
- 8.- La longitud máxima de la tubería será la que determine el máximo número de tubos, sin tener que demoler algún sector sobrante de uno de ellos.-
- 9.- La parte sombreada indicada como "Zona B'" puede deformarse así: a) Recortando un tubo o b) Haciendo formaleta interior.-

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

AGOST. 2010
HOJA 6

PLANTA - PERFIL
DE EST. 29+000 A EST. 29+000

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA
ALLAN RENAND HERÁNDEZ GUEVARA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Diámetro D Tubo	CABEZAL PARA UNO Y DOS TUBOS										CABEZAL PARA UN TUBO				CABEZAL PARA DOS TUBOS										
	e	B	C	H	g	f	N	K	J	R	P	S	W	W'	Va	F	Vm	Vc	Vl	F''	Vm''	Vc''	Vl''		
24	61	7.5	29	60	105	165	32	49.1	68	30	17	85	60	30	105	210	0.640	167	1.17	1.81	0.31	273	1.83	2.47	0.62
30	76	9.0	31	75	125	185	33	58.1	94	45	22	106	60	38	130	260	1.105	210	1.92	3.03	0.48	342	2.98	4.09	0.97
36	91	10.0	29	90	140	200	33	66.2	116	60	28	127	65	46	155	310	1.700	247	2.77	4.47	0.68	404	4.29	5.99	1.36
42	107	11.5	30	105	160	220	33	74.5	143	75	30	149	65	54	180	360	2.515	292	4.00	6.52	0.93	476	6.16	8.68	1.87
48	122	12.5	28	120	175	235	33	82.2	164	90	34	170	65	61	205	410	3.405	329	5.29	8.70	1.19	537	8.12	11.53	2.39
54	137	14.0	30	135	195	255	33	90.6	192	105	35	191	65	68	230	460	4.650	373	7.08	11.73	1.53	606	10.78	15.43	3.06
60	152	15.0	28	155	210	270	34	100.8	212	125	42	219	70	76	255	510	6.240	409	9.13	15.37	1.85	667	13.91	20.15	3.70
24	61	6.5	31	60	105	165	32	49.4	70	30	17	85	60	30	105	210	0.650	167	1.18	1.83	0.32	271	1.83	2.48	0.63
30	76	7.5	29	70	120	180	32	54.8	91	45	20	99	60	38	130	260	0.995	204	1.72	2.72	0.47	333	2.68	3.68	0.94
36	91	8.5	32	90	140	200	33	66.9	118	60	28	127	65	46	155	310	1.725	247	2.80	4.53	0.69	401	4.31	6.04	1.38
42	107	9.5	29	105	155	215	33	74.5	139	75	31	149	65	54	180	360	2.430	285	3.85	6.28	0.91	465	5.94	8.37	1.83
48	122	11.0	31	120	175	235	33	83.0	167	90	33	170	65	61	205	410	3.450	329	5.34	8.79	1.21	534	8.15	11.60	2.42
54	137	11.5	30	135	190	250	33	90.8	188	105	36	191	65	68	230	460	4.530	367	6.90	11.43	1.50	595	8.50	15.03	3.01
60	152	12.5	28	155	205	265	34	101.0	208	125	40	219	65	76	255	510	6.015	402	8.98	14.89	1.82	655	13.54	19.56	3.64
(d)	(g)	(g)	(g)	(d)	(1)	(2)	(d)	(4)	(8)	(3)	(7)	(9)	(5)	(d)	(6)	(12)	(10)	(13)	(15)	(17)	(11)	(14)	(16)	(18)	

NOTA: Dimensiones en centímetros y volúmenes en metros cúbicos.

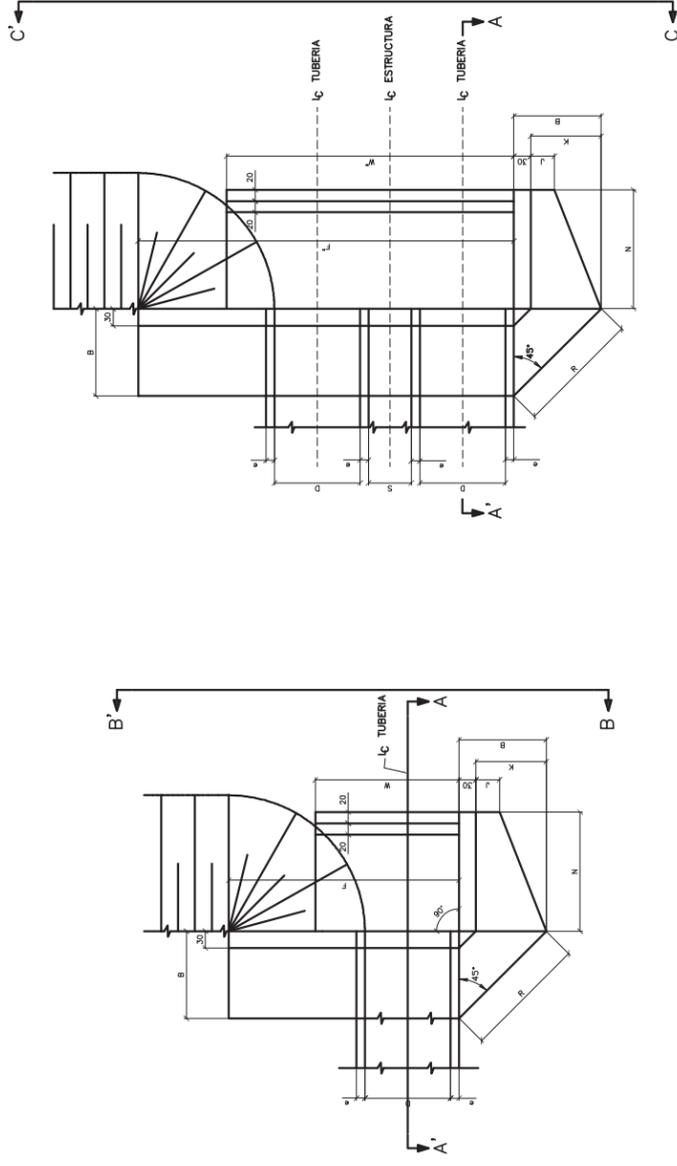
FORMULARIO

Datos: Clase de tubo, D, e, B, E, g, S, W, W'

- Dimensiones:
- (1) C=E+D+2e
 - (2) H=C+60
 - (3) K=B-30
 - (4) f=K/C(E+e+D/2)+30
 - (5) P=e+20+g(Apróx. al múltiplo de 5 más cercano)
 - (6) G=C-P
 - (7) J=KP/C
 - (8) N=1.5(C-e-g)-30
 - (9) R= 2 B
 - (10) F=D+e+1.5(C-g-e)
 - (11) F''=2D+3e+S+1.5(C-g-e)

Volúmenes:

- Alia:
- (12) $Va=0.30N(B+J+0.30)+0.30B^2+0.15N(C+P)+C/6[B^2+0.30(B+0.30)]+N/6[(KC^2-JP^2)/(C-P)]$
- Muro:
- (13) $Vm=[(0.30+B)C/2+0.6B]F-[π(D+2e)^2 f/4]$ (un tubo)
 - (14) $Vm''=[(0.30+B)C/2+0.6B]F''-[π(D-2e)^2 f/2]$ (dos tubos)
- Cabezal:
- (15) $Vc=Va+Vm$
 - (16) $Vc''=Va+Vm''$
- Losa:
- (17) $VL=(0.30N+0.09)W$
 - (18) $VL''=(0.30N+0.09)W''$



PLANTA

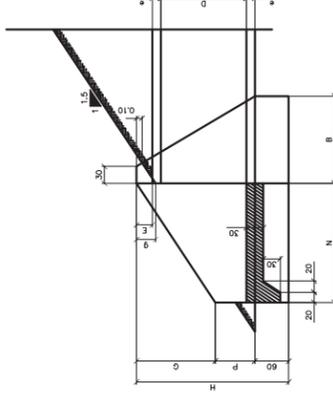
Sin escala

PLANTA

Sin escala

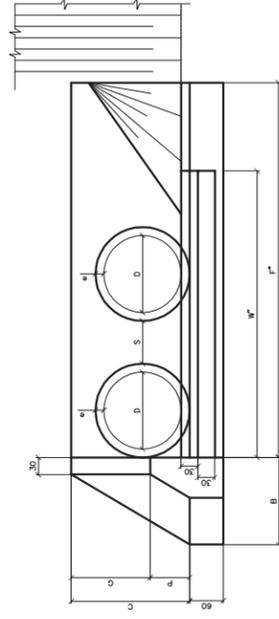
NOTAS GENERALES

- (1) Para la construcción se usarán las Especificaciones para construcción de Puentes y Carreteras de la D.G.C. Edición Mayo 2001.
- (2) Concreto Ciclópeo: se usará concreto clase 2,500 con piedras grandes como se especifica en la sección 504 de las especificaciones de la D.G.C.
- (3) Zampeado: Se usará un zampeado de piedra colocado a mano y lijado con mortero de cemento, según lo especificado en la sección 610.06.
- (4) El material que se empleará en el muro y alas de los cabezales, será concreto ciclópeo según se indica en la Nota No.2.
- (5) El delegado Residente decidirá si es necesario colocar la losa del piso en cada caso particular. También decidirá el material que se empleará en ella, concreto clase "C_u" o zampeado de piedra.
- (6) La parte superior de los cabezales debe tener la misma dirección y pendiente que la rasante de la carretera.
- (7) Acabado del concreto: Será el acabado ordinario de superficie de acuerdo con la sección 505.14 de las Especificaciones de la D.G.C.
- (8) Los cabezales han sido diseñados con los siguientes datos: a) Resistencia del terreno: 1.5Kg./Cm.² (3,000Lbs./Pie²). b) Peso del relleno: 1,600Kg./m.³ (100Lbs./Pie³). c) Equivalente líquido: 480Kg./m.³ (30Lbs./Pie³).
- (9) Todas las aristas expuestas deberán ser biseladas 2 Cms.
- (10) El Delegado Residente en un caso particular podrá hacer su propio diseño de Muros Cabezales, distinto al de este plano.



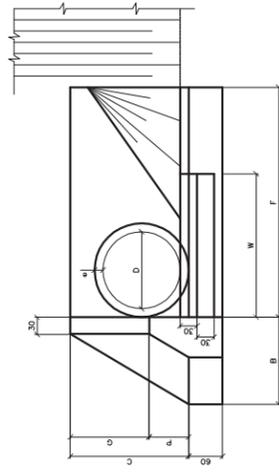
ELEVACION A-A'

Sin escala



ELEVACION C-C'

Sin escala



ELEVACION B-B'

Sin escala

Nota: El dibujo está basado en el cabezal para tubo RN 245 ó ER 315 de 60 pulgadas.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

AGOST. 2010
HOJA 8

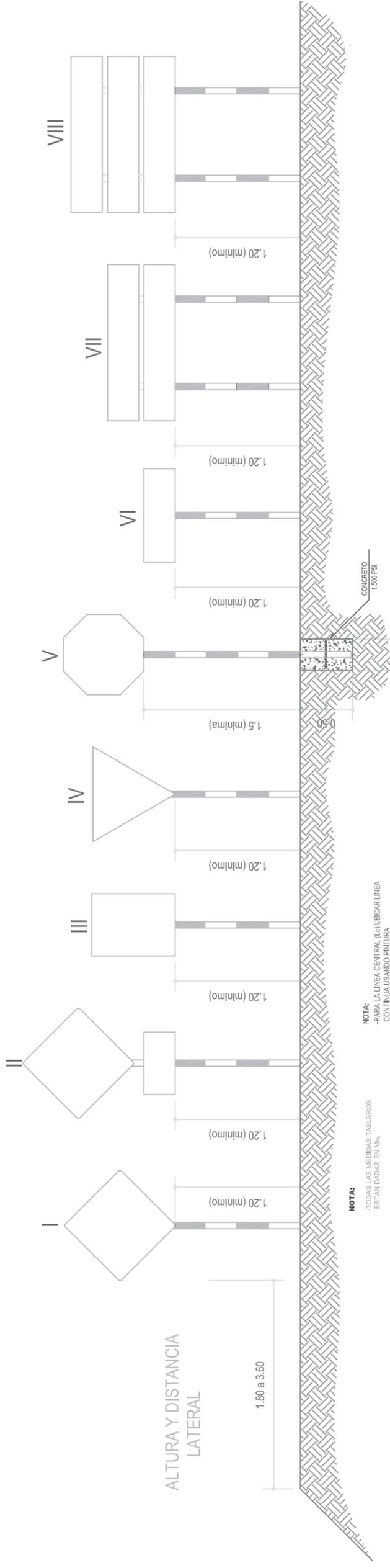
SEÑALIZACIÓN

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

ESCAL: INDICADA

ALLAN RENAND HERNÁNDEZ GUEVARA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESTRUCTURA DE LOS TABLEROS
Esc. 1/25

NOTA:

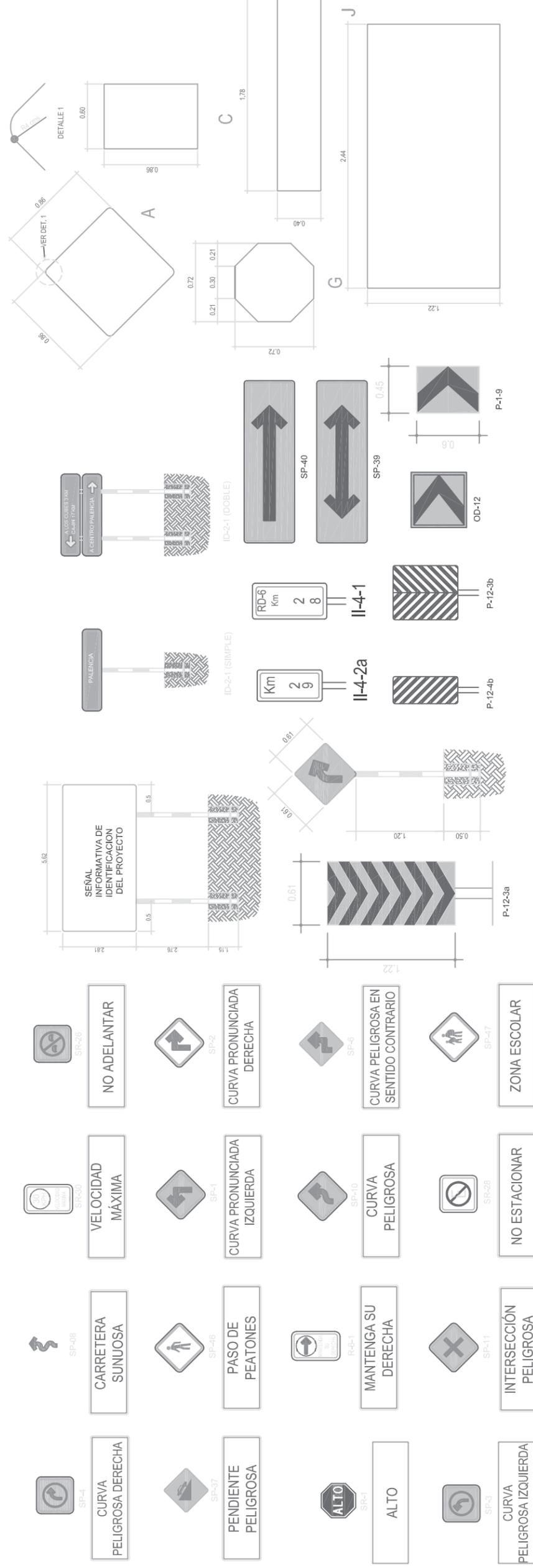
- TODAS LAS MEDIDAS TABLEROS ESTAN DADAS EN MIL.
- TODAS LAS SEÑALES DEBERAN CIMENTARSE CON CONCRETO SIMPLE DE 1800 PSI DE 30 X 30 X 50.
- LOS DELINEADORES DE CONCRETO O METAL DEBERAN COLOCARSE A CADA 20MS. EN TANGENTE Y A CADA 10MS. EN CURVA COMO MINIMO Y/O SEGUIR LAS INDICACIONES DEL CENTROINGENIERO (VER TABLA).
- LA DISTANCIA LATERAL MINIMA ES DE: 460 CM. LA DISTANCIA LATERAL MAXIMA ES DE: 560 CM. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS.
- EL DELEGADO RESIDENTE EN UN CASO PARTICULAR PODRA HACER SU PROPIO DISEÑO.

NOTA:

- PARA LA LINEA CENTRAL (C) UBICAR LINEA CONTINUA USANDO PINTURA TERMOPLASTICA DE COLOR AMARILLO CON DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACION NOCTURNA (OJOS DE GATO) A CADA 10 m.
- PARA LAS LINEAS LATERALES (ORILLA DE HOMBROS) UBICAR LINEA CONTINUA USANDO PINTURA TERMOPLASTICA DE COLOR BLANCO CON DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACION NOCTURNA (OJOS DE GATO) A CADA 10 m. EN LA CURVA EXTERNA COMO SE INDICA EN PLANTA.
- LOS OJOS DE GATO DEBERAN SER DE 4" X 4" EN AMBOS SENTIDOS Y EN LA C.

- ALTO, PROHIBICIÓN Y REGLAMENTACIÓN**
- PASO PERMITIDO
 - PREVENCIÓN GENERAL
 - SERVICIOS AUXILIARES Y ORIENTACIÓN DIRECCIONAL
 - REGLAMENTACIÓN E INFORMACIÓN
- ROJO**
- VERDE**
- AMARILLO**
- AZUL**
- BLANCO**
- NEGRO**

TIPOS DE TABLEROS





FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PARA
LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

ALLAN RENAND HERNANDEZ GUEVARA
ESCALA PLANTA 1:2000
ESCALA VERTICAL: 1:400

AGOST. 2010
HOJA 9
10

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA
PARA LIBRAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PALENCIA

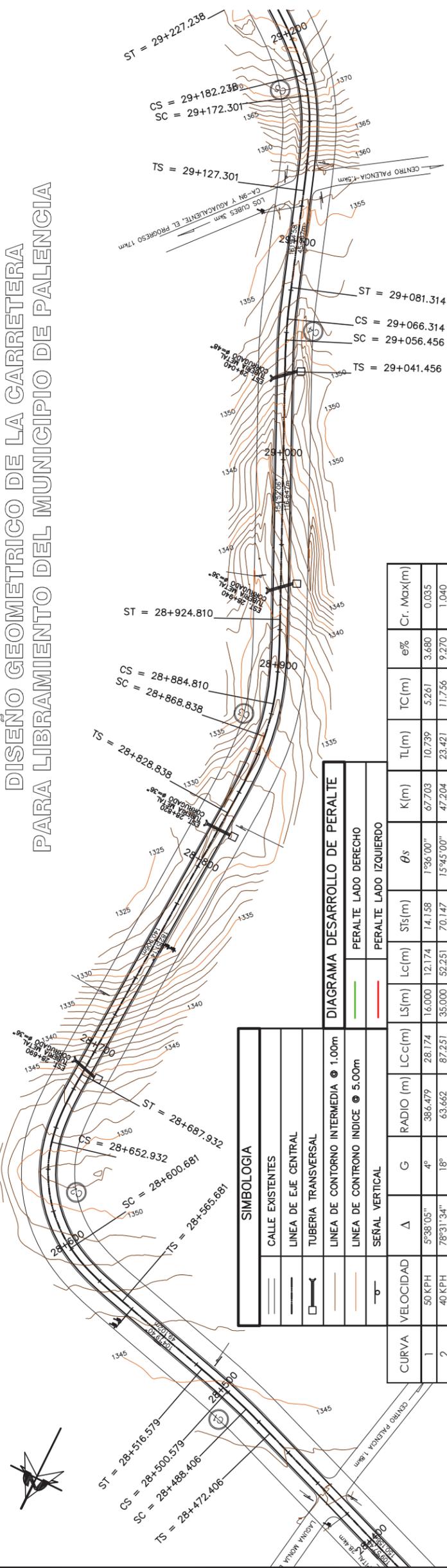
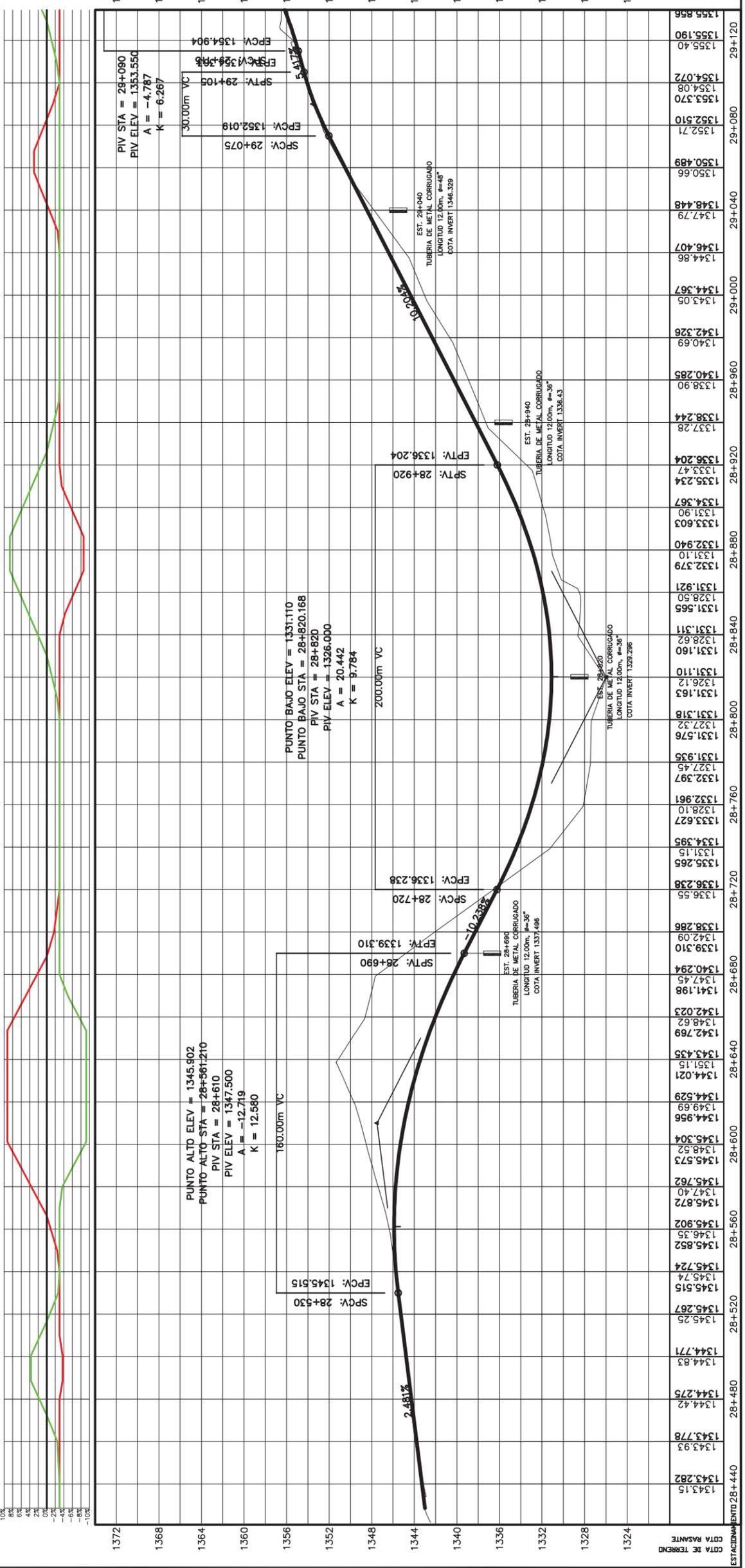


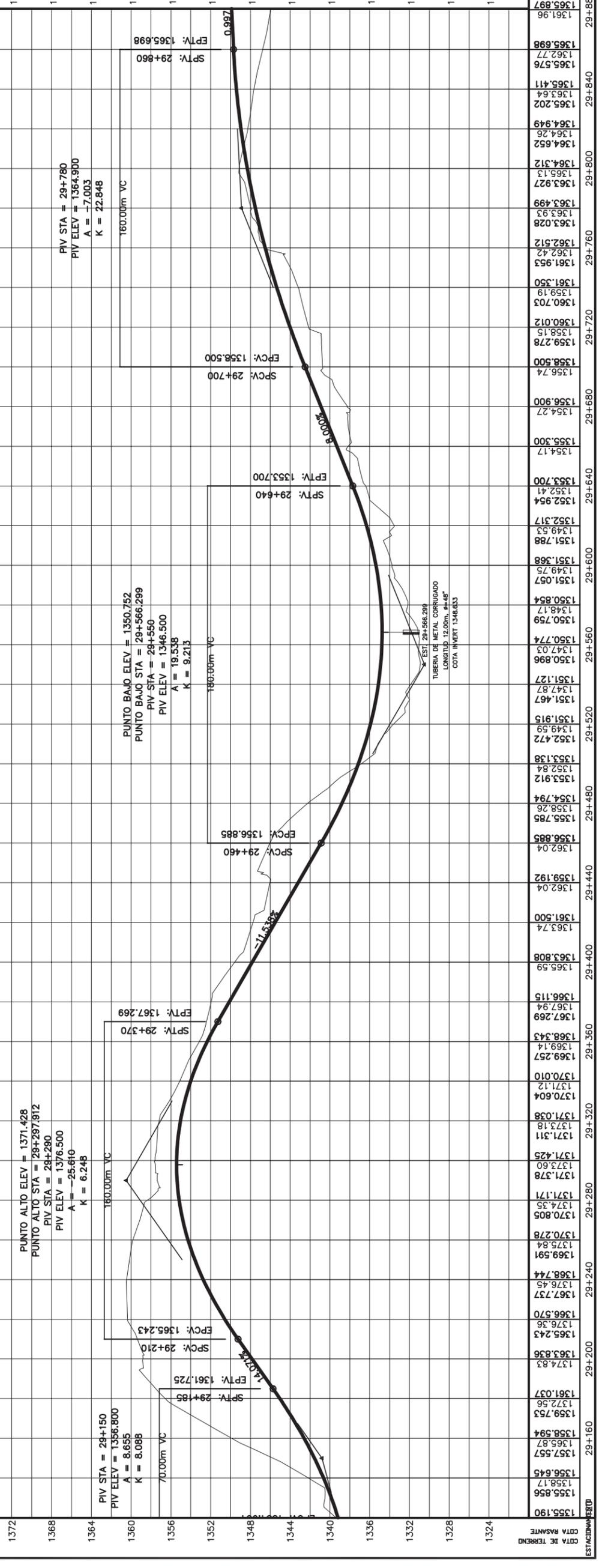
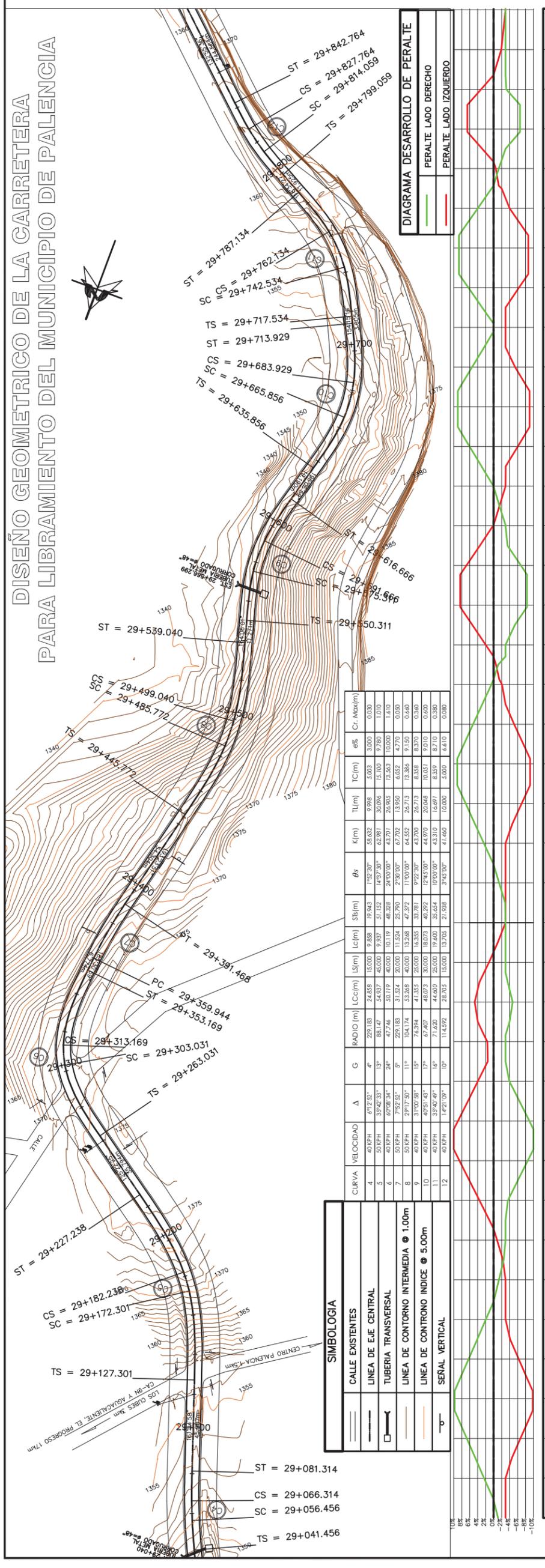
DIAGRAMA DESARROLLO DE PERALTE

CURVA	VELOCIDAD	Δ	G	RADIO (m)	LC (m)	LS (m)	Lc1 (m)	Sts (m)	θs	K (m)	Tl (m)	Tc (m)	e%	Cr. Max (m)	PERALTE	
															LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
1	50 KPH	5°38'05"	4°	386.479	28.174	16.000	12.174	14.158	1°36'00"	67.703	10.739	5.261	3.680	0.035		
2	40 KPH	7°31'34"	18°	63.662	87.251	35.000	52.251	70.147	15°45'00"	47.204	23.421	11.736	9.270	1.040		
3	50 KPH	27°59'08"	10°	114.592	55.971	40.000	15.971	48.680	10°00'00"	67.703	26.704	13.378	8.670	0.600		

PERALTE LADO DERECHO

ESTACIONAMIENTO	PERALTE
28+400	0.000
28+450	0.000
28+500	0.000
28+550	0.000
28+600	0.000
28+650	0.000
28+700	0.000
28+750	0.000
28+800	0.000
28+850	0.000
28+900	0.000
28+950	0.000
29+000	0.000
29+050	0.000
29+100	0.000
29+120	0.000





ESTACION	PERALTE DERECHO (%)	PERALTE IZQUIERDO (%)	ELEVACION TERRENO
29+150	0.00	0.00	1355.190
29+160	0.00	0.00	1355.856
29+170	0.00	0.00	1357.557
29+180	0.00	0.00	1358.87
29+190	0.00	0.00	1358.594
29+200	0.00	0.00	1359.753
29+210	0.00	0.00	1372.56
29+220	0.00	0.00	1374.83
29+230	0.00	0.00	1374.55
29+240	0.00	0.00	1370.805
29+250	0.00	0.00	1371.171
29+260	0.00	0.00	1371.378
29+270	0.00	0.00	1373.60
29+280	0.00	0.00	1371.425
29+290	0.00	0.00	1371.311
29+300	0.00	0.00	1370.604
29+310	0.00	0.00	1371.038
29+320	0.00	0.00	1370.010
29+330	0.00	0.00	1369.257
29+340	0.00	0.00	1369.14
29+350	0.00	0.00	1368.343
29+360	0.00	0.00	1367.269
29+370	0.00	0.00	1367.94
29+380	0.00	0.00	1366.115
29+390	0.00	0.00	1365.59
29+400	0.00	0.00	1363.808
29+410	0.00	0.00	1363.74
29+420	0.00	0.00	1361.500
29+430	0.00	0.00	1362.04
29+440	0.00	0.00	1359.192
29+450	0.00	0.00	1362.04
29+460	0.00	0.00	1356.885
29+470	0.00	0.00	1358.26
29+480	0.00	0.00	1354.794
29+490	0.00	0.00	1353.912
29+500	0.00	0.00	1352.84
29+510	0.00	0.00	1353.138
29+520	0.00	0.00	1352.472
29+530	0.00	0.00	1349.59
29+540	0.00	0.00	1351.915
29+550	0.00	0.00	1347.87
29+560	0.00	0.00	1351.467
29+570	0.00	0.00	1348.87
29+580	0.00	0.00	1350.759
29+590	0.00	0.00	1348.17
29+600	0.00	0.00	1350.854
29+610	0.00	0.00	1349.75
29+620	0.00	0.00	1351.057
29+630	0.00	0.00	1349.53
29+640	0.00	0.00	1351.788
29+650	0.00	0.00	1352.317
29+660	0.00	0.00	1352.954
29+670	0.00	0.00	1352.700
29+680	0.00	0.00	1354.27
29+690	0.00	0.00	1356.900
29+700	0.00	0.00	1354.27
29+710	0.00	0.00	1355.300
29+720	0.00	0.00	1354.17
29+730	0.00	0.00	1353.700
29+740	0.00	0.00	1352.954
29+750	0.00	0.00	1352.317
29+760	0.00	0.00	1351.788
29+770	0.00	0.00	1349.53
29+780	0.00	0.00	1351.953
29+790	0.00	0.00	1349.75
29+800	0.00	0.00	1351.057
29+810	0.00	0.00	1348.17
29+820	0.00	0.00	1350.854
29+830	0.00	0.00	1348.17
29+840	0.00	0.00	1350.759
29+850	0.00	0.00	1348.17
29+860	0.00	0.00	1350.854
29+870	0.00	0.00	1348.17
29+880	0.00	0.00	1350.759
29+890	0.00	0.00	1348.17
29+900	0.00	0.00	1350.854
29+910	0.00	0.00	1348.17
29+920	0.00	0.00	1350.759
29+930	0.00	0.00	1348.17
29+940	0.00	0.00	1350.854
29+950	0.00	0.00	1348.17
29+960	0.00	0.00	1350.759
29+970	0.00	0.00	1348.17
29+980	0.00	0.00	1350.854
29+990	0.00	0.00	1348.17
30+000	0.00	0.00	1350.759