

Adecuación de diseño para la ampliación vial de la Ruta Nacional No.147 (Radial Lindora) y obras conexas entre el puente sobre el río Corrogres incluyendo las transiciones en ambas márgenes y el puente sobre el río Virilla, así como el acompañamiento técnico durante la construcción de las obras.

Anexo No.6 Diseño geométrico

PÁGINA DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

ANEXO No.6 DISEÑO GEOMÉTRICO

INDICE

1	Introducción y objeto	4
2	Criterios de diseño del trazado	4
2.1	Clasificación funcional	4
2.2	Alineamiento horizontal	5
2.2.1	Velocidad	5
2.2.2	Alineaciones rectas.....	5
2.2.3	Radios mínimos	6
2.2.4	Distancia de visibilidad de parada:.....	6
2.2.5	Longitud de alineación circular	7
2.2.6	Relación radios y peraltes	7
2.2.7	Curvas de transición y peraltes	8
2.2.8	Peraltes	9
2.2.9	Datos de alineamiento Horizontal	10
2.3	Alineamiento vertical	11
2.4	Acuerdos verticales	13
2.5	Sección transversal.....	15
2.5.1	Sección tipo	15
2.5.2	Sobre anchos en curvas.....	16
2.5.3	Parada Buses	16
2.6	Datos de diseño geométrico	17
2.7	Señalización y Seguridad Vial.	17

1 Introducción y objeto

Este informe de Diseño Geométrico se elabora dentro de los términos de la consultoría para la “Adecuación de diseño para la ampliación vial de la ruta nacional No.147 (Radial Lindora) y obras conexas entre el puente sobre el río Corrogres incluyendo las transiciones en ambas márgenes y el puente sobre el río Virilla, así como el acompañamiento técnico durante la construcción de las obras”, en adelante Proyecto.

El documento tiene como objeto definir los criterios del trazado geométrico del estudio con el fin de:

- Establecer los criterios fundamentales del diseño geométrico, que se derivan de la norma de referencia “Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. 3ª edición, 2011”.
- Análisis del cumplimiento de los parámetros de diseño geométrico en alineamiento horizontal y vertical.
- Definir las secciones transversales del estudio.

Para la realización del estudio se ha considerado la siguiente normativa:

- “Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras”. 3ª edición, 2011.
- “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”. AASHTO 2011 6th Edition

Las referencias a expresiones, tablas, figuras, otros al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (en adelante Manual) o a la norma AASHTO 2011 aparecen con su numeración original entre corchetes ([...]).

2 Criterios de diseño del trazado

En este apartado se detallan los parámetros que deben ser considerados durante el proceso de diseño de una vía de acuerdo con el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras en su versión 2011 (SIECA 2011)

2.1 Clasificación funcional

De acuerdo con el Manual, el proceso de diseño inicia con identificar la función que la vía va a tener. Del estudio de tránsito y de acuerdo con el nivel de servicio que se requiere y de la composición del tránsito se puede seleccionar un rango de velocidades de diseño y un conjunto de parámetros horizontales y verticales que regirán el diseño.

En [Manual, Cuadro 1.3] se encuentra una clasificación básica con 12 tipos de carreteras, que sin ser exhaustiva ofrece un punto de partida para la elección de la clase de carretera a proyectar:

Tabla 1 Clasificación funcional de las carreteras. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Función	Clase	Nomenclatura	TPD	N.º de carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	Autopista	AA	>20,000	6-8
	Arterial Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arterial Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	Arterial Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arterial Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	Colector Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colector Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	Colector Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colector Menor Urbana	CU	500-3,000	2
LOCAL	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbano	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

El Proyecto atraviesa una serie de sitios comerciales, oficentros y centros de servicio, por lo que corresponde a un entorno urbano que de acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se clasifica como un Colector Mayor Urbano (CMU).

2.2 Alineamiento horizontal

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

- Categoría de la carretera.
- Topografía del área.
- Velocidad de proyecto.
- Distancia de visibilidad.
- Coordinación con el perfil.
- Costos de construcción, operación y mantenimiento.

Estos elementos deben analizarse para que el diseño responda al usuario con una propuesta segura y económica, considerando el entorno urbano y a la vez, adecuando a su categoría, según la Clasificación Funcional para diseño.

2.2.1 Velocidad

La velocidad de diseño es un parámetro determinante en el cálculo del resto de elementos del trazado, además de ser unos de los factores más importantes para el viajero al seleccionar opciones de itinerarios o modos de transporte.

En *[Manual, apartado 2.4.7(c)]* se encuentran algunas referencias a velocidades de diseño para determinadas categorías de carreteras que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2 Velocidad de diseño según tipo de carretera. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

TIPO DE CARRETERA	VELOCIDAD (Km/h)
Autopistas y carreteras arteriales principales en áreas rurales	110
Colectoras de carriles múltiples en áreas suburbanas y rurales	80 - 100
Colectoras	30 - 80
Vecinales	20 - 60
Calles arteriales, locales y colectoras	30 - 75
Calles arteriales a través de zonas comerciales concurridas	20 - 40
Calles y carreteras arteriales urbanas	40 - 80

La Ruta Nacional No.147 es una vía ubicada dentro de un entorno de desarrollo inmobiliario de gran plusvalía, con una serie de edificaciones consolidadas a su alrededor. Por esto, se prevé alcanzar una velocidad máxima de 60 Km/h.

En las vías marginales y demás conectores la velocidad máxima permitida será de 30 Km/h, limitación impuesta desde el punto de vista de la seguridad.

2.2.2 Alineaciones rectas

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, se recomienda evitar longitudes de rectas superiores a:

$$L_{máx,r}$$

Ecuación 1

En donde:

$L_{máx,r}$: Longitud máxima de la recta en metros.

V: Velocidad de diseño, en Km/h.

En la Tabla 3 se indican las longitudes máximas de recta para el rango de velocidades del presente proyecto:

Tabla 3. Longitud máxima de recta. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

VELOCIDAD	$L_{máx,r}$
30	600
40	800
50	1000
60	1200

2.2.3 Radios mínimos

El radio mínimo de una curva circular es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada. Está directamente relacionado con la velocidad de diseño elegida, el peralte máximo y el máximo factor de fricción lateral.

Un vehículo que circula a lo largo de una curva circular puede sufrir una salida de la vía, excluida cualquier acción externa, por las siguientes causas:

- El peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad
- La fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo

Los radios mínimos de curva circular se calculan con la siguiente expresión:

$$R_{mín\,cir} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{máx} + f_{máx})}$$

Ecuación 2

En donde:

$R_{mín\,cir}$: Radio mínimo de curva circular, en metros.

V: Velocidad de diseño, en Km/h.

$e_{máx}$: Tasa de sobreelevación, en fracción decimal.

El uso de radios más reducidos a los calculados a continuación, solamente puede lograrse con peraltes forzados o con coeficientes de fricción lateral que, por otro lado, pueden no estar garantizados por la adherencia de las llantas con la superficie de rodamiento de la carretera.

El factor de fricción lateral se encuentra tabulado en el Exhibit 3.12 AASHTO y [Manual, cuadro 3.6]

Tabla 4 Sobreelevación máxima según zonas. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

VELOCIDAD	$f_{máx}$
20	0.35
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, cuanto mayor es la velocidad, menor es la adherencia con la superficie de rodamiento de la carretera.

Respecto a la máxima tasa de peralte aplicable no existe un valor universalmente aplicable, por lo que se recurre al uso de un rango que en [Manual, apartado 3.2.1] se resume en:

Tabla 5 Tasas máximas de peralte. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Tasa de peralte	Uso
12%	Valor excepcional
10%	Áreas rurales montañosas, sin nieve o hielo
8%	Máximo razonable
6%	Áreas suburbanas
4%	Áreas urbanas

En calles urbanas de baja velocidad puede obviarse el uso de peralte, siempre que se asegure un correcto drenaje de la plataforma.

Para el presente diseño se ha optado por establecer un valor conservador, por ello el peralte máximo se fija en $e_{máx}=4\%$.

Con estos parámetros, los radios mínimos que se obtienen para las diferentes velocidades de diseño son:

Tabla 6 Radios mínimos en función de la velocidad. Fuente: Elaboración propia

VELOCIDAD (km/h)	$f_{máx}$	$e_{máx}$	$R_{mín}$
20	0.35	0.04	8.1
30	0.28	0.04	22.1
40	0.23	0.04	46.7
50	0.19	0.04	85.6
60	0.17	0.04	135.0
70	0.15	0.04	203.1
80	0.14	0.04	280.0

2.2.4 Distancia de visibilidad de parada:

El trazado deberá garantizar que la visibilidad en todo punto, es igual o superior a la distancia de parada. La distancia de parada debe calcularse teniendo en cuenta la inclinación de la rasante. Especialmente en rasantes pronunciadas, el efecto de la inclinación en la distancia de parada es importante, en la formulación empleada, este efecto se tiene en cuenta en el segundo término de la siguiente ecuación:

$$Dp = \frac{v * tp}{3.6} + \frac{v^2}{254(f \pm G)}$$

Ecuación 3

Donde:

v = Velocidad inicial, kilómetros por hora.

t = Tiempo de percepción y reacción, que ya se indicó es de 2.5 s.

El tiempo de reacción para actuar y frenar es el intervalo que ocurre desde el instante en que el conductor percibe la existencia de un objeto o peligro en la carretera adelante, hasta que el conductor logra reaccionar aplicando los frenos. Los cuatro componentes de la reacción en respuesta a un estímulo exterior se conocen por sus iniciales PIEV, que corresponden a percepción, intelección, emoción y volición. Diversos estudios sobre el comportamiento de los conductores han permitido seleccionar un tiempo de reacción de 2.5 segundos, que se considera apropiado para situaciones complejas, por lo tanto más adversas. La distancia de visibilidad de parada en su primer componente, d1, se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor.

La distancia de frenado, d2, se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

$$d2 = \frac{v^2}{254(f \pm G)} (m)$$

Ecuación 4

Donde:

v = velocidad inicial, kilómetros por hora.

f = coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento (para este caso 0.17).

G= Es la pendiente en tanto por uno (positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada).

El factor f no es único, es un valor experimental que decrece en proporción inversa las velocidades y está sujeto a cambios tomando en cuenta la influencia de las siguientes variables:

- Diseño y espesor de la huella de la llanta, resistencia a la deformación y dureza del material de la huella.
- Condiciones y tipos de superficies de rodamiento de las carreteras.
- Condiciones meteorológicas.
- Eficiencia de los frenos y del sistema de frenos del vehículo.

La investigación y la experiencia indican que el factor debe seleccionarse para reflejar las condiciones más adversas, por lo que los valores de f están referidos a pavimento húmedo, llantas en diferentes condiciones de desgaste y diferencias en las calidades de los conductores y sus vehículos. Las velocidades promedias de ruedo, en lugar de las velocidades de diseño, son otras referencias adicionales para la escogencia de los valores apropiados para el factor f.

2.2.5 Longitud de alineación circular

En [Manual, apartado 3.2.9] se expone como regla de aplicación práctica en el diseño de las longitudes de curva circular que las curvas deben tener al menos 150 m de desarrollo cuando el ángulo de deflexión sea de 5°, aumentándose 30 m por cada reducción de 1°; es decir:

Ecuación 5

$$L_{cir} = 150 + 30 \cdot (5 - \Delta)$$

En donde:

L_{cir} Longitud mínima de curva circular, en metros.

Δ Ángulo de deflexión, en grados sexagesimales.

Para aquellas curvas que presenten ángulos de deflexión mayores de 5° no hay condición alguna respecto de su longitud.

Sobre la longitud de la curva circular, el Manual establece unos valores mínimos en función de la velocidad de diseño en los siguientes casos:

Tabla 7 Valores mínimos de desarrollo de la curva. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Carretera	Carril (m)
Carreteras principales	3·Vd
Carreteras de alta velocidad con accesos controlados	6·Vd

Esta clasificación de las carreteras no coincide con los términos utilizados en el resto del Manual, tales como carretera arterial rural, colector mayor urbano y otros. Los desarrollos de curva circular que se obtienen son relativamente altos y en general están presentes en grandes corredores donde los trazados tienen longitudes importantes. En carreteras de menor entidad estas curvas largas pueden dificultar la adaptación del trazado a la topografía del terreno, y por lo tanto incurrir en sobrecostos; en áreas urbanas las restricciones de espacio son mayores aún.

Por tanto, en este proyecto no se ha considerado el parámetro de la longitud de curva circular como un elemento determinante del diseño.

2.2.6 Relación radios y peraltes

En [Manual, apartado 3.2.2] se establece la relación entre la velocidad de diseño, radio de curva circular y peralte. Se introduce un método para calcular cómo se distribuyen peralte y factor de fricción lateral en curvas cuyos radios son

mayores que el radio mínimo necesario para recorrerlas a la velocidad de diseño. Este apartado concluye con un conjunto de tablas en las que aparecen consignados los peraltes recomendados para diversos peraltes máximos, velocidades máximas y radios.

CUADRO 3.9 PERALTE RECOMENDADO, LONGITUD DE TRANSICIÓN Y DISTANCIA DE BOMBEO																			
e máximo = 4.0% B.N. = 3.0% ANCHO DE CALZADA = 7.20 m																			
RADIO	20 KPH			RADIO	30 KPH			RADIO	40 KPH			RADIO	50 KPH			RADIO	60 KPH		
	e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db
163	B.N.			371	B.N.			679	B.N.			951	B.N.			1310	B.N.		
102	2.0	11		237	2.0	17		441	2.0	22		632	2.0	28		877	2.0	34	
75	2.2	11		187	2.2	17		363	2.2	22		534	2.2	28		749	2.2	34	
51	2.4	11		132	2.4	17		273	2.4	22		435	2.4	28		626	2.4	34	
38	2.6	12		99	2.6	17		209	2.6	22		345	2.6	28		508	2.6	34	
30	2.8	13		79	2.8	17		167	2.8	22		283	2.8	28		422	2.8	34	
24	3.0	14	14	64	3.0	17	17	137	3.0	22	22	236	3.0	28	28	356	3.0	34	
20	3.2	14	13	54	3.0	17	17	114	3.2	22	21	199	3.2	28	26	303	3.2	34	
17	3.4	15	13	45	3.4	17	15	96	3.4	22	19	170	3.4	28	25	260	3.4	34	
14	3.6	16	13	38	3.6	17	14	95	3.4	22	19	148	3.6	28	23	222	3.6	34	
12	3.8	17	13	31	3.8	18	14	81	3.6	22	18	144	3.6	28	23	213	3.7	34	
8	4.0	14	11	22	4.0	19	14	67	3.8	22	17	121	3.8	28	22	187	3.8	34	
								47	4.0	22	17	86	4.0	28	21	135	4.0	34	

Figura 1. Peralte recomendado según velocidad, radio y peralte. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Estas tablas están creadas a partir de la norma AASHTO 2004, que ofrece un algoritmo de cálculo [AASHTO 2004, ecuaciones 3-11 a 3-24] para calcular un peralte para un radio R, fijada una velocidad y un peralte máximo. Es decir:

$$e = f(R, V, e_{m\acute{a}x})$$

Ecuación 6

2.2.7 Curvas de transición y peraltes

Para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta o tangente de una carretera a una determinada curva horizontal circular, los conductores desarrollan, a su manera, y en ocasiones invadiendo el carril vecino, una curva que podría denominarse de transición.

En los nuevos diseños se ha vuelto práctica común intercalar una curva de transición, que facilite a los conductores el recorrido seguro y cómodo de la curva, manteniendo el vehículo inscrito dentro de su carril y sin experimentar la violencia de la fuerza centrípeta que es propia de la circulación por dicha curva. El requerimiento especial de una curva de transición consiste en que su radio de curvatura pueda decrecer gradualmente desde el infinito en la tangente que se conecta con la espiral (TS) hasta el final de la espiral en su enlace con la curva circular (SC). En la situación de salida de la curva circular hacia la tangente (CS), se produce el desarrollo inverso hasta el contacto de la espiral con la tangente (ST). Esta condición produce un incremento y decremento gradual de la aceleración radial, que es bastante deseable en el diseño.

Como curva de transición se empleará la clotoide o espiral de Euler, la cual tiene como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera lineal y continua, el cambio en el valor del radio de curvatura desde el infinito en la tangente hasta el radio Rc que corresponda a la curva circular.

Por razones de seguridad y comodidad, la rotación de la sección transversal del pavimento debe efectuarse en una longitud que no sea perceptible para el conductor y para mejorar la apariencia, las orillas del pavimento no deben presentar distorsiones al conductor.

Sin embargo, debido a que se tiene una geometría con radios sumamente amplios en el tronco, no se ha realizado la inclusión de este elemento.

El diseño de longitudes de transición, en el alineamiento horizontal, incluye la transición del bombeo normal de una sección transversal en tangente al peralte necesario en curva y las curvas de transición entre tangente y curva circular que se incorporan en el alineamiento horizontal.

La transición del peralte se efectúa en dos distancias:

- 1) La distancia de bombeo (DB): es la longitud de carretera en la cual el peralte negativo de la sección transversal en tangente se gira hasta un peralte 0 %.
- 2) La distancia de transición (Ls): en la cual el peralte 0 % continúa girando hasta el peralte e_D% que le corresponde a la curva según la velocidad de diseño.

La transición del peralte, desde el valor 0% hasta el valor e_D% establecido para la curva circular, se realiza directamente sobre la curva de transición.

La longitud mínima de transición (Ls), se determinará con las expresiones:

Ecuación 7

$$L_s = \frac{w \cdot n_1 \cdot e_D}{\Delta} \cdot b_w$$

Ecuación 8

$$b_w = \frac{1 + 0,5 \cdot (n_1 - 1)}{n_1}$$

En donde:

- L_s Longitud de transición del peralte, en metros.
- w Ancho de carril de tráfico, en metros.
- n₁ Número de carriles a rotar.
- e_d Peralte de diseño, en porcentaje.
- b_w Factor de ajuste por número de carriles rotados [AASHTO, table 3-16]

Δ Máxima pendiente relativa [Manual, cuadro 3.8], porcentaje

Tabla 8 Máxima pendiente relativa permitida en la sobrelevación. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

VELOCIDAD	Δ (%)	Talud
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200

Además, para la longitud mínima de transición deberá cumplirse la siguiente condición [Manual, apartado 3.2.5 (a)]:

$$\text{Con } L_s \geq 2 \cdot \frac{V}{3,6}$$

Ecuación 9

En donde V, es la velocidad de proyecto en KPH considerada para la curva circular.

Distancia de bombeo (DB): es la longitud de carretera en la cual el peralte negativo del bombeo normal gira hasta alcanzar un peralte de 0%. Su cálculo se realiza mediante la expresión:

$$D_b = \frac{e_{NC}}{e_d} \cdot L_s$$

Ecuación 10

En donde:

- D_b Distancia de bombeo, en metros.
- e_{nc} Pendiente del bombeo normal, en tanto por ciento.
- e_d Tasa de peralte en la curva circular, en tanto por ciento.
- L_s Longitud de transición, en metros.

En la expresión [Manual 3-8] se observa que la distancia de bombeo es directamente proporcional a la longitud de transición; de esta relación se deduce que en el diagrama de peraltes las pendientes de ambas variaciones de peralte son idénticas:

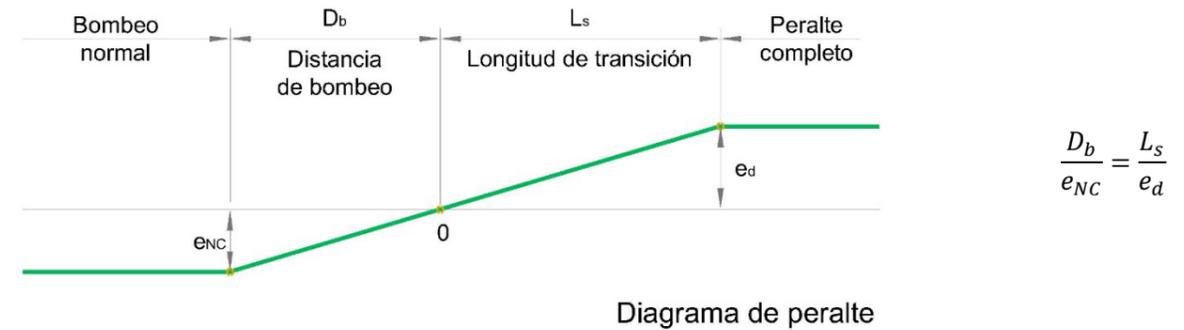


Figura 2 Modelo de desvanecimiento del peralte o sobrelevación. Fuente: Elaboración propia

2.2.8 Peraltes

El manual en [Manual, apartado 3.2.6] ofrece cuatro métodos específicos desarrollados a partir de la combinación de dos aspectos fundamentales:

- Punto de giro del peralte y aplicación de la rasante.
- Pendiente transversal de la corona en la alineación recta.

Como etapa fundamental para iniciar el diseño geométrico de un proyecto, una vez establecida la clasificación funcional de la vía, se deben definir los parámetros velocidad de proyecto y sobreelevación máxima.

Los valores máximos de este último están condicionados por los siguientes factores: condiciones climáticas, tipo de terreno (plano, ondulado o montañoso), desarrollo del suelo (rural o urbano) y la frecuencia de vehículos de circulación muy lenta (que podrían verse afectados por valores muy altos de sobreelevación).

Debido a lo anterior, es justificable que no se pueda establecer un solo valor generalizado para cualquier proyecto. Sin embargo, si es recomendable el uso de un valor uniforme en una región con clima y un desarrollo del suelo homogéneo.

Por otro lado, cuando la intensidad del tráfico y un gran desarrollo en la zona adyacente a la carretera tienden a limitar el uso de velocidades altas, es frecuente y recomendable la utilización de valores bajos de sobreelevación máxima con valores entre 4% y 6%.

Por lo tanto, de acuerdo a los límites razonados, se propondrá una sección con un peralte máximo del 4% de acuerdo al radio de cada curva planteada.

Asimismo, para definir la transición de peralte, en el [Manual, apartado 4.1.2], se diferencian 3 métodos de transición:

- Método (a): el punto de giro se encuentra centrado en la mediana.
- Método (b): la rotación se realiza alrededor del borde interior del pavimento.
- Método (c): cada calzada gira respecto de su propio eje.

La siguiente figura muestra las diferencias entre los tres métodos en carreteras con calzadas separadas:

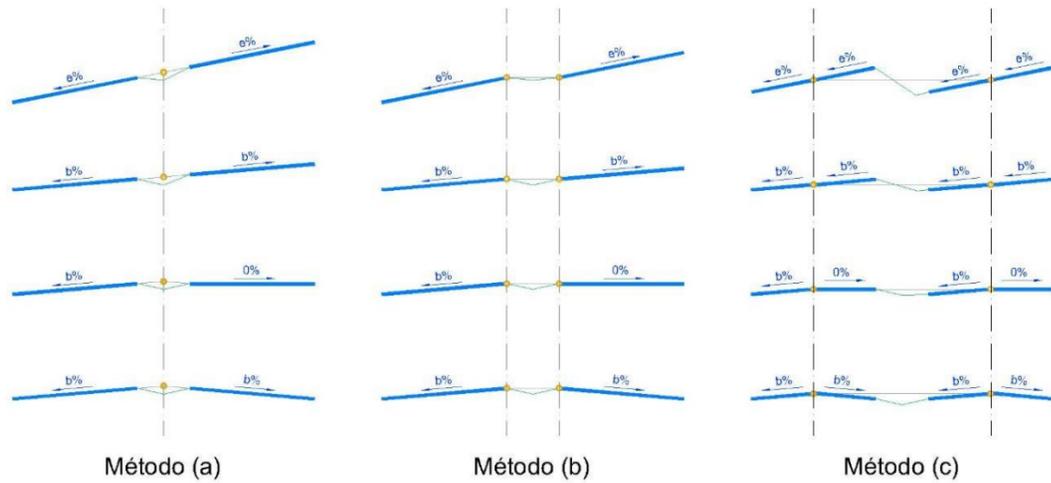


Figura 3. Método de transición del peralte.

En el caso particular del proyecto, se escoge diseñar utilizando el método C.

2.2.9 Datos de alineamiento Horizontal

Tabla 9 Resumen de datos alineamiento Horizontal

Datos del Alineamiento Horizontal.			
Tronco Principal EJE 1			
Alineamiento	Estacionamiento Inicial	Estacionamiento Final	Longitud(m)
Radio 1050 m	0+000.00m	0+045.37m	45.366m
Radio 1050 m	0+045.37m	0+092.55m	47.179m
Recta	0+092.55m	0+115.55m	23.000m
Radio 2000 m	0+115.55m	0+168.10m	52.553m
Radio 5000 m	0+168.10m	0+391.53m	223.433m
Recta	0+391.53m	0+496.94m	105.406m
Radio 4500 m	0+496.94m	0+619.84m	122.899m
Recta	0+619.84m	0+669.84m	50.000m
Radio 10000 m	0+669.84m	0+699.58m	29.739m
Radio 20000 m	0+699.58m	0+884.29m	184.715m
Recta	0+884.29m	1+004.47m	120.183m
Radio 20000 m	1+004.47m	1+077.16m	72.692m
Recta	1+077.16m	1+382.68m	305.511m
Radio 8000 m	1+382.68m	1+514.35m	131.669m
Radio 15000 m	1+514.35m	1+602.99m	88.643m
Recta	1+602.99m	2+201.57m	598.579m
Radio 2000 m	2+201.57m	2+243.11m	41.547m

Tabla 10 Resumen de datos alineamiento Horizontal

Datos del Alineamiento Horizontal.			
Marginal derecha EJE 2			
Alineamiento	Estacionamiento Inicial	Estacionamiento Final	Longitud(m)
Radio 500 m	0+000.00m	0+042.59m	42.587m
Radio 1200 m	0+042.59m	0+112.32m	69.735m
Recta	0+112.32m	0+236.19m	123.870m
Radio 5000 m	0+236.19m	0+395.52m	159.324m
Recta	0+395.52m	0+537.42m	141.903m
Radio 10000 m	0+537.42m	0+610.40m	72.984m
Recta	0+610.40m	0+775.19m	164.790m
Recta	0+775.19m	0+825.19m	50.000m
Radio 800 m	0+825.19m	0+868.44m	43.244m
Radio 1400 m	0+868.44m	0+940.72m	72.278m
Recta	0+940.72m	1+095.72m	155.000m
Radio 550 m	1+095.72m	1+137.41m	41.692m
Radio 550 m	1+137.41m	1+176.22m	38.813m
Recta	1+176.22m	1+203.85m	27.626m
Radio 5000 m	1+203.85m	1+252.01m	48.162m
Recta	1+252.01m	1+309.30m	57.290m
Radio 15000 m	1+309.30m	1+373.14m	63.847m
Recta	1+373.14m	1+868.15m	495.000m
Radio 380 m	1+868.15m	1+910.23m	42.090m
Radio 380 m	1+910.23m	1+947.42m	37.185m
Recta	1+947.42m	1+947.49m	0.076m

Tabla 11 Resumen de datos alineamiento Horizontal

Datos del Alineamiento Horizontal.			
Marginal izquierda EJE 3			
Alineamiento	Estacionamiento Inicial	Estacionamiento Final	Longitud(m)
Recta	0+005.00m	0+000.00m	5.000m
Radio 500 m	0+046.79m	0+005.00m	41.788m
Radio 500 m	0+102.23m	0+046.79m	55.446m
Recta	0+154.23m	0+102.23m	51.998m
Radio 5000 m	0+295.15m	0+154.23m	140.919m
Recta	0+392.45m	0+295.15m	97.298m
Radio 4500 m	0+526.52m	0+392.45m	134.071m
Recta	0+586.21m	0+526.52m	59.690m

Datos del Alineamiento Horizontal.			
Marginal izquierda EJE 3			
Alineamiento	Estacionamiento Inicial	Estacionamiento Final	Longitud(m)
Radio 20000 m	0+774.34m	0+586.21m	188.133m
Recta	0+974.34m	0+774.34m	200.000m
Radio 5000 m	1+027.07m	0+974.34m	52.729m
Radio 5000 m	1+061.81m	1+027.07m	34.740m
Recta	1+281.81m	1+061.81m	220.000m
Radio 300 m	1+315.09m	1+281.81m	33.283m
Radio 380 m	1+365.67m	1+315.09m	50.575m
Recta	1+373.67m	1+365.67m	8.000m
Radio 380 m	1+403.74m	1+373.67m	30.068m
Radio 380 m	1+441.38m	1+403.74m	37.643m
Recta	1+477.18m	1+441.38m	35.802m
Radio 20000 m	1+518.07m	1+477.18m	40.886m
Recta	1+978.07m	1+518.07m	460.000m
Radio 380 m	2+016.86m	1+978.07m	38.793m
Radio 380 m	2+045.87m	2+016.86m	29.011m
Recta	2+048.20m	2+045.87m	2.323m

2.3 Alineamiento vertical

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene el alineamiento vertical o perfil del eje de la carretera. El alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas, caracterizándose las tangentes por su longitud y pendiente y se limitan por dos curvas verticales sucesivas.

La longitud de la tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre la diferencia de nivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma, expresándola en porcentaje.

La curva vertical tiene por objeto suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical, en cuya longitud se efectúa el paso gradual de la pendiente de entrada y la pendiente de salida, debiendo dar por resultado un camino de operación segura y confortable, agradable en apariencia y características de drenaje adecuadas.

El sentido de las pendientes se define según avance del estacionamiento del alineamiento horizontal, siendo positivas aquellas pendientes que implican un aumento de cota y negativas las que producen un descenso de la cota correspondiente.

En el caso específico de este proyecto se debe aclarar que en el inicio de proyecto se ajusta a las condiciones de borde de la vialidad existente y además, al final del proyecto, se realiza el ajuste a la sección transversal del proyecto: Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el Rio Virilla Ruta Nacional No147 "Radial Lindora", teniendo como referencia la elevación de altura para rasante en el eje de la vía, la cota de elevación 856.005 en el estacionamiento 2+148.11, con un bombeo transversal del 2.00%, ajustándose a las condiciones del proyecto mencionado.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los parámetros verticales adoptados en el diseño.

Tabla 12 Resumen de datos alineamiento vertical

Datos del Alineamiento Vertical		
Tronco Principal Eje 1		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
0+000.00	0+008.902	-2.632
0+008.902	0+058.902	Acuerdo Columpio L50.00m k=60.09
0+058.902	0+061.747	-1.800%
0+061.747	0+203.747	Acuerdo Columpio L142.00m k=38.69
0+203.747	0+282.942	-1.870%
0+282.942	0+407.942	Acuerdo Cresta L125.00m k=43.55
0+407.942	0+412.178	1.000%
0+412.178	0+472.178	Acuerdo Cresta L60.000m k=50.00
0+472.178	0+487.957	-2.200%
0+487.957	0+562.957	Acuerdo Columpio L75.00m k=44.12
0+562.957	0+567.108	-0.500%
0+567.108	0+627.108	Acuerdo Columpio L60.00m k=53.10
0+627.108	0+727.902	0.630%
0+727.902	0+807.902	Acuerdo Columpio L80.00m k=80.47
0+807.902	0+811.891	1.600%
0+811.891	0+851.891	Acuerdo Cresta L40.000m k=19.05
0+851.891	0+852.986	-0.500%
0+852.986	0+887.986	Acuerdo Columpio L35.00m k=30.43
0+887.986	0+960.622	0.650%
0+960.622	1+040.622	Acuerdo Columpio L80.00m k=800.00
1+040.622	1+111.492	0.750%
1+111.492	1+196.492	Acuerdo Columpio L85.00m k=62.24
1+196.492	1+197.453	2.116%
1+197.453	1+257.453	Acuerdo Cresta L60.00m k=183.84
1+257.453	1+328.004	2.425%

Datos del Alineamiento Vertical		
Tronco Principal Eje 1		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
1+328.004	1+468.004	Acuerdo Cresta L80.00m k=2263.58
1+468.004	1+468.137	2.390%
1+468.137	1+588.137	Acuerdo Cresta L120.00m k=94.40
1+588.137	1+754.976	1.118%
1+754.976	1+834.976	Acuerdo Cresta L80.00m k=1164.81
1+834.976	1+964.705	1.050%
1+964.705	2+044.705	Acuerdo Cresta L80.00m k=29.96
2+044.705	2+046.060	-1.620%
2+046.060	2+113.060	Acuerdo Cresta L67.00m k=23.93
2+113.060	2+148.11	-4.42%

Tabla 13 Resumen de datos alineamiento vertical

Datos del Alineamiento Vertical		
Marginal Derecha Eje 2		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
0+000.00	0+037.136	1.820%
0+037.136	0+080.136	Acuerdo Cresta L43.00m k=61.67
0+080.136	0+080.359	1.123%
0+080.359	0+172.359	Acuerdo Cresta L92.00m k=43.15
0+172.359	0+179.992	-1.008%
0+179.992	0+234.992	Acuerdo Cresta L55.00m k=46.47
0+234.992	0+253.533	-2.192%
0+253.533	0+328.533	Acuerdo Columpio L75.00m k=43.94
0+328.533	0+332.301	-0.486%
0+332.301	0+392.301	Acuerdo Columpio L60.00m k=53.75
0+392.301	0+492.175	0.630%

Datos del Alineamiento Vertical		
Marginal Derecha Eje 2		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
0+492.175	0+572.175	Acuerdo Columpio L80.00m k=83.88
0+572.175	0+576.759	1.584%
0+576.759	0+616.759	Acuerdo Cresta L40.000m k=19.26
0+616.759	0+617.682	-0.492%
0+617.682	0+652.682	Acuerdo Columpio L35.00m k=30.75
0+652.682	0+895.325	0.646%
0+895.325	0+995.325	Acuerdo Columpio L100.00m k=40.46
0+995.325	1+028.310	3.117%
1+028.310	1+088.310	Acuerdo Cresta L60.000m k=55.84
1+088.310	1+129.036	2.043%
1+129.036	1+189.036	Acuerdo Cresta L60.000m k=174.42
1+189.036	1+233.253	2.387%
1+233.253	1+353.253	Acuerdo Cresta L120.000m k=94.71
1+353.253	1+484.849	1.120%
1+484.849	1+624.849	Acuerdo Cresta L140.000m k=2028.23
1+624.849	1+734.334	-1.051%
1+734.334	1+874.334	Acuerdo Cresta L140.000m k=26.58
1+874.334	1+947.591	-4.216%

Tabla 14 Resumen de datos alineamiento vertical

Datos del Alineamiento Vertical		
Calle marginal Izquierda eje 3		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
0+000.00	0+000.292	-0.463%
0+000.292	0+094.292	Acuerdo Columpio L93.46m k=40.00
0+094.292	0+167.761	1.868%
0+167.761	0+287.761	Acuerdo Cresta L120.000m k=44.06

Datos del Alineamiento Vertical		
Calle marginal Izquierda eje 3		
Estacionamiento Inicial	Estacionamiento final	Pendiente
0+287.761	0+290.133	-0.855%
0+290.133	0+358.133	Acuerdo Cresta L68.000m k=50.62
0+358.133	0+374.213	-2.199%
0+374.213	0+449.213	Acuerdo Columpio L75.00m k=43.81
0+449.213	0+453.891	-0.487%
0+453.891	0+513.391	Acuerdo Columpio L60.00m k=53.43
0+513.391	0+612.894	0.635%
0+612.894	0+687.894	Acuerdo Columpio L75.00m k=86.25
0+687.894	0+699.536	1.505%
0+699.536	0+735.536	Acuerdo Cresta L36.000m k=19.39
0+735.536	0+743.910	-0.352%
0+743.910	0+773.91	Acuerdo Columpio L30.00m k=29.95
0+773.91	0+813.753	-0.650%
0+813.753	0+953.753	Acuerdo Columpio L140.00m k=1510.63
0+953.753	0+992.242	0.742%
0+992.242	1+112.242	Acuerdo Columpio L120.00m k=71.68
1+112.242	1+245.085	2.417%
1+245.085	1+325.085	Acuerdo Cresta L80.000m k=55.103
1+325.085	1+382.089	2.271%
1+382.089	1+472.089	Acuerdo Cresta L90.000m k=77.89
1+472.089	1+647.711	1.116%
1+647.711	1+727.711	Acuerdo Cresta L80.00m k=1215.66
1+727.711	1+851.039	1.050%
1+851.039	1+931.210	Acuerdo Cresta L80.17m k=30.00
1+931.210	1+948.399	-1.622%
1+948.399	2+008.399	Acuerdo Cresta L60.17m k=23.79
2+008.399	2+048.195	-4.144%

El diseño del alineamiento vertical está condicionado principalmente por:

- Clasificación funcional del camino y composición del tránsito
- Topografía del área que atraviesa
- Diseño del alineamiento horizontal y su velocidad de diseño correspondiente
- Distancias de visibilidad
- Drenaje
- Valores estéticos y ambientales
- Costos de construcción

La topografía del terreno atravesado tiene una gran influencia en el alineamiento. Para caracterizar sus variaciones, se clasifican en tres tipos, de acuerdo con la pendiente del terreno:

- Terreno plano: Es esa condición donde las distancias de visibilidad de diseño vial, en cuanto están gobernadas por las restricciones horizontales y verticales, son generalmente largas o podrían ser así, sin ocasionar mayores dificultades ni grandes gastos de construcción.
- Terreno ondulado: Es la condición donde las pendientes naturales son ascendentes y descendentes y en consecuencia las pendientes de la carretera se elevan o bajan, y donde ocasionalmente las pendientes fuertes provocan algunas restricciones a los alineamientos en horizontal y vertical.
- Terreno montañoso: Es aquel que presenta dificultades y altos costos de construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, los cuales se requieren para logran alineamientos horizontales y verticales aceptables.

El siguiente cuadro muestra una clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales:

Tabla 15. Tipo de terreno en función de la pendiente natural del terreno. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera

Tipo de terreno	Rango de pendientes (%)
Llano o Plano	$P \leq 5 \%$
Ondulado	$5 \% > P \geq 15 \%$
Montañoso	$> P \geq 30 \%$

En este proyecto se opta por un diseño para tipo de terreno plano, de acuerdo al análisis de pendientes existentes llevado a cabo.

2.4 Acuerdos verticales

Curvas verticales en cresta: En [Manual, apartado 3.3.2(a)] se definen las curvas verticales en cresta. Las ecuaciones básicas para calcular la longitud de una curva vertical son:

$$L = \frac{A \cdot S^2}{100 \cdot (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \text{ si } S < L$$

[Manual 3-10]

Ecuación 11

$$L = 2S - \frac{200 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad \text{si } S > L$$

[Manual 3-11]

Ecuación 12

En donde:

- L Longitud de la curva vertical, en metros.
- S Distancia de visibilidad, en metros.
- A Diferencia de pendientes, en porcentaje.
- h₁ Altura del ojo, en metros (1.08 m para visibilidad de parada).
- h₂ Altura del objeto sobre la superficie, en metros (0.60 m para visibilidad de parada).

Considerando que el uso de distancias de visibilidad de adelantamiento conduce a curvas verticales excesivamente largas se recomienda realizar los cálculos con la distancia de **visibilidad de parada**.

De antemano no se puede precisar que ecuación se debe tomar, pues la elección depende de la comparación entre la distancia de parada y la longitud de la curva, y es precisamente esta última la que se pretende calcular.

En [Manual, cuadro 3.23] aparecen tabulados los valores mínimos de la tasa de curvatura vertical (K) para diversas velocidades:

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95.0	95

K = Longitud (m) por porcentaje de A

Cuadro 3.23. Control de Diseño para Curva Vertical en Cresta para Distancia de Visibilidad de Parada

Tabla 16 Tasa de curvatura vertical en cresta. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Tasa de curvatura vertical

Velocidad (KPH)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Calculada	Para diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26

Curvas verticales en columpio: En lo que se refiere a las tasas de curvatura vertical de curvas en columpio [Manual, cuadro 3.25], en el Manual se ha seguido el mismo procedimiento de cálculo que el aquí expuesto para las curvas en cresta. Las ecuaciones a utilizar con las curvas en columpio son:

$$L = \frac{A \cdot S^2}{200 \cdot (0.6 + S \cdot \tan 1^\circ)} \quad \text{si } S < L$$

[Manual 3-16] [AASHTO 2004 3-47]

$$L = 2S - \frac{200 \cdot (0.6 + S \cdot \tan 1^\circ)}{A} \quad \text{si } S > L$$

[Manual 3-17] [AASHTO 2004 3-49]

En donde:

- L Longitud de la curva vertical, en metros.
- S Distancia de visibilidad, en metros.
- A Diferencia de pendientes, en porcentaje.

Que corresponden a Ecuación 11 y

Ecuación 12 anteriores,

En [Manual, cuadro 3.25] aparecen tabulados los valores mínimos de la tasa de curvatura vertical (K) para diversas velocidades:

Tabla 17 Tasa de curvatura vertical en columpio. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Tasa de curvatura vertical			
Velocidad (KPH)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Calculada	Para diseño
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30

En ambos tipos de curvas: crestas y columpio, independientemente del valor que arrojen las ecuaciones descritas, se utiliza como criterio para determinar la longitud mínima de curva asignarle el valor de la velocidad:

$$L \geq V$$

[Manual, apartado 3.3.2]

Ecuación 13

En donde:

L Longitud de la curva vertical, en metros.

V Velocidad, en Km/h.

2.5 Sección transversal

En este punto se analizan las secciones tipo a emplear en el proyecto según los requerimientos geométricos indicados por el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico y los condicionantes de espacio disponible en el entorno.

Se analiza la sección tipo para una carretera Colectora Mayor Urbana (CMU), de una única calzada con dos carriles de circulación, uno por cada sentido y un carril central para giros.

2.5.1 Sección tipo

Calzada: El apartado 4.1.3 *Ancho de Calzada* del Manual establece el ancho que han de tener los carriles de una carretera:

Tabla 18 Ancho de carril según tipo de carretera. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Carretera	Carril (m)
Recomendado en general para carreteras rurales y urbanas	3.60
Recomendado en casos de restricciones por el derecho de vía	3.30

Carretera	Carril (m)
Calles o carreteras con baja velocidad y bajo volumen de tránsito	3.00

Para el proyecto, se empleará un ancho de carril en recta de 3.30 m en las zonas de la Ruta Nacional 147 con mayores restricciones de espacio. Las vías marginales tendrán un ancho de carril de 3.40m, lo anterior debido a las restricciones en el derecho de vía disponible, es importante dejar en claro que esta propuesta fue aprobada por la UNOPS con anterioridad y que se realizó con base en el derecho de vía disponible y la premisa de evitar afectaciones al mismo 100%.

Hombros o espaldones: Los hombros o espaldones son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación. Los espaldones poseerán el porcentaje de sobreelevación de la calzada. Su anchura viene definida en [Manual, tabla 4.2] se detallan los anchos mínimos de hombros y aceras, la cual establece:

Tabla 19. Hombro y acera según tipo de carretera. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Tipo de carretera	Acceso	Tipo de superficie	Ancho de hombros (m)		Ancho de aceras (m)
			Internos	Externos	
AA Autopista	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	-
AR Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AU Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AMR Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
AMU Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
CMR Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	1.2 – 2.0
CMU Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 - 1.0	1.2 – 1.8	1.2 – 1.5
CR Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
CS Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
LR Local Rural	-	Intermedio	-	0.75 – 1.6	1.0 – 1.2
LU Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75 – 1.6	1.0 – 1.2
R Rural	-	Bajo	-	-	-

La Ruta Nacional 147 se ha diseñado con espaldones externos de 0.40 m, siendo este último más estrecho de lo recomendado por la Tabla 19. Hombro y acera según tipo de carretera. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, se ha optado por este valor para disponer de espacio para alojar el resto de viales dentro del derecho de vía. Las vías marginales tendrán espaldones de 0.30 m a del lado interno y por el lado externo se propone un cordón – espaldón que tenga función de recoger las aguas de 0.50m; también dispondrán de acera de ancho variable las cuales siempre cumplirán con lo establecido en la ley 7600.

2.5.2 Sobre anchos en curvas

Siempre que existan curvas de radios reducidos es necesario dotar al carril de un sobre ancho que facilite la inscripción del vehículo dentro de los límites de dicho carril. Los sobre anchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

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

- En alineamientos horizontales con curvas circulares sin curva de 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.
- Cuando existen curvas de transición entre la tangente y la curva circular, la transición del sobreancho se realiza en la curva de transición, dividiéndose la mitad del sobreancho entre los bordes interno y externo de la curva.
- Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.

El sobreancho necesario en las curvas es la diferencia entre el ancho requerido en una curva W_c y el utilizado en una recta W_n .

Los datos de partida para la obtención del sobreancho en una curva son:

- Velocidad de diseño.
- Radio de la curva circular.
- Número de carriles.
- Ancho de un carril.
- Vehículo de diseño.

Respecto del vehículo de diseño a utilizar el Manual presenta una tabla obtenida para el vehículo WB-15 [Manual, cuadro 3.14(a)] y una tabla más con los ajustes a aplicar en caso de considerar otro vehículo [Manual, cuadro 3.14(b)]. En nuestro estudio no es necesario la inclusión de sobreanchos debido al que todas las curvas horizontales son lo suficientemente amplias, sin embargo, se describe la formula.

La fórmula general para calcular el ancho necesario en una curva W_c es:

$$W_c = N \cdot (U + C) + (N - 1) \cdot F_A + Z$$

Ecuación 14

En donde:

- N Número de carriles.
- U Ancho de la huella del vehículo de diseño, en metros.
- C Claro central, en metros.
- F_A Ancho del saliente frontal en el carril interior, en metros.
- Z Ancho extra recomendable, en metros.

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \Sigma Li^2}$$

Ecuación 15

En donde:

- U Ancho de la huella del vehículo en curva, en metros.
- u Ancho de la huella del vehículo de diseño (exterior a exterior de llantas), en metros.
- R Radio de la curva o giro, en metros.
- Li Distancia entre ruedas del vehículo de diseño entre ejes consecutivos (o conjunto de ejes tándem), en metros

El claro lateral recomendable, C, es asumido de 0.60, 0.75 y 0.90 m para anchos de rodadura en tangente de 6.00, 6.50 y 7.20 m.

$$F_A = \sqrt{(R^2 + A \cdot (2L + A))} - R$$

Ecuación 16

En donde:

- A Saliente frontal del eje del vehículo, en carril interior, en metros.
- L Distancia entre ruedas de la unidad o remolque, en metros.

$$Z = 0.1 \cdot \left(\frac{V}{\sqrt{R}}\right)$$

Ecuación 17

En donde:

- V Velocidad de diseño de la carretera, en Km/h.

Debido a los amplios radios de curvatura horizontales utilizados en el proyecto no se requiere incluir sobreanchos, aunado a lo anterior la sección típica propuesta se ajusta a los 30 metros del derecho de vía teórico, por lo que no existía posibilidad alguna de su inclusión.

2.5.3 Parada Buses

Para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte público, que están a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse bahías para autobuses a lo largo de la carretera.

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras establece en su tabla 4.4. Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses, las características geométricas que deben poseer las paradas de buses.

Para el caso específico de este diseño, se incluyeron las bahías de buses en los sitios donde actualmente ya existen construidas, además es importante dejar claro que las longitudes de las transiciones y de descanso de las bahías de buses se proyectaron, respetando las transiciones existente, lo anterior no siempre cumple con los estipulado en la normativa, sin embargo se adopta la medida anterior debido al espacio limitado en el derecho de vía y la premisa de evitar afectaciones al mismo en un 100%.

Tabla 20 Diferentes tipos de diseño de bahías de buses. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. Total (m)
Para un bus	9	15	15	3	39
Para un bus	12	15	20	4	47
Para dos buses	9	30	15	3	54
Para dos buses	12	30	20	4	77
Para tres buses	12	45	20	4	77

En estas paradas hay que utilizar la relación 3 a 1 en la longitud de entrada e incrementar dicha relación a 5 a 1 en la longitud de salida. En términos de radio de las curvas, es aconsejable una dimensión mayor a 50 metros, evitando que las llantas de los autobuses monten en la cuneta, toda vez que sea difícil conseguir el área adecuada para el estacionamiento.

El ancho de las bahías de autobuses estará comprendido entre 3.0 y 4.0 m. En el proyecto se utilizarán anchos de 3.0 m., sin embargo, se debe mencionar que la propuesta de diseño, se ve restringida en algunos tramos por el poco espacio disponible del derecho de vía.

2.6 Datos de diseño geométrico

Se adjunta a continuación una tabla con los parámetros de diseño geométricos adoptados para el presente diseño, tanto para el tronco principal con sección de 5 carriles como en las marginales de 1 carril.

Tabla 21 Datos de diseño geométrico. Fuente: RQ Ingeniería.

DATOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO			
PARÁMETROS DE DISEÑO	Unidad	TRONCO. Sección 5 carriles	MARGINAL. Sección 1 carril
Tipo de terreno		Plano	Plano
Tipo de carretera		Arterial Urbana	Colectora Urbana
Velocidad de diseño	km/h	60	30
Radio de curvatura mínimo	m	123	22
Pendiente longitudinal máxima	%	5	9
Pendiente longitudinal mínima en corte	%	0.30	0.30

DATOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO			
PARÁMETROS DE DISEÑO	Unidad	TRONCO. Sección 5 carriles	MARGINAL. Sección 1 carril
Pendiente longitudinal mínima en relleno	%	0.30	0.30
Súper elevación máxima	%	6	4
Bombeo normal superficie de ruedo	2	2	2
Bombeo normal espaldones	%	2	2
Número de carriles		5	1
Ancho de superficie de ruedo en recta	m	0.40	0.30
Ancho de espaldones en corte o relleno	m	0.40	0.30
Ancho de espaldones en puentes	m	0.40	0.30
Ancho de mediana	m	N/A	N/A
Distancia de visibilidad de parada mínima		85	35
Ancho de puentes mínimo	m	3.60	3.60
Parámetro K mínimo en cresta		11	2
Parámetro K mínimo en columpio		18	6
Ancho de acera en corte o relleno	m	N/A	1.50-1.20
Ancho de acera en puentes	m	1.20	1.20
Vehículo de diseño		WB-15	WB-15

2.7 Señalización y Seguridad Vial.

Es importante aclarar que los dispositivos amortiguadores de impacto se proponen en aperturas de la barrera rígida, en las secciones del proyecto donde se prevén condiciones que permitan a los conductores alcanzar velocidades de operación mayores a los límites establecidos. No se propone la instalación de dispositivos amortiguadores en aperturas de las barreras rígidas en intersecciones donde hay semáforos, ya que el punto es más seguro, debido a que este dispositivo regula de distintas formas la circulación en la vía, el mismo interrumpe periódicamente el tránsito, generando un adecuado control de velocidad. Incluso debido a que el tramo de diseño es relativamente corto y hay varios sistemas propuestos, esto ayudará a regular la velocidad de los vehículos para mantenerla constante, de esta forma eliminar o reducir en gravedad potenciales colisiones con la barrera. Estas consideraciones se realizan con base en los criterios establecidos en el Manual SCV guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras.

La propuesta de cuadros de bloqueo, no se realiza en todo cruce y en ambos sentidos sin discriminar. Las secciones donde se realiza esta propuesta, nacen de las consideraciones que se hacen por experiencia y por conocimiento del sitio, de aquellos cruces y sentidos particulares de circulación en los cuales existe probabilidades de un rebote de colas,

que pueda llegar a interferir con la correcta operación del corredor y de las intersecciones. Donde no se ha incluido un cuadro de no bloqueo es porque carece de sentido su implementación, o bien, porque el riesgo de rebote de colas que se corregiría, es mínimo.

Es necesario destacar los antecedentes que existen del proyecto original que dio a luz el actual proyecto que nos ocupa. El estudio funcional aprobado por la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT, en el año 2013, mediante oficio No. DGIT-ED-9989-2013, denominado “Estudio Funcional del Proyecto Mejoramiento de la Radial Lindora, Ruta Nacional No.147”, no incluía soluciones de cruce peatonal ni en fases compartidas de los sistemas de semáforos vehiculares, ni tampoco en sistemas exclusivos para este fin (semáforos peatonales). Los análisis realizados en su momento, revelaban datos de medidas de efectividad, como demoras y longitud de colas, en las principales intersecciones del proyecto, que no permitían la incorporación de fases peatonales adicionales, sin afectar significativamente dichos parámetros, lo cual comprometería el nivel de servicio mínimo buscado. Se presume que la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, en conjunto con el Conavi, buscaría soluciones alternas para dotar en el futuro cercano, de pasos peatonales elevados, la cual es la solución idónea por las razones apuntadas. Estas consideraciones técnicas se complementan con en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, DICIEMBRE 2014), del mismo se hace especial énfasis en el Capítulo 2 “Señales Verticales” y en el Capítulo 3 “Señalización Horizontal Demarcación en el Pavimento”.

Por otro lado, es necesario recordar que en los alcances del proyecto que nos ocupa, no está incluido el análisis y diseño funcional del proyecto, por no ser parte de los términos de referencia, ni del contrato. Como un aporte al proyecto, que no representó un incremento del plazo de entrega, se procedió a preparar y presentar el informe “Estudio Funcional Conceptual”, por medio del cual se realizó una valoración de los principales indicadores de efectividad analizados en el informe funcional aprobado en el año 2013, esto con el fin de corroborar la validez de las conclusiones del informe, con respecto a la totalidad del diseño funcional, luego de considerar el tiempo transcurrido desde la aprobación hasta la fecha.

Así las cosas, en el caso de que se presente el requerimiento de analizar condiciones o soluciones funcionales diferentes y/o adicionales a las incluidas en el estudio original, por ejemplo, soluciones de cruce peatonal, estos nuevos alcances serían parte de una adenda al contrato actual y por lo tanto, se quedaría a la espera de instrucciones sobre el procedimiento para coordinar la adenda correspondiente.

Es necesario destacar que la solución adecuada y factible técnicamente es la de pasos peatonales elevados, sin embargo, corresponde a una solución que requeriría trabajarse en conjunto con la empresa privada, debido a que las obras de ampliación se encuentran ajustadas totalmente al derecho de vía disponible, con excepción de algunos sobre anchos del derecho de vía que existen en determinados puntos.

ANEXOS

Tabla 22 Alineamiento Horizontal y estado de verificación de los parámetros Eje 1

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf	Velocidad diseño (km/h)	Radio Mínimo (m)	Estado Verificación	Longitud de Recta Máxima (m)	Estado Verificación
1	RECTA	0	0	479049.112	1099697.887			374.455	-0.3905782	0.9205698	60	123		1200	Cumple
2	CIRC.	45.366	0	479049.112	1099697.887	1050		374.455	480015.71	1100107.99	60	123	Cumple	1200	
3	CIRC.	47.179	45.366	479032.3	1099740.019	-1050		377.2056	478048.891	1099372.04	60	123	Cumple	1200	
4	RECTA	23	92.545	479014.78	1099783.82			374.3451	-0.3921669	0.9198941	60	123		1200	Cumple
5	CIRC.	52.553	115.545	479005.76	1099804.977	-2000		374.3451	477165.972	1099020.64	60	123		1200	
6	CIRC.	223.433	168.098	478984.517	1099853.044	5000		372.6723	483530.881	1101934.05	60	123	Cumple	1200	
7	RECTA	105.406	391.531	478896.094	1100058.215			375.5171	-0.3751664	0.9269575	60	123	Cumple	1200	Cumple
8	CIRC.	122.899	496.948	478.856.549	1.100.155.922	4500		3.755.171	483.027.858	1101844,17	60	123		1200	
9	RECTA	50	619.847	478.812.003	1100270,46			3.772.558	-0,3497137	0,9368566	60	123	Cumple	1200	Cumple
10	CIRC.	29.739	669.847	478.794.517	1.100.317.302	10000		3.772.558	488.163.084	1103814,44	60	123		1200	
11	CIRC.	184.715	699.586	478.784.158	1.100.345.179	-20000		3.774.451	460.026.308	1093406,66	60	123	Cumple	1200	
12	RECTA	120.182	884.301	478.719.277	1.100.518.124			3.768.571	-0,3555732	0,9346484	60	123	Cumple	1200	Cumple
13	CIRC.	72.692	1.004.483	478.676.543	1.100.630.452	20000		3.768.571	497.369.512	1107741,92	60	123		1200	
14	RECTA	305.512	1.077.175	478650,82	1100698,44			3.770.885	-0,3521738	0,9359346	60	123	Cumple	1200	Cumple
15	RECTA	0	1.382.687	478.543.226	1.100.984.379	a=000	36'12"	3.764.181	-0,3620101	0,9321742	60	123		1200	Cumple
16	CIRC.	131.669	1.382.687	478.543.226	1.100.984.379	8000		3.764.181	486000,62	1103880,46	60	123		1200	
17	CIRC.	88.643	1.514.356	478.496.573	1.101.107.505	-15000		3.774.659	464.426.485	1095908,21	60	123	Cumple	1200	
18	RECTA	598.578	1603	478.465.602	1.101.190.561			3.770.897	-0,3521566	0,9359411	60	123	Cumple	1200	Cumple
19	CIRC.	41.547	2.201.578	478.254.809	1.101.750.795	-20000		3.770.897	459.535.987	1094707,66	60	123		1200	
20	RECTA	65.479	2.243.125	478.240.137	1.101.789.666			3.769.574	-0,3541001	0,9352075	60	123	Cumple	1200	Cumple
			2.308.604	478.216.951	1.101.850.902			3.769.574			60	123		1200	

Tabla 23 Alineamiento Horizontal y estado de verificación de los parámetros Eje 2

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf	Velocidad diseño (km/h)	Radio Mínimo (m)	Estado Verificación	Longitud de Recta Máxima (m)	Estado Verificación
1	RECTA	0	0	478961.497	1099915.94			373.5786	-0.4032145	0.9151055	30	22		600	Cumple
2	CIRC.	42.587	0	478961.497	1099915.94	500		373.5786	479419.05	1100117.55	30	22	Cumple	600	
3	CIRC.	69.735	42.587	478946.005	1099955.6	-1200		379.0009	477810.697	1099566.92	30	22	Cumple	600	
4	RECTA	123.87	112.322	478921.514	1100020.88			375.3014	-0.378305	0.925681	30	22		600	Cumple
5	CIRC.	159.324	236.192	478874.653	1100135.55	5000		375.3014	483503.059	1102027.07	30	22	Cumple	600	
6	RECTA	141.902	395.515	478816.74	1100283.96			377.33	-0.3486214	0.9372636	30	22		600	Cumple
7	CIRC.	72.984	537.418	478767.27	1100416.96	-10000		377.33	469394.634	1096930.75	30	22	Cumple	600	
8	RECTA	164.791	610.402	478741.577	1100485.28			376.8654	-0.3554526	0.9346943	30	22		600	Cumple
9	RECTA	50	775,168	478683,002	1100639,3	a=000±03'17"		376,9262	-0,3545585	0,9350338	30	22		600	Cumple
10	CIRC.	43,244	825,168	478665,274	1100686,06	800		376,9262	479413,301	1100969,7	30	22	Cumple	600	
11	CIRC.	72,278	868,413	478651,041	1100726,89	-1400		380,3675	477317,087	1100301,96	30	22	Cumple	600	
12	RECTA	155	940,691	478627,336	1100795,16			377,0808	-0,352287	0,935892	30	22		600	Cumple
13	CIRC.	41,692	1095,691	478572,731	1100940,22	-550		377,0808	478057,99	1100746,46	30	22	cumple	600	
14	CIRC.	38,813	1137,383	478556,579	1100978,65	550		372,255	479055,168	1101210,83	30	22	Cumple	600	
15	RECTA	27,626	1176,196	478541,449	1101014,38			376,7476	-0,3571812	0,9340351	30	22		600	Cumple
16	CIRC.	48,162	1203,822	478531,581	1101040,18	5000		376,7476	483201,757	1102826,09	30	22	Cumple	600	
17	RECTA	57,29	1251,983	478514,596	1101085,25			377,3608	-0,3481678	0,9374322	30	22		600	Cumple
18	CIRC.	63,847	1309,273	478494,649	1101138,96	-15000		377,3608	464433,166	1095916,44	30	22	Cumple	600	
19	RECTA	495	1373,121	478472,292	1101198,76			377,0898	-0,3521548	0,9359418	30	22		600	Cumple
20	CIRC.	42,09	1868,121	478297,976	1101662,05	-380		377,0898	477942,318	1101528,23	30	22	Cumple	600	
21	CIRC.	37,185	1910,21	478281,005	1101700,54	380		370,0385	478619,691	1101872,86	30	22	Cumple	600	
22	RECTA	0,076	1947,395	478265,79	1101734,46			376,268	-0,3642065	0,9313182	30	22		600	Cumple
			1947,47	478265,763	1101734,53			376,268			30	22		600	

Tabla 24 Alineamiento Horizontal y estado de verificación de los parámetros Eje 3

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf	Velocidad diseño (km/h)	Radio Mínimo (m)	Estado Verificación	Longitud de Recta Máxima (m)	Estado Verificación
1	RECTA	5	0	479002.834	1099802.66			372.0193	-0.4255048	0.9049562	30	22		600	Cumple
2	CIRC.	41.788	5	479000.707	1099807.18	-500		372.0193	478548.229	1099594.43	30	22	Cumple	600	
3	CIRC.	55.446	46.788	478981.367	1099844.21	500		366.6987	479414.506	1100094	30	22	Cumple	600	
4	RECTA	51.998	102.235	478956.385	1099893.68			373.7584	-0.4006285	0.9162406	30	22		600	Cumple
5	CIRC.	140.919	154.233	478935.553	1099941.33	5000		373.7584	483516.756	1101944.47	30	22	Cumple	600	
6	RECTA	97.298	295.152	478880.924	1100071.22			375.5526	-0.3746497	0.9271664	30	22		600	Cumple
7	CIRC.	134.071	392.45	478844.471	1100161.43	4500		375.5526	483016.72	1101847.35	30	22	Cumple	600	
8	RECTA	59.69	526.521	478796.101	1100286.47			377.4493	-0.346864	0.9379155	30	22		600	Cumple
9	CIRC.	188.133	586.211	478775.397	1100342.45	-20000		377.4493	460017.087	1093405.17	30	22	Cumple	600	
10	RECTA	200	774,353	478709,311	1100518,59			376,8505	-0,3556711	0,9346112	30	22		600	Cumple
11	CIRC.	52,729	974,353	478638,177	1100705,52	5000		376,8505	483311,233	1102483,87	30	22	Cumple	600	
12	CIRC.	34,74	1027,082	478619,683	1100754,89	-5000		377,5218	473928,133	1099025,92	30	22	Cumple	600	
13	RECTA	220	1061,822	478607,557	1100787,45			377,0795	-0,3523064	0,9358847	30	22		600	Cumple
14	CIRC.	33,283	1281,822	478530,05	1100993,34	-300		377,0795	478249,284	1100887,65	30	22	Cumple	600	
15	CIRC.	50,575	1315,105	478516,622	1101023,78	380		370,0167	478855,249	1101196,21	30	22	Cumple	600	
16	RECTA	8	1365,68	478496,735	1101070,24			378,4896	-0,3314919	0,9434581	30	22		600	Cumple
17	CIRC.	30,068	1373,68	478494,083	1101077,79	380		378,4896	478852,597	1101203,76	30	22	Cumple	600	
18	CIRC.	37,643	1403,748	478485,248	1101106,52	-380		383,5269	478117,899	1101009,29	30	22	Cumple	600	
19	RECTA	35,802	1441,39	478473,831	1101142,37			377,2205	-0,3502324	0,9366628	30	22		600	Cumple
20	CIRC.	40,886	1477,193	478461,292	1101175,91	-20000		377,2205	459728,036	1094171,26	30	22	Cumple	600	
21	RECTA	460	1518,079	478446,933	1101214,19			377,0904	-0,3521465	0,9359449	30	22		600	Cumple
22	CIRC.	38,793	1978,079	478284,946	1101644,72	-380		377,0904	477929,287	1101510,91	30	22	Cumple	600	
23	CIRC.	29,011	2016,872	478269,457	1101680,27	380		370,5913	478609,627	1101849,64	30	22	Cumple	600	
24	RECTA	2,323	2045,883	478257,53	1101706,71			375,4515	-0,3761217	0,9265703	30	22		600	Cumple
			2048,205	478256,657	1101708,86			375,4515			30	22		600	Cumple

Tabla 25 Alineamiento Vertical y estado de verificación de los parámetros Eje 1

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	VERT p.k.	ICE cota	ENTRADA AL p.k.	ACUERDO cota	SALIDA DEL p.k.	ACUERDO cota	BISECT. (m)	DIF.PEN (%)	TIPO DE ACUERDO	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	K Mínimo		Estado Verificación	Pendientes (%)		Estado Verificación
													Cresta	Columpio		Máxima	Mínima	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----						
					0	844.286												
-2.63204	50	60.09326	33.902	843.394	8.902	844.052	58.902	842.944	0.052	0.832	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
-1.8	142	38.6921	132.747	841.615	61.747	842.893	203.747	842.942	0.651	3.67	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
1.87	125	43.55401	345.442	845.592	282.942	844.423	407.942	844.967	0.448	-2.87	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
-1	60	50	442.178	844.625	412.178	844.925	472.178	843.965	0.09	-1.2	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
-2.2	75	44.11765	525.457	842.793	487.957	843.618	562.957	842.605	0.159	1.7	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
-0.5	60	53.09735	597.108	842.434	567.108	842.584	627.108	842.623	0.085	1.13	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
0.63	80	82.47423	767.902	843.51	727.902	843.258	807.902	844.15	0.097	0.97	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
1.6	40	19.04762	831.891	844.534	811.891	844.214	851.891	844.434	0.105	-2.1	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
-0.5	35	30.43478	870.486	844.341	852.986	844.429	887.986	844.455	0.05	1.15	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
0.65	80	800	1000.622	845.187	960.622	844.927	1040.622	845.487	0.01	0.1	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
0.75	85	62.2399	1153.992	846.337	1111.492	846.019	1196.492	847.237	0.145	1.366	Columpio	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
2.115683	60	193.83523	1227.453	847.892	1197.453	847.257	1257.453	848.619	0.023	0.31	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
2.425225	80	2263.57786	1368.004	851.3	1328.004	850.33	1408.004	852.256	0.004	-0.035	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
2.389882	120	94.39888	1528.137	855.127	1468.137	853.693	1588.137	855.799	0.191	-1.271	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
1.118681	80	1164.80932	1794.976	858.112	1754.976	857.665	1834.976	858.532	0.007	-0.069	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple
1.05	80	29.96255	2004.705	860.315	1964.705	859.895	2044.705	859.667	0.267	-2.67	Cresta	60	11	18	Cumple	5	0,5	Cumple

Tabla 26 Alineamiento Vertical y estado de verificación de los parámetros Eje 2

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	V E R T p.k.	I C E cota	ENTRADA AL p.k.	ACUERDO cota	SALIDA DEL p.k.	ACUERDO cota	BISECT. (m)	DIF.PEN (%)	TIPO DE ACUERDO	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	K Mínimo		Estado Verificación	Pendientes (%)		Estado Verificación
													Cresta	Columpio		Máxima	Mínima	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----						
					0	843.452												
1.820337	43	61.67366	58.636	844.519	37.136	844.128	80.136	844.76	0.037	-0.697	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.123119	92	43.15449	126.359	845.28	80.359	844.763	172.359	844.815	0.245	-2.132	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-1.008757	55	46.46912	207.492	844.461	179.992	844.738	234.992	843.858	0.081	-1.184	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-2.192338	75	43.9428	291.033	842.63	253.533	843.452	328.533	842.447	0.16	1.707	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-0.485574	60	53.75496	362.301	842.284	332.301	842.429	392.301	842.473	0.084	1.116	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
0.630602	80	83.87859	532.175	843.355	492.175	843.103	572.175	843.989	0.095	0.954	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.584361	40	19.26157	596.759	844.378	576.759	844.061	616.759	844.28	0.104	-2.077	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-0.492313	35	30.74663	635.182	844.189	617.682	844.275	652.682	844.302	0.05	1.138	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
0.646023	100	40.46059	945.325	846.192	895.325	845.869	995.325	847.751	0.309	2.472	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
3.117564	60	55.83688	1058.31	849.715	1028.31	848.78	1088.31	850.328	0.081	-1.075	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
2.043005	60	174.42299	1159.036	851.773	1129.036	851.16	1189.036	852.489	0.026	0.344	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
2.386996	120	94.70772	1293.253	854.976	1233.253	853.544	1353.253	855.648	0.19	-1.267	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.11994	140	2028.22708	1554.849	857.906	1484.849	857.122	1624.849	858.642	0.012	-0.069	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.050915	140	26.58304	1804.334	860.528	1734.334	859.792	1874.334	857.577	0.922	-5.267	Cresta	30	2	6	cumple	9	0,3	Cumple
-4.215601							1947.591	854.489										
					0	843.452												

Tabla 27 Alineamiento Vertical y estado de verificación de los parámetros Eje 3

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	V E R T p.k.	I C E cota	ENTRADA AL p.k.	ACUERDO cota	SALIDA DEL p.k.	ACUERDO cota	BISECT. (m)	DIF.PEN (%)	TIPO DE ACUERDO	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	K Mínimo		Estado Verificación	Pendientes (%)		Estado Verificación
													Cresta	Columpio		Máxima	Mínima	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----						
					0	842.231												
-0.463125	94	4032.658	47.292	842.012	0.292	842.229	94.292	842.89	0.274	2.331	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.867843	120	4405.807	227.761	845.383	167.761	844.262	287.761	844.869	0.409	-2.724	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-0.855835	68	5062.418	324.133	844.558	290.133	844.849	358.133	843.81	0.114	-1.343	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-2.199067	75	4381.29	411.713	842.632	374.213	843.457	449.213	842.449	0.16	1.712	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-0.487242	60	5343.314	483.891	842.28	453.891	842.426	513.891	842.471	0.084	1.123	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
0.635657	75	8625.035	650.394	843.339	612.894	843.1	687.894	843.903	0.082	0.87	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.505218	36	1938.64	717.536	844.349	699.536	844.078	735.536	844.286	0.084	-1.857	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
-0.351753	30	2995.431	758.91	844.204	743.91	844.256	773.91	844.301	0.038	1.002	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
0.649772	140	151063.457	883.753	845.015	813.753	844.56	953.753	845.535	0.016	0.093	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
0.742448	120	7168.081	1052.242	846.266	992.242	845.82	1112.242	847.716	0.251	1.674	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
2.416537	80	55102.566	1285.085	851.893	1245.085	850.926	1325.085	852.801	0.015	-0.145	Columpio	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
2.271353	90	7788.577	1427.089	855.118	1382.089	854.096	1472.089	855.62	0.13	-1.156	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.115814	80	121566.367	1687.711	858.026	1647.711	857.58	1727.711	858.446	0.007	-0.066	Cresta	30	2	6	Cumple	9	0,3	Cumple
1.050007	80.171	3000	1891.125	860.162	1851.039	859.741	1931.21	859.512	0.268	-2.672	Cresta	30	2	6	Cumple			Cumple
-1.622358	60	2378.927	1978.399	858.746	1948.399	859.233	2008.399	857.503	0.189	-2.522	Cresta	30	2	6	Cumple			Cumple
-4.144504							2048.195	855.853										