

COMPARACIÓN DE MANUALES DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DE PAISES LATINOAMERICANOS

CARLOS DAVID SAAVEDRA AGUILAR

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2016**

COMPARACIÓN DE MANUALES DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DE PAISES LATINOAMERICANOS

CARLOS DAVID SAAVEDRA AGUILAR

Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniero civil

**DIRECTOR:
ING. RICARDO PICO VARGAS
Especialista en Vías Terrestres**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2016**

Nota de aceptación:

Firma Director

Firma Jurado No. 1

Firma Jurado No. 2

Bucaramanga, Septiembre de 2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Leonel Saavedra Rodríguez, mi padre, quien motivó e impulsó mi desarrollo académico, siempre ha sido mi guía en el ámbito profesional y personal; a él quien sé que siempre ha soñado con verme hecho ingeniero y ha dado su vida entera por ayudarme a realizarlo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle primero a Dios, ya que sin él y su ayuda nada de esto pudo haber sido posible, agradecimientos especiales a mis docentes en especial al Ingeniero Ricardo Pico Vargas, por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto.

También quiero agradecer a mi madre, quien siempre me ha apoyado y sé que lo seguirá haciendo, ella a lo largo de los años jugó un papel fundamental en este proceso educativo.

Y de manera especial y en ningún momento menos importante a todas y cada una de las personas que durante todo este tiempo me alentaron y ayudaron con pequeños detalles que dieron como resultado el gran logro que hoy estoy alcanzando.

TABLA DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.	JUSTIFICACIÓN	3
3.	OBJETIVOS	4
4.	MARCO TEORICO	5
	4.1 DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS	5
	4.2 CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS	5
	4.3 VELOCIDAD	6
	4.3.1 locidad de diseño	6
	4.3.2 locidad especifica de un elemento	6
	4.3.3 locidad de marcha	6
	4.3.4 locidad de operación	6
	4.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD	7
	4.4.1 tancia de visibilidad de parada (Dp)	7
	4.4.2 tancia de visibilidad de adelantamiento (Da)	8
	4.4.3 tancia de visibilidad de cruce (Dc)	9
	4.5 INTRODUCCIÓN A LA GEOMETRÍA DE UNA VÍA	10
	4.6 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA	11
	4.6.1 ntretangencia horizontal	11
	4.6.2 vas horizontales	11
	4.6.2.1 Curvas circulares simples	11
	4.6.2.2 Curvas circulares compuestas	11
	4.6.2.4 Curvas espirales de transición	12
	4.6.2.5 Geometría de las curvas de transición	14
	4.6.3 Peralte	15
	4.6.3.1 Transición de peralte	15
	4.7 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA	17
	4.7.1 ementos geométricos que integran el alineamiento vertical	17
	4.7.1.1Tangentes verticales (Tv)	17
	4.7.2 vas verticales	18
	4.8 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA	20
	4.8.1 ementos geométricos que integran la sección transversal	20
	4.8.1.1 Secciones transversales típicas	20
	4.8.2 cho de zona o derecho de vía	22

4.8.3 ona	22
4.8.4 netas	27
4.8.5 Taludes	27
4.9. CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA	28
5. METODOLOGÍA	29
6. ANALISIS Y RESULTADOS	30
6.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS	30
6.2 VELOCIDAD	34
6.2.1 ELOCIDAD DE DISEÑO	34
6.2.2 ELOCIDAD ESPECIFICA	36
6.2.3 ELOCIDAD DE MARCHA	39
6.2.4 ELOCIDAD DE OPERACIÓN	40
6.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD	42
6.4 DISEÑO EN PLANTA	49
6.5 DISEÑO EN PERFIL	67
6.6 DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARRETERA	80
7. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	93
8. BIBLIOGRAFIA	94
9. ANEXOS	95

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Variación de la aceleración centrífuga (J).	13
Tabla 2. Dimensionamiento para el cálculo del sobreeancho en vehículos de tipo rígido.	23
Tabla 3. Dimensionamiento para el cálculo del sobreeancho requerido por el vehículo articulado representativo del parque automotor colombiano.	24
Tabla 4. Valor de C en función del ancho de la calzada.	25

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas.	18
Figura 2. Tipo de curvas verticales simétricas y asimétricas.	19
Figura 3. Sección transversal típica en vías de doble calzada.	21

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. VELOCIDAD DE DISEÑO	95
Tabla 1. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.	
Tabla 2. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.	
Figura 1. Distribución de velocidades observadas.	
Figura 2. Velocidad de proyecto en función del desempeño de la carretera.	
Tabla 3A. Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.	
Tabla 3B. Características típicas de las carreteras y caminos según la clasificación funcional.	
Anexo 2. VELOCIDAD ESPECÍFICA	102
Tabla 1. Velocidad específica de una curva horizontal incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño.	
Tabla 2. Diferencia entre la velocidad específica de la última curva horizontal del tramo anterior y la primera curva horizontal del tramo analizado, en Km/h.	
Anexo 3. VELOCIDAD DE MARCHA	103
Tabla 1. Velocidades de marcha teórica en función de la velocidad de diseño.	
Figura 1. Relación de la velocidad media de marcha y las condiciones de volumen	

Anexo 4. VELOCIDAD DE OPERACIÓN 104

Tabla 1. Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidad de operación.

Tabla 2. Valores de velocidad máxima de operación.

Tabla 3. Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles.

Anexo 5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD 106

Tabla 1. Distancian de visibilidad de parada en tramos a nivel.

Tabla 2. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

Tabla 3. Mínima distancia de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Tabla 4. Oportunidades de adelantamiento por tramos de cinco kilómetros.

Tabla 5. Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7.30 m. con dispositivo de control en la calzada secundaria.

Tabla 6. Distancia de visibilidad de parada.

Tabla 7. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Figura 1. Distancias de visibilidad de parada.

Figura 2. Distancia de visibilidad de paso (D_a).

Tabla 8. Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento. **Tabla 9.**

Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar. **Tabla 10.**

Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7.20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria.

Tabla 11. Distancia de visibilidad de parada y de decisión.

Tabla 12. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Tabla 13. Distancias visuales mínimas de detención (DVD), en función de la velocidad y de la pendiente.

Tabla 14. Distancia de visual de adelantamiento en función de la velocidad.

Tabla 15. Distancia de visual de detención en función de la velocidad. **Tabla 16.**

Distancia mínima de parada en horizontal “Dp”

Figura 3. Distancia de parada, influencia de las pendientes.

Tabla 17. Distancia mínima de adelantamiento.

Tabla 18. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar.

Tabla 19. Tiempos requeridos para cruzar una carretera.

Tabla 20. Corrección de los tiempos requeridos para cruzar una carretera por inclinación de la rasante.

Anexo 6. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

119

Tabla 1. Coeficiente de fricción transversal máxima.

Tabla 6. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

Tabla 7. Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.

Tabla 8. Longitudes de tramos en tangente

Tabla 9: Coeficiente de fricción transversal maxima.

Tabla 10. Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.

Tabla 11. Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peralte máximo y valores límites de fricción.

Figura 1. Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3).

Figura 2. Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4). **Figura**

3. Peralte en zonas con peligro de hielo.

Tabla 12. Longitud mínima de transición de peralte.

Tabla 13. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte. **Tabla**

14. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo. **Tabla 15.**

Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.

Tabla 16. Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase.

Tabla 17. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.

Tabla 18. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de

diseño,

Tabla 19. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de

diseño,

Tabla 20. Coeficiente de fricción transversal máxima.

Tabla 21. Radios mínimos deseables y absolutos para peraltes máximos.

Tabla 22A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

Tabla 22B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

Tabla 23A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

Tabla 23B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

Tabla 24A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

Tabla 24B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

Tabla 25. Entretangencia mínima entre curvas de distinto sentido.

Tabla 26. Entretangencia mínima entre curvas del mismo sentido.

Tabla 27. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.

Tabla 28. Peralte para carreteras o caminos en función del radio.

Tabla 29. Proporción del peralte a desarrollar en recta.

Tabla 30. Valores admisibles de la pendiente relativa de borde.

Tabla 31. Desarrollos mínimos para deflexiones ≤ 6 .

Tabla 32. Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal.

Tabla 33. Tasa normal de distribución de la aceleración transversal.

Anexo 7. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA 142

Tabla 1. Pendiente media máxima del corredor de ruta en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo.

Tabla 2. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad específica de la tangente vertical.

Tabla 3. Longitud mínima de la tangente vertical.

Tabla 4. Valores de para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.

Tabla 5. Pendientes máximas (%).

Figura 1. Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso.

Tabla 6. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.

Tabla 7. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.

Tabla 8. Pendientes máximas.

Tabla 9. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Tabla 10. Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

Tabla 12. Factores (Fim) para aplicar al Kbásico en función de la velocidad y de la pendiente media en bajada.

Tabla 13. Factores (Fim) para aplicar al Lmin en función de la velocidad y la pendiente media en bajada.

Tabla 14. Valores Kbásico para curvas verticales convexas y cóncavas.

Tabla 15. Pendientes máximas admisibles %.

Tabla 16. Camino de alta montaña, pendientes máximas % según altura S.N.M.

Tabla 17. Longitud crítica en pendiente para $\Delta V = 24$ Km/h y $\Delta V = 40$ Km/h.

Tabla 18. Parámetro mínimo curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento.

Tabla 19. Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de parada.

Anexo 8. DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARRETERA 154

Tabla 1. Ancho de calzada (metros).

Tabla 2. Bombeo de la calzada.

Tabla 3. Ancho de zona.

Tabla 4. Criterio para el establecimiento de un carril de ascenso en carreteras.

Tabla 5. Ancho de bermas.

Tabla 6. Anchos mínimos de calzada en tangente.

Tabla 7. Valores del bombeo de la calzada.

Figura 1. Valores de sobreebanco en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Tabla 8. Anchos mínimos de Derecho de vía.

Tabla 9. Ancho de bermas.

Tabla 10. Sobreebanco de la calzada en curvas circulares para carreteras tipo C1-C2-C3 (m).

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

Tabla 12. Pendientes transversales de la calzada o bombeos normales (BN).

Tabla 13. Sobreebanco para el vehículo semirremolque de la DVN y ancho de calzada de 6.70 metros.

Tabla 14. Anchos mínimos de zona de camino.

Figura 2. Cuñas para salidas de carriles de ascenso/descenso o adelantamiento.

Tabla 15. Anchos parciales y totales de banquetas externas.

Tabla 16. Clasificación de las condiciones de seguridad de taludes.

Tabla 17. Cuadro resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante.

Tabla 18. Bombeo de la calzada.

Tabla 19A. Ensanche de la calzada, E (m).

Tabla 19B. Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ Km/h, alternativa con calzada en recta de 7.00 m ($n=2$) y $h_1 = 0.45$ m; $h_2 = 0.05$ m, 0.35 m $\leq E \leq 3.0$ m.

Tabla 20. Anchos de expropiación tipo.

Tabla 21. Anchos de pistas auxiliares.

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Variación de la aceleración centrífuga (J).

Tabla 2. Dimensionamiento para el cálculo del sobreancho en vehículos de tipo rígido.

Tabla 3. Dimensionamiento para el cálculo del sobreancho requerido por el vehículo articulado representativo del parque automotor colombiano.

Tabla 4. Valor de C en función del ancho de la calzada.

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas.

Figura 2. Tipo de curvas verticales simétricas y asimétricas.

Figura 3. Sección transversal típica en vías de doble calzada.

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Tabla 1. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

Tabla 2. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Figura 1. Distribución de velocidades observadas.

Figura 2. Velocidad de proyecto en función del desempeño de la carretera.

Tabla 3A. Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.

Tabla 3B. Características típicas de las carreteras y caminos según la clasificación funcional.

Anexo 2. VELOCIDAD ESPECÍFICA

Tabla 1. Velocidad específica de una curva horizontal incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño.

Tabla 2. Diferencia entre la velocidad específica de la última curva horizontal del tramo anterior y la primera curva horizontal del tramo analizado, en Km/h.

Anexo 3. VELOCIDAD DE MARCHA

Tabla 1. Velocidades de marcha teórica en función de la velocidad de diseño.

Figura 1. Relación de la velocidad media de marcha y las condiciones de volumen

Anexo 4. VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Tabla 1. Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidad de operación.

Tabla 2. Valores de velocidad máxima de operación.

Tabla 3. Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles.

Anexo 5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Tabla 1. Distancian de visibilidad de parada en tramos a nivel.

Tabla 2. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

Tabla 3. Mínima distancia de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Tabla 4. Oportunidades de adelantamiento por tramos de cinco kilómetros.

Tabla 5. Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7.30 m. con dispositivo de control en la calzada secundaria.

Tabla 6. Distancia de visibilidad de parada.

Tabla 7. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Figura 1. Distancias de visibilidad de parada.

Figura 2. Distancia de visibilidad de paso (Da).

Tabla 8. Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento.

Tabla 9. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar.

Tabla 10. Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7.20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria.

Tabla 11. Distancia de visibilidad de parada y de decisión.

Tabla 12. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Tabla 13. Distancias visuales mínimas de detención (DVD), en función de la velocidad y de la pendiente.

Tabla 14. Distancia de visual de adelantamiento en función de la velocidad.

Tabla 15. Distancia de visual de detención en función de la velocidad.

Tabla 16. Distancia mínima de parada en horizontal "Dp"

Figura 3. Distancia de parada, influencia de las pendientes.

Tabla 17. Distancia mínima de adelantamiento.

Tabla 18. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar.

Tabla 19. Tiempos requeridos para cruzar una carretera.

Tabla 20. Corrección de los tiempos requeridos para cruzar una carretera por inclinación de la rasante.

Anexo 6. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

Tabla 1. Coeficiente de fricción transversal máxima.

Tabla 2. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8\%$ y fricción máxima

Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 6\%$ y fricción máxima

Tabla 4. Radios según velocidad específica y peraltes para $e_{m\acute{a}x} = 8\%$

Tabla 5. Radios según velocidad específica y peraltes para $e_{m\acute{a}x} = 6\%$

Tabla 6. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

Tabla 7. Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.

Tabla 8. Longitudes de tramos en tangente

Tabla 9: Coeficiente de fricción transversal maxima.

Tabla 10. Radios minimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.

Tabla 11. Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peralte máximo y valores límites de fricción.

Figura 1. Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3).

Figura 2. Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4).

Figura 3. Peralte en zonas con peligro de hielo.

Tabla 12. Longitud mínima de transición de peralte.

Tabla 13. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.

Tabla 14. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo.

Tabla 15. Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.

Tabla 16. Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase.

Tabla 17. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.

Tabla 18. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, $e_{máx} = 8\%$.

Tabla 19. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, $e_{máx} = 10\%$.

Tabla 20. Coeficiente de fricción transversal máxima.

Tabla 21. Radios mínimos deseables y absolutos para peraltes máximos.

Tabla 22A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

Tabla 22B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

Tabla 23A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

Tabla 23B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

Tabla 24A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

Tabla 24B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

Tabla 25. Entretangencia mínima (Lr_{min}) entre curvas de distinto sentido.

Tabla 26. Entretangencia mínima (Lr_{min}) entre curvas del mismo sentido.

Tabla 27. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.

Tabla 28. Peralte para carreteras o caminos en función del radio.

Tabla 29. Proporción del peralte a desarrollar en recta.

Tabla 30. Valores admisibles de la pendiente relativa de borde.

Tabla 31. Desarrollos mínimos para deflexiones ≤ 6 .

Tabla 32. Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal.

Tabla 33. Tasa normal de distribución de la aceleración transversal.

Anexo 7. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

Tabla 1. Pendiente media máxima del corredor de ruta en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo.

Tabla 2. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad específica de la tangente vertical.

Tabla 3. Longitud mínima de la tangente vertical.

Tabla 4. Valores de K_{min} para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.

Tabla 5. Pendientes máximas (%).

Figura 1. Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso.

Tabla 6. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.

Tabla 7. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.

Tabla 8. Pendientes máximas.

Tabla 9. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Tabla 10. Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

Tabla 12. Factores (F_{im}) para aplicar al $K_{básico}$ en función de la velocidad y de la pendiente media en bajada.

Tabla 13. Factores (Fim) para aplicar al Lmin en función de la velocidad y la pendiente media en bajada.

Tabla 14. Valores Kbásico para curvas verticales convexas y cóncavas.

Tabla 15. Pendientes máximas admisibles %.

Tabla 16. Camino de alta montaña, pendientes máximas % según altura S.N.M.

Tabla 17. Longitud crítica en pendiente para $\Delta V = 24$ Km/h y $\Delta V = 40$ Km/h.

Tabla 18. Parámetro mínimo curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento.

Tabla 19. Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de parada

Anexo 8. DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

Tabla 1. Ancho de calzada (metros).

Tabla 2. Bombeo de la calzada.

Tabla 3. Ancho de zona.

Tabla 4. Criterio para el establecimiento de un carril de ascenso en carreteras.

Tabla 5. Ancho de bermas.

Tabla 6. Anchos mínimos de calzada en tangente.

Tabla 7. Valores del bombeo de la calzada.

Figura 1. Valores de sobreebanco en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Tabla 8. Anchos mínimos de Derecho de vía.

Tabla 9. Ancho de bermas.

Tabla 10. Sobreebanco de la calzada en curvas circulares para carreteras tipo C1-C2-C3 (m).

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

Tabla 12. Pendientes transversales de la calzada o bombeos normales (BN).

Tabla 13. Sobreanchos para el vehículo semirremolque de la DVN y ancho de calzada de 6.70 metros.

Tabla 14. Anchos mínimos de zona de camino.

Figura 2. Cuñas para salidas de carriles de ascenso/descenso o adelantamiento.

Tabla 15. Anchos parciales y totales de banquetas externas.

Tabla 16. Clasificación de las condiciones de seguridad de taludes.

Tabla 17. Cuadro resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante.

Tabla 18. Bombeo de la calzada.

Tabla 19A. Ensanche de la calzada, E (m).

Tabla 19B. Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ Km/h, alternativa con calzada en recta de 7.00 m ($n=2$) y $h_1 = 0.45$ m; $h_2 = 0.05$ m, 0.35 m \leq E \leq 3.0 m.

Tabla 20. Anchos de expropiación tipo.

Tabla 21. Anchos de pistas auxiliares.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: COMPARACIÓN DE MANUALES DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DE PAISES LATINOAMERICANOS.

AUTOR(ES): CARLOS DAVID SAAVEDRA AGUILAR

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): RICARDO PICO VARGAS

RESUMEN

En la actualidad cada país cuenta con una normativa vigente que le sirve como guía al diseñador de carreteras, brindándole a éste los parámetros y criterios mínimos que deben cumplir sus diseños. Al pasar los años cada país ha ido profundizando y mejorando sus manuales de diseño geométrico de carreteras buscando con ello dar mayor seguridad y comodidad a los conductores que viajan por ellas. Debido a que se han visto estructuras viales de gran magnitud y con buenos niveles de servicio en diferentes países latinoamericanos, nace la necesidad de comparar algunos criterios importantes del diseño en planta, perfil y de las secciones transversales de países como Perú, Ecuador, Argentina y Chile, con los que presenta el manual de diseño geométrico de carreteras colombiano. En el desarrollo del proyecto solo se abordaron algunos ítems importantes del diseño de carreteras, la velocidad fue un tema fundamental de comparación, ya que esta es el parámetro base en el diseño vial tanto en planta como en perfil, se observó que cada país maneja de forma diferente la velocidad a emplear en el diseño de cada elemento. De la comparación se observó que países como Perú, Ecuador y Colombia, tiene una normativa basada netamente en los estudios realizados por Estados Unidos y expuestos en su norma "American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)", y países como Chile y Argentina aunque tienen presente la normativa AASHTO, adoptan criterios Europeos.

PALABRAS CLAVES:

Diseño geométrico, carreteras, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, Velocidad, estructura vial.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: COMPARISON OF GEOMETRIC DESIGN MANUAL OF ROAD OF LATIN AMERICAN COUNTRIES.

AUTHOR(S): CARLOS DAVID SAAVEDRA AGUILAR

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: RICARDO PICO VARGAS

ABSTRACT

At present, each country has a current regulation that serves as a guide to the road designer, providing them with the minimum parameters and criteria that their designs must meet. Over the years, each country has been deepening and improving its manuals of geometric road design, thus seeking to give greater safety and comfort to the drivers who travel through them. Due to the existence of large-scale road structures with good service levels in different Latin American countries, there is a need to compare some important design criteria in silver, profile and cross-sections of countries such as Peru, Ecuador, Argentina and Chile, with which it presents the manual of geometric design of Colombian roads. In the development of the project only a few important items of road design were addressed, speed was a fundamental issue of comparison, since this is the basic parameter in the road design both in plan and in profile, it was observed that each country handles different way the speed to be used in the design of each element. The comparison shows that countries such as Peru, Ecuador and Colombia have a clear policy based on the studies carried out by the United States and set out in the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), and countries such as Chile and Argentina, although they are aware of the AASHTO regulations, adopt European criteria.

KEYWORDS:

Geometric design, roads, horizontal alignment, vertical alignment, speed, road structure.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

La normativa para el diseño de carreteras que se establece en cada país se crea según estudios basados en las características físicas, geográficas y el tránsito habitual entre otros, esto hace que cada territorio emplee metodologías diferentes al realizar y controlar sus diseños viales, aunque estas diferencias varíen entre uno y otro país todas tienen la misma finalidad, brindar seguridad y comodidad a sus usuarios.

El diseño vial dentro de su proceso de elaboración aborda diversos elementos que se deben estudiar por separado para que finalmente sean consistentes en conjunto, para esto se tienen criterios y especificaciones a cumplir, recopiladas en los manuales de diseño geométrico de carreteras, son estos documentos los que demuestran que no todos los países utilizan la misma metodología al momento de diseñar carreteras, esto puede ser debido a que hay países que no han avanzado en investigaciones sobre esta temática.

Colombia es uno de estos países, en donde aún no se ha actualizado esta normativa, aún faltan estudios que propongan metodologías que se ajusten al terreno montañoso-ondulado que caracteriza la mayor parte del territorio colombiano, puesto que en este país solo se adoptaron los criterios de los estudios realizados por la AASHTO, sin realizar análisis propios.

Con el fin de identificar los criterios o parámetros que otros países están evaluando en sus diseños, se realizará la comparación del manual de diseño geométrico de carreteras colombiano con el de países que cuentan con mejor infraestructura vial, se compararán aspectos importantes del diseño en planta, diseño en perfil y del diseño de las secciones transversales, con el objeto de, poder llegar a aplicarlos o estudiar la forma para que puedan ser ajustados y aplicados según las características propias del terreno colombiano y den buenos resultados, de esta forma se busca proponer métodos más ajustados en las próximas actualizaciones del manual colombiano.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia se caracteriza por que la mayor parte de su territorio está compuesto por relieves montañosos, aunque paisajísticamente se ve agradable, en el tema de transporte terrestre se convierte en todo un problema para los diseñadores de carreteras debido a que en ese tipo de topografías se presentan mayores dificultades en el trazado y en la explanación de la carretera.

Con el fin de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno, se crearon los manuales de diseño geométrico, en los cuales se establecen los criterios para el diseño de carreteras y los parámetros para garantizar su consistencia, estos aspectos ayudan a brindar seguridad y comodidad a los usuarios.

Debido a que cada nación ha creado su propio manual de diseño de carreteras de acuerdo a las características propias de su territorio, mediante investigaciones y experiencias obtenidas, se ha observado que algunos países durante décadas han estudiado y desarrollado modelos que contribuyan al mejoramiento de su seguridad vial, obteniendo metodologías que brindan ayuda a los diseñadores y a su vez dan confianza a los usuarios que viajan por ellas, por esta razón es conveniente realizar un análisis comparativo de los manuales establecidos en los principales países latinoamericanos buscando identificar los campos en los que ellos han avanzado para implantando en nuestro país una iniciativa para fortalecer el nuestro en temas de diseño vial.

En este proyecto de grado se realizara la comparación del manual de diseño geométrico de carreteras colombiano con los manuales de países latinoamericanos como Ecuador, Argentina, Perú y Chile, buscando encontrar los factores diferenciales al momento de diseñar carreteras.

2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de modelos y criterios para la mejora en los diseños de carreteras se ha ido realizando durante décadas en países desarrollados, buscando dar comodidad y seguridad a los usuarios, debido a que cada país tiene características topográficas diferentes, cada uno de estos ha optado por crear su propio manual de diseño geométrico de carreteras.

Realizar este proyecto de grado es importante porque permite identificar los avances realizados por otros países en el tema de diseño vial y pueden contribuir como base en posibles investigaciones que se quieran realizar en Colombia.

Dichas investigaciones deben estar encaminadas en mejorar la seguridad vial dándole al diseñador más alternativas para poder bajar la tasa de accidentalidad y mortalidad, debido a que en los últimos años dicha tasa ha ido creciendo, para el país esto representa un grave problema social, económico, de salud pública y de desarrollo debido a que los accidentes viales cuestan entre 1 y 3 por ciento del producto nacional bruto (PNB) de un país.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Comparar algunos manuales de diseño geométrico de carreteras de países latinoamericanos.

3.2 Objetivos Específicos:

- Contemplar el contenido de los manuales de diseño geométrico de carreteras e identificar los títulos más relevantes.
- Analizar y comparar los controles de diseño geométrico que propone cada manual.
- Analizar y comparar los parámetros que debe cumplir el diseño en planta del eje de la carretera.
- Analizar y comparar los parámetros que debe cumplir el diseño en perfil del eje de la carretera.
- Analizar y comparar los parámetros que debe cumplir el diseño de la sección transversal de la carretera.
- Identificar los métodos que maneja cada manual para determinar la consistencia en el diseño geométrico de la carretera.

4. MARCO TEORICO

4.1 DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

Es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal. [1]

4.2 CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS

Las carretas se clasifican según su funcionalidad, es decir, de acuerdo a la necesidad de operación de la carretera y según el tipo de terreno, el cual se determina por la topografía predominante del tramo en estudio. [2]

Según su funcionalidad se encuentra: [2]

- Carreteras primarias: Son las troncales, transversales y accesos a capitales de departamentos, que cumplen la función de integrar las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.
- Carreteras secundarias: Son las vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conecta con una carretera primaria.
- Carreteras terciarias: Son las vías que unen las cabeceras municipales con sus veredas o une veredas entre sí.

Según el tipo de terreno se encuentra: [2]

- Terreno plano: Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de 5° y pendientes longitudinales menores de 3%.
- Terreno ondulado: Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 6° y 13° y pendientes longitudinales entre 3% y 6%.
- Terreno montañoso: Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 13° y 40° y pendientes longitudinales predominantes se entre 6% y 8%.
- Terreno escarpado: Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a 40° y pendientes longitudinales superiores a 8%.

4.3 VELOCIDAD

4.3.1 Velocidad de diseño

Es la velocidad guía o de referencia de un tramo de carretera, esta velocidad a lo largo del trazado se debe determinar de tal forma de que los conductores no sean sorprendidos por cambios fuertes y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad su recorrido. [2]

Para garantizar la consistencia en la velocidad, se debe identificar a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos, a los que según su topografía se le pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad de diseño del tramo homogéneo es la que permite definir las características mínimas de todos los elementos geométricos del tramo, en condiciones de seguridad y comodidad. [1]

4.3.2 Velocidad específica de un elemento

Es la velocidad máxima segura a la que viajan los conductores, teniendo presente las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la calzada, el clima, la intensidad del tráfico y las características de vehículo, así como las señales reglamentarias.

Es necesario dimensionar los elementos geométricos (curvas y entretangencias) tanto en planta como en perfil, de tal forma que puedan ser recorridos con plena seguridad y comodidad a la velocidad máxima más probable con que serían abordados cada uno de dichos elementos geométricos.

El valor de la velocidad específica de un elemento geométrico depende del valor de la velocidad de diseño del tramo homogéneo, de la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado y del sentido en que el vehículo recorre la carretera. [2]

4.3.3 Velocidad de marcha

Denomina también velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalentes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño. [3]

4.3.4 Velocidad de operación

Velocidad a la cual los conductores conducen sus vehículos sin restricciones por parte del tráfico, es decir circulando a flujo libre. El indicador aceptado para estimar este parámetro es el percentil 85 de las velocidades (V_{85}). [4]

4.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Una característica importante que debe ofrecer el trazado de una carretera es permitir al conductor de un vehículo la posibilidad de ver hacia adelante, para que de tal forma pueda realizar una circulación segura y eficiente.

La distancia de visibilidad se define como la longitud de carretera que es visible hacia adelante por el conductor que circula por ella. De acuerdo con esto se deberá tener en cuenta tres tipos de distancia de visibilidad. [2]

4.4.1 Distancia de visibilidad de parada (Dp)

La distancia de visibilidad de parada es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula a la velocidad específica pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria.

La longitud requerida para detener el vehículo será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción y la distancia recorrida durante el frenando. [2]

$$D_p = d_t + d$$

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en 2.5 segundos) se mide desde el momento en que el conductor visualiza el obstáculo hasta instante en que se aplican los frenos. [2]

$$d_t = 0.278 * V_e * t$$

Donde:

d_t : Distancia recorrida durante el trabajo de percepción y reacción.

V_e : Velocidad específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra.

t : Tiempo de percepción reacción.

La distancia recorrida durante el frenado se mide desde la aplicación de los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente. La distancia se puede calcular con la siguiente ecuación. [2]

$$d = \frac{V_e^2}{254 * \left(\frac{a}{9.81} \pm \frac{p}{100} \right)}$$

Donde:

- d : Distancia recorrida durante el trabajo de frenado, en metros.
- V_e : Velocidad específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra.
- p : Pendiente de la rampa, en porcentaje.
- a : Rata de desaceleración.

4.4.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a)

Un tramo de carretera presenta visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de colisionar con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento. [2]

La distancia de visibilidad de adelantamiento, se determina con la suma de cuatro distancias, así: [2]

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción.

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta.

D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

La maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra. Para determinar la distancia recorrida durante el tiempo percepción-reacción, se emplea la siguiente fórmula: [2]

$$D_1 = 0.278 * t_1 * (V - m + \frac{a * t_1}{2})$$

Donde:

t_1 : Tiempo de la maniobra inicial, en segundos.

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

- a : Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en Km/h/s.
 m : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 Km/h en todos los casos.

La distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, se calcula con la siguiente expresión: [2]

$$D_2 = 0.278 * V * t_2$$

Donde:

- V : Velocidad del vehículo que adelanta, en Km/h.
 t_2 : Tiempo empleado por el vehículo al realizar la maniobra para volver a su carril, en segundos.

La distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, varía entre 30 y 90 metros. [2]

$$D_3 = \text{Distancia variable entre 30 y 90 m.}$$

La distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto, se determina con la siguiente ecuación: [2]

$$D_4 = \frac{2}{3} * D_2$$

4.4.3 Distancia de visibilidad de cruce (Dc)

El conductor de un vehículo que se aproxima por una calzada principal a una intersección a nivel, debe tener una visibilidad de toda la intersección para cruzar, libre de obstáculos y un tramo de la calzada secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión. [2]

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de una calzada principal se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d = 0,278 * V_e * (t_1 + t_2)$$

En donde:

- t_1 : Tiempo de percepción - reacción (2.5 s)
 t_2 : Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S .
 V_e : Velocidad específica de la calzada principal, en Km/h.

El tiempo t_2 necesario para recorrer la distancia S depende de la aceleración de cada vehículo. La distancia S se calcula con la siguiente expresión: [2]

$$S = D + W + L$$

Donde:

D : Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la calzada principal, adoptado como 3 metros.

W : Ancho de la calzada principal, en metros.

L : Longitud total del vehículo, en metros.

Por lo cual, el valor de t_2 se debe obtener de la expresión:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 * (D + W + L)}{9.8 * a}}$$

Donde:

D : Tres metros (3.0 m).

W : Anchos de la calzada principal o anchura del total de carriles, en metros.

L : Depende del tipo de vehículo, así:

- 20.89 m para vehículos articulados (tracto camión son semirremolque)
- 11.00 m para camión de dos ejes.
- 5.00 m para vehículos livianos.

a : Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s^2 .

- 0.055 para vehículos articulados.
- 0.075 para camiones de dos ejes
- 0.150 para vehículos livianos.

4.5 INTRODUCCIÓN A LA GEOMETRÍA DE UNA VÍA

La geometría de una carretera queda determinada en las 3 direcciones del espacio y queda fijada mediante 3 planos: [5]

- La **planta** donde se fijan las alineaciones horizontales.

- El **perfil longitudinal** donde se fijan las alineaciones verticales.
- El **perfil transversal** donde se fijan los peraltes, el bombeo y la inclinación transversal de la rasante.

4.6 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

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 o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño. [2]

4.6.1 Entretangencia horizontal

La entretangencia horizontal es el tramo recto que se encuentra entre dos curvas horizontales consecutivas, es decir, es la distancia entre el PT de una curva y el PC de la siguiente curva. La entretangencia mínima que se puede adoptar depende del sentido de las curvas; se debe tener entretangencias lo suficientemente largas (entretangencia máxima) que permitan cumplir con la distancia de adelantamiento. [2]

4.6.2 Curvas horizontales

4.6.2.1 Curvas circulares simples

Las curvas circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que une dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Por lo tanto, las curvas reales del espacio no necesariamente son circulares. [1]

4.6.2.2 Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples. 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 los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones. [1]

4.6.2.3 Ecuación de equilibrio

La ecuación de equilibrio es la relación entre el radio de la curva horizontal, la velocidad específica, el peralte y la fricción transversal, esta ecuación permite tener el equilibrio de las fuerzas que actúan al momento de que el vehículo circula por una curva evitando el deslizamiento hacia la parte externa de la misma. Se representa de la siguiente forma: [2]

$$R_c = \frac{V_{CH}^2}{127 * (e + f_T)}$$

Donde:

R_c : Radio de la curva circular, en metros.

V_{CH} : Velocidad específica para la que se diseña la curva, en Km/h.

e : Peralte de la calzada en la curva, en tanto por uno.

f_T : Coeficiente de fricción transversal.

4.6.2.4 Curvas espirales de transición

Las curvas espirales de transición se utilizan para mejorar la comodidad y la seguridad de los usuarios en las carreteras. Entre ellas, la más utilizada en el diseño de vías es la Espiral de Euler o Clotoide. [6]

4.6.2.4.1 Clotoide o espiral de Euler

La ley de curvatura de la espiral de Euler está representada por la siguiente ecuación: [7]

$$A = \sqrt{R_c * L_e}$$

Indica que el radio de curvatura “ R ” es inversamente proporcional a la distancia “ L ” recorrida a lo largo de la curva desde su origen. De otra manera, en un punto cualquiera de la curva, el producto del radio “ R ” y la distancia “ L ” es constante e igual a “ A^2 ”. [7]

La constante “ A ” se denomina parámetro de la espiral y permite hallar el radio de la curva en un punto cualquiera de esta. [7]

4.6.2.4.2 Longitud mínima de la espiral (L_e)

Aunque la longitud de la curva espiral se asume, esta debe tener una longitud tal, que satisfaga ciertos parámetros y criterios, principalmente de tipo dinámico, estético y geométrico. [7]

La longitud mínima de la espiral se puede definir mediante el parámetro mínimo de la Clotoide, el cual se establece con base en el estudio y análisis de tres criterios relacionados con la seguridad y comodidad del usuario de la vía. [2]

- ✓ **Criterio 1.** Variación uniforme de la aceleración centrífuga (J), no compensada por el peralte; su valor se determina mediante la siguiente ecuación: [2]

$$A_{min} = \sqrt{\frac{V_{CH} * R_c}{46.656 * J} * \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - (1.27 * e) \right]}$$

Donde:

A_{min} : Parámetro mínimo, en metros.

V_{CH} : Velocidad Específica de la curva horizontal, en Km/h.

R_c : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

J : Variación de la aceleración centrífuga, en m/s^3 .

e : Peralte de la curva, en porcentaje (%).

Se adoptan para J, los valores especificados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variación de la aceleración centrífuga (J)

$V_{CH} \left(\frac{Km}{h} \right)$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/s^3)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

✓ **Criterio 2:**

Limitación por transición del peralte, en la determinación de los valores del parámetro mínimo. Se tendrá en cuenta la inclinación máxima permitida de la rampa de peraltes, la distancia del eje de giro al borde de la calzada. [2]

$$A_{min} = \sqrt{R_c * \frac{e * a}{\Delta s}}$$

Donde:

A_{min} : Parámetro mínimo, en metros.

R_c : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

e : Peralte de la curva, en porcentaje (%).

a : Distancia del eje de giro al borde de la calzada, en metros

Δs : Inclinación de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

✓ **Criterio 3:**

Condición de percepción y de estética, la longitud de la curva de transición debe ser suficiente para que se perciba de forma clara el cambio de la curvatura, orientando adecuadamente al conductor y creando alineamientos armoniosos. [2]

- **Criterio 3.1:** Se asume el disloque mínimo de 0.25 metros.

$$A_{min} = \sqrt[4]{24 * \Delta R * R_c^3}; A_{min} \geq \sqrt[4]{6 * R_c^3}$$

Donde:

A_{min} : Parámetro mínimo, en metros.

ΔR : Disloque de la clotoide, en metros.

R_c : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

- **Criterio 3.2:** Angulo de giro de la espiral mínimo de 3°.

$$\theta_e = \frac{L_e}{2 * R_c} \geq 3^\circ = 0.05236 \text{ radianes}$$

$$L_{min} = 0.10472 * R_c$$

Luego:

$$A_{min} = \sqrt{R_c * L_e} = 0.3236 * R_c$$

Donde:

A_{min} : Parámetro mínimo, en metros.

R_c : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

L_e : Longitud de la Clotoide, en metros.

θ_e : Angulo de giro de la espiral.

4.6.2.4.3 Longitud máxima de la espiral

El valor máximo del parámetro (A_{min}), debe ser igual a 1.1 veces el radio de la curva en estudio. [2]

$$A_{max} = 1.1 * R_c$$

4.6.2.5 Geometría de las curvas de transición

4.6.2.5.1 Curva Espiral – Espiral

Este tipo de curvas se presenta principalmente cuando su deflexión es pequeña, normalmente por debajo de los 30°. Aunque se pudiese aumentar el radio y/o disminuir la longitud espiral, para obtener una curva espiral-circular-espiral con longitud circular positiva, la mayoría de los ingenieros prefieren utilizar la curva espiral-espiral por varias razones: [7]

- Simplifica los cálculos ya que no existen los elementos de la curva circular.

- Se reduce los trabajos de localización en el terreno.
- Facilita un mejor control de cierre en el campo.
- Permite una mayor flexibilidad en los cálculos ya que, además de la deflexión, los cálculos se pueden realizar partiendo de uno de estos elementos: radio (R_c), longitud espiral (L_e), externa (E_e) o tangente (T_e).
- Cuando se tienen longitudes de arco circular muy pequeñas, menores de 10 metros, la estética de la curva no es la mejor, por lo que se recomienda optar por modificarla por una curva de este tipo.

4.6.2.5.2 Curva Espiral – Circular – Espiral

Este tipo de curva está definida por los puntos principales TE, EC, CE y ET. Las curvas espirales se abscisan con incrementos de longitud iguales a la longitud de la cuerda unida de la curva circular desplazada. A cualquier punto “ p ” dentro de la espiral le corresponde una longitud “ L ” que se convierte en el parámetro para definir las deflexiones y las distancias con las que se materializa la curva en el terreno. [6]

4.6.3 Peralte

Es la pendiente transversal que debe tener una curva, con el fin de compensar con una componen de su propio peso la inercia o fuerza centrífuga del vehículo, y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantengan aproximadamente perpendicular al plano de la carretera.

El peralte tiene como función contrarrestar la fuerza centrífuga que empuja al vehículo hacia el exterior de la curva y evacuar aguas de la calzada. Se calcula en función de la velocidad específica de la curva horizontal y el radio de la curvatura adoptado.

4.6.3.1 Transición de peralte

Se conoce como transición de peralte al cambio gradual que se realiza a lo largo de la vía para pasar de una sección con bombeo normal a otra con peralte total. Esta longitud de transición está conformada por dos tramos principales: [2]

1. La distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, conocida como distancia de aplanamiento.
2. La distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular.

La longitud total de transición de peralte se determina con la siguiente expresión: [2]

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN * L}{e_f}$$

Donde:

L_t : Longitud total de transición, en metros.

L : Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular, en metros.

N : Aplanamiento, en metros.

BN : Bombeo normal (via pavimentanda $BN= 2\%$).

e_f : Peralte total, en porcentaje (%).

4.6.3.2 Rampa de peralte

Es la diferencia que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma, se determina con la siguiente ecuación: [2]

$$\Delta s = a * \left(\frac{e_f - e_i}{L} \right)$$

Donde:

Δs : Inclinación longitudinal de la rampa de peralte, en porcentaje (%).

L : Longitud de transición, $L= L_t - N$, en metros.

e_f : Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%).

e_i : Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%).

a : Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros.

La inclinación de la rampa garantizan la comodidad de la marcha de los vehículos y una adecuada apariencia de la carretera.

4.7 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

Al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales. [1]

La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, 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 los ascensos. [2]

El alineamiento vertical y el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados, en forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Por lo tanto es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma velocidad específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio. [2]

4.7.1 Elementos geométricos que integran el alineamiento vertical

4.7.1.1 Tangentes verticales (Tv):

Las tangentes sobre un plano vertical se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. [1]

La pendiente longitudinal de la rasante debe garantizar el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas; está directamente relacionada con la velocidad a la que circulan los vehículos, y del tipo de vía. [2]

4.7.1.2 Longitud crítica de la tangente vertical

La longitud crítica de la tangente vertical es la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Para determinar esta longitud se debe considerar lo siguiente: [2]

- Relación peso/potencia del vehículo pesado de diseño.
- Velocidad media de operación de los vehículos pesados en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
- La velocidad media de operación de los vehículos pesados se estima de acuerdo al estudio de tránsito y la geometría de la vía.
- Pérdidas aceptables de velocidad de los vehículos pesados en la tangente vertical.

4.7.2 Curvas verticales:

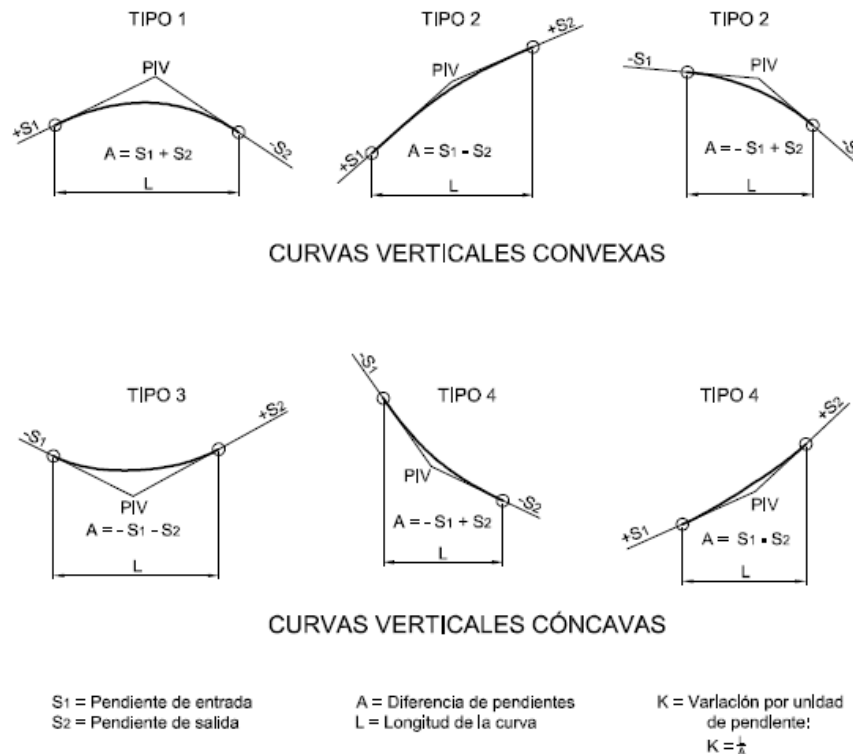
Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado. [1]

4.7.2.1 Tipos de curvas verticales:

Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como: [2]

- Curvas verticales cóncavas
- Curvas verticales convexas

Figura 1. Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas.

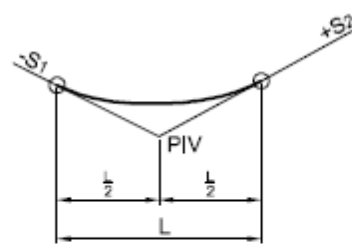
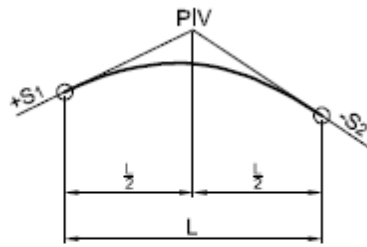


Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia. Y de acuerdo a la longitud que la forman como:

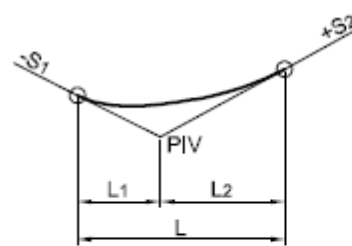
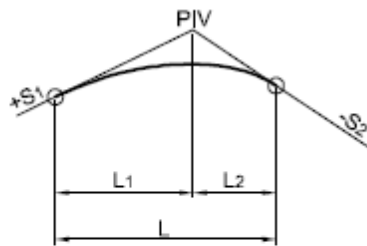
- Curvas verticales simétricas: Se denominan simétricas cuando las proyecciones horizontales de sus tangentes son de igual longitud. [8]
- Curvas verticales asimétricas: Se denomina asimétrica cuando las proyecciones horizontales de sus tangente son de distinta longitud. Esta situación se presenta cuando la longitud de la curva en una de sus ramas está limitada por algún motivo. [8]

En la siguiente Figura se encuentra representada:

Figura 2. Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.



CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS



CURVAS VERTICALES ASIMÉTRICAS

L = Longitud de la curva

L1 = Longitud rama de entrada

L2 = Longitud rama de salida

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

4.7.2.2 Determinación de la longitud de la curva vertical

Los criterios para la seleccionar la longitud de la curva vertical se pueden aplicar a las curvas simétricas y asimétricas: [2]

- **Criterio de seguridad:**
Establece la longitud mínima que debe tener la curva para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada (D_p), y en algunos casos se ve obligado al diseñador a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a).
- **Criterio de operación:**
Establece la longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al conductor la impresión de un cambio repentino de pendiente.
- **Criterio de drenaje:**
Establece la longitud máxima que puede tener la curva vertical para que por ser muy extensa en su parte central sea muy plana dificultando el drenaje de la calzada.

4.7.2.3 Coeficiente angular de la curva vertical (Kv):

El coeficiente angular define la curvatura de la parábola como una variación de longitud por unidad de pendiente así: [8]

$$K_v = \frac{L_v}{i}$$

Donde "K_v" es la distancia horizontal en metros, necesaria para que se efectue un cambio del 1% en la pendiente de tangente a lo largo de la curva.

4.8 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

El diseño geométrico trasversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. De esta manera, se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover. [1]

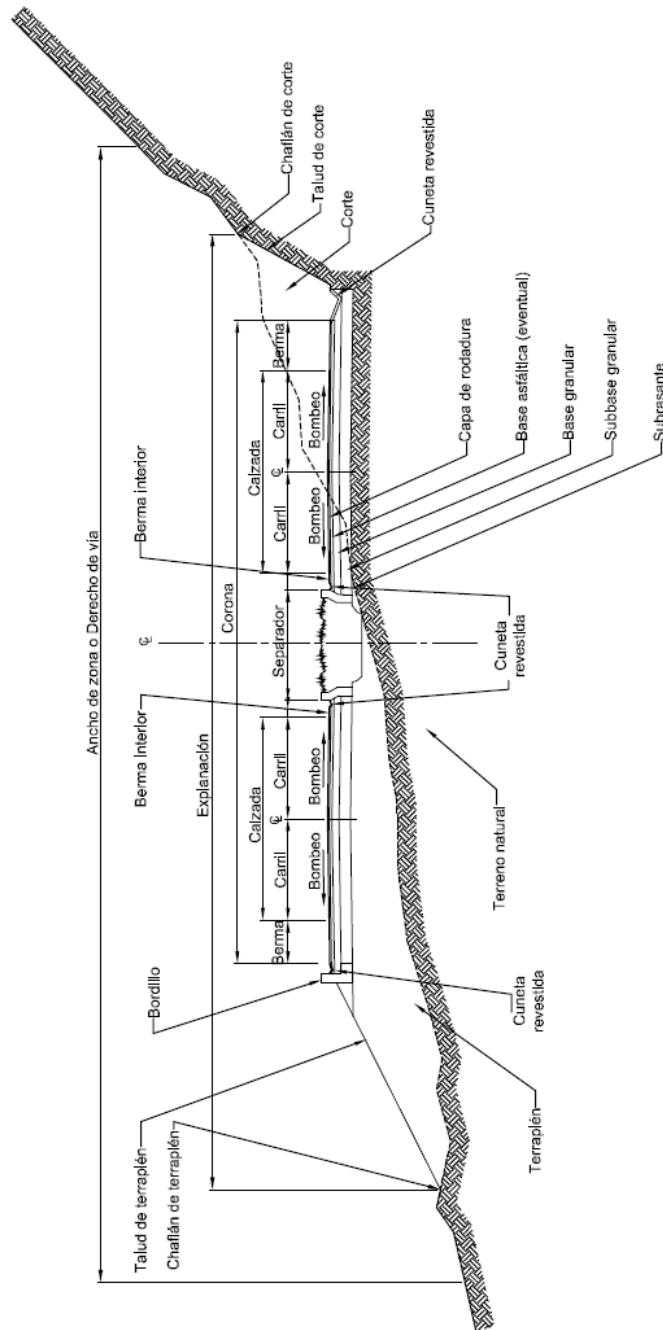
4.8.1 Elementos geométricos que integran la sección transversal

Geométricamente, la sección transversal de una carretera está compuesta por el ancho de zona o derecho de vías, el ancho de explanación, el ancho de banca o plataforma, la corona, la calzada, los carriles, las bermas, las cunetas, los taludes laterales y otros elementos complementarios. [1]

4.8.1.1 Secciones transversales típicas:

Dependiendo del tipo de terreno o topografía, predominara una sección transversal determinada, la cual será típica para ese tramo. [5] Los tipos generales de secciones trasversales son, en corte (excavación), terraplén (relleno) y mixta(a media ladera). [1]

Figura 3. Sección transversal típica en vías de doble calzada.



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

4.8.2 Ancho de zona o derecho de vía

Es la faja de terreno destinado a la construcción, mantenimiento o para realizar futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, además puede ser usada para servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. A esta zona no se le puede dar uso privado. [2]

4.8.3 Corona

Está compuesta por la calzada y las bermas, el ancho de la corona es la distancia horizontal medida al eje entre los bordes interiores de las cunetas. [2]

4.8.3.1 Calzada

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles. Las calzadas pueden ser pavimentadas o simplemente tratadas, si son pavimentadas se encuentran entre los bordes internos de las bermas. [2]

4.8.3.1.1 Pendiente transversal en entretangencia horizontal

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua. En las entretangencias horizontales las calzadas deben tener, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. [2]

4.8.3.1.2 Sobreancho en las curvas

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente.

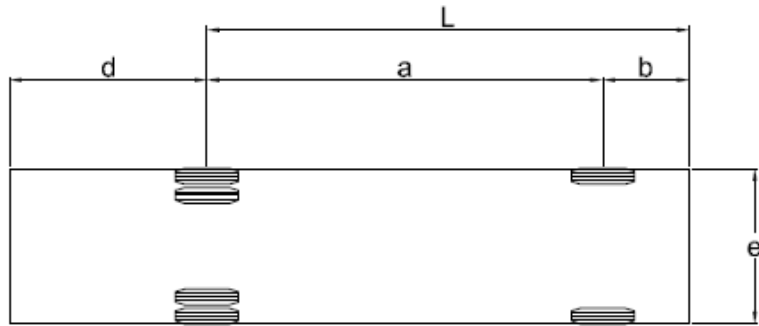
En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de las rectas, la calzada en las curvas debe ensancharse, con el objeto de asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se encuentran en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la calzada. [1]

4.8.3.1.2.1 Determinación del sobreancho

- **Vehículos rígidos:**

En la siguiente tabla se encuentran las dimensiones de los vehículos de cada categoría. [2]

Tabla 2. Dimensiones para el cálculo del sobreancho en vehículos de tipo rígido.



CATEGORIA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
2 Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3 Camión de tres ejes o dobletroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Para una calzada de n carriles el sobreebanco se calcula con la siguiente expresión: [2]

$$S = n * (R_c - \sqrt{R_c^2 - L^2})$$

Donde:

S : Sobreebanco requerido para la calzada.

n : Numero de carriles.

R_c : Radio de la curva circulas.

L : Distancia entre el parachoques delantero y el eje trasero del vehiculo.

En vías Terciarias, el sobreebanco de la curva se calcula mediante la siguiente relación: [2]

$$S = \frac{32 * n}{R_c}$$

Donde:

S : Ancho requerido por la calzada, en metros.

n : Numero de carriles.

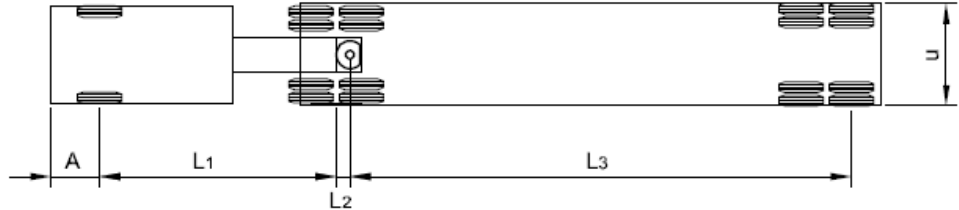
R_c : Radio de la curva, en metros.

- **Vehículos articulados:**

En la siguiente tabla se presenta el vehículo articulado, conformado por una unidad tractora y semirremolque. Las dimensiones

mostradas corresponden a las requeridas para realizar el cálculo del sobreebancho. [2]

Tabla 3. Dimensiones para el cálculo del sobreebancho requerido por el vehículo articulado representativo del parque automotor colombiano.



TIPO	CATEGORIA	A(m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	u(m)
3S2	Tractocamión de tres eje con semirremolque de dos ejes	1.22	5.95	0.0	12.97	2.59

Fuente. Manual de diseño geométrico de Colombia. 2008, Colombia.

La expresión recomendada por la AASHTO para determinar el sobreebancho requerido por vehículos articulados es la siguiente: [2]

$$S = A_c - A_T$$

Donde:

S: Ancho requerido por la calzada, en metros.

A_c: Ancho de la calzada en curva, en metros.

A_T: Ancho de la calzada en tangente, en metros.

El ancho de la calzada en curva se determina con la siguiente expresión: [2]

$$A_c = n * (U + C) + (n - 1) * F_A + Z$$

Donde:

n: Numero de carriles de la calzada.

U: Ancho ocupado por el vehículo cuando está describiendo la trayectoria en la curva, en metros.

$$U = u + R_c - \sqrt{R_c^2 - (L_1 + L_2 + L_3)^2}$$

Donde:

u : Ancho del vehiculo en tangente, en metros.
 R_c : Radio de la curva, en metros.
 L_1, L_2 y L_3 : Ancho de la calzada en tangente, en metros.

C : Espacio lateral de seguridad que requiere cada vehiculo, en metros.

En la siguiente table se presenta el valor de C en funcion del ancho de la calzada. [2]

Tabla 4. Valor de C en función del ancho de la calzada

	ANCHO DE CALZADA EN TANGENTE (A_T), m		
	6.00	6.60	7.20
C (m)	0.60	0.75	0.90

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

F_A : Avance del voladizo delantero del vehiculo sobre el carril adyacente, cuando está describiendo la trayectoria curva. [2]

$$F_A = \sqrt{R_c^2 + A * (2 * L_1 + A)} - R_c$$

Donde:

R_c : Radio de la curva, en metros.

A : Valor del voladizo o saliente delantero del vehiculo, en metros.

L_1 : Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora, en metros.

Z : Sobreancho adicional de seguridad, que depende de la curvature y de la velocidad especifica de la curva horizontal y cuyo proposito

es facilitar la conduccion sobre la curva, en metros. [2]

$$Z = 0.1 * \sqrt{\frac{V_{CH}}{R_c}}$$

Donde:

R_c : Radio de la curva, en metros.

V_{CH} : Velocidad especifica de la curva, en Km/h.

4.8.3.1.2.2 Transición del sobreebancho

Con el fin de que el alineamiento de los bordes de la calzada se presente de una forma regular y continua se acostumbra a ubicar el sobreebancho en el borde interno y además se debe realizar de una forma gradual tanto en la entrada como en la salida de la curva. [9]

La transición del sobreebancho se debe realizar gradualmente a lo largo de una longitud apropiada de modo que no se observen cambios bruscos en el ancho de la calzada, que puedan llegar a confundir al conductor que transita sobre ella. Estas transiciones se realizan de forma distinta dependiendo del tipo de curva ya sea circular simple o espiralizada. [9]

En las curvas espiralizadas, la transición del sobreebancho se realiza a lo largo de la longitud de la espiral, simultáneamente con la transición del peralte. En curvas circulares si no se realiza conjuntamente con la transición del peralte, se asume una longitud entre 10 y 30 metros normalmente. Esta longitud depende del valor del sobreebancho, a mayor sobreebancho mayor longitud y de la entretangencia disponible. [9]

El sobreebancho en cualquier punto (S_p), situado a una distancia L_p desde el inicio se determina con la siguiente ecuación: [2]

$$S_p = \frac{S * L_p}{L}$$

Donde:

S_p : Sobreebancho correspondiente a la longitud L_p , en metros.

S : Sobreebancho calculado para la curva, en metros.

L_p : Longitud elegida para determinar el sobreebancho, en metros.

L : Longitud de transición del sobreebancho, en metros.

4.8.3.2 Carril

El carril es la faja de ancho suficiente para que circule una fila de vehículos. [2]

4.8.3.2.1 Carril especial de ascenso

La operación de las carreteras de dos carriles, está limitada principalmente en tangente verticales con pendientes fuertes y con tránsito de camiones, debido a que en estas condiciones generan disminución de la velocidad de los vehículos livianos y se ve afectada la distancia de visibilidad para adelantar, esto se refleja

en bajos niveles de servicio y en el aumento de los costos de operación. Cuando se presenta esta situación es necesario proporcionar un carril de ascenso. [2]

4.8.1.3 Bermas

La berma es la faja de terreno comprendido entre el borde de la calzada y la cuneta.

Cumple principalmente con cuatro funciones básicas: [2]

- Proporciona protección a la estructura del pavimento, que de otro modo se vería afectada por la erosión y la inestabilidad.
- Permite detenciones ocasionales de los vehículos.
- Asegura una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la capacidad de la vía.
- Ofrece un espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad de la vía.

Para que estas funciones se cumplan, las bermas deben tener un ancho constante, estar libres de obstáculos y estar compactadas homogéneamente en toda su sección.

4.8.4 Cunetas

Las cunetas son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no, que tienen como función recoger y canalizar longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Se diseñan según los cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente, área drenada, etc. [2]

Las cunetas revestidas en concreto se diseñan para que al final de su longitud su sección llegue al nivel de rebosamiento. Las cunetas sin revestir (cunetas en tierra) se diseñan para asegurar que el agua no las va a erosionar; El control por erosión en las cunetas sin revestir depende del tipo de suelo de la subrasante, de la pendiente longitudinal de la vía y de la intensidad de la lluvia de diseño. [2]

4.8.5 Taludes

Los taludes son los planos laterales que limitan la explanación. Su inclinación se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos con la vertical en cada sección de la vía. La inclinación de los taludes de corte es variable a lo largo de la vía según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados. [2]

4.9. CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA

El diseño consistente se logra cuando la velocidad de diseño de todos los tramos y elementos ha sido escogida de manera apropiada, así se garantiza que los conductores no deberán cambiar su velocidad de operación bruscamente obligados por las características geométricas de la carretera. Lo anterior se traduce en seguridad, es decir, menos accidentes, menos heridos, menos muertes, menos daños a la propiedad. Lo ideal es que todos los elementos tuvieran la misma velocidad de diseño (y que fuera igual a V_{TR}). Los criterios explicados para escoger las velocidades específicas y la longitud de los tramos resultan en un diseño consistente. [7]

5. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para desarrollar este proyecto de grado, se puede agrupar en tres ítems:

✓ **Recopilación de la información**

Se consultaron conceptos básicos que se debían tener claros antes de realizar la comparación, esta búsqueda se realizó en libros de diseño geométrico, material de clase, proyectos de grado, entre otros.

Se realizó la búsqueda de los manuales de diseño geométrico de carreteras de los países seleccionados, en páginas gubernamentales, buscando obtener la versión más reciente y vigente de estos manuales.

✓ **Clasificación de la información**

Antes de realizar la clasificación de la información, se hizo una identificación de los contenidos más relevantes que presentan los manuales de diseño geométrico de carreteras.

La información se clasificó de acuerdo a lo establecido en los objetivos específicos, es decir, se agrupó en tres grandes temáticas: diseño en planta del eje la carretera, diseño en perfil del eje de la carretera y diseño de la sección transversal de la carretera.

Debido a que en la identificación de los contenidos de los manuales, no se encontró suficiente información sobre consistencia en el diseño geométrico de carreteras, no se profundizó en esta temática, pero sí se analizó en los países donde le dan gran importancia a este aspecto.

✓ **Comparación**

Al tener clasificada la información, se prosiguió a realizar el análisis y la comparación de los ítems más importantes que abordaban cada temática. Se buscó la manera más apropiada de presentar esta información, para lo cual la que mejor se ajustó fueron los cuadros de representación gráfica.

Con esta comparación se obtuvieron conclusiones representativas en cada una de las grandes temáticas que se abordaron y se identificaron criterios importantes que emplean los diseñadores de otros países que aún no se han implementado en el manual de diseño geométrico de carreteras colombiano.

6. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 Clasificación de las carreteras

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA [2]
CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS: Según su funcionalidad	Carretera primaria	Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de departamentos que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.
		Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas.
		Deben funcionar pavimentadas.
	Carretera Secundaria	Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria.
		Pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
	Carretera terciaria	Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.
Deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para vías secundarias.		

PARAMETROS	ITEMS	PERU
CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS: Según su demanda	Autopistas de primera clase	Son carreteras con índice medio diario anual mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 metros; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 metros de ancho como mínimo.
		La superficie de rodadura debe ser pavimentada.
	Autopistas de segunda clase	Son carreteras con índice medio diario anual entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar entre 6,00 metros hasta 1,00 metro, cada una de las calzadas debe contar con dos o mas carriles de 3,60 metros de ancho como mínimo.
		La superficie de rodadura debe ser pavimentada.
	Carreteras de primera clase	Son carreteras con un índice medio diario anual entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 metros de ancho mínimo.
		La superficie de rodadura debe ser pavimentada.
	Carreteras de segunda clase	Son carreteras con índice medio diario anual entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 metros de ancho como mínimo.
		La superficie de rodadura debe ser pavimentada.
	Carreteras de tercera clase	Son carreteras con índice medio diario anual menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 metros de ancho como mínimo.
		La superficie de rodadura pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas; o en afirmado. En caso de ser pavimentadas deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.
Trochas Carrozables	Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, por lo general tiene un índice medio diario anual menor a 240 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 metros.	
	La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.	

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR
CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS: Según su capacidad	Autopistas	Las autopistas tipo 2 (AP2), son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 12.000 y 80.000.
		Las autopistas tipo 1 (AP1), son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 80.000 y 50.000.
	Autovia o carretera multicarril	Las autovías tipo 2 (AV2), son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 50.000 y 26.000.
		Las autovías tipo 1 (AV1), son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 26.000 y 8.000.
	Carretera de 2 carriles	Las carreteras de mediana capacidad (C1) son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 8.000 y 1.000.
		Las carreteras convencional básica y camino básico (C2) son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 1.000 y 500.
Los caminos agrícola/forestal (C3) son carreteras con tráfico promedio Diario anual entre 500 y 0.00.		

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS	Por tipo de diseño	Autopistas
		Caminos indivisos rurales
	Por número de rutas	Nacionales
		Provinciales
		Municipales
	Por jurisdicción administrativa	Caminos nacionales
		Caminos provinciales
Por funcionalidad	Según el carácter del servicio que proven; se usa como una importante herramienta para planificar el transporte.	

PARAMETROS	ITEMS		CHILE
CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS	Carretera	Autopistas	Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerable. Estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales, dispuestos en calzadas divididas por un separador de al menos 13 metros de ancho.
		Autorrutas	Son carreteras existentes a las que se les ha construido o se les construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada dividida por un separados.
		Primarias	Son carreteras con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al transito de paso con recorridos de media y larga distancia. Estará constituida por carriles unidireccionales, dividida por un separador, tambien puede estar constituida por una calzada de dos carriles para tránsito bidireccional.
	Caminos	Colectores	Son caminos de mediana y corta distancia, a los que acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. Estará constituida por dos carriles bidireccionales.
		Locales	Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinadas preferentemente a dar servicio a la propiedades adyacente.
		de Desarrollo	Están destinados a conectar zonas aisladas.

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA
VELOCIDAD DE DISEÑO	Tramos homogéneos	La longitud mínima del tramo homogéneo debe ser 3,0 Km para velocidades entre 20 y 50 Km/h y 4,0 Km para velocidades entre 60 y 110 Km/h.
		Diferencia de velocidad de diseño entre tramo adyacentes no debe ser mayor a 20 Km/h.
	Rangos de velocidad de diseño de los tramos homogéneos	Los rangos de velocidad de diseño de tramos homogéneos se hacen en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
		La categoría de las carreteras se da según la necesidad operacional o los intereses de la nación.
		La velocidad mínima es de 20 Km/h y la velocidad máxima es de 110 Km/h. Ver Tabla 1 en Anexo 1.

PARAMETROS	ITEMS	PERU
VELOCIDAD DE DISEÑO	Tramos homogéneos	La longitud mínima del tramo homogéneo debe ser 3,0 Km para velocidades entre 20 y 50 Km/h y 4,0 Km para velocidades entre 60 y 120 Km/h.
		Diferencia de velocidad de diseño entre tramo adyacentes no debe ser mayor a 20 Km/h.
	Rangos de velocidad de diseño de los tramos homogéneos	Los rangos de velocidad de diseño de tramos homogéneos se hacen en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
		La clasificación de las carreteras se hace según la demanda del tránsito diario.
		La velocidad mínima es de 30 Km/h y la velocidad máxima es de 130 Km/h. Ver Tabla 2 en Anexo 1.

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR
VELOCIDAD DE DISEÑO	Tramos homogéneos	La velocidad de diseño o velocidad directriz se selecciona según el proyecto y todos los elementos se deben relacionar con ella para tener un diseño equilibrado, se usa esta velocidad para toda la vía, no hay cambio de velocidad.
	Rangos de velocidad de diseño de los tramos homogéneos	Los intervalos de velocidad que se deben considerar para determinar la velocidad de diseño en un tramo de vía se hacen en función de los volúmenes de tránsito, según modelos de la AASHTO.
		La velocidad mínima es de 40 Km/h y la velocidad máxima es de 120 Km/h. Ver Figura 1 en Anexo 1.
		La velocidad de proyecto se puede asignar según el desempeño de la carretera. Ver Figura 2 en Anexo 1.

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
VELOCIDAD DE DISEÑO	Tramos homogéneos	La velocidad de diseño o velocidad directriz es la que define todos los parámetros mínimos de diseño, se selecciona según el proyecto y todos los elementos se deben relacionar con ella para tener un diseño equilibrado, se usa esta velocidad en toda la vía, no hay cambio de velocidad si no hay cambios en la topografía.
		La diferencia de la velocidad directriz entre tramos adyacentes debe ir cambiando en magnitudes de 10 en 10 Km/h cuando se requiera un cambio de velocidad por cambios en la topografía.
	Rangos de velocidad de diseño de los tramos homogéneos	Los rangos de velocidad directriz de tramos homogéneos se hacen en función de la topografía del terreno. (Muy montañoso, montañoso, ondulada y llana).
		La velocidad mínima es de 25 Km/h y la velocidad máxima es de 130 Km/h.

PARAMETROS	ITEMS	CHILE
VELOCIDAD DE DISEÑO	Tramos homogéneos	
	Rangos de velocidad de diseño de los tramos homogéneos	Los rangos de velocidad de diseño de tramos homogéneos se hacen en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
		La categoría de las carreteras se da según la necesidad operacional o los intereses de la nación.
	La velocidad mínima es de 30 Km/h y la velocidad máxima es de 120 Km/h. Ver Tabla 3A y 3B en Anexo 1	

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA
VELOCIDAD ESPECIFICA	Criterios para la asignación de la Velocidad específica en curvas horizontales	La velocidad específica de la curva horizontal no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo, ni superior a esta en 20 Km/h.
		Para asignar la velocidad específica de una curva horizontal se debe tener en cuenta la velocidad específica de la curva horizontal anterior y la tangente anterior. Ver Tabla 1 en Anexo 2.
		La diferencia entre la velocidad específica de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la velocidad de diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento recto entre dichas curvas. Ver Tabla 2 en Anexo 2.
	Velocidad en la tangente horizontal	La velocidad específica de la entretangencia horizontal debe ser igual a la mayor de las dos velocidades específicas de las curvas horizontales de los extremos.
	Velocidad específica de la curva vertical	Si la curva vertical coincide con una curva horizontal que tiene una velocidad específica dada, la velocidad específica de la curva vertical debe ser igual a la velocidad de la curva horizontal.
Si la curva vertical está dentro de una entretangencia horizontal con una velocidad específica dada, la velocidad específica de la curva vertical debe ser igual a la velocidad de la entretangencia horizontal.		
Velocidad específica de la tangente vertical	La velocidad específica de la tangente vertical es igual a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.	

PARAMETROS	ITEMS	PERU
VELOCIDAD ESPECIFICA	Criterios para la asignación de la Velocidad específica en curvas horizontales	La velocidad específica de una curva horizontal no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo, ni superior a esta en 20 Km/h.
		Para asignar la velocidad específica de una curva horizontal se debe tener en cuenta la velocidad específica de la curva horizontal anterior y la tangente anterior. Observación: No presentan tabla guía.
		La diferencia entre la velocidad específica de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la velocidad de diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento recto entre dichas curvas. Observación: No presentan tabla guía.
	Velocidad en la tangente horizontal	La velocidad específica de la entretangencia horizontal debe ser igual a la mayor de las dos velocidades específicas de las curvas horizontales de los extremos.
	Velocidad específica de la curva vertical	Si la curva vertical coincide con una curva horizontal que tiene una velocidad específica dada, la velocidad específica de la curva vertical debe ser igual a la velocidad de la curva horizontal.
		Si la curva vertical está dentro de una entretangencia horizontal con una velocidad específica dada, la velocidad específica de la curva vertical debe ser igual a la velocidad de la entretangencia horizontal.
Velocidad específica de la tangente vertical	La velocidad específica de la tangente vertical es igual a la velocidad específica de la tangente horizontal.	

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR
VELOCIDAD ESPECIFICA	Criterios para la asignación de la Velocidad específica en curvas horizontales	
	Velocidad en la tangente horizontal	
	Velocidad específica de la curva vertical	
Velocidad específica de la tangente vertical		

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
VELOCIDAD ESPECIFICA	Criterios para la asignación de la Velocidad especifica en curvas horizontales	
	Velocidad en la tangente horizontal	
	Velocidad especifica de la curva vertical	
Velocidad especifica de la tangente vertical		

PARAMETROS	ITEMS	CHILE
VELOCIDAD ESPECIFICA	Criterios para la asignación de la Velocidad especifica en curvas horizontales	
	Velocidad en la tangente horizontal	
	Velocidad especifica de la curva vertical	
Velocidad especifica de la tangente vertical		

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA
VELOCIDAD DE MARCHA		En el manual de diseño geómetra no se especifica la velocidad de marcha.

PARAMETROS	ITEMS	PERU
VELOCIDAD DE MARCHA		En autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito.
		En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.
		Cuando no se dispone de un estudio de campo, se toman como valores teóricos para la velocidad de marcha los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño. Ver Tabla 1 en Anexo 3.

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR
VELOCIDAD DE MARCHA		En el manual de diseño geómetra no se especifica la velocidad de marcha.

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
VELOCIDAD DE MARCHA		Se determina con la relación entre la longitud de un determinado tramo de carretera y el tiempo real que un vehículo tarda en recorrerlo, excluyendo los lapsos por demoras y detenciones. En flujo libre.
	Velocidad media de marchar (VMM)	Es la velocidad de una corriente de tránsito computada como la longitud de un segmento de camino dividida por el tiempo promedio de viaje de los vehículos que atraviesan el segmento. En flujo libre.
		La relación entre la velocidad directriz y la velocidad media de marcha se genera por los distintos volúmenes de tránsito, cuando el volumen aumenta la velocidad media de marcha disminuye por la interferencia entre los vehículos, según la AASHTO. Ver Figura 1 en Anexo 3.
		La VMM se utiliza para calcular el peralte en curvas horizontales y las longitudes de los carriles de cambio de velocidad.

PARAMETROS	ITEMS	CHILE
VELOCIDAD DE MARCHA		En el manual de diseño geómetra no se especifica la velocidad de marcha.

PARAMETRO	COLOMBIA
VELOCIDAD DE OPERACIÓN	En el manual de diseño geometra no se especifica la velocidad de operación.

PARAMETRO	PERU
VELOCIDAD DE OPERACIÓN	La velocidad de operación se evalúa según las ecuaciones de consistencia de Fitzpatrick. Ver Tabla 1 en Anexo 4. Según criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el manual, se tiene la Tabla 2 , donde se presentan valores de velocidades máximas de operación, en función de la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y tipo de terreno. Ver Anexo 4.

PARAMETRO	ECUADOR
VELOCIDAD DE OPERACIÓN	Es la velocidad de un vehículo en un tramo específico de carretera; su valor se obtiene dividiendo la distancia recorrida por el tiempo que el vehículo gasta para recorrer el tramo.
	Esta velocidad da la medida del servicio que presta la carretera y permite evaluar los costos y los beneficios para los usuarios.
	La velocidad de operación promedio de una carretera consiste en medir la velocidad promedio en un punto, es decir, es el promedio de las velocidades de todos los vehículos que pasan por ese punto.
	En el manual se establece una tabla en la que se relaciona la velocidad de diseño con la de operación en tramos rectos o de curvatura pequeña para carreteras de 2 carriles en función de los volúmenes de tránsito. Ver Tabla 3 en Anexo 4.

PARAMETRO	ARGENTINA
VELOCIDAD DE OPERACIÓN	Es la velocidad a la cual se observa que los conductores operan sus vehículos durante condiciones favorables de: flujo libre, clima, visibilidad y calzada húmeda.
	La velocidad directriz es teóricamente posible, la de operación es la observada en caminos existentes, y prevista para condiciones de proyecto similares a las existentes.

PARAMETRO	CHILE
VELOCIDAD DE OPERACIÓN	

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Distancia de visibilidad de parada	La distancia de visibilidad de parada para pavimentos húmedos se calcula mediante la siguiente ecuación: $Dp = 0.278 * V_e * t + \frac{V_e^2}{254 * (\frac{a}{9.81} \pm \frac{p}{100})}$
		En donde el tiempo de percepción reacción (t) es de 2,5 segundos y la rata de desaceleración(a) es igual a 3,4 m/s ² y p es el porcentaje de la pendiente longitudinal. La Tabla 1 y la Tabla 2 presentan los valores recomendados para las distancias mínimas de visibilidad de parada para diferentes velocidades de diseño según la pendiente del terreno. Ver Anexo 5.
	Distancia de visibilidad de adelantamiento	La distancia de visibilidad de adelantamiento se determina mediante la siguiente suma: $D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$
		En la Tabla 3 se encuentran valores mínimos de distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, dos sentidos. Ver Anexo 5. En la Tabla 4 se presenta el porcentaje mínimo habilitado para adelantar en tramos de 5 Km, de acuerdo a la velocidad de diseño del tramo homogéneo. Ver Anexo 5.
	Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento	En el manual de diseño geometra no se especifica este criterio.
	Distancia de visibilidad de cruce	La distancia mínima de visibilidad de cruce a lo largo de una calzada principal se calcula mediante la siguiente expresión: $d = 0,278 * V_e * (t_1 + t_2)$
En donde el tiempo de percepción reacción (t_1) es de 2,5 segundos y t_2 es el tiempo requerido para acelerar y recorrer una distancia S. La Tabla 5 presenta las distancias mínimas de visibilidad de cruce requeridas en calzadas con un ancho de 7.30 m y dos sentidos de circulación. Ver Anexo 5.		

PARAMETROS	ITEMS	PERU	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Distancia de visibilidad de parada	La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se determina mediante la siguiente ecuación:	
		$Dp = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$	
		En donde el tiempo de percepción-reacción t_p es de 2 segundos, f es el coeficiente de fricción en pavimento húmedo y la pendiente longitudinal i en decimal.	
		La Tabla 6 muestra las distancias de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño y la pendiente. Adicionalmente se puede determinar con la Figura 1 . Ver Anexo 5.	
		Observación: Las distancias de visibilidad de parada en las diferentes velocidades específicas son iguales a las que presenta el GEOM 08, excepto las distancias de visibilidad de parada para una velocidad de 130 Km/h, son mayores.	
	Distancia de visibilidad de adelantamiento		La distancia de visibilidad de adelantamiento se calcula de la misma forma que en Colombia.
			En la Tabla 7 se encuentran valores mínimos de distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, dos sentidos. Adicionalmente se puede determinar con la Figura 2 . Ver Anexo 5.
			En la Tabla 8 se encuentran las longitudes máximas sin visibilidad de adelantamiento en sectores conflictivos. Ver Anexo 5.
		En la Tabla 9 se presenta el porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar en tramos superiores a 5 Km, de acuerdo al tipo de terreno. Ver Anexo 5.	
Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento		En pendientes > 6,0% el valor mínimo de distancia de adelantamiento corresponde al de la velocidad de diseño más 10 Km/h.	
Distancia de visibilidad de cruce		La distancia de visibilidad de cruce se calcula de la misma forma que en Colombia.	
		La Tabla 10 presenta las distancias mínimas de visibilidad de cruce requeridas, en calzadas con un ancho de 7.20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria. Ver Anexo 5. Observación: La tabla es similar a la presentada en el GEOM 08, las distancias de visibilidad de cruce son las mismas para las velocidades específicas entre 40 y 100 Km/h pero la longitud de los vehículos son diferentes, adicionalmente se presentan distancias de cruce para velocidades de 110, 120 y 130 Km/h.	

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Distancia de visibilidad de parada	<p>La distancia de visibilidad de parada para pavimentos húmedos se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $Dp = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254 * (f \pm G)}$ <p>En donde el tiempo de percepción reacción (t) es de 2,5 segundos, f es el coeficiente de fricción longitudinal entre la llanta y la superficie de rodamiento y G es la pendiente longitudinal en decimal.</p> <p>La Tabla 11 contiene las distancias de visibilidad de parada y de decisión para diferentes velocidades de diseño según la pendiente del terreno. Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: Las tablas presentadas son similares a las del manual colombiano, pero solo asignan distancias de visibilidad de parada para velocidades de diseño entre 30 y 110 Km/h, y los valores de las distancias son diferentes. Adicionalmente se encuentra una tabla con distancias de decisión para evitar maniobras.</p>
	Distancia de visibilidad de adelantamiento	<p>La distancia de visibilidad de adelantamiento se calcula de la misma forma que en Colombia.</p> <p>En la Tabla 12 se encuentran valores mínimos de distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras rurales de dos carriles, dos sentidos. Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: La tabla presentada es similar a la del manual colombiano, pero solo asignan distancias de visibilidad de adelantamiento para velocidades de diseño entre 30 y 110 Km/h, los valores de la velocidad de los vehículos que adelantan y que son adelantados son iguales pero los valores para las distancias de adelantamiento son diferentes para las velocidades de 30, 40, 70 y 90 Km/h.</p>
	Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento	<p>En el manual de diseño geometra no se especifica este criterio.</p>
	Distancia de visibilidad de cruce	<p>En el manual de diseño geometra no se especifica este criterio.</p>

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
	Distancia de visibilidad de parada	<p>La distancia de visibilidad de parada o distancia visual de detención (DVD) para pavimentos húmedos se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $DVD = \frac{V}{1.44} + \frac{V^2}{254 * (fl \pm i)}$ <p>En donde fl es el coeficiente de fricción longitudinal húmeda y la pendiente longitudinal i en decimal.</p> <p>La Tabla 13 presenta los valores recomendados para las distancias visuales mínimas de detención en función de la velocidad y la pendiente. Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: La tabla presentada es similares a la del manual colombiano; presenta distancias de detención para velocidades entre 25 y 140 Km/h para pendientes entre 0 y 10 en calzadas de un sentido y entre 0 y -10 en calzadas de dos o un sentido.</p>
	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	<p>La distancia de visibilidad de adelantamiento o distancia visual de adelantamiento (DVA) se determina mediante la siguiente suma:</p> $DVA = d_1 + d_2 + d_3$ <p>Donde:</p> $d_1 = \frac{V_1 * t_1}{3.6} \quad V_1 = VMM \quad t_1 = 4 \text{ seg.} \quad d_3 = d_2$ $d_2 = \frac{V_2 * t_2}{3.6} \quad V_2 = VMM + 15 \quad t_2 = \frac{2 * d_0 * 3.6}{V_2 - V_1} \quad d_0 = 0.2 * V_1 + 8$ <p>En la Tabla 14 se encuentran valores de distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, dos sentidos en función de la velocidad. Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: La tabla presentada es similar a la del manual colombiano, se asignan distancias de visibilidad de adelantamiento para velocidades de diseño entre 25 y 120 Km/h, los valores de las distancias de adelantamiento son diferentes.</p> <p>En secciones de caminos indivisos de dos carriles de 3 Km de largo, se proyecta el siguiente porcentaje mínimo de longitud con distancia visual de adelantamiento: En zona llana 80%, en zona ondulada 50%, en zona montañosa 30% y en zona muy montañosa 20%.</p>
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento	En el manual de diseño geométrica no se especifica este criterio.
	Distancia de visibilidad de cruce	En el manual de diseño geométrica no se especifica este criterio.
	Distancia visual de decisión	La Tabla 15 muestra los valores recomendados para la distancia visual de decisión en función de la velocidad, y se obtuvieron del modelo de AASHTO 1994. Ver Anexo 5.

PARAMETROS	ITEMS	CHILE
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Distancia de visibilidad de parada	<p>La distancia de visibilidad de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $Dp = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(r \pm i)}$ <p>En donde el tiempo de percepción reacción (t_p) es de 2 segundos, r es el coeficiente de roce rodante en pavimento húmedo, i es el porcentaje de la pendiente longitudinal en decimal.</p>
		<p>La Tabla 16 y la Figura 3 presentan los valores recomendados para las distancias mínimas de visibilidad de parada en función de la velocidad de proyecto y la pendiente del terreno.</p> <p>Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: Las tablas son similares a las del manual colombiano, se asignan distancias de visibilidad de parada para velocidades de proyecto entre 30 y 130 Km/h y pendientes entre ± 0 y ± 10, los valores de las distancias de parada son diferentes a las presentadas en el GEOM 08.</p>
	Distancia de visibilidad de adelantamiento	<p>La distancia de visibilidad de adelantamiento se toma de modelos europeos, de países como Alemania, España y Gran Bretaña, los cuales arrojan valores que son del orden de 5% a 10% menores a los presentados por AASHTO.</p> <p>La Tabla 17 entrega los valores mínimos para considerar como distancia de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos. Ver Anexo 5.</p> <p>Observación: En la tabla se asignan distancias de visibilidad de adelantamiento para velocidades de proyecto entre 30 y 100 Km/h, como trabajaron con modelos europeos los valores de las distancias de adelantamiento son diferentes a las presentadas en el GEOM 08 debido a que este último se basa en la AASTHO.</p>
		<p>En la Tabla 18 se presenta el porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar en longitudes superiores a 5 Km, de acuerdo a la tipo de terreno. Ver Anexo 5.</p>
Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento	<p>En pendientes > 6% el valor mínimo de distancia de adelantamiento corresponde al de la velocidad de proyecto más 10 Km/h.</p>	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	Distancia de visibilidad de cruce	<p>La distancia de visibilidad de cruce a lo largo de una calzada principal se calcula mediante la siguiente expresión:</p> $d = 0,275 * V * (t + t_a)$ <p>En donde el tiempo de percepción reacción (t) es de 2,0 segundos y t_a es el tiempo requerido para acelerar y recorrer una distancia S.</p>
		<p>La Tabla 19 presenta los tiempos (t_a) requeridos para cruzar una carretera en función de la distancias S. Ver Anexo 5.</p> <p>Cuando la rasante presenta pendiente negativa el vehículo necesita de una distancia mayor para detenerse, por el contrario cuando se tiene una pendiente positiva se requiere una distancia menor; el efecto de la inclinación de la rasante puede expresarse multiplicando el tiempo t_a por un factor, según el tipo de vehículo. La Tabla 20 presenta la corrección de t_a por la inclinación de la rasante. Ver Anexo 5.</p>

✚ DISEÑO EN PLANTA

PARAMETRO	ITEMS	COLOMBIA
ENTRETANGENCIA HORIZONTAL	Entretangencia mínima para curvas de distintos sentidos	Cuando se emplean curvas espirales, se pueden prescindir tramos de entretangencias rectos.
		Cuando el alineamiento se hace con curvas circulares, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peralte y por la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la menor de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
	Entretangencia mínima para curvas del mismo sentido	En curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.
		En curvas circulares, especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor a 15 segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.
	Entretangencia máxima	Se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la distancia de visibilidad de adelantamiento.
		La longitud máxima de recta no debe ser superior a 15 veces la velocidad específica de la entretangencia horizontal expresada en kilómetros por hora.
	Este criterio aplica para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.	

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	COLOMBIA
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Ecuación de equilibrio	<p>La ecuación de equilibrio está representada por la siguiente expresión:</p> $R_c = \frac{V_{CH}^2}{127 * (e + f_T)}$ <p>Donde R_c es el radio de la curva circular, V_{CH} es la velocidad específica para la que se diseña la curva, e peralte de la calzada en la curva y f_T coeficiente de fricción transversal.</p>
		Fricción transversal máxima	Se adoptan los valores de coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios de la AASHTO, estos valores se dan en función de la velocidad específica. Ver Tabla 1 en Anexo 6.
		Radio de curvatura mínimo	El radio mínimo es el valor límite de curvatura para una velocidad específica de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal. Se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio.
			En la Tabla 2 y la Tabla 3 se muestran los valores de radios mínimos para diferentes velocidades específicas según el peralte máximo y la fricción máxima. Ver Anexo 6.
		Peralte	<p>El peralte se calcula en función de la velocidad específica de la curva horizontal y el radio de la curvatura adoptado.</p> <p>Para determinar el valor de este parámetro se ha adoptado el criterio de la AASHTO denominado Método 5, incluido en la versión AASHTO – 2004.</p> <p>Ver Tabla 4 y Tabla 5 en Anexo 6.</p>
		Longitud de transición de peralte	La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:
$L_t = L + N$			
<p>Cuando hay suficiente entretangencia, la transición de peralte se debe desarrollar en la tangente.</p> <p>Cuando no hay suficiente espacio en las tangentes entre curvas, se debe realizar la transición una parte en la tangente y el resto dentro de la curva. El peralte en el PC y/o en el PT debe estar entre 60% y 80% del peralte total, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con peralte total.</p>			

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	COLOMBIA
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Rampa de peralte	Es la diferencia que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma, se determina con la siguiente ecuación: $\Delta s = a * \left(\frac{e_f - e_i}{L}\right)$
			La Tabla 6 presenta los valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peraltes. La pendiente mínima está determinada para cualquier velocidad de diseño como la décima parte de la distancia entre el eje de giro y el borde de la calzada. Ver Anexo 6.
			Los valores de pendiente longitudinal (relativa) son adoptados de la AASHTO 2004 para velocidades comprendidas entre 60 y 120 Km/h. Para velocidades entre 20 y 50 Km/h se adoptan valores ajustados a las necesidades de las carreteras secundarias y terciarias donde el espacio para realizar la transición de peralte es limitado.
		Peralte máximo	Para carreteras primarias y secundarias el peralte máximo es de 8%.
			Para carreteras terciarias (terreno montañoso y escarpado) el peralte máximo es de 6%.
		Curvas que no requieren peralte	Las curvas horizontales amplias no requieren peralte. En el primer renglón de la Tabla 4 y Tabla 5 se indica el límite de la curvatura que necesita un peralte de 1.5%. Ver Anexo 6.
Es necesario asegurar que las curvas amplias tengan una sección transversal que sea suficiente para proveer un buen drenaje.			
Longitud mínima de la curva circular	El parámetro de longitud mínima se da cuando la deflexión entre tangentes es menor o igual a 6°, en este caso se debe realizar la unión mediante una curva circular simple de tal forma que se cumplan con los criterios presentados en la Tabla 7 . Ver Anexo 6		

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	COLOMBIA
CURVAS HORIZONTALES	Espirales	Longitud de la curva espiral	La longitud mínima de la espiral se puede definir mediante el parámetro mínimo de la Clotoide (A_{min}).
			El valor del parámetro mínimo de diseño, se tomara de acuerdo con la envolvente superior de los valores determinados para cada uno de los cuatro criterios establecidos, asignándose a este parámetro el de mayor valor.
			El valor máximo del parámetro A_{max} se toma como: $A_{max} = 1.1 * R_c$
		Longitud de transición de peralte	En curvas espirales de transición, para terrenos ondulados, montañoso y escarpado la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral $L_e = L$ mas la distancia de aplanamiento (N).
			Para terrenos planos con uso de espirales cuyo radio y longitud sea alto, la longitud de la espiral puede incluir las dos longitudes de la transición total. ($L_e = L + N$).
		Curvas que no requieren espiral de transición	Se puede omitir la espiral de transición solo cuando el radio de la curva horizontal sea superior a 1000 metros.
Longitud mínima de la curva circular	En las curvas espiral-circular-espiral es necesario limitar la longitud de dicho tramo con la distancia recorrida a la velocidad específica durante 2 segundos.		

PARAMETRO	ITEMS	PERU
ENTRETANGENCIA HORIZONTAL	Tramos en tangente	Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función de la velocidad de diseño se muestran en la Tabla 8 . Ver Anexo 6.
		<p>Las longitudes presentadas en la Tabla 8 se calcularon con las siguientes expresiones:</p> $L_{min.s} = 1.39 * V$ $L_{min.o} = 2.78 * V$ $L_{max} = 16.70 * V$ <p>Donde: $L_{min.s}$ es la longitud mínima para el alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario, $L_{min.o}$ es la longitud mínima para los alineamientos rectos entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido y L_{max} es la longitud máxima deseable.</p>

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	PERU
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Ecuación de equilibrio	La ecuación de equilibrio es igual a la presentada en el manual colombiano, con la excepción de que la ecuación está en función de la velocidad de diseño y no de la velocidad específica.
		Fricción transversal máxima	Los valores adoptados para el coeficiente de fricción transversal máxima se encuentran en la Tabla 9 , estos valores se dan en función de la velocidad de diseño. Ver Anexo 6. Observación: Los valores del coeficiente son diferentes a los presentados en Colombia; son menores.
		Radio de curvatura mínimo	El radio mínimo es el menor valor de curvatura que puede recorrerse con la velocidad diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad. Observación: Se calcula de la misma forma que en Colombia, con la excepción de que en Perú se determina en función de la velocidad de diseño para autopistas y carreteras de primera y segunda clase, para carreteras de tercera clase se calcula en función de la velocidad específica. En la Tabla 10 se encuentran los valores de radios mínimos para autopistas y carreteras de primera y segunda clase, para diferentes velocidades de diseño según el peralte máximo y la fricción máxima. Para carreteras de tercera clase los radios mínimos se encentra en la Tabla 11 . Ver Anexo 6. Observación: La Tabla presenta radios mínimos para áreas rurales con peligro de hielo utilizando un peralte máximo del 6%, para áreas rurales de terreno plano u ondulado con peralte máximo de 8% y para áreas rurales de terreno accidentado o escarpado con peralte máximo de 12%; en velocidades entre 30 y 130 Km/h en todos los casos.

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	PERU
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Peralte	El peralte se calcula en función de la velocidad específica de diseño y el radio de la curvatura adoptado. La Figura 1 , Figura 2 y Figura 3 , permiten obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar, con una velocidad específica de diseño y de acuerdo al tipo de terreno. Ver Anexo 6.
			Observación: El peralte en las autopistas y carreteras de primera y segunda clase se da en función de la velocidad de diseño y el tipo de terreno (con hielo, plano o montañoso) y se determina de forma diferente al de las vías de tercera clase, ya que en este último se calcula en función de velocidad específica. En Colombia el peralte para todas las vías rurales se calcula en función de la velocidad específica y el radio de curvatura.
		Longitud de transición de peralte	La longitud total de transición se determina de la misma forma que presenta el manual colombiano. En carreteras de tercera clase, se tomaran los valores que se muestran en la Tabla 12 . Ver Anexo 6.
			En el caso de que la longitud de la curva circular sea menor a 30 metros, los tramos de transición del peralte, se desplazaran de forma que exista un tramo de 30 metros con pendiente trasversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.
		Rampa de peralte	Es la diferencia que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma, se determina con la siguiente ecuación: $ip_{max} = 1.8 - 0.01 * V$ Donde V es la velocidad de diseño.
		Peralte máximo	Para áreas rurales con peligro de hielo el peralte máximo es de 6%.
			Para áreas rurales con terreno plano u ondulado el peralte máximo es de 8%.
			Para áreas rurales con terreno accidentado o escarpado el peralte máximo es 12%
Curvas que no requieren peralte	Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos en la Tabla 13 del Anexo 6. El valor de los radios a partir de los cuales no es necesario peralte, están en función de la velocidad.		
Longitud mínima de la curva circular	EL manual de diseño geométrico de Perú no analiza este parámetro.		

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	PERU
CURVAS HORIZONTALES	Espirales	Longitud de la curva espiral	La longitud mínima de la espiral se puede definir mediante el parámetro mínimo de la Clotoide (A_{min}).
			El valor del parámetro mínimo de diseño (A_{min}), se determina de acuerdo a 4 criterios establecidos, asignándose a este parámetro el de mayor valor. Observación: Los valores adoptados para la variación uniforme de la aceleración (J_{max}) son los mismos que se presentan en GEOM 08, pero se deben utilizar unos valores menores de J , especificados en la Tabla 14 . Ver Anexo 6. Observación: Para determinar el valor del parámetro mínimo se tienen 4 criterios como en Colombia pero la fórmula para cada uno de ellos es diferente, a excepción del criterio 1.
			Para carreteras de tercera clase, la longitud de la espiral mínima y máxima se determinan, en función de la velocidad específica y el radio de la curvatura circular horizontal, con las siguientes ecuaciones: $L_{min} = 0.0178 * \frac{V^3}{R} \quad L_{max} = (24 * R)^{0.5}$
			La longitud máxima de la curva de transición, no debe ser superior a 1.5 veces su longitud mínima.
		Longitud de transición de peralte	En curvas espirales de transición, la longitud máxima de transición de peralte en carreteras de calzada separadas es de 40 metros. En curvas espirales de transición, la longitud máxima de transición de peralte en carreteras de calzada única es de 20 metros.
Curvas que no requieren espiral de transición	Los radios circulares limite calculados, aceptando un J_{max} de $0,4 \text{ m/s}^3$ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado solo un 70% de peralte necesario, se muestran en la Tabla 15 y Tabla 16 , estos son los radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición. Ver anexo 6.		
Longitud mínima de la curva circular	No tienen longitud mínima de curva circular, sino aplican el mismo criterio de los 30 metros con peralte total mencionados anteriormente.		

PARAMETRO	ITEMS	ECUADOR
ENTRETANGENCIA HORIZONTAL	Entretangencia mínima para curvas de distintos sentidos	Cuando se emplean curvas espirales, se pueden prescindir tramos de entretangencias rectos.
		Cuando el alineamiento se hace con curvas circulares, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peralte y por la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la menor de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
	Entretangencia mínima para curvas del mismo sentido	En curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.
		En curvas circulares, especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor a 15 segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.
	Entretangencia máxima	Se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la distancia de visibilidad de adelantamiento.
		<p>La longitud máxima de recta no debe ser superior a 15 veces la velocidad específica de la entretangencia horizontal expresada en kilómetros por hora.</p> <p>Este criterio aplica para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.</p>

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	ECUADOR
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Ecuación de equilibrio	La ecuación de equilibrio es igual a la presentada en el manual colombiano, con la excepción de que la ecuación está en función de la velocidad de diseño y no de la velocidad específica.
		Fricción transversal máxima	Los valores adoptados para el coeficiente de fricción transversal máxima se encuentran en la Tabla 9 , estos valores se dan en función de la velocidad de diseño. Ver Anexo 6. Observación: Los valores del coeficiente son diferentes a los presentados en Colombia; son menores.
		Radio de curvatura mínimo	El radio mínimo es el valor límite de curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la fricción lateral escogida para el diseño. Observación: Se calcula de la misma forma que en Colombia, con la excepción de que en Ecuador se determina en función de la velocidad de diseño.
			En la Tabla 17 se muestran los valores de radios mínimos para diferentes velocidades de diseño según el peralte máximo y la fricción máxima. Ver Anexo 6.
		Peralte	El peralte se calcula en función de la velocidad de diseño y el radio de la curvatura adoptado. Para determinar el valor de este parámetro se han adoptado las tablas de la AASHTO – 1994. Ver Tabla 18 y Tabla 19 en Anexo 6. Observación: Adicionalmente en las tablas se encuentran la longitud mínima de transición de peralte para carreteras de 2 y 4 carriles.
		Longitud de transición de peralte	La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión: $L_t = L + N$
Cuando hay suficiente entretangencia, la transición de peralte se debe desarrollar en la tangente. Cuando no hay suficiente espacio en las tangentes entre curvas, se debe realizar la transición una parte en la tangente y el resto dentro de la curva. El peralte en el PC y/o en el PT debe estar entre 60% y 80% del peralte total, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con peralte total.			

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	ECUADOR
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Rampa de peralte o pendiente relativa	
		Peralte máximo	Para área rural montañosa el peralte máximo es de 10%. Para área rural plana el peralte máximo es de 8%.
		Curvas que no requieren peralte	
		Longitud mínima de la curva circular	
	Espirales	Longitud de la curva espiral	La longitud mínima de la espiral se calcula mediante la ecuación desarrollada por Shortt en 1909. $L_e = 0.0702 * \left(\frac{V^3}{R * C}\right)$ Donde C es la tasa de incremento de la aceleración centrípeta.
		Longitud de transición de peralte	En curvas espirales de transición, para terrenos ondulados, montañoso y escarpado la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral $L_e = L$ mas la distancia de aplanamiento (N).
		Curvas que no requieren espiral de transición	
		Longitud mínima de la curva circular	

PARAMETRO	ITEMS	ARGENTINA
ENTRETANGENCIA HORIZONTAL	Entretangencia mínima para curvas de distintos sentidos o del mismos sentido	<p>Entre curvas circulares próximas, sucesivas y del mismo sentido conviene dejar un tramo recto de longitud mínima calculado con la formula empírica</p> $L \geq 5 * V$ <p>Para eliminar la insegura apariencia de espalda-quebrada y disipar la expectativa del conductor de prever curvas alternadamente a izquierda y derecha, y, si es posible, proveer la distancia de visibilidad de adelantamiento.</p>
	Entretangencia máxima	<p>La longitud máxima de recta no debe ser superior a 20 veces la velocidad, expresada en kilómetros por hora.</p> $L_{rmax} = 20 * V$
		<p>En los caminos de dos carriles y dos sentidos la conveniencia de proveer distancia visual de adelantamiento justifica utilizar rectas mas largas.</p>

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	ARGENTINA
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Ecuación de equilibrio	La ecuación de equilibrio es igual a la presentada en el manual colombiano, con la excepción de que la ecuación está en función de la velocidad de diseño y no de la velocidad específica.
		Fricción transversal máxima	<p>El coeficiente de fricción transversal máximo húmedo, ft_{max}, es el desarrollado en condiciones de inminente deslizamiento lateral del vehículo, con un razonable margen de seguridad. La expresión de ft_{max} en función de V es:</p> $V \leq 80; \quad ft_{max} = 0,188 - \frac{3 * V}{5000}$ $V \geq 80; \quad ft_{max} = 0,24 - \frac{V}{800}$ <p>En la Tabla 20 se encuentra el coeficiente de fricción transversal máxima en función de la velocidad. Ver Anexo 6.</p> <p>Observación: Los valores del coeficiente son diferentes a los presentados en Colombia e iguales a los presentados en Perú y Ecuador.</p>
		Radio de curvatura mínimo	<p>El radio mínimo absoluto es el valor límite de curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la fricción lateral escogida para el diseño.</p> <p>Observación: Se calcula de la misma forma que en Colombia, con la excepción de que en Argentina se determina en función de la velocidad de diseño, además calculan unos radios mínimos deseables en función de la velocidad media de marcha en flujo libre y cuyo coeficiente de fricción es nulo.</p> <p>En la Tabla 21 se muestran los valores de radios mínimos deseables y absolutos para diferentes velocidades de diseño según el peralte máximo. Ver Anexo 6.</p>
		Peralte	En la Tabla 22A, 22B, 23A, 23B, 24A y 24B se muestran los peraltes en función del radio y de la velocidad de diseño, en la tablas también se encuentra la longitud mínima de transición y el sobreebanco para 2 carriles. Ver Anexo 6.
		Longitud de transición de peralte	La longitud total de transición de peralte se desarrolla de la siguiente forma: 2/3 del desarrollo del peralte en la tangente y en 1/3 del desarrollo del peralte en la curva circular.

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	ARGENTINA
	Circulares	Rampa de peralte o pendiente relativa	La pendiente relativa del borde respecto del eje de rotación se da en función de la velocidad de diseño y se determina con la siguiente expresión: $ib(\%) = 0.85 - \left(\frac{V}{253}\right)$
			La experiencia indica que las pendientes relativas máximas de 0.8 y 0.35% proveen desarrollos de peralte con buenas apariencias de borde para velocidades entre 20 y 130 Km/h.
		Peralte máximo	En zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes el peralte máximo es de 10%.
			En zonas rurales llanas, con heladas o nevadas poco frecuentes el peralte máximo es de 8%.
			En zonas próximas a las urbanas, con vehículos que operan a bajas velocidades, o en zonas rurales, llanas o montañosas, sujetas a heladas o nevadas frecuentes el peralte máximo es de 6%.
		Curvas que no requieren peralte	
	Longitud mínima de la curva circular	Para la deflexión entre tangentes menores a 6°, se calculan radios de modo tal que se tarde unos 10 a 20 segundos para recorrer la curva horizontal a la velocidad de diseño. <ul style="list-style-type: none"> Caminos de importancia media $R > \frac{3 * V}{\Delta}$ Caminos de importancia superior $R > \frac{6 * V}{\Delta}$ 	

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	ARGENTINA
CURVAS HORIZONTALES	Espirales	Longitud de la curva espiral	<p>La longitud mínimo de diseño, se tomara de acuerdo al mayor valor que resulte del cálculo de los tres criterios establecidos (criterio de comodidad, de apariencia general y de apariencia de borde).</p> <p>Observación: El criterio de comodidad y el criterio de apariencia de borde se calcula de la misma forma que el criterio de aceleración centrífuga y el criterio de transición de peralte expuestos en el manual colombiano.</p> <p>La longitud máxima de la espiral se toma como: $L_{max} = 1.25 * L_{emin}$</p>
		Longitud de transición de peralte	En curvas espirales de transición, la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral $L_e = L$.
		Curvas que no requieren espiral de transición	
		Longitud mínima de la curva circular	

PARAMETRO	ITEMS	CHILE
ENTRETANGENCIA HORIZONTAL	Entretangencia mínima para curvas de distintos sentidos	En nuevos trazados deberá existir coincidencia entre el término de la clotoide de la primera curva y el inicio de la clotoide de la segunda curva.
		En las recuperaciones o cambios de estándar, si lo expuesto en el criterio anterior no es posible, se podrá aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que: $Lr_{max} = 0.08 * (A1 + A2)$ Donde A1 y A2 son los parámetros de las clotoides respectivas.
		Tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se presentan en la Tabla 25 del Anexo 6 , están dados por: $Lr_{min} = 1.4 * Vp$
	Entretangencia mínima para curvas del mismo sentido	Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas entre curvas en el mismo sentido, en especial en terreno llano y ondulado suave con velocidad de proyecto media y alta.
		En la Tabla 26 se encuentran los valores deseables y mínimos según el tipo de terreno y la velocidad de proyecto. Ver Anexo 6. Para longitudes de la recta intermedia menores o iguales que los mínimos deseables, se mantendrá en la recta un peralte mínimo igual al bombeo que le corresponde a la carretera (2%, 2.5% o 3%).
	Entretangencia máxima	La longitud máxima de recta no debe ser superior a 20 veces la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en kilómetros por hora. Se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la distancia de visibilidad de adelantamiento, sin embargo, las rectas de longitud comprendida entre 8 veces y 10 veces la velocidad de proyecto, enlazadas por curvas cuya velocidad específica sea mayor o igual que la de velocidad de operación, cubre adecuadamente esta necesidad.

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	CHILE
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Ecuación de equilibrio	La ecuación de equilibrio es igual a la presentada en el manual colombiano, con la excepción de que la ecuación está en función de la velocidad de proyecto y no de la velocidad específica.
		Fricción transversal máxima	<p>El coeficiente de fricción transversal máxima en función de la velocidad de proyecto, se determina con las siguientes expresiones:</p> $Vp \text{ de } 30 \text{ a } 80 \text{ Km/h}; \quad tmax = 0,265 - \frac{V}{602.4}$ $Vp \text{ de } 80 \text{ a } 120 \text{ Km/h}; \quad tmax = 0,193 - \frac{V}{1134}$ <p>En la Tabla 27 se encuentra los valores de fricción transversal, determinados con las ecuaciones anteriores. Ver Anexo 6.</p> <p>Observación: Los valores del coeficiente son menores a los presentados en el manual colombiano.</p>
		Radio de curvatura mínimo	El radio mínimo para cada velocidad de proyecto, se determina en función del peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal. Se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio.
			En la Tabla 27 se muestran los valores de radios mininos para diferentes velocidades específicas según el peralte máximo y la fricción máxima. Ver Anexo 6.
Peralte	Al final de tramos rectos de más de 400 metros de largo, el menor radio autorizado será aquel cuya velocidad especifica sea igual o mayor que la velocidad de operación.		
			En la Tabla 28 se encuentra el valor de los peraltes a utilizar en carreteras y caminos, los que están dados exclusivamente en función del radio seleccionado. Ver Anexo 6.

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	CHILE
CURVAS HORIZONTALES	Circulares	Peralte	<p>Línea de máxima pendiente: En las curvas horizontales la combinación del peralte con la pendiente longitudinal da origen a una línea de máxima pendiente, equivalente a:</p> $q\% = \frac{(i\% + p\%)}{\sqrt{2}}$ <p>En Caminos el valor de q no debe sobrepasar el 11% y en Carreteras el 10%.</p>
		Longitud de transición de peralte	La longitud de transición de peralte se determina de la misma forma que en Colombia.
			La longitud de transición de peralte se desarrolla una parte del peralte en la recta y otra en la curva. La proporción del peralte a desarrollar en recta, se presenta en la Tabla 29 . Ver Anexo 6.
		Rampa de peralte o pendiente relativa	La pendiente relativa del borde de la calzada, respecto de la pendiente longitudinal del eje de la vía, cuyos valores normales y máximos se dan en la Tabla 30 . Ver Anexo 6.
		Peralte máximo	Para carreteras, autopistas, autorrutas, primarios el peralte máximo es de 8%.
			Para caminos colectores, locales, desarrollo el peralte máximo es de 7%.
Curvas que no requieren peralte			
Longitud mínima de la curva circular	<p>El parámetro de longitud mínima se da cuando la deflexión entre tangentes es menor o igual a 6°, en este caso se debe realizar la unión mediante una curva circular simple, en la Tabla 31 se encuentran las longitudes mínimas en función de la velocidad de proyecto. Ver Anexo 6</p> <p>Observación: En Chile se puede asignar cualquier radio que cumpla con las longitudes mínimas presentadas en la tabla, en Colombia para cada deflexión se tiene un radio determinado.</p>		

PARAMETRO	CLASIFICACION	ITEMS	CHILE
CURVAS HORIZONTALES	Espirales	Aspectos generales	Se emplearan curvas espirales o de transición en todo proyecto cuya velocidad de proyecto sea mayor o igual que 40 Km/h.
		Longitud de la curva espiral	La longitud mínima de la espiral se puede definir mediante el parámetro mínimo de la Clotoide (A_{min}).
			El valor del parámetro mínimo de diseño, se tomara de acuerdo a cuatro criterios establecidos, asignándose a este parámetro el de mayor valor. Observación: Los valores adoptados para la variación uniforme de la aceleración (J_{max}) son diferentes a los presentados en GEOM 08, estos valores se encuentran en la Tabla 32 . Adicionalmente en la Tabla 33 se encuentran los valores para J_{normal} . Ver Anexo 6. Observación: Para determinar el valor del parámetro mínimo se tienen 4 criterios como en Colombia, pero la fórmula para calcular el criterio 3 es diferente a expuesta en el manual colombiano.
			La longitud máxima de la curva espiral L_{max} se toma como: $L_{max} = 1.5 * L_{normal}$ Donde L_{normal} es esta determinada en función de un J_{normal} . La longitud máxima de la curva espiral es especialmente válida para clotoides que enlazan radios superiores a 200 metros.
		Longitud de transición de peralte	En curvas espirales de transición, la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral $L_e = L$. Observación: Se determina de la misma forma que en Colombia.
		Curvas que no requieren espiral de transición	En caminos con velocidades de proyecto menores o iguales a 80 Km/h solo se podrá prescindir de las espirales de transición para radios mayores o iguales a 1500 metros.
			En carreteras con velocidades de proyecto mayores a 80 Km/h solo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios mayores o iguales a 3000 metros.
Longitud mínima de la curva circular			

✚ DISEÑO EN PERFIL

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA
TANGENTE VERTICAL	Pendiente mínima	La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0,5% como pendiente mínima deseable y 0.3% para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.
	Pendiente máxima	Para vías primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre 60 y 130 Km/h.
		En vías terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre 20 y 60 Km/h.
		En la Tabla 1 se presentan los valores correspondientes a la pendiente media máxima del corredor de ruta en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo. Ver Anexo 7.
	Longitud mínima	En la Tabla 2 se presentan los valores de la pendiente máxima permitida que depende de la categoría de la carretera y la velocidad específica de la tangente vertical. Ver Anexo 7.
		La longitud mínima de las tangentes verticales con velocidad específica menor o igual a 40 Km/h será equivalente a la distancia recorrida en 7 segundos a dicha velocidad, medida como proyección horizontal, de PIV a PIV.
		La longitud mínima de las tangentes verticales con velocidad específica mayor a 40 Km/h no podrá tener una longitud menor a la distancia recorrida en 10 segundos a dicha velocidad.
	Longitud máxima o Longitud crítica	En la Tabla 3 se presentan los valores para diferentes velocidades específicas de la tangente vertical. Ver Anexo 7.
		Se considera que la longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de 25 Km/h con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
		El parque de vehículos de carga que circula por las carreteras colombianas se pueden asimilar en las relaciones peso/potencia: Camiones de chasis rígido de 150 kg/HP y camiones articulados de 180 kg/HP
		La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud crítica, es de 1% en una longitud igual o mayor a la longitud crítica.

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA		
CURVAS VERTICALES	Tipos de curvas verticales	Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como cóncavas o convexas y de acuerdo con la proporción entre sus longitudes que las forman como simétricas y asimétricas.		
	Determinación de la longitud de la curva	La longitud de la curva vertical se determina de acuerdo al criterio de seguridad, de operación y de drenaje, estos criterios son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas.		
	Criterio de seguridad	Curva convexa	La longitud mínima de la curva convexa se puede determinar cuando la distancia de parada (Dp) es menor a la longitud de la curva (L), por medio de la siguiente ecuación: $Dp < L$	$L_{min} = \frac{A * (Dp)^2}{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$
			La longitud mínima de la curva convexa se puede determinar cuando la distancia de parada (Dp) es mayor a la longitud de la curva (L), por medio de la siguiente ecuación: $Dp > L$	$L_{min} = 2 * Dp - \frac{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$
			Para determinar la longitud mínima se utiliza h_1 como la altura del ojo del conductor igual a 1.08 metros, h_2 como la altura del obstáculo igual a 0.60 metros y A como la diferencia algebraica de pendientes.	
		Curva cóncava	La longitud mínima de la curva cóncava se puede determinar cuando el conductor y el obstáculo están dentro de la curva, la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva, $Dp < L$	$L_{min} = \frac{A * (Dp)^2}{200 * (H + Dp * \tan \alpha)}$
La longitud mínima de la curva cóncava se puede determinar cuando el conductor y el objeto están fuera de la curva, la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva, $Dp > L$	$L_{min} = 2 * Dp - \frac{200 * (H + Dp * \tan \alpha)}{A}$			
Para determinar la longitud mínima se utiliza H como la altura de los faros delanteros del vehículo, igual a 0.60 metros, α como el ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros, igual a 1° y A como la diferencia algebraica de pendientes.				

PARAMETROS	ITEMS	COLOMBIA	
CURVAS VERTICALES	Criterio de operación	Curva convexa	La longitud mínima de la curva vertical cóncavo o convexa para cumplir con este criterio está en función de la velocidad específica y es dada por la siguiente expresión:
		Curva cóncava	Donde V_{cv} es la velocidad específica de la curva vertical.
	Criterio de drenaje	Curva convexa	Para garantizar el drenaje adecuado en la cresta o en el punto más bajo de la curva se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a 50, siempre y cuando las pendientes sean de diferente signo.
		Curva cóncava	
	Coefficiente angular	Es la relación de la distancia horizontal necesaria para tener un cambio de pendiente de 1% a lo largo de la curva.	
		$K_{min} = \frac{L}{A}$	
	Los valores de K_{min} para curvas cóncavas y convexas se presentan en la Tabla 4 del Anexo 7 para diferentes velocidades específicas de las curvas verticales.		

PARAMETROS	ITEMS	PERU
TANGENTE VERTICAL	Pendiente mínima	La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0,5% como pendiente mínima deseable.
		Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%
		Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
		Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
		En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal sea nula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%
	Pendiente máxima	En la Tabla 5 se encuentran los valores a considerar para las pendientes máximas, en función de las características de la carretera (orografía, clasificación) y de la velocidad de diseño. Ver Anexo 7. Observación: En la tabla se encuentran pendientes entre 3.5 y 10%, en el manual Colombiano las pendientes se encuentran en un rango entre 4 y 14% y se sacan en función de la velocidad específica de la tangente vertical.
		En zonas de altitud superior a los 3000 msnm, los valores máximos presentados en la Tabla 5 del Anexo 7, se reducen en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
		En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en 2% los máximos establecidos en la Tabla 5 del Anexo 7.
	Longitud mínima	EL manual de diseño geométrico de Perú no analiza este parámetro.
	Longitud máxima o Longitud crítica	Se considera que la longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de 25 Km/h con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
El parque de vehículos de carga que circula por las carreteras de Perú se pueden asimilar en las relaciones peso/potencia: Camiones pesados del tipo 150 kg/HP a 180 kg/HP, que representan al parque de camiones con remolque o semirremolque.		

PARAMETROS	ITEMS	PERU	
CURVAS VERTICALES	Tipos de curvas verticales	Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como cóncavas o convexas y de acuerdo con la proporción entre sus longitudes que las forman como simétricas y asimétricas.	
	Determinación de la longitud de la curva	La longitud de la curva vertical se determina de acuerdo al criterio de comodidad, seguridad, de operación y de drenaje, estos criterios son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas.	
	Criterio de seguridad	Curva convexa	Se calcula de misma forma que en Colombia, cuando la distancia de parada (D_p) es menor o mayor a la longitud de la curva (L). Observación: Para determinar la longitud mínima se utiliza h_1 como la altura del ojo del conductor igual a 1.07 metros, h_2 como la altura del obstáculo igual a 0.15 metros y A como la diferencia algebraica de pendientes.
			La longitud se puede determinar cuando la distancia de adelantamiento o paso (D_a) es menor a la longitud de la curva (L), por medio de la siguiente ecuación: $D_a < L$ $L = \frac{A * (D_a)^2}{946}$
			La longitud se puede determinar cuando la distancia de adelantamiento o paso (D_a) es mayor a la longitud de la curva (L), por medio de la siguiente ecuación: $D_a > L$ $L = 2 * D_a - \frac{946}{A}$
			Para resolver las anteriores ecuaciones, se utilizan los valores de longitud de curva vertical de la Figura 1 del Anexo 7, asimismo se utiliza como $h_1 = 1.07\text{m}$ y $h_2 = 1.30\text{m}$.
Curva cóncava	La longitud mínima de la curva cóncava se puede determinar cuando el conductor y el obstáculo están dentro de la curva, la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva, y cuando el conductor y el objeto están fuera de la curva, la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva, se calcula de la misma forma que en Colombia en los dos casos.		
	Considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplica la siguiente formula: $L = \frac{A * (V)^2}{395}$ Donde V es la velocidad de proyecto, L es la longitud de la curva vertical y A es la diferencia de pendientes.		

PARAMETROS	ITEMS	PERU	
CURVAS VERTICALES	Criterio de operación	Curva convexa	Se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
		Curva cóncava	Observación: No se especifica ningún método a seguir para cumplir con este criterio.
	Criterio de drenaje	Curva convexa	Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas o convexas en zonas de corte, lo cual conlleva a modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.
		Curva cóncava	Observación: No se especifica ningún método a seguir para cumplir con este criterio.
	Coeficiente angular	Curva convexa	Los valores del Índice K para determinar la longitud de las curvas verticales convexas para carreteras de tercera clase se encuentran en la Tabla 6 . Ver Anexo 7.
		Curva cóncava	Los valores del Índice K para determinar la longitud de las curvas verticales cóncava para carreteras de tercera clase se encuentran en la Tabla 7 . Ver Anexo 7.
Observación: Los índices K solo están determinados para carreteras de tercera clase, para las autopistas y carreteras de primera y segunda clase no se especifica. Los valores de K son los mismos que se presentan en la tabla del manual colombiano para velocidades entre 20 y 90 Km/h en función de la distancia de visibilidad de parada. Adicionalmente se encuentran valores de K en función de la distancia de visibilidad de paso.			

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR	
TANGENTE VERTICAL	Pendiente mínima	En los tramos en corte se evitara preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.	
	Pendiente máxima	En la Tabla 8 se presentan los valores correspondientes a las pendientes máximas. Ver Anexo 7.	
		Observación: El valor de las pendientes presentadas en la tabla, se asignan según la velocidad y el tipo de terreno.	
	Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 metros no supere el 6%.		
	Longitud mínima	EL manual de diseño geométrico de Ecuador no se especifica este parámetro.	
Longitud máxima o Longitud crítica	Cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectara, más o menos cada 3Km, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 metros con pendiente no mayor de 2%.		
	Cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, se recomienda que el tramo con esta pendiente no exceda 180 metros.		

PARAMETROS	ITEMS	ECUADOR		
CURVAS VERTICALES	Tipos de curvas verticales	Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como cóncavas o convexas y de acuerdo con la proporción entre sus longitudes que las forman como simétricas y asimétricas.		
	Determinación de la longitud de la curva	La longitud de la curva vertical se determina de acuerdo al índice de curvatura K (coeficiente angular).		
		$L = K * A$		
	Criterio de seguridad	Curva convexa		
		Curva cóncava		
CURVAS VERTICALES	Criterio de operación	Curva convexa		
		Curva cóncava		
	Criterio de drenaje	Curva convexa		
		Curva cóncava		
	Coefficiente angular o Índice de curvatura K	Curva convexa	Los valores del Índice K para determinar la longitud de las curvas verticales convexas se encuentran en la Tabla 9 . Ver Anexo 7.	
		Curva cóncava	Los valores del Índice K para determinar la longitud de las curvas verticales cóncava se encuentran en la Tabla 10 . Ver Anexo 7.	
Observación: Los valores de K son los mismos que se presentan en la tabla del manual colombiano para velocidades entre 20 y 90 Km/h en función de la distancia de visibilidad de parada. Adicionalmente se encuentran valores de K en función de la distancia de visibilidad de paso.				

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA
TANGENTE VERTICAL	Pendiente mínima	La pendiente nula sobre caminos rurales sin cordones se considera aceptable siempre que la superficie de calzada tenga el bombeo adecuado para drenar lateralmente la superficie.
		Un bombeo del 2% es el estándar para los caminos pavimentados y el 3% para las superficies de grava.
		En las cunetas y puentes siempre se requiere alguna pendiente longitudinal para asegurar un buen drenaje, se recomienda $\geq 0.5\%$
	Pendiente máxima	En la Tabla 11 se presentan los valores de la pendiente máxima permitida, en función de la categoría de la carretera y la velocidad de diseño. Ver Anexo 7. Observación: En la tabla se encuentran pendientes máximas deseables y absolutas, con valores entre 2% y 11%
	Longitud mínima	
Longitud máxima o Longitud crítica	Se considera que la longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña. El parque de vehículos de carga que circula por las carreteras de Argentina se pueden asimilar en las relaciones peso/potencia: Camiones de chasis rígido de 150 kg/HP, camiones articulados de 180 kg/HP y camiones pesados de 90 kg/HP	

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA	
CURVAS VERTICALES	Tipos de curvas verticales	Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como cóncavas o convexas y de acuerdo con la proporción entre sus longitudes que las forman como simétricas y asimétricas.	
	Determinación de la longitud de la curva	La longitud de la curva vertical se determina de acuerdo al criterio de seguridad de operación, apariencia estética de la rasante, comodidad de los viajeros (aceleración centrífuga vertical) y de drenaje superficial, estos criterios son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas. Observación: Como los criterios de comodidad de los viajeros y drenaje superficial generan parámetros superiores a los parámetros de los otros dos criterios, solo se determinan lo K mínimos que satisfagan el criterio de seguridad de operación y el de apariencia estética de la rasante. Estos criterios son diferentes a los evaluados en Colombia.	
	Criterio de seguridad de operación	Curva convexa y cóncava	La longitud mínima de la curva convexa o cóncava se calcula mediante la siguiente expresión: $L_{min} = K_{basico} * \Delta i * Fim$ Dónde: Δi es la diferencia algebraica de pendientes y Fim es un factor de corrección por pendiente promedio. En la Tabla 12 y Tabla 13 se encuentran los factores Fim para aplicar al K_{basico} en función de la velocidad y la pendiente promedio en bajada, para curvas cóncavas y convexas. Ver Anexo 7.
			Observación: El K_{basico} para curvas convexas se calcula como el caso II presentado en el manual colombiano, pero las alturas varían; la altura del ojo del conductor (h_1) es igual a 1.1 metros y la altura del obstáculo (h_2) es igual a 0.30 metros. Observación: El K_{basico} para curvas cóncavas se calcula de misma forma que en Colombia, la altura de los faros delanteros del vehículo es igual a 0.60 metros, α como el ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros es igual a 1°.

PARAMETROS	ITEMS	ARGENTINA	
CURVAS VERTICALES	Criterio de apariencia estética de la rasante	Curva convexa	La longitud mínima para que la curva vertical parezca una curva y no un quiebre se adopta la ecuación empírica y subjetiva:
		Curva cóncava	Donde V es la velocidad de diseño de la curva vertical.
	K mínimo	Curva convexa	Independientemente de la velocidad de diseño, se adopta: $K \geq 4$ (m/%)
		Curva cóncava	
Coefficiente angular	<p>Los valores de $K_{basicos}$ para curvas cóncavas y convexas se presentan en la Tabla 14 del Anexo 7 para diferentes velocidades de diseño de las curvas verticales en función de la distancia de visibilidad de parada y de adelantamiento.</p> <p>Observación: Los valores de K son diferentes a los presentados en Colombia, debido a que las distancias de visibilidad de parada son diferentes. Adicionalmente se encuentran valores de K en función de la distancia de visibilidad de adelantamiento.</p>		

PARAMETROS	ITEMS	CHILE
TANGENTE VERTICAL	Pendiente mínima	Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0.5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales.
		Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 2% y no existe berma o cuneta, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales de hasta 0.2%. Si el bombeo o peralte de una zona en curva, es de 2.5% o más, excepcionalmente se podrá utilizar una pendiente longitudinal de 0%.
		Si al borde del pavimento existen bermas la longitud mínima deseable será de 0.5% y mínima absoluta de 0.35%
		En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal sea nula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0.5% y en lo posible mayor.
	Pendiente máxima	En la Tabla 15 se establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino y la velocidad de proyecto. Ver Anexo 7.
		En carreteras con calzadas independientes, las pendientes de bajada podrán superar hasta en 1% los máximos establecidos en la Tabla 15 del Anexo 7.
		En camino de alta montaña, cuando se superan los 2500 metros sobre el nivel del mar, la pendiente máxima deberá limitarse según la Tabla 16 . Ver Anexo 7
	Longitud mínima	
	Longitud máxima o Longitud crítica	Pendientes de hasta 6%, afectan solo marginalmente la velocidad de operación de la gran mayoría de los automóviles, cualquiera que sea la longitud de la pendiente.
		En el caso de los camiones, sobre 3% causan reducciones significativas de la velocidad de operación, a medida que la longitud que la longitud en pendiente aumenta; esto afecta la velocidad de operación de los automóviles.
		El parque de vehículos de carga que circula por las carreteras de Chile se pueden asimilar en las relaciones peso/potencia: Camiones tipo semitrailer o con acoplado, cargado de 122 kg/HP
		La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud crítica, es de 1% en una longitud igual o mayor a la longitud crítica.
		En túneles no se debe superar 24 Km/h de caída de velocidad para camiones en pendiente y en campo abierto no se debe superar 40 Km/h de caída de velocidad para camiones en pendiente.
La Tabla 17 muestra la longitud crítica en pendiente para una velocidad de entrada del orden de 88 Km/h una caída de velocidad de 24 y 40 Km/h. Ver Anexo 7		

PARAMETROS	ITEMS	CHILE	
CURVAS VERTICALES	Tipos de curvas verticales	Las curvas verticales se pueden clasificar por su pendiente como cóncavas o convexas y de acuerdo con la proporción entre sus longitudes que las forman como simétricas y asimétricas.	
	Determinación de la longitud de la curva	La longitud de la curva vertical se determina de acuerdo al criterio de seguridad, este criterio es aplicable para las curvas simétricas y asimétricas.	
	Criterio de seguridad	Curva convexa	La longitud mínima de la curva convexa se calcula de misma forma que en Colombia, cuando la distancia de parada (D_p) es menor a la longitud de la curva (L). Observación: Para determinar la longitud mínima se utiliza h_1 como la altura del ojo del conductor igual a 1.10 metros, h_2 como la altura del obstáculo igual a 0.20 metros.
			La longitud mínima para curvas convexas por condiciones de adelantamiento está dado por: $K_a = \frac{D_a^2}{2 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_5})^2}$ Donde D_a es la distancia de adelantamiento, h_1 es la altura de los ojos del conductor igual a 1.10 metros y h_5 es la altura del vehículo en sentido contrario igual a 1.20 metros. En la Tabla 18 se encuentra las longitudes mínimas de las curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento. Ver Anexo 7
		Curva cóncava	La longitud mínima de la curva cóncava se calcula de misma forma que en Colombia, cuando el conductor y el obstáculo están dentro de la curva, la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva (L). Observación: Para determinar la longitud mínima se utiliza h como la altura de los faros delanteros del vehículo, igual a 0.60 metros, α como el ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros, igual a 1° .
		La longitud mínima para curvas cóncavas por condiciones de adelantamiento, no es considera, ya que en las curvas cóncavas las luces del vehículo en sentido contrario son suficientes para indicar su posición y no existe obstáculo a la visual durante el día a causa de la curva.	

PARAMETROS	ITEMS	CHILE	
CURVAS VERTICALES	Drenaje	Curva convexa	En las curvas verticales convexa y cóncava, Si no existen bermas, un adecuado bombeo de la calzada permite evacuar las aguas hacia los costados, disponiendo de ellas mediante cunetas o sumideros.
		Curva cóncava	En caso de que existan bermas se deberá recurrir obligatoriamente a sumideros. Si el sector se desarrolla en corte, el diseño de las cunetas deberá tener obligatoriamente pendiente, y puede resultar conveniente revestirlas.
	Coefficiente angular	El coeficiente angular se calcula de la misma forma que en Colombia. Los valores de K para curvas cóncavas y convexas se presentan en la Tabla 19 del Anexo 7 para diferentes velocidades de proyecto.	
	Longitud mínima de la curva vertical	Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por: $Lv \geq Vp $ Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h	

✚ DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

ELEMENTOS	ITEMS	COLOMBIA	
CALZADA	ANCHO DE CALZADA	En la Tabla 1 se encuentran los anchos de calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo. Ver Anexo 8	
		En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo debe ser de 6 metros.	
	PENDIENTE TRANSVERSAL EN ALINEAMIENTOS HORIZONTALES	La pendiente transversal en tramos rectos se denomina bombeo y en curvas se conoce como peralte. En la Tabla 2 se presentan los valores para el bombeo de la calzada. Ver Anexo 8.	
	SOBREANCHO EN LAS CURVAS	Determinación del sobreebancho para vehículos rígidos	Para una calzada de n carriles el sobreebancho se determina mediante la siguiente ecuación: $S = n * (R_c - \sqrt{R_c^2 - L^2})$
			En vías de dos carriles y dos sentidos, para anchos de calzada en entretangencia mayores de 7 metros, no se requiere sobreebancho, a excepción de las curvas con ángulos de deflexión mayor a 120°.
			El sobreebancho estará limitado a curvas de radio menor a 160 metros y todo el sobreebancho requerido por los carriles que integran la calzada se debe construir en la parte interior de la curva.
			En vías terciarias, el sobreebancho de la curva se determina con la siguiente expresión: $S = \frac{32 * n}{R_c}$
		Determinación del sobreebancho para vehículos articulados	La expresión recomendada por la AASHTO es la siguiente: $S = A_c - A_T$
			El valor del sobreebancho se debe redondear al decimal superior. Todo el sobreebancho requerido por la calzada se debe construir en el interior de la curva.
		Transición del sobreebancho	El sobreebancho en cualquier punto (S_p), situado a una distancia L_p desde el inicio se determina con la siguiente ecuación: $S_p = \frac{S * L_p}{L}$
En las curvas espiralizadas, la transición del sobreebancho se realiza linealmente en la longitud de la espiral.			

ELEMENTOS	ITEMS	COLOMBIA
ANCHO DE ZONA		El ancho de zona debe estar en el rango presentado en la Tabla 3 del Anexo 8, se da en función de la categoría de la carretera.
CARRIL	Ancho de carril	Los anchos de carril que se usen, será de 3.00m, 3.30m, 3.50m y 3.65 m.
CARRILES ESPECIALES DE ASCENSO	Vehículo Liviano	Los vehículos livianos no se ven afectados por rampas inferiores a 7%.
	Vehículo pesado	Los vehículos pesados en rampas largas con pendientes superiores a 3% sufren una disminución importante en su velocidad.
	Criterios generales para dotar a la sección transversal de la vía de un tercer carril	A partir del sitio en donde la longitud de la pendiente haya causado a los vehículos pesados una reducción de 25 Km/h respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
		Cuando el Transito Promedio Diario sea superior a 1000 vehículos y la inclinación de la rasante mayor al 4%.
		Si la velocidad media del tránsito liviano disminuye del valor indicando en la Tabla 4 podría ser necesario utilizar un carril de ascenso. Ver Anexo 8.
	Aspectos importantes	La longitud mínima de un carril de ascenso debe corresponder a un tiempo de recorrido de aproximadamente 20 segundos a la velocidad específica de la tangente vertical y no ser menor de 300 metros.
		Como mínimo, el carril debe tener 3 metros de ancho, pero preferiblemente el del carril adyacente.
La berma, debe tener el ancho adoptado en la sección transversal de la vía.		
BERMA	Ancho de berma	El ancho de berma depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo homogéneo. En la Tabla 5 se presentan los valores para el ancho de berma. Ver anexo 8
	Pendiente transversal	Las bermas deben tener la misma pendiente transversal que el carril de circulación adyacente, ya sea en entretangencia o en curva.
		No debe existir desnivel entre la berma y el carril de circulación adyacente.
OTROS ELEMENTOS	Taludes	Los taludes en corte y en terraplén se deben diseñar de acuerdo con los lineamientos presentados en el “Manual de Estabilidad de Taludes” del Instituto Nacional de Vías.
	Cunetas	La selección de su forma y dimensiones depende principalmente del tipo de carretera en la cual se ubican, pudiendo ser revestidas en concreto en el caso de carreteras Primarias y Secundarias o sin revestir para el caso de carreteras Terciarias.

ELEMENTOS	ITEMS	PERU	
CALZADA	ANCHO DE CALZADA	En la Tabla 6 se encuentran los anchos de calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. Ver Anexo 8	
	PENDIENTE TRANSVERSAL EN ALINEAMIENTOS HORIZONTALES	La pendiente transversal en tramos rectos se denomina bombeo y en curvas se conoce como peralte. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. En la Tabla 7 se presentan los valores para el bombeo de la calzada. Ver Anexo 8. Observación: como el bombeo se determina en función de la precipitación los valores varían un poco en comparación con los valores establecidos en el manual colombiano.	
	SOBREANCHO EN LAS CURVAS	Determinación del sobreancho	Para una calzada de n carriles el sobreancho se determina mediante la siguiente ecuación: $S = n * (R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10*\sqrt{R}}$ Donde: L es la distancia entre eje posterior y parte frontal y V es la velocidad de diseño.
			También se puede determinar el sobreancho empleando la Figura 1 , en función del tipo de vehículo de diseño " L ".
			Se considera apropiado un valor mínimo de 0.40 metros de sobreancho para justificar su adopción.
			Todo el sobreancho requerido por la calzada se debe construir en el interior de la curva.
			Observación: Solo se tiene una fórmula para el cálculo del sobreancho tanto para vehículos rígidos como para vehículos articulados, la ecuación para obtener el sobreancho es diferente a la presentada en Colombia; el primer término depende de la geometría y el segundo es de consideración empírica.
Transición del sobreancho	El sobreancho en cualquier punto se determina de la misma forma que en Colombia.		
	En las curvas espiralizadas, la transición del sobreancho se realiza linealmente en la longitud de la espiral.		

ELEMENTOS	ITEMS	PERU
ANCHO DE ZONA		Los valores mínimos que debe tener el ancho de zona o derecho de vía, en función de la categoría de la carretera se encuentran en la Tabla 8 del Anexo 8.
		Los anchos de zona fijados por la autoridad competente se incrementaran en 5 metros, en los siguientes casos: <ul style="list-style-type: none"> ✚ Del borde superior de los taludes de corte más alejados. ✚ Del pie de los terraplenes más altos. ✚ Del borde más alejado de las obras de drenaje. ✚ Del borde exterior de los caminos de servicio.
CARRIL	Ancho de carril	Los anchos de carril que se usen, será de 3.00m, 3.30m y 3.60m.
CARRILES ESPECIALES DE ASCENSO	Criterios generales para dotar a la sección transversal de la vía de un tercer carril	A partir del sitio en donde la longitud de la pendiente haya causado a los vehículos pesados una reducción de 25 Km/h o más, respecto a su velocidad de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
		En autopistas los carriles adicionales deben ubicarse al lado izquierdo de la calzada (carriles para circulación rápida).
	Aspectos importantes	En carreteras de una calzada los carriles adicionales deben ubicarse al lado derecho de la calzada (carriles para circulación lenta).
		Las dimensiones de los carriles adicionales deberá ser del mismo ancho que los de la calzada, evitando proyectar carriles con longitudes menores a 250 metros.
BERMA	Ancho de berma	El ancho de berma se establece en función de la clasificación de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño. En la Tabla 9 se presentan los valores para el ancho de berma. Ver anexo 8 Observación: Las bermas presentadas en la tabla son más grandes a las sugeridas en el manual colombiano.
	Pendiente transversal	Las bermas deben tener la misma pendiente transversal que el carril de circulación adyacente, ya sea en entretangencia o en curva (bombeo o peralte).
		No debe existir desnivel entre la berma y el carril de circulación adyacente.
OTROS ELEMENTOS	Taludes	La altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento de taludes se determinaran en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso.
	Cunetas	La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial. Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

La sección transversal, que comprende los carriles de circulación cuyo número será determinado por el procedimiento establecido por el H.C.M, sobreanchos, espaldones y demás dispositivos de seguridad, se dispondrá según lo establecido en la normativa vigente determinada en la Clasificación Funcional de las vías.

ELEMENTOS	ITEMS	ECUADOR	
CALZADA	PENDIENTE TRANSVERSAL EN ALINEAMIENTOS HORIZONTALES	Las carreteras pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 1.5% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte.	
	SOBREANCHO EN LAS CURVAS	Determinación del sobreancho	El sobreancho de la calzada en curvas circulares para carreteras de mediana capacidad (C1), carretera convencional básica, camino básico (C2) y camino agrícola/forestal (C3), se encuentra en la Tabla 10 del Anexo 8.
			En las carreteras modernas con carriles de 3.65 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobre anchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades.
			Todo el sobreancho requerido por la calzada se debe construir en el interior de la curva.
	Transición del sobreancho	La transición del sobreancho se debe realizar en una longitud comprendida entre 30 y 60 metros.	
OTROS ELEMENTOS	Taludes	Los taludes, cunetas y elementos de dotación vial (señalización vertical y horizontal, iluminación), se dispondrán según lo establecido en la normativa vigente.	
	Cunetas		

ELEMENTOS	ITEMS	ARGENTINA	
CALZADA	ANCHO DE CALZADA	En la Tabla 11 se encuentran los anchos de calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. Ver Anexo 8	
		Observación: Solo se tienen dos anchos de calzada de uno 6.7 metros y el otro de 7.3 metros.	
	En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo debe ser de 6 metros.		
	PENDIENTE TRANSVERSAL EN ALINEAMIENTOS HORIZONTALES	La pendiente transversal en tramos rectos se denomina bombeo y en curvas se conoce como peralte. En la Tabla 12 se presentan los valores para el bombeo de la calzada en función del tipo de pavimento. Ver Anexo 8.	
	SOBREANCHO EN LAS CURVAS	Determinación del sobreancho	Para determinar la magnitud del sobreancho, se eligió el camión semirremolque, el cual cuenta con una longitud de 18.6 metros.
			Para una calzada de 2 carriles de 6.7 y 7.3 metros el sobreancho se determina mediante la siguiente ecuación:
			$S = 2 \left[R - \sqrt{R^2 - 105.9} \right] + \sqrt{R^2 - 13.4} - R + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$
			En curvas con transiciones, el sobreancho se debe repartir por partes iguales a ambos lados del eje.
Por razones prácticas constructivas no se proporciona sobreancho a las curvas horizontales, cuando por cálculo se obtiene un sobreancho inferior a 0.5 metros.			
En la Tabla 13 del Anexo 8 se encuentran los valores de sobreancho, en función del radio y de la velocidad de diseño, para calzadas de 6.7 metros.			
Transición del sobreancho	En las curvas circulares, la transición del sobreancho se realiza en la transición de peralte.		
	En las curvas espiralizadas, la transición del sobreancho se realiza linealmente en la longitud de la espiral, para obtener el valor total en todo el desarrollo del arco circular.		

ELEMENTOS	ITEMS	ARGENTINA
ANCHO DE ZONA		Los anchos mínimos de zona o “zona de camino” se encuentran en la Tabla 14 del Anexo 8, este ancho se da en función de la categoría de la carretera. Observación: Los valores para los anchos de zona presentados en la tabla son mayores a los presentados en el manual colombiano.
CARRIL	Ancho de carril	Se definen dos anchos de carril: <ul style="list-style-type: none"> • Para $V \geq 80$ Km/h se adopta 3.65 metros • Para $V < 80$ Km/h se adopta 3.35 metros
CARRILES ESPECIALES DE ASCENSO	Criterios generales para dotar a la sección transversal de la vía de un tercer carril	Un carril de ascenso debe ser provisto cuando la reducción de la velocidad y un alto volumen de tránsito se encuentran el mismo tiempo en un determinado segmento de subida del camino.
		A partir del sitio en donde la longitud de la pendiente haya causado a los vehículos pesados una reducción en el rango de 15 a 25 Km/h respecto a su velocidad de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
		Cuando el volumen mínimo de tránsito sea de 20 vph para tránsito ascendente de camiones y 200 vph para tránsito ascendente mixto.
	Aspectos importantes	Es preferible que la longitud del carril de ascenso sea mayor de 500 metros y menor de 2.5 Kilómetros.
		La longitud mínima deseable de un carril de ascenso debería permitir unos 30 segundos de oportunidad de adelantamiento, lo que es equivalente a 700 metros a 80 Km/h.
El ancho del carril debe ser igual al del carril básico.		
La berma, debe tener el ancho adoptado en la sección transversal de la vía, pero no menor que 1.5 m.		
		La transición al inicio y al final del carril de ascenso/descenso debe ser según la Figura 2 . Ver Anexo 8.
BERMA	Ancho de berma	El ancho de berma depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño. En la Tabla 15 se presentan los valores parciales y totales para el ancho de berma. Ver anexo 8. Observación: Los anchos de berma adoptados están entre 0.5 y 3 metros; los valores para el ancho de bermas son más grandes a las sugeridas en el manual colombiano.
	Pendiente transversal	Normalmente, en las bermas pavimentadas la pendiente transversal es mayor o igual a la de los carriles básicos.
		Donde las bermas no sean pavimentadas, la pendiente transversal es 2% más empinada que la del carril, para facilitar el desagüe superficial, además deberá estabilizarse mediante una subrasante bien compactada.
		La pendiente transversal usual de las bermas es de 4%. No obstante, pueden utilizarse también los valores recomendados por la AASTHO para pavimentos sin cordones, según el tipo de recubrimiento previsto: <ul style="list-style-type: none"> • Bermas con tratamientos bituminosos: pendiente trasversal del 3% al 5% • Bermas con grava o piedra partida: pendiente trasversal del 4% al 6% • Bermas recubiertas de pasto: pendiente trasversal del 8%.
		Todos los tipos de bermas deben construirse y mantenerse perfectamente a nivel con la superficie pavimentada de la calzada.

ELEMENTOS	ITEMS	ARGENTINA
OTROS ELEMENTOS	Taludes	Los vehículos que se desplaza por taludes de pendientes 1:4 o menor tienen muy pocas probabilidades de volcar dado que proporcionan un alto grado de seguridad “técnica”. En la Tabla 16 se encuentra la clasificación de las condiciones de seguridad de los taludes. Ver Anexo 8.
	Cunetas	Se deben emplear cunetas traspasables, estas se conforman con amplios y suaves lados y poca profundidad, lo que permite a los vehículos errantes atravesarlas sin ser violentamente redirigidos, volcados o enganchados. Cuando no puedan proveerse cunetas traspasables, debería considerarse la reubicación de la cuneta, sistemas de drenaje subterráneos, o un sistema de barrera para impedir que un vehículo entre en una cuneta no traspasable.

ELEMENTOS	ITEMS	CHILE	
CALZADA	ANCHO DE CALZADA	En la Tabla 17 se encuentran los anchos de calzada en función de la categoría de la carretera y de la velocidad de proyecto. Ver Anexo 8.	
	PENDIENTE TRANSVERSAL EN ALINEAMIENTOS HORIZONTALES	La pendiente transversal en tramos rectos se denomina bombeo y en curvas se conoce como peralte. En la Tabla 18 se especifican los valores para el bombeo de la calzada. Ver Anexo 8.	
	SOBREANCHO EN LAS CURVAS	Determinación del sobreancho para vehículos rígidos y articulados	Para una calzada de 2 carriles, y anchos de calzada de 7 y 6 metros el sobreancho se determina de acuerdo a lo especificado en la Tabla 19A . Y para una calzada en caminos con velocidad de proyecto menor o igual a 60 Km/h, de 2 carriles, y ancho de calzada de 7 metros, el sobreancho se determina de acuerdo a lo especificado en la Tabla 19B . Ver Anexo 8. Observación: En Chile se calculan sobreanchos para vehículos rígidos y articulados igual que en Colombia, pero las ecuaciones son diferentes. En la tabla se especifica el porcentaje del sobreancho que se coloca en la parte interna y en la parte externa de la curva a diferencia de Colombia, donde todo el sobreancho se coloca en la parte interna de la curva. Además se encuentran los radios límites en los cuales se coloca el sobreancho. Adicionalmente en el manual se encuentra el proceso para determinar el sobreancho en calzadas de menos o más de 2 carriles.
		Transición del sobreancho	El sobreancho total se limitará a un máximo de 3.0 metros y un mínimo de 0.5 metros en calzadas de 7.0 metros y a un máximo de 3.20 metros y un mínimo de 0.35 metros en calzadas de 6.0 metros. La transición del sobreancho se dará en una longitud de 40 metros, empleando para ello parcial o totalmente la clotoide que precede a la curva circular. Si el arco de enlace es menor de 40 metros la transición del sobreancho se ejecutará en la longitud de la espiral disponible, y si es mayor a 40 metros la transición del sobreancho se iniciará 40 metros antes del PC. En caminos de desarrollo se asocian a velocidades de proyecto ≤ 50 Km/h, si el tramo recto es de menor longitud, la transición deberá desarrollarse en la longitud existente, la cual no debe ser menor de 30 metros. La transición del sobreancho siempre se realizará linealmente en la longitud de la espiral, y se determina de la misma forma que en Colombia.

ELEMENTOS	ITEMS	CHILE
ANCHO DE ZONA		En la Tabla 20 se dan los rangos por categoría de la vía, para el ancho de zona tipo, los que dependen en buena medida de la altura de cortes y terraplenes por tramo. Ver Anexo 8.
CARRIL	Ancho de carril	Los anchos de carril que se usen, serán de 3.50m en calzadas unidireccionales y entre 3.00 y 3.50 metros en calzadas bidireccionales.
CARRILES ESPECIALES DE ASCENSO	Criterios generales para dotar a la sección transversal de la vía de un tercer carril	A partir del sitio en donde la longitud de la pendiente haya causado a los vehículos pesados una reducción en su velocidad de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
	Aspectos importantes	Los anchos del carril especial de ascenso dependen del tránsito y dependerán de la velocidad de proyecto, como se muestra en la Tabla 21 del Anexo 8.
		Los carriles para tránsito lento en Caminos bidireccionales se darán ensanchando la calzada por el lado derecho.
		Los carriles para el tránsito rápido en Carreteras unidireccionales se darán ensanchado la calzada hacia el costado izquierdo.
		Los carriles especiales de ascenso para tránsito lento en calzadas bidireccionales deberán tener una longitud tal, que permita salir del sector en pendiente que produzcan un descenso de velocidad de los vehículos pesados, superior a los límites establecidos en la Tabla 17 del Anexo 7.
		La longitud mínima de los carriles especiales de ascenso para tránsito lento en calzadas bidireccionales es de 500 metros.
Al término de los carriles especiales de ascenso de tránsito lento se deberá construir una transición de 100 metros de largo, mediante la cual se reincorporaran los vehículos pesados a la calzada.		
BERMA	Ancho de berma	El ancho normal en Caminos Locales con velocidad de proyecto de 40 Km/h es de 0.5 metros.
		A medida que la velocidad y lo volúmenes de diseño crecen, también deberá hacerlo las bermas, hasta contemplar un ancho máximo de 2.5 metros.
	Los anchos normales de las bermas se encuentran en la Tabla 17 , asociados a la categoría de la vía y la velocidad de proyecto correspondiente. Ver Anexo 8.	
	Pendiente transversal	En Caminos y Carreteras con calzada pavimentada, ya sea con hormigón, asfalto o tratamiento superficial y sin pavimentar, las bermas tendrán la misma pendiente transversal de la calzada, ya sea que esta se desarrolle en recta o en curva.
OTROS ELEMENTOS	Taludes	En países como Chile los taludes de terraplén se diseñan desde el punto de vista de seguridad vial y no desde punto de estabilidad como se diseña en Colombia.
		La inclinación de los taludes de corte varían a lo largo de la obra según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados.
	Cunetas	Las dimensiones de las cunetas están condicionadas por aspectos técnicos y de diseño que no es posible clasificar de

		una manera racional.
--	--	----------------------

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. CARDENAS GRISALES, Diseño Geometrico de Carreteras, Bogota: ECOE Ediciones, 2013.
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Manual de Diseño Geometrico de Carreteras, Bogota, 2008.
- [3] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Manual de carreteras, Diseño Geometrico, Peru, 2014.
- [4] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO. A policy on geometric design of highways and streets, Washington D.C, 2001.
- [5] E. PULIDO, K. TORRES y J. LUGO, «Anteproyecto de vías de comunicación,» Venezuela, 2014.
- [6] E. JIMENEZ, «Doble vía,» 2009. [En línea]. Available: <https://doblevia.wordpress.com/2009/03/07/curva-espiral-circular-espiral-simetrica/>. [Último acceso: 20 Marzo 2016].
- [7] J. OROZCO, «Curvas de transición- Diseño vial II,» Venezuela, 2011.
- [8] J. L. A. BURBANO, Diseño Geometrico de carreteras, Diseño geometrico vetical.
- [9] INSTITUTO UNIVERSITARIO DE TECNOLOGIA DEL ESTADO TRUJILLO, Curvas de transición, Diseño vial II, Venezuela, 2011.

ANEXOS

ANEXO 1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Tabla 1. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

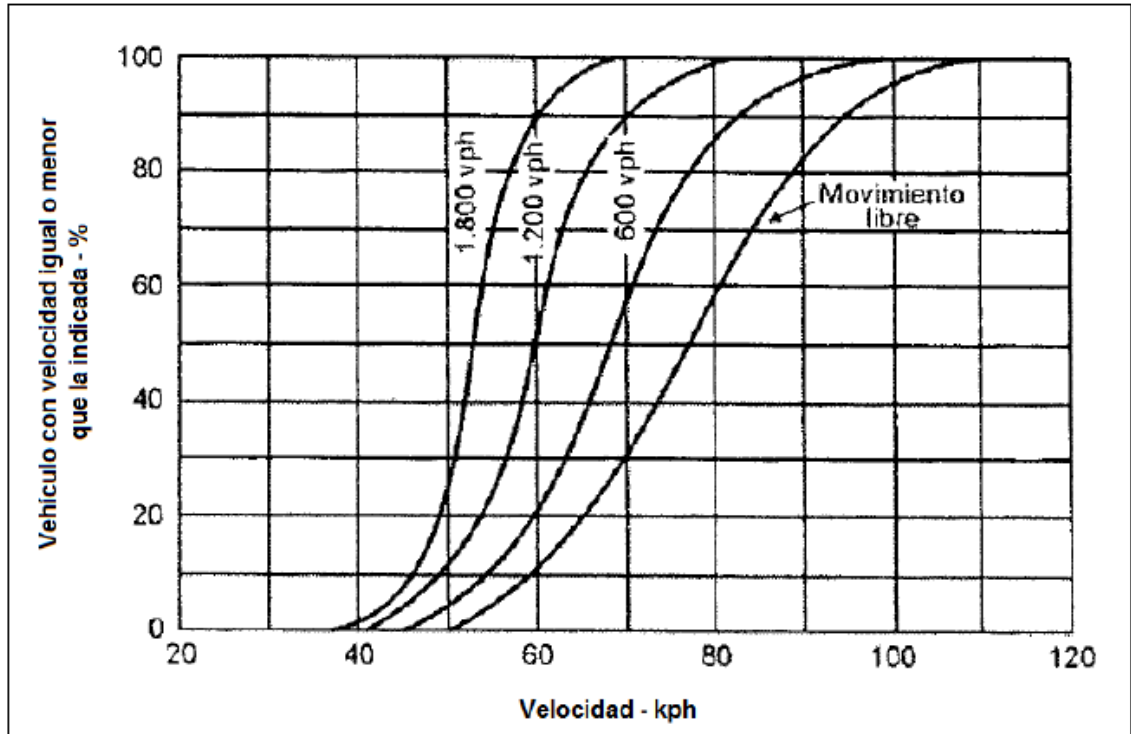
Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

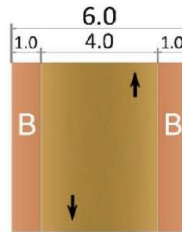
Figura 1. Distribución de velocidades observadas.



Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Figura 2. Velocidad de proyecto en función del desempeño de la carretera.

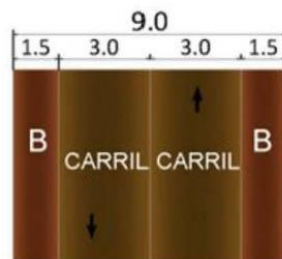
Camino Agrícola / Forestal



Velocidad de Proyecto: 40 km/h
Pendiente máxima: 16%

Camino Básico

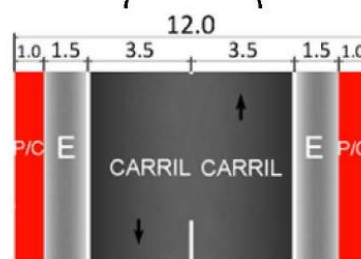
()



Velocidad de Proyecto: 60 km/h
Pendiente máxima: 14%

Carretera Convencional

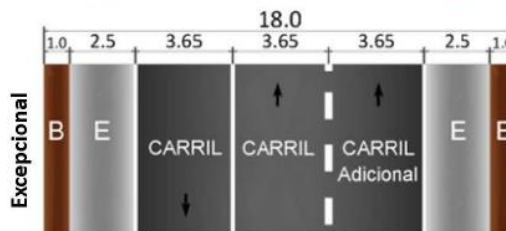
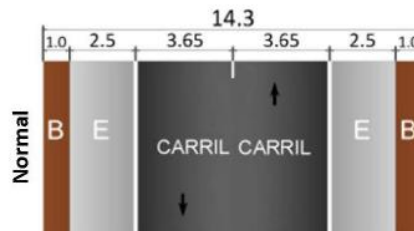
Básica



Velocidad de Proyecto: 80 km/h
Pendiente máxima: 10%

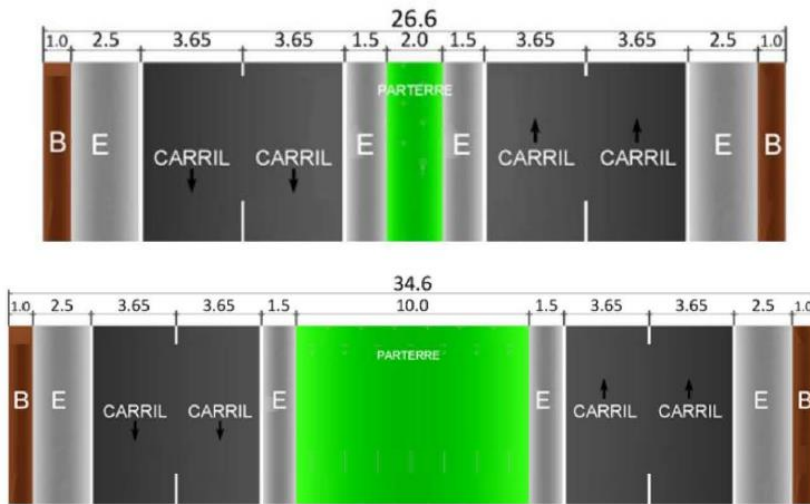
Carretera de Mediana Capacidad

()



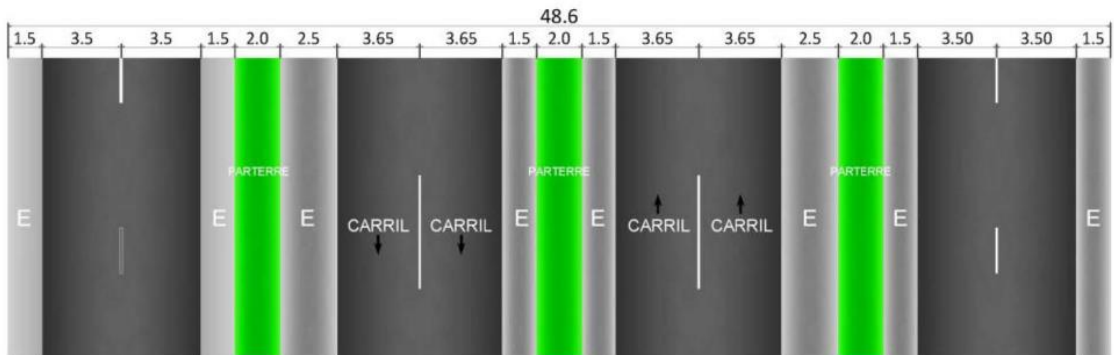
Velocidad de Proyecto: 100 km/h
Pendiente máxima: 8%

Vías de Alta Capacidad Interurbana



Velocidad de Proyecto: 120 km/h
Pendiente máxima: 6%

Vías de Alta Capacidad Urbana o Periurbana



Velocidad de Proyecto: 100 km/h
Pendiente máxima: 8%

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 3A. Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.

CATEGORIA	SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
	N° PISTAS	N° CALZADAS		
AUTOPISTA	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORRUTA	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
	2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
	2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO	2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

- UD : Unidireccionales

- BD : Bidireccionales

(n) Número Total de Pistas

- xx Velocidad de Proyecto (km/h)

* Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 3B. Características típicas de las carreteras y caminos según la clasificación funcional.

		CARRETERAS			CAMINOS		
CATEGORIA		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)		120 - 100 - 80	100 - 90 - 80	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	70 - 60 - 50 - 40	50 - 40 - 30
TIPO DE TERRENO		LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES)	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehículos	Control parcial de acceso		Consideración primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas Autorutas Primarios (Colectores)	Autopistas, Autorutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorutas Prim. y Colectores (Locales)	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directo)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años Iniciales Año Horizonte	A, B C	B (2) C, (D)	B C, (D)	C (2) (D)	No Aplicable	
	Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre (Prox. Inestab) Estable	(Libre) (Prox. Inestab.) Estable	Estable con restricción (Próximo Inestable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Veloc. Operación (1) (3) Según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volumenes Típicos de tránsito al año inicial TMDA	UD > 10.000 confirmar fact. económica	UD > 8.000	BD > 3000 UD > 6000	BD > 300 UD. Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
	Tipo de vehículo	Sólo vehic. diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos	

Letras o conceptos entre paréntesis indican situaciones límites en condiciones poco frecuentes.

(1) Considera Trazado Llano y Ondulado; Trazado Montañoso constituye caso particular (Vop = Velocidad Operación usuario medio ~ V 50%) (Definición LL - O - M Ver 3.103.201)

(2) Las Velocidades de Proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aún con baja demanda.

(3): EL RANGO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN SE DA A TÍTULO INDICATIVO PARA FLUJOS LIBRE - ESTABLE.

LOS VALORES DEFINITIVOS DEBERAN ESTABLECERSE SEGÚN LO SEÑALADO EN EL TOMO II DEL VOLUMEN N° 1.

BD : Tránsito Bidireccional, total ambos sentidos.

UD: Tránsito Unidireccional, total ambos sentidos.

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

ANEXO 2. VELOCIDAD ESPECÍFICA

Tabla 1. Velocidad específica de una curva horizontal incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño.

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior V_{CH} (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) ≤ 50 km/h					Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) > 50 km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
		$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$				$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$		
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Diferencia entre la velocidad específica de la última curva horizontal del tramo anterior y la primera curva horizontal del tramo analizado, en Km/h.

Velocidad de Diseño de los Tramos contiguos (km/h)		Longitud del Segmento recto anterior (m) ⁽¹⁾				Longitud del Segmento recto anterior (m)					
Anterior	Analizado	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
			$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$				$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$		
20	30	0	0	0	10	20	N.A. ⁽²⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
20	40	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	20	0	0	-10	10	NOTA ⁽³⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	40	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	50	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	20	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽³⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	30	0	0	-10	10	NOTA ⁽³⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	50	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
50	30	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽³⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
50	40	0	0	-10	10	NOTA ⁽³⁾	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
50	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
50	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
60	40	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
60	50	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾
60	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
60	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
70	50	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
70	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾
70	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
70	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
80	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
80	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾
80	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
80	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
90	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
90	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾
90	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
90	110	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
100	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
100	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾
100	110	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
110	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA ⁽³⁾	NOTA ⁽⁴⁾
110	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Longitud del Segmento recto entre la última curva horizontal del tramo anterior y la primera curva horizontal del tramo analizado.

⁽²⁾ No aplica.

⁽³⁾ Si la longitud del segmento recto anterior es mayor de cuatrocientos metros (400 m) es

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

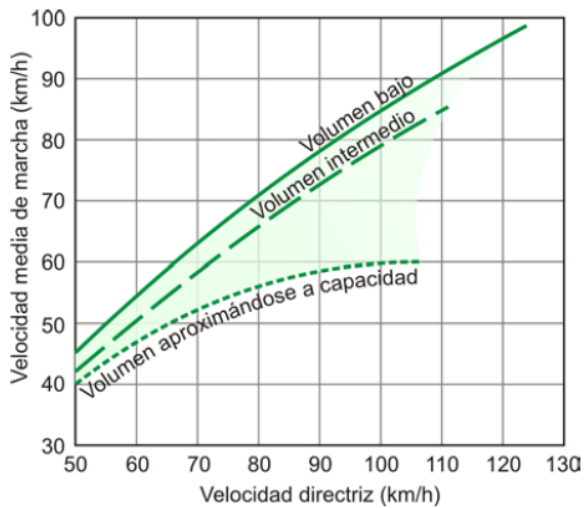
ANEXO 3. VELOCIDAD DE MARCHA

Tabla 1. Velocidades de marcha teórica en función de la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0
Velocidad media de marcha	27,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0
Rangos de velocidad media	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 1. Relación de la velocidad media de marcha y las condiciones de volumen



V km/h	VMM km/h
25	25
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	84
110	91
120	98
130	105

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

ANEXO 4. VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Tabla 1: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidad de operación.

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102,10 - \frac{3077,13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105,98 - \frac{3709,90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104,82 - \frac{3574,51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96,61 - \frac{2752,19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105,32 - \frac{3438,19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad (K ≤ 43 m / %)	$V_{85} = 103,24 - \frac{3576,51}{K}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada (K > 43 m / %) sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada (K ≤ 43 m / %) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105,08 - \frac{149,69}{K}$

Notas:

- 1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).
- 2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si sólo la curva horizontal está presente. Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad.

V85 Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h)

R Radio de curva (m)

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 2. Valores de velocidad máxima de operación.

Clasificación de la carretera	Velocidad máxima de operación (km/h)		
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	
		Buses	Camiones (5)
Autopista 1 ^{ra} clase	(1) 130	100	90
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Autopista 2 ^{da} clase	(1) 120	90	80
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Carretera 1 ^{ra} clase	(1) 100	90	80
	(2) 100	80	70
	(3) 90	70	60
	(4) 80	60	50

Notas:

- 1) Orografía plana (1)
- 2) Orografía ondulada (2)
- 3) Orografía accidentada (3)
- 4) Orografía escarpada (4)
- 5) Para vehículos de transporte de mercancía peligrosa la velocidad máxima de operación es 70 km/h, o la que establezca el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente.
- 6) Las autoridades competentes, podrán fijar velocidades de operación inferiores a las indicadas en la tabla, en función a las particularidades de cada vía.
- 7) Las autoridades competentes, deben señalar la máxima velocidad de operación, principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo.
- 8) Según las particularidades de las carreteras de Segunda Clase y Tercera Clase, las autoridades competentes establecerán las velocidades máximas de operación.

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 3. Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles.

VELOCIDAD DE DISEÑO – Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO – Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	<i>BAJO</i>	<i>MEDIO</i>	<i>ALTO</i>
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

ANEXO 5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Tabla 1. Distancian de visibilidad de parada en tramos a nivel

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA PERCEPCIÓN- REACCIÓN (m)	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA (m)	REDONDEADA (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	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D _P					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 3. Mínima distancia de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA V_{ETH} (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 ¹	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

¹ Valor obtenido por extrapolación

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 4. Oportunidades de adelantamiento por tramos de cinco kilómetros.

VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)	20-50	60-80	90-100
PORCENTAJE MÍNIMO DE LA LONGITUD CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (%)	20%	30%	40%

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 5. Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7.30 m. con dispositivo de control en la calzada secundaria.

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA CALZADA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO $L=5.00$ m	CAMIÓN DE DOS EJES $L=11.00$ m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES $L=20.89$ m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	258
80	160	225	295
90	180	253	332
100	200	281	369

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 6. Distancia de visibilidad de parada

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

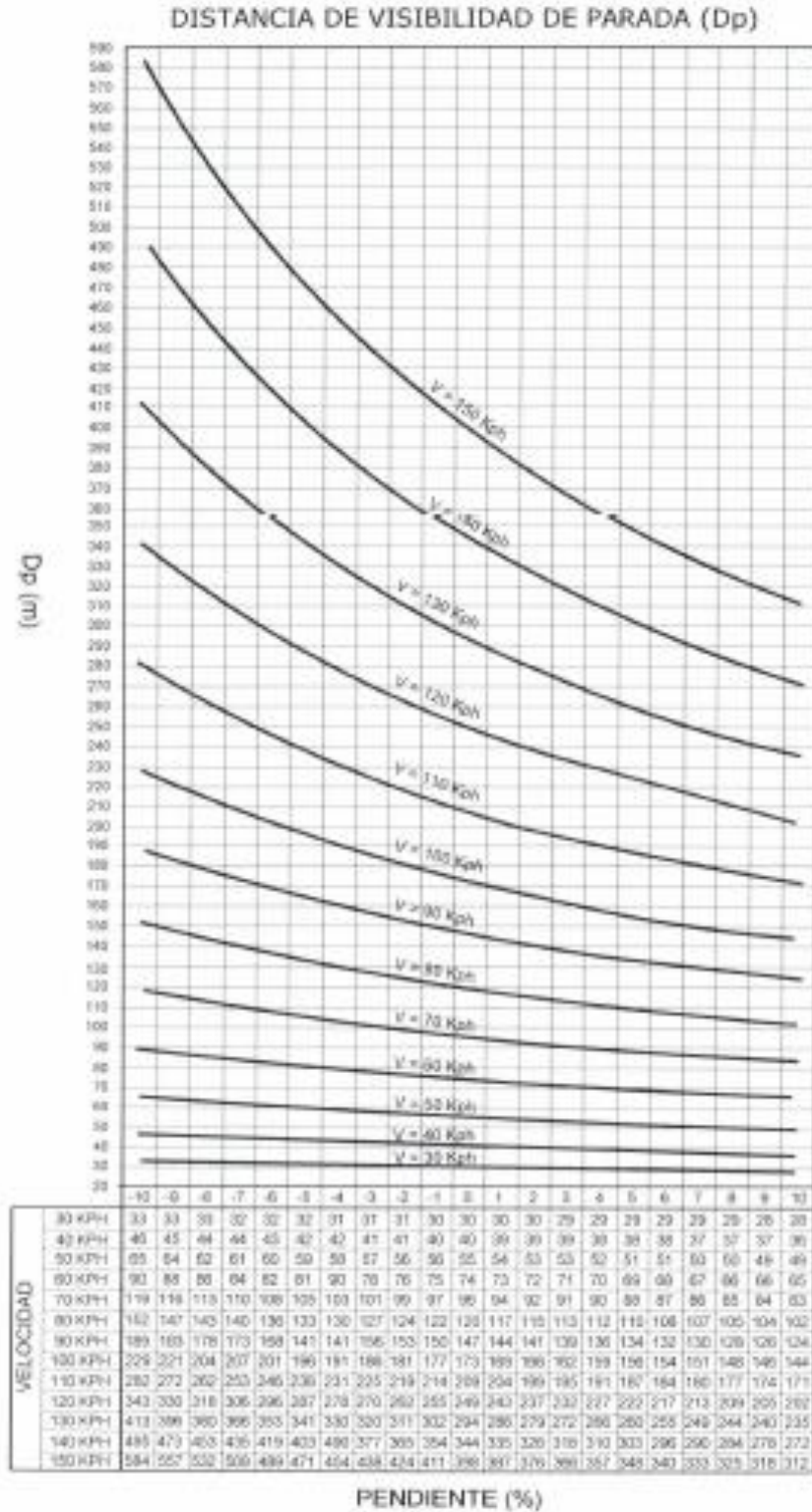
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 7. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

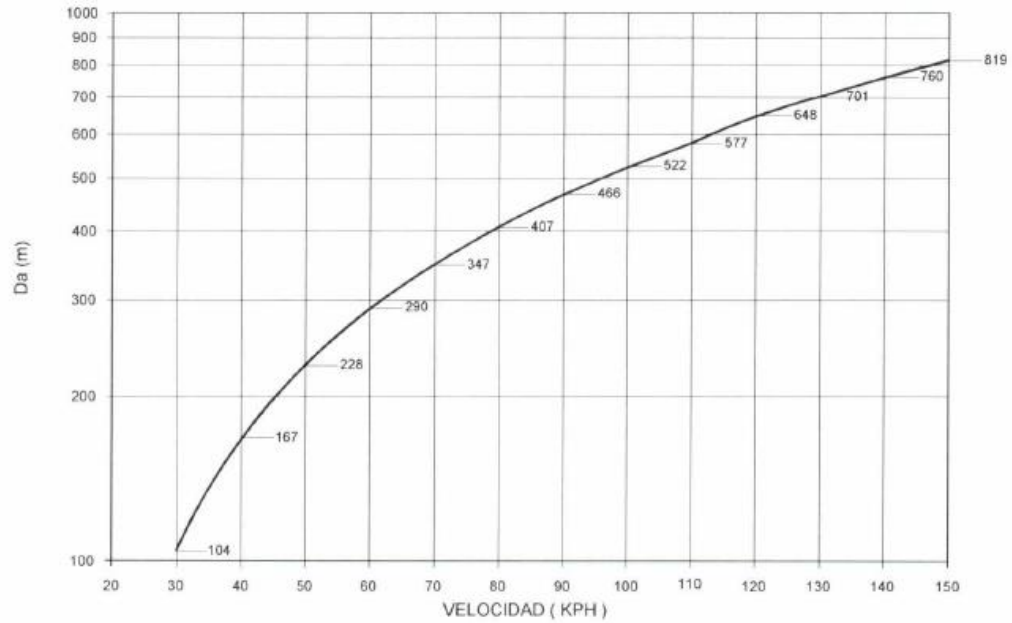
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 1. Distancias de visibilidad de parada.



Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 2. Distancia de visibilidad de paso (Da)



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 8. Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento.

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda clase	1.500 m
Carretera de Primera clase	2.000 m
Carretera de Segunda clase	2.500 m

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 9. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar.

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 10. Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7.20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria.

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA VÍA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L = 5,80 m	CAMIÓN DE DOS EJES L = 12,30 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE DOS EJES L = 20.50 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	158
80	160	225	259
90	180	253	332
100	200	281	369
110	219	316	403
120	239	344	440
130	259	373	475

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 11. Distancia de visibilidad de parada y de decisión

a) En terreno Plano

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
Km/h	Km/h			f	(m)	(m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

b) En Pendiente de Bajada y Subida

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
Km/h						
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

c) Decisión para evitar Maniobras

Velocidad de Diseño	Distancia de Decisión para Evitar la Maniobra (m)				
	a	b	c	d	e
Km/h					
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 12. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

a) Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles, en metros

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 13. Distancias visuales mínimas de detención (DVD), en función de la velocidad y de la pendiente.

V km/h	Calzada de dos o un sentido										Calzada de un sentido										
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	24	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
40	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	45	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
50	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
60	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	85	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
70	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	110	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
80	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	138	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
90	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	170	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
100	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	206	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
110	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	246	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
120	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	290	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
130	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	339	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
140	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	391	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 14. Distancia de visual de adelantamiento en función de la velocidad

V km/h	Velocidad del vehículo adelantado (B) VMM km/h	Velocidad del vehículo que se adelanta (A) VMM + 15 km/h	DVA m
25	24	39	160
30	29	44	190
40	37	52	260
50	46	61	330
60	53	68	400
70	60	75	470
80	67	82	540
90	73	88	610
100	79	94	680
110	84	99	740
120	88	103	800

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 15. Distancia de visual de detención en función de la velocidad

V km/h	DVDE m
25	60
30	80
40	110
50	150
60	180
70	200
80	230
90	280
100	320
110	340
120	380
130	410
140	450

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 16. Distancia mínima de parada en horizontal “Dp”

V	tp	r	ntp	df	Dp(m)		V
km/h	s	-	m	m	ntp+df	Adopt.	km/h
30	2	0,420	16,7	8,4	25,1	25	30
35						31	35
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38	40
45						44	45
50	2	0,410	27,8	24,0	51,8	52	50
55						60	55
60	2	0,400	33,3	35,5	68,8	70	60
65						80	65
70	2	0,380	38,9	50,8	89,7	90	70
75						102	75
80	2	0,360	44,4	70,0	114,4	115	80
85						130	85
90	2	0,340	50,0	93,9	143,8	145	90
95						160	95
100	2	0,330	55,5	119,4	174,9	175	100
105						192	105
110	2	0,320	61,1	149,0	210,0	210	110
115						230	115
120	2	0,310	66,6	183,0	249,6	250	120
125						275	125
130	2	0,295	72,2	225,7	297,9	300	130

V = Vp o V* Según lo expuesto en 3.201.302

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Figura 3. Distancia de parada, influencia de las pendientes.

ILUSTRACION GRAFICA

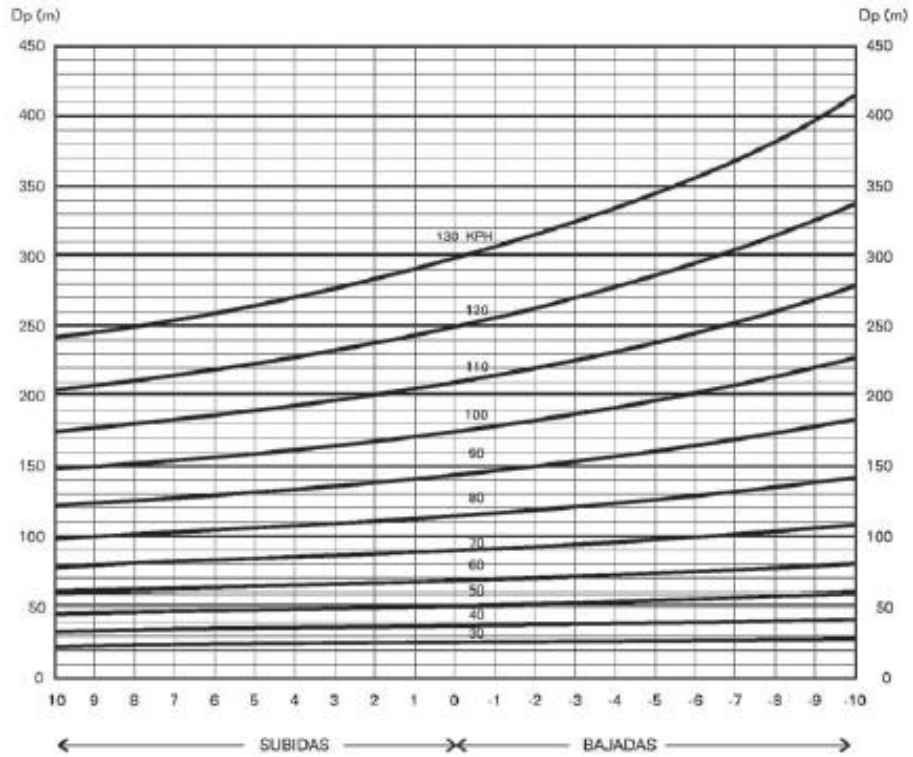


TABLA NUMERICA EQUIVALENTE

V (KPH) →		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
EN SUBIDA + 1%	10	23	34	47	62	79	99	122	147	175	205	241
	8	24	35	47	62	80	100	124	149	177	208	245
	6	24	35	48	63	81	102	126	152	180	212	250
	4	24	35	48	63	82	103	128	154	183	216	255
	2	24	35	49	64	83	104	130	157	187	220	260
	0	24	36	49	65	84	106	132	159	190	224	265
	-2	24	36	50	66	85	107	134	162	193	229	271
	-4	25	36	50	66	86	109	136	165	197	233	277
	-6	25	37	51	67	87	111	139	168	201	239	284
(1) 0	25	37	51	68	88	113	141	171	205	244	290	
EN BAJADA - 1%	-1	25	38	52	70	91	116	147	179	215	256	306
	-2	26	39	53	71	92	119	150	183	220	262	314
	-3	26	39	54	72	94	121	153	187	225	269	323
	-4	26	39	54	73	96	123	156	191	231	277	333
	-5	26	39	55	74	97	126	160	196	238	285	344
	-6	27	40	56	75	99	128	164	201	244	294	355
	-7	27	40	57	76	101	131	168	207	252	303	368
	-8	27	41	58	78	103	134	173	213	260	313	382
	-9	27	42	59	79	105	138	178	220	268	324	397
	-10	28	42	60	81	108	141	183	227	278	337	414

(1) : En horizontal valores redondeados según Tabla 3.202.2A

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 17. Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de Proyecto km/h	Distancia Mínima de Adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 18. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

Tipo de Terreno	% Mínimo	% Deseable
Llano	45	≥ 65
Ondulado	30	≥ 50
Montañoso	20	≥ 30

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 19. Tiempos requeridos para cruzar una carretera.

Vehículo Tipo	Distancia S (m)						
	15	20	25	30	35	40	45
	ta para cruzar y recorrer S						
V. Liviano	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
Camión	-	7,5	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0
V. Articulado	-	-	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 20. Corrección de los tiempos requeridos para cruzar una carretera por inclinación de la rasante.

Vehículo Tipo	Inclinación de la Rasante de la Carretera Secundaria en el Cruce (%)				
	-4	-2	0	+2	+4
	Factor de Corrección				
L	0,7	0,9	1	1,1	1,3
C	0,8	0,9	1	1,1	1,3
VA1	0,8	0,9	1	1,2	1,7

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

ANEXOS 6. DISEÑOS EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

Tabla 1. Coeficiente de fricción transversal máxima.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Radios mínimos para peralte máximo $e_{máx} = 8\%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo $e_{máx} = 6\%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 ⁽¹⁾
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

⁽¹⁾ La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 4. Radios según velocidad específica y peraltes para $e_{m\acute{a}x} = 8\%$

e (%)	V _{CH} = 40	V _{CH} = 50	V _{CH} = 60	V _{CH} = 70	V _{CH} = 80	V _{CH} = 90	V _{CH} = 100	V _{CH} = 110	V _{CH} = 120	V _{CH} = 130
	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)	km/h R (m)
1,5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2,0	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2,2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2,4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2,6	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2,8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3,0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3,2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3,4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3,6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3,8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4,0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4,2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4,4	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4,6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4,8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5,0	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5,2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5,4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5,6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5,8	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6,0	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6,2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6,4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6,6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6,8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7,0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7,2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7,4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7,6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7,8	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8,0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 5. Radios según velocidad específica y peraltes para $e_{m\acute{a}x} = 6\%$

e (%)	V _{CH} = 20 km/h R (m)	V _{CH} = 30 km/h R (m)	V _{CH} = 40 km/h R (m)	V _{CH} = 50 km/h R (m)	V _{CH} = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 6. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V _{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 7. Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 8. Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Dónde:

- $L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
- $L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
- $L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 9: Coeficiente de fricción transversal maxima.

Velocidad de diseño	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
f_{max}	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 10. Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	835,2	495
	110	4,00	0,11	1.108,9	635
	120	4,00	0,19	872,2	875
	130	4,00	0,08	1,108,9	1,110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90
	60	6,00	0,15	135,0	135
	70	6,00	0,14	192,9	195
	80	6,00	0,14	252,9	255
	90	6,00	0,13	437,4	335
	100	6,00	0,12	560,4	440
	110	6,00	0,11	755,9	560
	120	6,00	0,09	950,5	755
	130	6,00	0,08	1.187,2	950

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

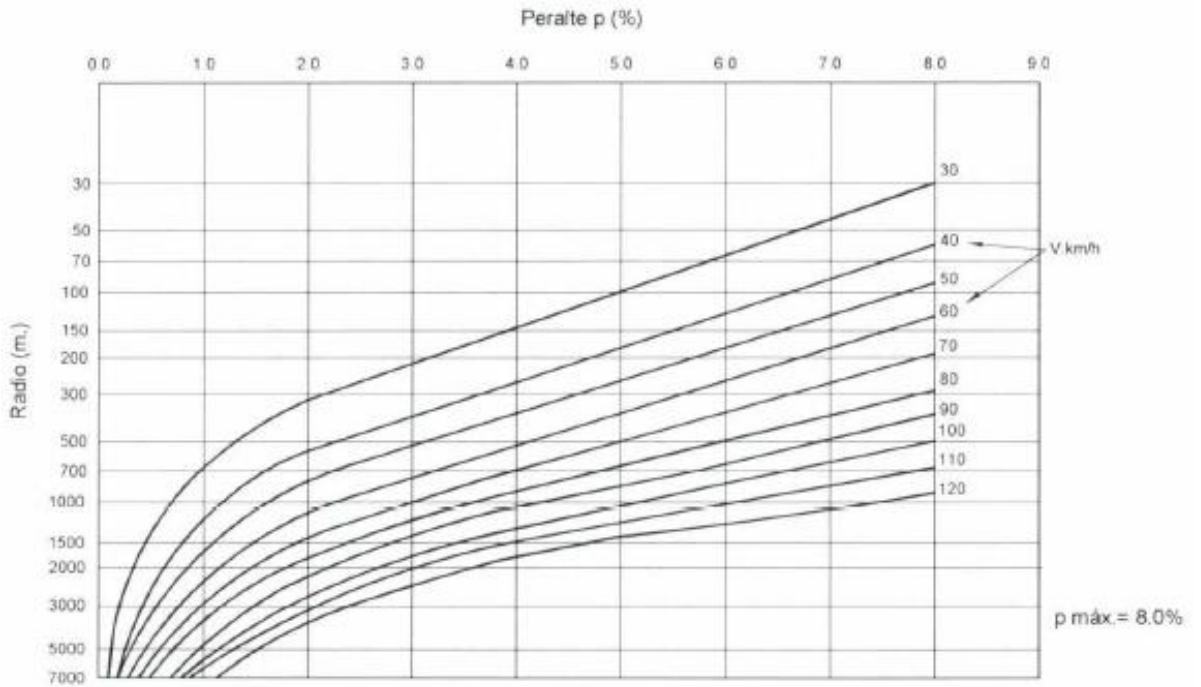
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 11. Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peralte máximo y valores límites de fricción

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4,0	0,18	14,3	15
30	4,0	0,17	33,7	35
40	4,0	0,17	60,0	60
50	4,0	0,16	98,4	100
60	4,0	0,15	149,1	150
20	6,0	0,18	13,1	15
30	6,0	0,17	30,8	30
40	6,0	0,17	54,7	55
50	6,0	0,16	89,4	90
60	6,0	0,15	134,9	135
20	8,0	0,18	12,1	10
30	8,0	0,17	28,3	30
40	0,0	0,17	50,4	50
50	8,0	0,16	82,0	80
60	8,0	0,15	123,2	125
20	10,0	0,18	11,2	10
30	10,0	0,17	26,2	25
40	10,0	0,17	46,6	45
50	10,0	0,16	75,7	75
60	10,0	0,15	113,3	115
20	12,0	0,18	10,5	10
30	12,0	0,17	24,4	25
40	12,0	0,17	43,4	45
50	12,0	0,16	70,3	70
60	12,0	0,15	104,9	105

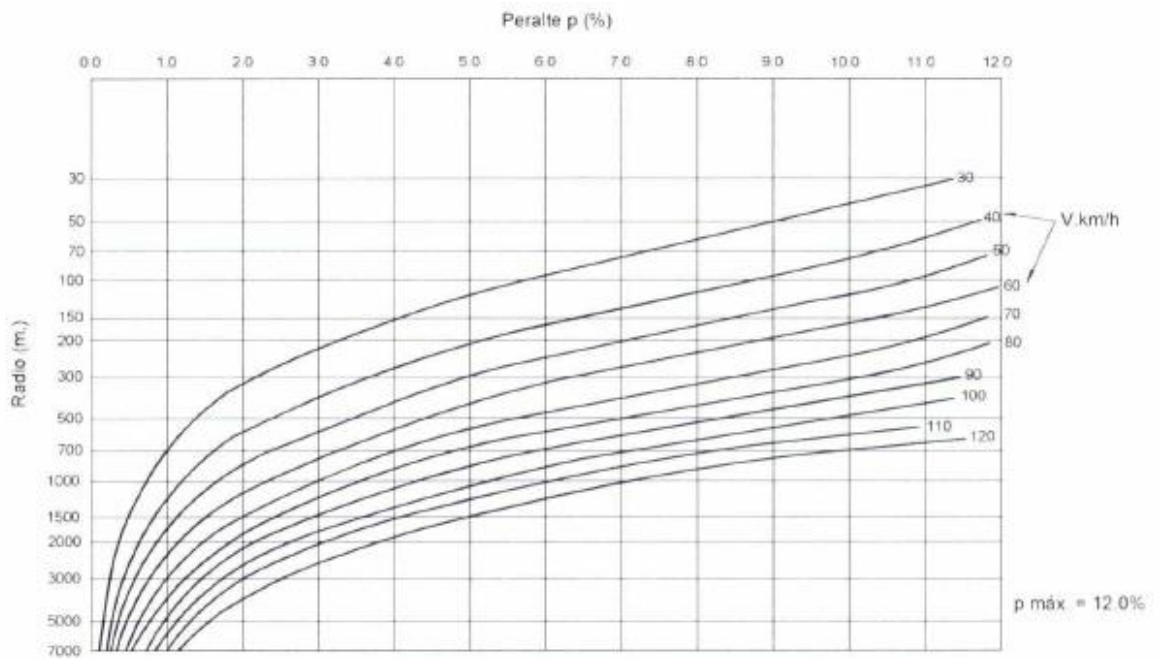
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 1. Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)



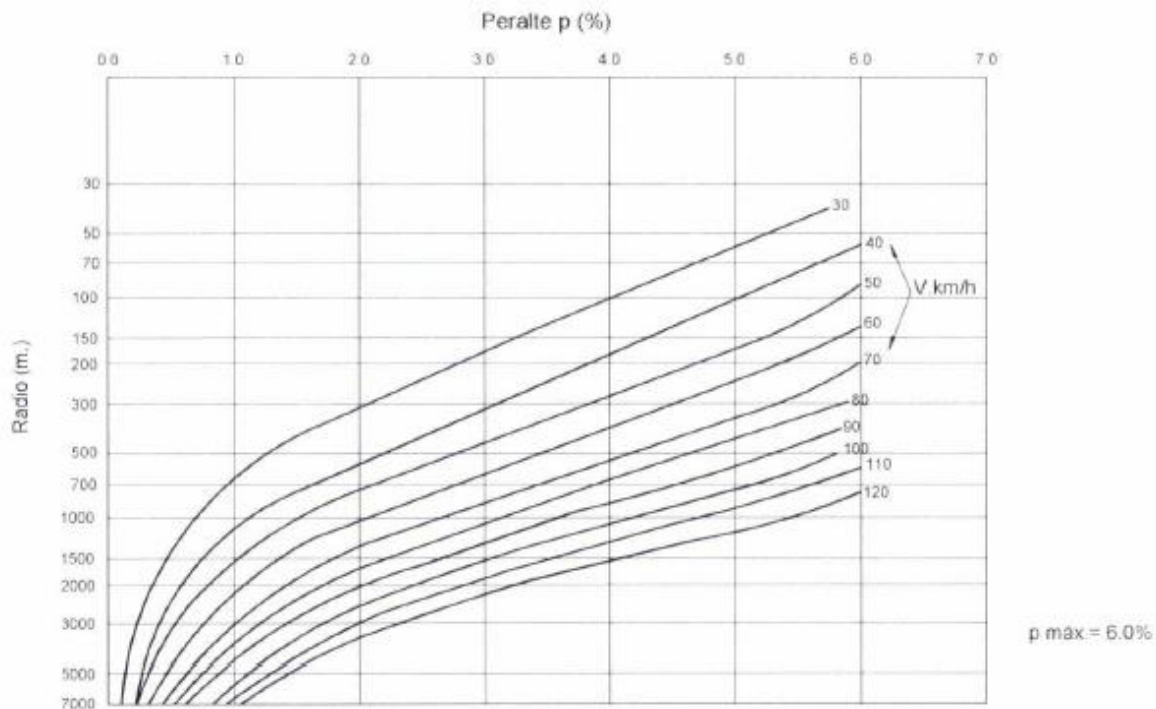
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 2. Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)



Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 3. Peralte en zonas con peligro de hielo



Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 12. Longitud mínima de transición de peralte

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

** Longitud basada en 2% de bombeo

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 13. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 14. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
J _{máx} (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 15. Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 16. Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 17. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53''
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156

Nota: Cifras redondeadas para radios y grados recomendados

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A
NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 18. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, $e_{m\acute{a}x} = 8\%$

R (m)	$V_d=30\text{km/h}$			$V_d=40\text{km/h}$			$V_d=50\text{km/h}$			$V_d=60\text{km/h}$			$V_d=70\text{km/h}$			$V_d=80\text{km/h}$			$V_d=90\text{km/h}$			$V_d=100\text{km/h}$			$V_d=110\text{km/h}$		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	2.1	56	84	2.4	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.6	56	84	3.0	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.8	50	75	3.4	56	84	3.9	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.5	44	66	3.0	50	75	3.6	56	84	4.1	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.2	39	59	2.7	44	66	3.2	50	75	3.8	56	84	4.4	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	2.9	44	66	3.4	50	75	4.1	56	84	4.7	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.8	39	59	3.4	44	66	4.0	50	75	4.8	56	84	5.5	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.4	33	50	3.1	39	59	3.7	44	66	4.4	50	75	5.2	56	84	6.0	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.4	39	59	4.1	44	66	4.8	50	75	5.7	56	84	6.5	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.2	28	42	3.0	33	50	3.8	39	59	4.5	44	66	5.3	50	75	6.3	56	84	7.2	62	93
600	SN	0	0	SI	22	33	2.6	28	42	3.4	33	50	4.3	39	59	5.1	44	66	6.0	50	75	6.9	56	84	7.7	66	99
500	SN	0	0	2.2	22	33	3.0	28	42	3.9	33	50	4.9	39	59	5.8	44	66	6.7	51	76	7.6	61	91	8.0	69	103
400	SI	17	26	2.7	22	33	3.6	28	42	4.7	33	50	5.7	39	59	6.6	48	71	7.5	57	85	8.0	64	96	R _{min} = 500		
300	2.1	17	26	3.4	22	33	4.5	28	42	5.6	34	51	6.7	44	66	7.6	55	R _{min} = 305		R _{min} = 385							
250	2.5	17	26	4.0	22	33	5.1	28	42	6.2	37	56	7.3	48	72	7.9	57	85									
200	3.0	17	26	4.6	24	36	5.8	31	47	7.0	42	63	7.9	52	78	R _{min} = 230											
175	3.4	17	26	5.0	26	39	6.2	33	50	7.4	44	67	R _{min} = 175														
150	3.8	18	27	5.4	28	42	6.7	36	54	7.8	47	70															
140	4.0	19	29	5.6	29	43	6.9	37	56	7.9	47	71															
130	4.2	20	30	5.8	30	45	7.1	38	58	8.0	48	72															
120	4.4	21	32	6.0	31	46	7.3	39	59	R _{min} = 125																	
110	4.7	23	34	6.3	32	49	7.6	41	62																		
100	4.9	23	35	6.5	33	50	7.8	42	63																		
90	5.2	25	37	6.9	36	53	7.9	43	64																		
80	5.5	26	40	7.2	37	56	8.0	43	65																		
70	5.9	28	42	7.5	39	58	R _{min} = 80																				
60	6.4	31	46	7.8	40	60																					
50	6.9	33	50	8.0	41	62																					
40	7.5	36	54	R _{min} = 50																							
30	8.0	38	57	R _{min} = 30																							

$e_{max} = 8.0\%$
R = Radio de curva
V = Velocidad de diseño
e = Tasa de superelevación
L = Longitud mínima de transición
SN = Sección Normal
SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal
Crs = Carriles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 169.

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A, NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 19. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, $e_{m\acute{a}x} = 10\%$

R (m)	$V_d=30\text{km/h}$			$V_d=40\text{km/h}$			$V_d=50\text{km/h}$			$V_d=60\text{km/h}$			$V_d=70\text{km/h}$			$V_d=80\text{km/h}$			$V_d=90\text{km/h}$			$V_d=100\text{km/h}$			$V_d=110\text{km/h}$		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	2.2	56	84	2.5	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.7	56	84	3.1	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.9	50	75	3.5	56	84	4.1	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.6	44	66	3.1	50	75	3.8	56	84	4.3	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.3	39	59	2.8	44	66	3.3	50	75	4.0	56	84	4.6	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	3.0	44	66	3.6	50	75	4.3	56	84	5.0	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.9	39	59	3.5	44	66	4.2	50	75	5.1	56	84	5.9	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.2	39	59	3.9	44	66	4.6	50	75	5.6	56	84	6.4	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.5	39	59	4.3	44	66	5.1	50	75	6.2	56	84	7.1	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.3	28	42	3.1	33	50	4.0	39	59	4.8	44	66	5.8	50	75	6.9	56	84	8.0	69	103
600	SN	0	0	SI	22	33	2.7	28	42	3.6	33	50	4.5	39	59	5.5	44	66	6.5	50	75	7.8	62	94	9.0	77	116
500	SN	0	0	2.3	22	33	3.1	28	42	4.2	33	50	5.3	39	59	6.4	46	69	7.6	57	86	8.9	71	107	9.9	85	127
400	SI	17	26	2.8	22	33	3.8	28	42	5.0	33	50	6.3	41	62	7.5	54	81	8.8	67	100	9.8	78	117	$R_{min} = 455$		
300	2.2	17	26	3.6	22	33	4.8	28	42	6.3	38	57	7.8	51	77	9.0	65	97	9.9	75	112	$R_{min} = 360$					
250	2.6	17	26	4.2	22	33	5.6	30	45	7.1	43	64	8.7	57	86	9.7	70	105	$R_{min} = 275$								
200	3.1	17	26	5.0	26	39	6.6	36	53	8.2	49	74	9.6	63	94	$R_{min} = 210$											
175	3.5	17	26	5.6	29	43	7.1	38	58	8.8	53	79	9.9	65	97.0	$R_{min} = 160$											
150	4.0	19	29	6.2	32	48	7.8	42	63	9.4	57	85	$R_{min} = 115$														
140	4.3	21	31	6.4	33	49	8.1	44	66	9.6	58	87															
130	4.5	22	32	6.7	34	52	8.5	46	69	9.8	59	88															
120	4.8	23	34	7.0	36	54	8.8	48	71	10.0	60	90															
110	5.1	24	37	7.4	38	57	9.1	49	74																		
100	5.5	26	40	7.7	40	59	9.5	51	77																		
90	5.9	28	42	8.2	42	63	9.8	53	79																		
80	6.4	31	46	8.6	44	66	10.0	54	81																		
70	6.9	33	50	9.1	47	70	$R_{min} = 75$																				
60	7.5	36	54	9.6	49	74																					
50	8.2	39	59	10.0	51	77																					
40	9.1	44	65	$R_{min} = 45$																							
30	9.9	47	71	$R_{min} = 25$																							

$e_{max} = 10.0\%$
R = Radio de curva
V = Velocidad de dise\~no
e = Tasa de superelevaci3n
L = Longitud m\~nima de transici3n
SN = Secci3n Normal
SI = Secci3n Invertida, peralte similar a la pendiente normal
C = Camiles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p.170

Fuente. Normativa para estudios y dise\~nos viales, Volumen N\~o 2 – Libro A, NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 20. Coeficiente de fricción transversal máxima

V km/h	ft _{máx}
25	0,17
30	0,17
40	0,16
50	0,16
60	0,15
70	0,15
80	0,14
90	0,13
100	0,12
110	0,10
120	0,09
130	0,08
140	0,07

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 21. Radios mínimos deseables y absolutos para peraltes máximos

Velocidad directriz km/h	Peralte máximo 6%		Peralte máximo 8%		Peralte máximo 10%	
	Radios mínimos		Radios mínimos		Radios mínimos	
	Deseable m	Absoluto m	Deseable m	Absoluto m	Deseable m	Absoluto m
25	80	20	60	20	50	20
30	120	30	90	30	70	25
40	210	55	155	50	125	50
50	290	90	220	85	175	75
60	395	135	300	120	240	110
70	515	185	385	170	310	155
80	645	250	480	230	385	210
90	785	340	585	305	470	280
100	935	450	700	405	560	365
110	1095	585	820	520	655	470
120	1270	755	950	665	760	595
130	1450	970	1085	845	870	750
140	1640	1235	1230	1065	985	935

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 22A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	
	RminAbs = 20 RminDes = 80			RminAbs = 30 RminDes = 120			RminAbs = 55 RminDes = 210			RminAbs = 90 RminDes = 290			RminAbs = 135 RminDes = 395			RminAbs = 185 RminDes = 515			RminAbs = 250 RminDes = 645			
20	6	30	6,6																			20
30	6	30	4,3	6	30	4,4																30
40	6	30	3,3	6	30	3,3																40
50	6	30	2,6	6	30	2,7																50
60	6	30	2,2	6	30	2,3	6	40	2,4													60
70	6	30	1,9	6	30	2	6	35	2,1													70
80	6	30	1,7	6	30	1,7	6	30	1,9													80
90	5,5	30	1,5	6	30	1,6	6	30	1,7	6	50	1,8										90
100	4,9	30	1,4	6	30	1,4	6	30	1,5	6	45	1,6										100
110	4,5	30	1,3	6	30	1,3	6	30	1,4	6	40	1,5										110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	6	30	1,3	6	35	1,4										120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	6	30	1,2	6	35	1,3										130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,2	6	55	1,3							140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	6	30	1,1	6	30	1,2	6	50	1,2							150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	6	30	0,9	6	30	1	6	45	1,1							175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6	30	0,8	6	30	0,9	6	40	1	6	60	1,1				200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	6	30	0,8	6	35	0,8	6	50	0,9	6	75	1	250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,8	5,8	30	0,7	6	35	0,7	6	40	0,8	6	60	0,8	300
400	BN		0,4	BR	30	0,4	3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,6	6	40	0,6	6	45	0,7	400
500	BN			BN		0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,5	6	40	0,5	6	45	0,6	500
600	BN			BN			2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	5,1	40	0,5	6	45	0,5	600
700	BN			BN			BR	30		2,5	30		3,4	35	0,4	4,4	40	0,4	5,5	45	0,5	700
800	BN			BN			BR	30		2,2	30		3	35	0,4	3,9	40	0,4	4,8	45	0,4	800
900	BN			BN			BN			BR	30		2,6	35		3,4	40	0,4	4,3	45	0,4	900
1000	BN			BN			BN			BR	30		2,4	35		3,1	40		3,9	45	0,4	1000
1200	BN			BN			BN			BR	30		BR	35		2,8	40		3,2	45		1200
1300	BN			BN			BN			BR	30		BR	35		2,4	40		3	45		1300
1400	BN			BN			BN			BN			BR	35		2,2	40		2,8	45		1400
1500	BN			BN			BN			BN			BR	35		2,1	40		2,6	45		1500
2000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2000
2500	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2500
3000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BR	45		3000
3500	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			3500
4000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			4000

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 22B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 6%.

R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	
	RminAbs = 340 RminDes = 785			RminAbs = 450 RminDes = 935			RminAbs = 585 RminDes = 1095			RminAbs = 755 RminDes = 1270			RminAbs = 970 RminDes = 1450			RminAbs = 1235 RminDes = 1640			
250																			250
300																			300
400	6	65	0,7																400
500	6	50	0,8	6	70	0,7													500
600	6	50	0,6	6	60	0,6	6	80	0,6										600
700	6	50	0,5	6	55	0,5	6	70	0,6										700
800	5,9	50	0,5	6	55	0,5	6	60	0,5	6	75	0,6							800
900	5,2	50	0,4	6	55	0,5	6	60	0,5	6	70	0,5							900
1000	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6	60	0,5	6	65	0,5	6	80	0,5				1000
1200	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6	65	0,4	6	70	0,5				1200
1300	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6	70	0,4	6	80	0,5	1300
1400	3,4	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6	70	0,4	6	80	0,5	1400
1500	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6	80	0,4	1500
2000	2,3	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2000
2500	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		2500
3000	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3000
3500	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4000
4500	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		5000
7000	BN			BN			BN			BR	65		BR	70		BR	80		7000
9000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	80		9000
11000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			11000

Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemin = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m

Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con $ac = 6,7$ m según práctica recomendada por la DNV)

Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)

Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemin

Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque ($l_1=1,35$ m; $l_2=4,3$ m; $l_3=9,35$ m)

Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 23A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

R	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R
	e	Lemín	S	e	Lemín	S	e	Lemín	S	e	Lemín	S	e	Lemín	S	e	Lemín	S	e	Lemín	S	
m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	m
		RminAbs = 20 RminDes = 60			RminAbs = 30 RminDes = 90			RminAbs = 50 RminDes = 155			RminAbs = 85 RminDes = 220			RminAbs = 120 RminDes = 300			RminAbs = 170 RminDes = 385			RminAbs = 230 RminDes = 480		
20	8	35	6,6																			20
30	8	35	4,3	8	35	4,4																30
40	8	35	3,3	8	35	3,3																40
50	8	35	2,6	8	35	2,7	8	45	2,8													50
60	8	35	2,2	8	35	2,3	8	40	2,4													60
70	7	30	1,9	8	35	2	8	40	2,1													70
80	6,2	30	1,7	8	35	1,7	8	40	1,9													80
90	5,5	30	1,5	7,9	35	1,6	8	40	1,7	8	50	1,8										90
100	4,9	30	1,4	7,1	30	1,4	8	40	1,5	8	45	1,6										100
110	4,5	30	1,3	6,4	30	1,3	8	40	1,4	8	40	1,5										110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	8	40	1,3	8	40	1,4	8	65	1,5							120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	8	40	1,2	8	40	1,3	8	60	1,4							130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	8	40	1,1	8	40	1,2	8	55	1,3							140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	8	40	1,1	8	40	1,2	8	50	1,2							150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	7,2	35	0,9	8	40	1	8	45	1,1	8	70	1,2				175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6,3	30	0,8	8	40	0,9	8	45	1	8	60	1,1				200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	7	35	0,6	8	45	0,8	8	50	0,9	8	75	1	250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,6	5,8	30	0,7	7,9	45	0,7	8	50	0,6	8	60	0,8	300
400	BN		0,4	BR	30		3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,6	7,7	45	0,6	8	55	0,7	400
500	BN			BN		0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,5	6,2	40	0,5	7,7	50	0,6	500
600	BN			BN			2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	5,1	40	0,5	6,4	45	0,5	600
700	BN			BN			BR	30		2,5	30		3,4	35	0,4	4,4	40	0,4	5,5	45	0,5	700
800	BN			BN			BR	30		2,2	30		3	35	0,4	3,9	40	0,4	4,8	45	0,4	800
900	BN			BN			BN			BR	30		2,6	35		3,4	40	0,4	4,3	45	0,4	900
1000	BN			BN			BN			BR	30		2,4	35		3,1	40		3,9	45	0,4	1000
1200	BN			BN			BN			BR	30		BR	35		2,8	40		3,2	45		1200
1300	BN			BN			BN			BR	30		BR	35		2,4	40		3	45		1300
1400	BN			BN			BN			BN			BR	35		2,2	40		2,8	45		1400
1500	BN			BN			BN			BN			BR	35		2,1	40		2,6	45		1500
2000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2000
2500	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2500
3000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BR	45		3000
3500	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			3500
4000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			4000

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 23B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 8%.

R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	
	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	
	RminAbs = 305 RminDes = 585			RminAbs = 405 RminDes = 700			RminAbs = 520 RminDes = 820			RminAbs = 665 RminDes = 950			RminAbs = 845 RminDes = 1085			RminAbs = 1065 RminDes = 1230			
250																			250
300																			300
400	8	65	0,7																400
500	8	55	0,6	8	70	0,7													500
600	7,8	55	0,6	8	60	0,6	8	80	0,6										600
700	6,7	50	0,5	8	60	0,5	8	70	0,6	8	90	0,6							700
800	5,9	50	0,5	7	55	0,5	8	65	0,5	8	75	0,6							800
900	5,2	50	0,4	6,2	55	0,5	7,3	60	0,5	8	70	0,5	8	85	0,6				900
1000	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6,6	60	0,5	7,6	65	0,5	8	80	0,5				1000
1200	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6,3	65	0,4	7,2	70	0,5	8	80	0,5	1200
1300	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6,7	70	0,4	7,8	80	0,5	1300
1400	3,4	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6,2	70	0,4	7	80	0,5	1400
1500	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6,6	80	0,4	1500
2000	2,3	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2000
2500	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		2500
3000	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3000
3500	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4000
4500	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		5000
7000	BN			BN			BN			BR	65		BR	70		BR	80		7000
9000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	80		9000
11000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			11000

Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemin = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m

Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con $a_c = 6,7$ m según práctica recomendada por la DNV)

Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)

Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemin

Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (I1=1,35 m; I2=4,3 m; I3=9,35 m)

Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 24A. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m		
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m			
	RminAbs = 20 RminDes = 50			RminAbs = 25 RminDes = 70			RminAbs = 50 RminDes = 125			RminAbs = 75 RminDes = 175			RminAbs = 110 RminDes = 240			RminAbs = 155 RminDes = 310			RminAbs = 210 RminDes = 385					
20	10	45	6,6																			20		
30	10	45	4,3																			30		
40	10	45	3,3																			40		
50	9,8	45	2,6																			50		
60	8,2	35	2,2				10	50	2,8													60		
70	7	30	1,9				10	50	2,4													70		
80	6,2	30	1,7				10	50	1,9	10	55	2										80		
90	5,5	30	1,5				10	50	1,7	10	50	1,8										90		
100	4,9	30	1,4				10	50	1,5	10	50	1,6										100		
110	4,5	30	1,3				10	50	1,4	10	50	1,5										110		
120	4,1	30	1,2				10	50	1,3	10	50	1,4	10	65	1,5							120		
130	3,8	30	1,1				9,7	45	1,2	10	50	1,3	10	60	1,4							130		
140	3,5	30	1				9	45	1,1	10	50	1,2	10	55	1,3							140		
150	3,3	30	1				8,4	40	1,1	10	50	1,2	10	55	1,2							150		
175	2,8	30	0,8				7,2	35	0,9	10	50	1	10	55	1,1	10	70	1,2				175		
200	2,5	30	0,7				6,3	30	0,8	8,8	45	0,9	10	55	1	10	60	1,1				200		
250	BR	30	0,6				5	30	0,7	7	35	0,8	9,5	55	0,8	10	60	0,9			10	75	1	250
300	BR	30	0,5				4,2	30	0,6	5,8	30	0,7	7,9	45	0,7	10	60	0,8			10	65	0,8	300
400	BN		0,4				3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,6	7,7	45	0,8			9,6	65	0,7	400
500	BN						2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,5	6,2	40	0,5			7,7	50	0,6	500
600	BN						2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	5,1	40	0,5			6,4	45	0,5	600
700	BN						BR	30		2,5	30		3,4	35	0,4	4,4	40	0,4			5,5	45	0,5	700
800	BN						BR	30		2,2	30		3	35	0,4	3,9	40	0,4			4,8	45	0,4	800
900	BN						BN			BR	30		2,6	35		3,4	40	0,4			4,3	45	0,4	900
1000	BN						BN			BR	30		2,4	35		3,1	40				3,9	45	0,4	1000
1200	BN						BN			BR	30		BR	35		2,6	40				3,2	45		1200
1300	BN						BN			BR	30		BR	35		2,4	40				3	45		1300
1400	BN						BN			BN			BR	35		2,2	40				2,8	45		1400
1500	BN						BN			BN			BR	35		2,1	40				2,6	45		1500
2000	BN						BN			BN			BN			BR	40				BR	45		2000
2500	BN						BN			BN			BN			BR	40				BR	45		2500
3000	BN						BN			BN			BN			BN					BR	45		3000
3500	BN						BN			BN			BN			BN					BN			3500
4000	BN						BN			BN			BN			BN					BN			4000

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 24B. Elementos de diseño geométrico de curvas horizontales para caminos rurales en función de la velocidad directriz para peraltes máximos del 10%.

R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	e	Lemin	S	
	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	%	m	m	
	RminAbs = 280 RminDes = 470			RminAbs = 365 RminDes = 560			RminAbs = 470 RminDes = 655			RminAbs = 595 RminDes = 760			RminAbs = 750 RminDes = 870			RminAbs = 935 RminDes = 985			
250																			250
300																			300
400	10	85	0,9																400
500	9,4	65	0,6	10	90	0,8													500
600	7,8	55	0,6	10	75	0,7	10	95	0,7										600
700	6,7	50	0,5	9,3	70	0,6	10	80	0,6	10	105	0,7							700
800	5,9	50	0,5	8	60	0,5	9,4	75	0,6	10	90	0,6							800
900	5,2	50	0,4	7	55	0,5	8,2	65	0,5	9,5	80	0,6	10	100	0,6				900
1000	4,7	50	0,4	6,2	55	0,5	7,3	60	0,5	8,5	70	0,5	9,7	85	0,6				1000
1200	3,9	50	0,4	5,6	55	0,4	6,6	60	0,5	7,6	65	0,5	8,7	80	0,5	9,8	100	0,6	1200
1300	3,6	50		4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6,3	65	0,4	7,2	70	0,5	8,2	80	0,5	1300
1400	3,4	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6,7	70	0,4	7,6	80	0,5	1400
1500	3,1	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6,2	70	0,4	7	80	0,5	1500
2000	2,3	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6,6	80	0,4	2000
2500	BR	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2500
3000	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		3000
3500	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		4000
4500	BN			BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		5000
7000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		7000
9000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		9000
11000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		11000

Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemin = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m

Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)

Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)

Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemin

Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (I1=1,35 m; I2=4,3 m; I3=9,35 m)

Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 25. Entretangencia mínima (Lr_{min}) entre curvas de distinto sentido.

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 26. Entretangencia mínima (Lr_{min}) entre curvas del mismo sentido.

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Los valores indicados corresponden a Deseables y Mínimos.

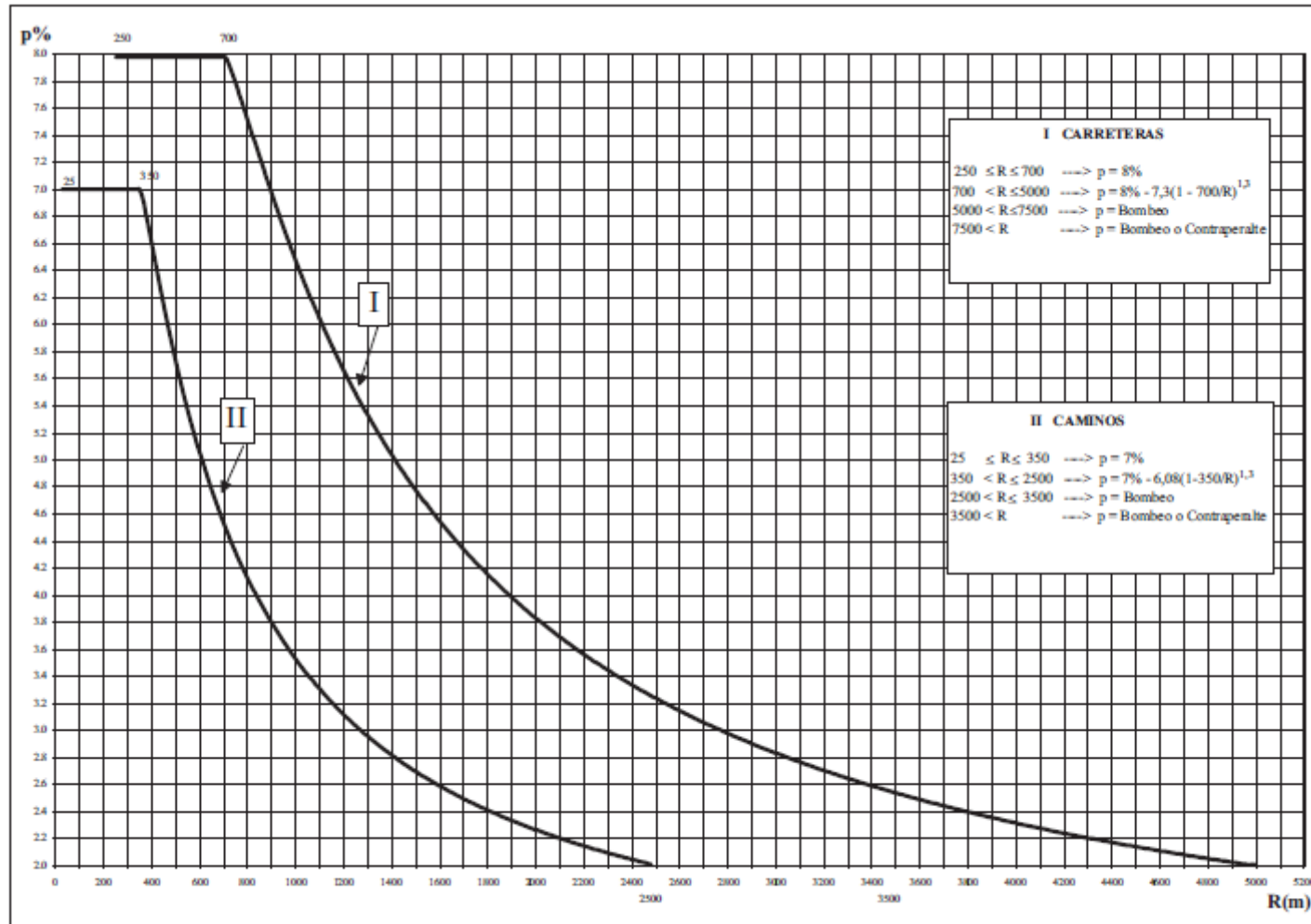
Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 27. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos Colectores – Locales – Desarrollo			
Vp	pmáx	t máx	Rm
km/h	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras – Autopistas Autorrutas – Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 28. Peralte para carreteras o caminos en función del radio



I CARRETERAS: Autopistas, Automatas, Primarios

II CAMINOS: Colectores, Locales, Desarrollo

El valor de los Peraltes se aproxima a 1 decimal

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 29. Proporción del peralte a desarrollar en recta.

Mínimo	Normal	Máximo
$p < 4,5$	$p = \text{todos}$	$p \leq 7$
$0,5 p$	$0,7 p$	$0,8 p$

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 30. Valores admisibles de la pendiente relativa de borde

Vp (km/h)	30 – 50	60 - 70	80 – 90	100 - 120
Δ Normal	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ Máx n = 1	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ Máx n > 1	1,5	1,3	0,9	0,8

Δ mínimo en zona $-b\% a + b = 0,35\%$ para todo Vp

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 31. Desarrollos mínimos para deflexiones ≤ 6

Vp (km/h)	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
40 – 60	140	125	115	100	90
70 – 90	205	190	170	150	130
100 – 120	275	250	225	200	175

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 32. Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal

Ve \approx Vp (km/h)	40 - 60	70	80	90	100	120
J máx (m/s ³)	1,5	1,4	1,0/0,9	0,9	0,8	0,4

Nota: Para 80 km/h el valor mayor corresponde a Caminos y el menor a Carreteras.

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 33. Tasa normal de distribución de la aceleración transversal

Ve (km/h)	Ve < 80	Ve \geq 80
J Normal (m/s ³)	0,5	0,4

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

ANEXO 7. DISEÑO PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

Tabla 1. Pendiente media máxima del corredor de ruta en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad específica de la tangente vertical

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 3. Longitud mínima de la tangente vertical

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 4. Valores de K_{min} para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 ⁽¹⁾
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 ⁽¹⁾
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

⁽¹⁾ La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 5. Pendientes máximas (%)

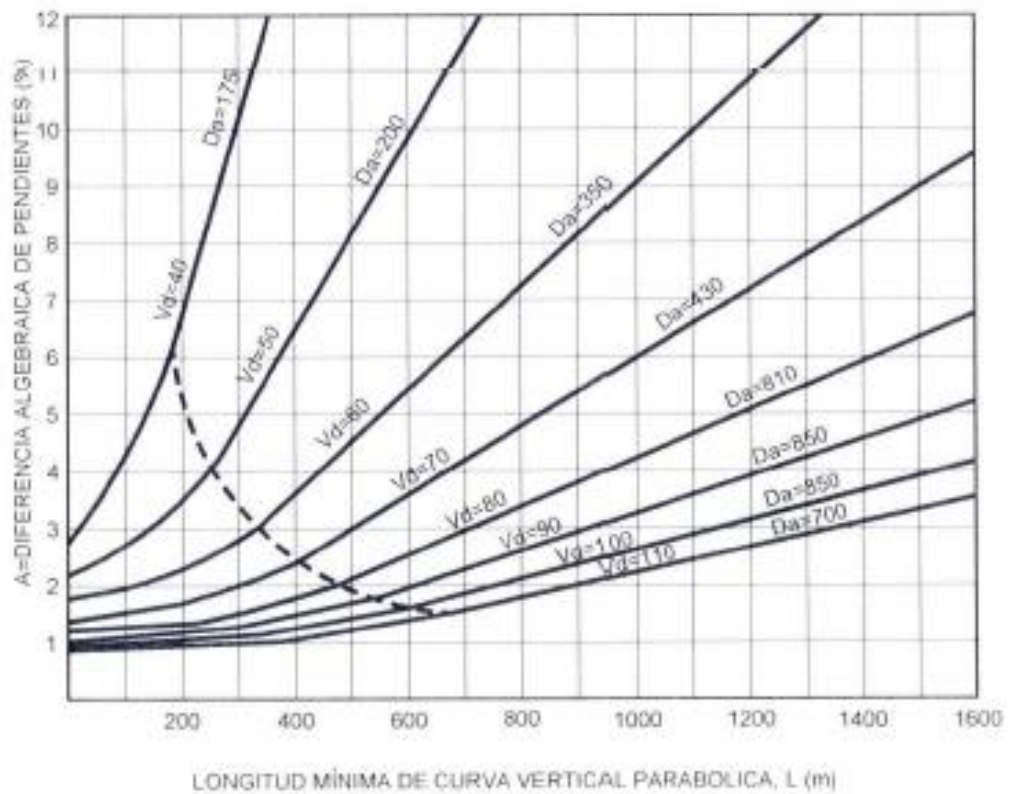
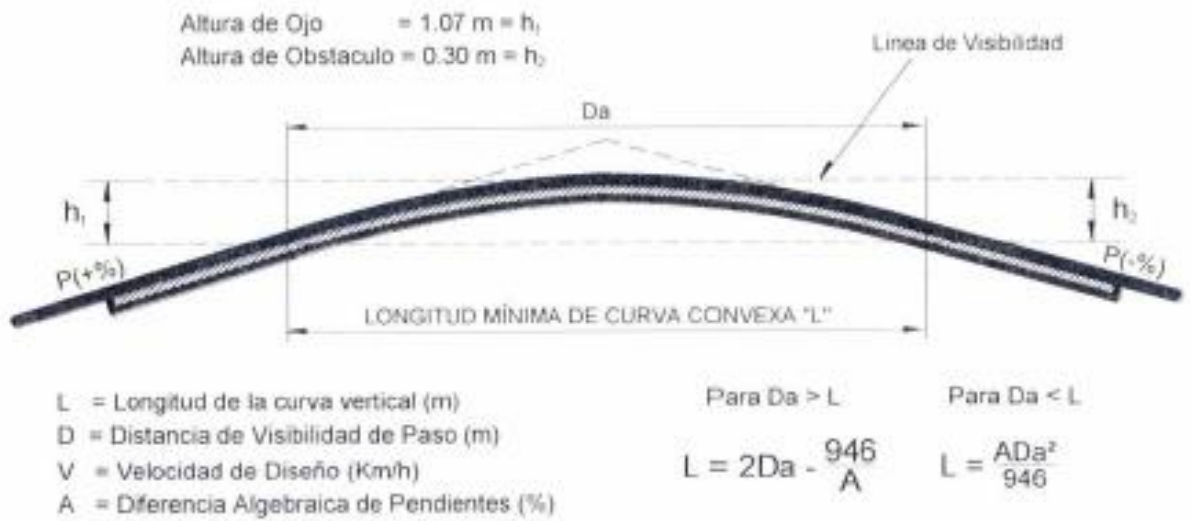
Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10,00	10,0
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00		7,00	7,00		
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00		
90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 1. Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 6. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0,6		
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 7. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 8. Pendientes máximas.

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 9. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Indice de Curvatura K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K= L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 10. Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			DISTANCIA VISUAL MÍNIMA			PLANIMETRÍA ^④						ALTIMETRÍA			
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	DETECCIÓN	ADELANTAMIENTO	DECISIÓN	RADIOS MÍNIMOS emáx 6%		RADIOS MÍNIMOS emáx 8%		RADIOS MÍNIMOS emáx 10%		PENDIENTES MÁXIMAS		VALOR K BÁSICOS	
				①	②	③		DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTO	CONVEXA	CÓNCAVA
				km/h	m	m	m		m		m		%		m/%		
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	339	-	410	1450	970	1085	845	870	750	2	3	228	88
				120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62
				80	138	-	230	645	250	480	230	385	210	4	6	38	32
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	290	800	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				100	206	680	320	935	450	700	405	560	365	3	5	84	51
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	7	9	8	12
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	246	740	340	1095	585	820	520	655	470	3	5	119	62
				90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	4	6	57	41
				60	85	400	180	395	135	300	120	240	110	5	7	15	18
				40	45	280	110	210	55	155	50	125	50	7	9	4	8
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	206	680	320	935	450	700	405	560	365	4	6	84	51
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12
				30	30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	9	4	4
	V	SIN CONTROL	2	90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	5	6	57	41
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12
				30	30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	10	4	4
				25	24	160	60	80	20	60	20	50	20	8	11	4	4

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 12. Factores (Fim) para aplicar al Kbásico en función de la velocidad y de la pendiente media en bajada.

V km/h	Kbásico (m/%)	Pendiente media			
		0 - 2%	2 - 4 %	4 - 7 %	7 - 10 %
25	4	1	1	1	1
30	4	1	1	1	1
40	4	1	1,1	1,2	1,3
50	8	1	1,1	1,2	1,3
60	15	1	1,1	1,2	1,3
70	24	1	1,1	1,3	1,5
80	38	1	1,2	1,3	1,5
90	57	1	1,2	1,4	1,6
100	84	1	1,2	1,4	1,7
110	119	1	1,2	1,4	1,7
120	165	1	1,2	1,4	1,8
130	226	1	1,2	1,5	1,9
140	300	1	1,3	1,5	1,9

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 13. Factores (Fim) para aplicar al Lmin en función de la velocidad y la pendiente media en bajada.

V km/h	Kbásico (m/%)	Pendiente media			
		0 - 2%	2 - 4 %	4 - 7 %	7 - 10 %
25	4	1	1	1	1
30	4	1	1,1	1,1	1,2
40	8	1	1,1	1,1	1,2
50	12	1	1,1	1,1	1,2
60	18	1	1,1	1,1	1,2
70	24	1	1,1	1,2	1,3
80	32	1	1,1	1,2	1,3
90	41	1	1,1	1,2	1,3
100	51	1	1,1	1,2	1,4
110	62	1	1,1	1,2	1,4
120	75	1	1,1	1,2	1,4
130	88	1	1,2	1,3	1,4
140	103	1	1,2	1,3	1,4

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 14. Valores Kbásico para curvas verticales convexas y cóncavas

V km/h	Detención			Adelantamiento	
	DVD m	Valor Kbásico (m/%)		DVA m	K (m/%)
		Convexa	Cóncava		Convexa
25	24	4	4	188	37
30	30	4	4	220	51
40	45	4	8	284	85
50	63	8	12	348	127
60	85	15	18	412	178
70	110	24	24	476	237
80	138	38	32	540	305
90	170	57	41	604	381
100	206	84	51	668	466
110	246	119	62	732	560
120	290	165	75	796	662
130	339	226	88	-	-
140	391	300	103	-	-

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 15. Pendientes máximas admisibles %

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	- ⁽¹⁾	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

⁽¹⁾ 110 km/h no está considerada dentro del rango de Vp asociadas a las categorías.

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 16. Camino de alta montaña, pendientes máximas % según altura S.N.M.

ALTURA S.N.M.	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)					
	30	40	50	60	70	80 ⁽¹⁾
2.500 - 3.000 m	9	8	8	7	7	7/5 ⁽¹⁾
3.100 - 3.500 m	8	7	7	6,5	6,5	6/5
Sobre 3.500 m	7	7	7	6	6	5/4,5

⁽¹⁾ Valor máx Caminos/Valor máx Carreteras

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 17. Longitud crítica en pendiente para $\Delta V = 24$ Km/h y $\Delta V = 40$ Km/h

i %	Longitud Crítica (m)	
2	$\Delta V < 24$ km/h para todo L	$\Delta V < 40$ km/h para todo L
3	1100	
4	590	1800
5	380	700
6	310	510
7	260	420
8	210	360

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 18. Parámetro mínimo curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
K_s (m)	3500	6300	9800	14900	21000	27200	32900	39100	45900

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 19. Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de parada

Velocidad de Proyecto	CURVAS CONVEXAS Kv			CURVAS CONCAVAS Kc
	Vp (km/h)	V* =Vp km/h	V* =Vp + 5 km/h	Vp km/h
30	300	300	320	400
40	400	500	600	600
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
90	4700	5100	6000	3400
100	6850	7400	8200	4200
110	9850	10600	11000	5200
120	14000	15100	16000	6300

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

ANEXO 8. DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

Tabla 1. Ancho de calzada (metros).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 2. Bombeo de la calzada.

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 3. Ancho de zona.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	ANCHO DE ZONA (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 4. Criterio para el establecimiento de un carril de ascenso en carreteras.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	60	70	80	100	120
VELOCIDAD MEDIA MÍNIMA DEL TRÁNSITO LIVIANO (km/h)	50	55	70	85	90

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 5. Ancho de bermas.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas ¹	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria ²	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

¹ Berma derecha/Berma izquierda

² Berma cuneta

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008, Colombia.

Tabla 6. Anchos mínimos de calzada en tangente.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 km/h											7,20	7,20			6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 7. Valores del bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

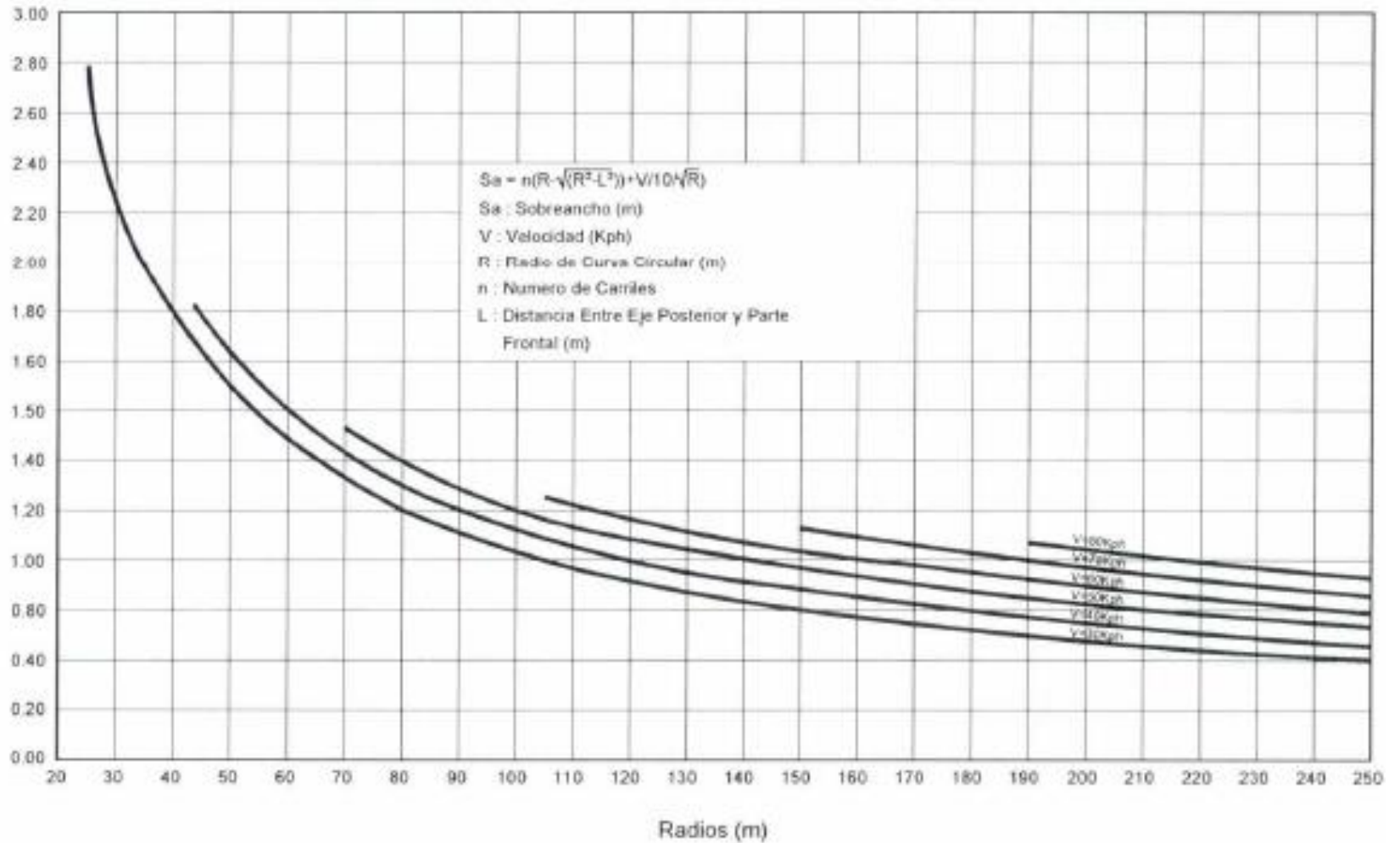
Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 8. Anchos mínimos de Derecho de vía.

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Figura 1. Valores de sobrancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño.



Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 9. Ancho de bermas.

Clasificación		Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
Tráfico vehículos/día		> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características		Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:	30 km/h																			0,50	0,50
	40 km/h																1,20	1,20	0,90	0,50	
	50 km/h											2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
	60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
	70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20	1,20		
	80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00			1,20	1,20		
	90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
	100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
	110 km/h	3,00	3,00			3,00															
	120 km/h	3,00	3,00			3,00															
	130 km/h	3,00																			

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase
- Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el [Tópico 304.12](#), debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

Fuente. Manual de carreteras, diseño geométrico, DG – 2014, Perú.

Tabla 10. Sobreebanco de la calzada en curvas circulares (m)
(Carreteras tipo C1-C2-C3)

TIPO	C1							C2							C3								
	Radio de Curva (m)								Velocidad de diseño (Km/h)								Velocidad de diseño (Km/h)						
	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110		
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6		
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6		
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8		
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1				
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		0.9	1.0	1.0	1.1						
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2						
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4						
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4								
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4								
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4								
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4								
110	0.7							1.0						1.3									
100	0.8							1.1						1.4									
90	0.8							1.1						1.4									
80	1							1.3						1.6									
70	1.1							1.4						1.7									

Fuente. Normativa para estudios y diseños viales, Volumen N° 2 – Libro A
NEVI-12-MTOP, Ecuador.

Tabla 11. Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales.

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS				SECCIÓN TRANSVERSAL												
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	ANCHO DE CORONAMIENTO									TALUD TERRAPLÉN	ZONA DESPEJADA	NIVEL DE PRUEBA DE BARRERA	ANCHO PUENTE ENTRE GUARDARRUEDAS	ZONA CAMINO
					CALZADA	BANQUINA EXTERNA			MEDIANA				TOTAL					
						C/PAV	S/PAV	TOTAL	BAN. INT. C/PAV	BAN. INT. S/PAV	CANTERO	TOTAL						
km/h	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	V:H	m	TL	m	m	
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	150
				120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
				110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	120
				110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
				80	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	6	3	11,3 (2)	
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	7,3	1	2	3					13,3	≤ 1:4	10	3	13,3	100
				100	7,3	1	2	3					13,3	≤ 1:4	9	3	13,3	
				70	6,7	1	1	2					10,7	≤ 1:4	5	2	10,7	
				50	6,7	0,5	1,5	2					10,7	≤ 1:4	3	2	10,7	
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	7,3	0,5	2,5	3					13,3	≤ 1:4	8	3	13,3	70
				90	7,3	0,5	2,5	3					13,3	≤ 1:4	5	3	13,3	
				60	6,7	0,5	1,5	2					10,7	≤ 1:4	3	2	10,7	
				40	6,7	0,5	1	1,5					9,7	≤ 1:4	2	2	9,7	
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	7,3	-	3	3					13,3	≤ 1:4	6	3	13,3	70
				70	6,7	-	3,3	3,3					13,3	≤ 1:4	4	2	13,3	
				50	6,7	-	2	2					10,7	≤ 1:4	3	2	10,7	
				30	6,7	-	1,5	1,5					9,7	≤ 1:4	2	2	9,7	
	V	SIN CONTROL	2	90	7,3	-	2	2					11,3	≤ 1:4	4	3	11,3	50
				50	6,7	-	2	2					10,7	≤ 1:4	3	2	10,7	
				30	6,7	-	1,5	1,5					9,7	≤ 1:4	2	2	9,7	
				25	6,7	-	0,5	0,5					7,7	≤ 1:4	2	2	7,7	

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 12. Pendientes transversales de la calzada o bombeos normales (BN).

Tipo de pavimento	Pendientes transversales (%)
Hormigón	2
Concreto asfáltico	2
Carpeta bituminosa y macadam a penetración	2,5
Tratamientos bituminosos tipos doble y simple	3
Tratamiento bituminoso tipo simple	3

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 13. Sobrecanchos para el vehículo semirremolque de la DVN y ancho de calzada de 6.70 metros.

R m	Velocidad Directriz (km/h)													
	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
20	6,6													
30	4,3	4,4												
40	3,3	3,3												
50	2,6	2,7	2,8											
60	2,2	2,3	2,4											
70	1,9	2	2,1											
80	1,7	1,7	1,9	2										
90	1,5	1,6	1,7	1,8										
100	1,4	1,4	1,5	1,6										
110	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6									
120	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5									
130	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4									
140	1	1,1	1,1	1,2	1,3									
150	1	1	1,1	1,2	1,2									
175	0,8	0,9	0,9	1	1,1	1,2								
200	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1,1								
250	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1							
300	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9						
400	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8					
500		0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7				
600			0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7			
700				0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6			
800					0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6		
900						0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6		
1000							0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	
1200								0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	
1300									0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
1400										0,4	0,4	0,4	0,5	
1500											0,4	0,4	0,4	
2000													0,4	

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

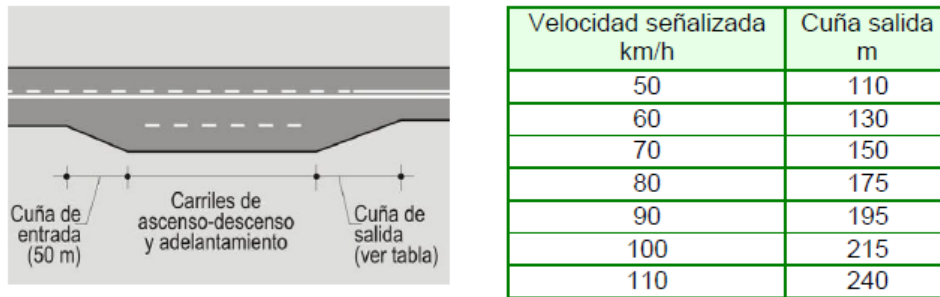
Tabla 14. Anchos mínimos de zona de camino.

Categoría del camino	Anchos mínimos de zona de camino	
	Zonas previsiblemente rurales	Zonas previsiblemente urbanas, suburbanas o muy divididas (**)
Especial	150	180
I	120	150
II	100	130
III	70	100
IV	70	100
V	50 (*)	70 (*)

Notas: (*) Ancho a utilizar en casos excepcionales; (**) Incluye zona para calles colectoras.

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Figura 2. Cuñas para salidas de carriles de ascenso/descenso o adelantamiento.



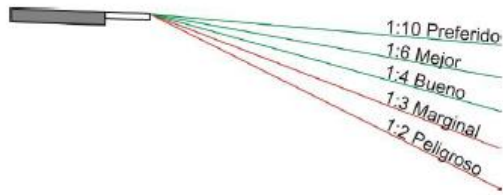
Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 15. Anchos parciales y totales de banquetas externas.

Tipos	Categoría	V km/h	Banquina		
			C/Pav	S/Pav	Total
			m	m	m
CARRETERA	II	120	1	2	3
		100	1	2	3
		70	1	1	2
		50	0,5	1,5	2
COMÚN	III	110	0,5	2,5	3
		90	0,5	2,5	3
		60	0,5	1,5	2
		40	0,5	1	1,5
BAJO VOLUMEN	IV	100	-	3	3
		70	-	3,3	3,3
		50	-	2	2
		30	-	1,5	1,5
	V	90	-	2	2
		50	-	2	2
		30	-	1,5	1,5
		25	-	0,5	0,5

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 16. Clasificación de las condiciones de seguridad de taludes.



Taludes	Clasificación
1:2 (50%)	Peligrosas
1:3 (33%)	Marginales
1:4 (25%)	Buenas
1:6 (17%)	Mejores
1:10 (10%)	Preferidas

Fuente. Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial, 2010, Argentina.

Tabla 17. Cuadro resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante.

TABLA 3.301.1.A

CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO MEDIANA - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽⁴⁾ ATP = na + 2(be + Se) + M final			
			"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS	
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,6	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-
		80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
	COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
		70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	27	20	-
		60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	26	19	-
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0
		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0
	COLECTOR	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0
		70	3,5	-	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0
	DESARROLLO	60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		40	3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
		30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0

- (1) Pistas de menos de 3,5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Dirección de Vialidad.
- (2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.
- (3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén: caso sin Barrera de Seguridad SAPe = 0,5 m; con Barrera SAPe = 0,8 m.
- (4) Para Ancho Final de Mediana de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).
- (5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior. Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho de la Mediana.

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 18. Bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I^{1/10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$	$(I^{1/10}) > 15 \text{ mm/h}^{(1)}$
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0 ⁽²⁾	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 – 3,5 ⁽²⁾	3,5 – 4,0

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 19A. Ensanche de la calzada, E (m).

TIPO DE VEHICULO (Lt en m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LIMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n=2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m; E = e.int + e.ext. h₁=0,6 m; h₂=0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt=11,0° Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$30 \leq R \leq 130$
Bus de Turismo Lt=13,2° Bus de Turismo Lt=14,0°	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Semitrailer Lt=16,4	L ₁ = 5,6 L ₂ = 10,0	$\frac{((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,20}{0,20}$	0,70 E	0,30 E	$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt=18,6°	L ₁ = 5,6 L ₂ = 12,2				$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt=22,4°	L ₁ = 5,6 L ₂ = 15,5				$85 \leq R \leq 380$

⁽¹⁾ Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

CALZADA EN RECTA 6,0 m (n=2) 0,35 m ≤ E ≤ 3,20 m h₁=0,45 m; h₂=0,05 m					
Camión Unid. Simple Lt=11,0° Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	0,55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus de Turismo Lt=13,2° Bus de Turismo Lt=14,0°	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) + 0,15$	0,55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$
Semitrailer Lt=16,4	L ₁ = 5,6 L ₂ = 10,0	$\frac{((L_1^2 + L_2^2)/R) + 0,20}{0,20}$	0,55 E	0,45 E	$45 \leq R \leq 650$
Semitrailer Lt=18,6°	L ₁ = 5,6 L ₂ = 12,2				$65 \leq R \leq 850$
Semitrailer Lt=22,4°	L ₁ = 5,6 L ₂ = 15,5				No corresponde a Caminos con Calzada 6,0 m.

⁽¹⁾ Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

Lt= Largo Total del Vehículo * Indica largo máximo legal (Ver 3.005.3)

Unidades Simples (camiones y buses): L₂ = Distancia entre parachoques delantero y último eje trasero

Semitrailer: L₁ = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión tractor
L₂ = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del tandem trasero

Camión con Acoplado: El conjunto con Lt = 20,5 m (máx legal) puede operar en los ensanches diseñados para el semitrailer con Lt= 18,6 m y cualquier conjunto con Lt ≤ 19,5 m puede hacerlo en los diseños para el semitrailer con Lt = 16,4 m.

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 19B. Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ Km/h
 Alternativa con calzada en recta de 7.00 m ($n=2$) y $h_1 = 0.45$ m; $h_2 = 0.05$ m
 $0.35 \text{ m} \leq E \leq 3.0 \text{ m}$

TIPO DE VEHICULO (Lt en m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LIMITE (m)
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	$L_0 = 9,5$	$(L_0^2/R) - 0,85$	$0,55 E$	$0,45 E$	$25 \leq R \leq 75$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	$L_0 = 10,5$ $L_0 = 10,6$	$(L_0^2/R) - 0,85$	$0,55 E$	$0,45 E$	$30 \leq R \leq 95$
Semitrailer Lt=16,4	$L_1 = 5,6$ $L_2 = 10,0$	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$	$0,55 E$	$0,45 E$	$35 \leq R \leq 115$
Semitrailer Lt=18,6*	$L_1 = 5,6$ $L_2 = 12,2$	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$	$0,55 E$	$0,45 E$	$50 \leq R \leq 155$
Semitrailer Lt=22,4*	No corresponde a caminos con $V_p \leq 60$ km/h				

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 20. Anchos de expropiación tipo.

Categoría	Anchos de Expropiación Tipo (m)
Autopista	80 – 100
Autorrutas y Primarias	40 – 80
Colectoras	30 – 60
Locales	20 – 40
Desarrollo	15 – 30

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.

Tabla 21. Anchos de pistas auxiliares.

	Vp (km/h)	30 – 70	80 – 120
Para Tránsito Lento	Ancho (m)	3,00	3,50
Para Tránsito Rápido	Ancho (m)	-	3,50

Fuente. Manual de carreteras, Volumen N° 3 Instrucciones y criterios de diseño, Chile.