

Diseño geométrico

Distancia de detención

Distancia de detención: es la distancia que recorre un conductor de habilidad media, circulando con la velocidad de diseño, desde que observa un obstáculo hasta que se detiene.

El tiempo de detención se divide en:

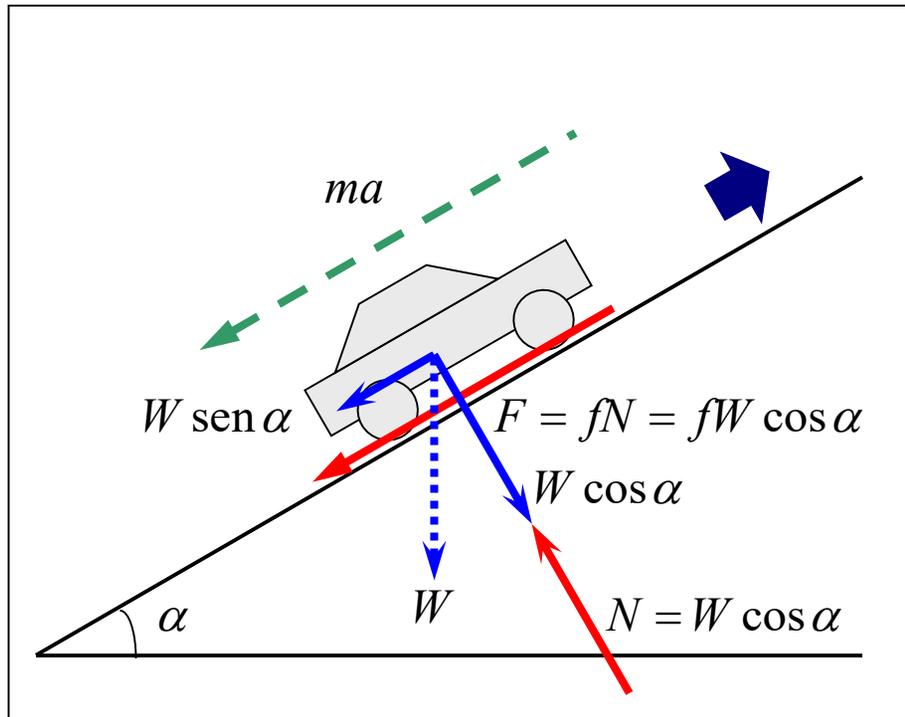
▣ **Tiempo de percepción y reacción (t_p):** es el tiempo que transcurre desde que se observa el obstáculo hasta que se acciona el freno.

▣ **Tiempo de frenado (t_f):** es el tiempo que transcurre desde que se accionan los frenos hasta que se detiene el vehículo.

Diseño geométrico

Distancia de detención

FUERZAS ACTUANTES (rampa)



$$x - x_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad [1]$$

Condición de equilibrio estático

$$\left(\frac{W}{g} \right) a + fW \cos \alpha + W \sin \alpha = 0 \quad [2]$$

Distancia de frenado

$$D_F = x \cos \alpha \quad [3]$$

Sustituyendo [3] en [1], resulta:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2D_F} \cos \alpha$$

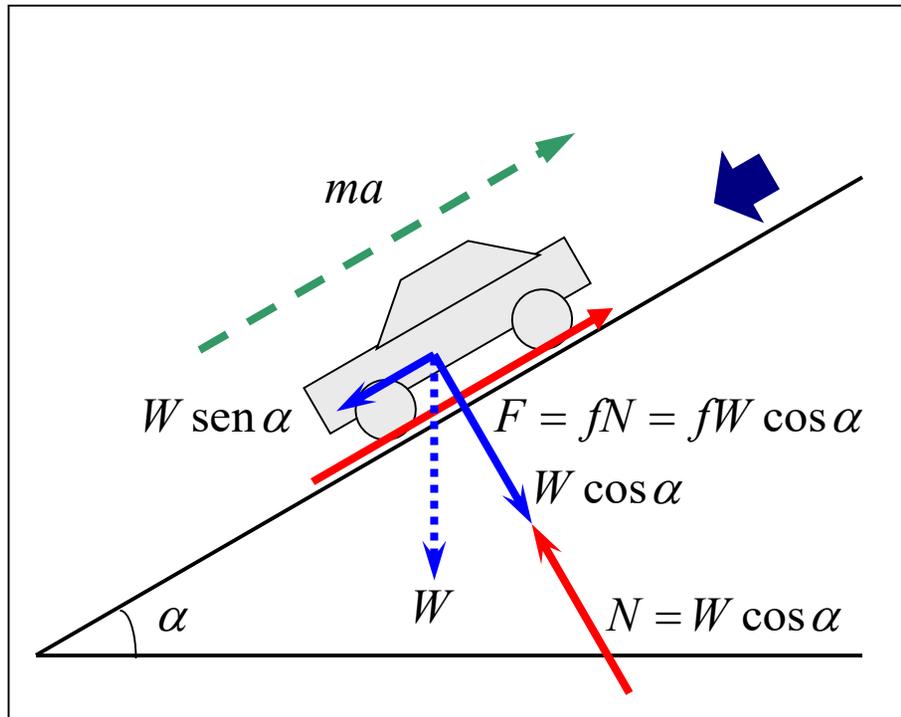
Y luego sustituyendo en [2], y dividiendo por $W \cos \alpha$:

$$D_F = \frac{v_0^2 - v^2}{2g(f + i)}$$

Diseño geométrico

Distancia de detención

FUERZAS ACTUANTES (pendiente)



$$x - x_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad [1]$$

Condición de equilibrio estático

$$\left(\frac{W}{g} \right) a + fW \cos \alpha - W \operatorname{sen} \alpha = 0 \quad [2']$$

Distancia de frenado

$$D_F = x \cos \alpha \quad [3]$$

Sustituyendo [3] en [1], resulta:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2D_F} \cos \alpha$$

Y luego sustituyendo en [2'], y dividiendo por $W \cos \alpha$:

$$D_F = \frac{v_0^2 - v^2}{2g(f - i)}$$

Diseño geométrico

Distancia de detención

Distancia de frenado:

$$D_F = \frac{V_D^2}{254(f_l - i)}$$

Donde:

V_D Velocidad de diseño [km/h]

f_L Coeficiente de fricción longitudinal

i Pendiente ($\tan \alpha$)

V_D (km/h)	f_l
60	0,35
80	0,32
100	0,29
120	0,27
140	0,26
160	0,25

Distancia de percepción:

$$D_P = \frac{t_P \cdot V_D}{3,6}$$

Donde:

t_p Tiempo de percepción [seg] = 2,5"

V_D Velocidad de diseño [km/h]

Distancia de detención:

$$D_D = D_P + D_F = \frac{V_D \cdot t_P}{3,6} + \frac{V_D^2}{254(f_l - i)}$$

Diseño geométrico

Distancia de detención (AASTHO 01)

Distancia de frenado:

Donde:

V_D Velocidad de diseño [km/h]

a Desaceleración = 3,4m/s²

i Pendiente (tan α)

$$D_F = \frac{0,039V_D^2}{a}$$

$$D_F = \frac{V_D^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9,81} \right) - i \right)}$$

Distancia de percepción:

Donde:

t_p Tiempo de percepción [seg] = 2,5"

V_D Velocidad de diseño [km/h]

$$D_P = 0,278.t_p.V_D$$

Distancia de detención:

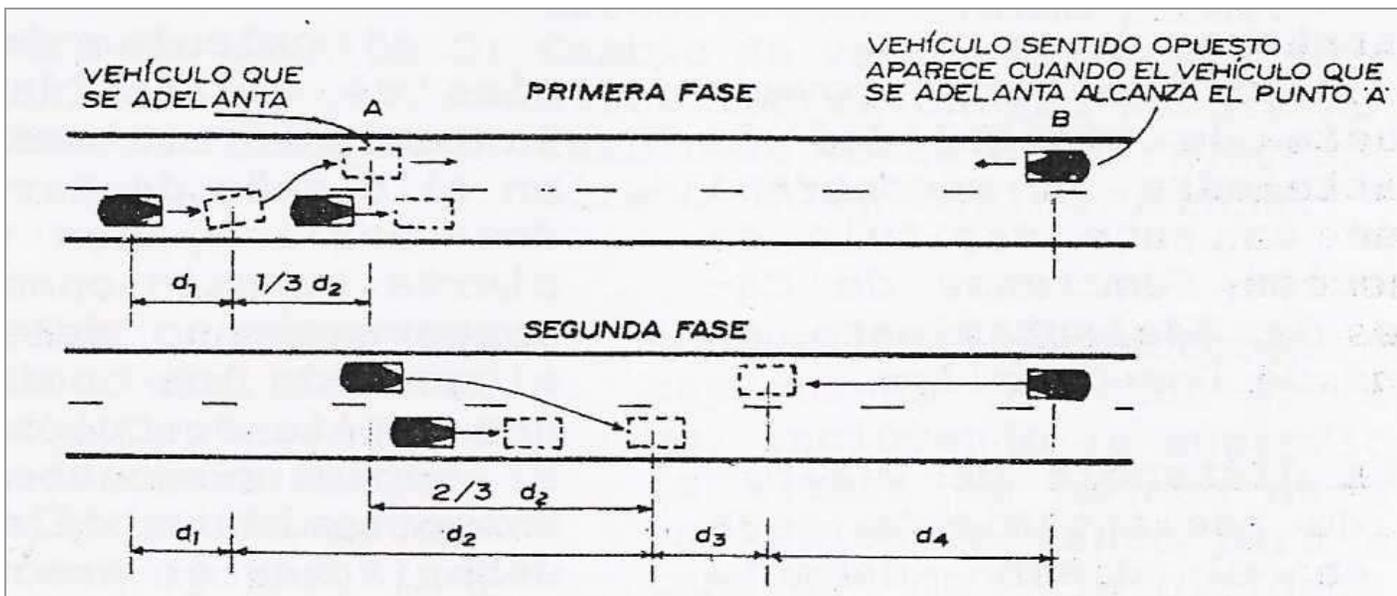
$$D_D = 0.278.V_D.t_p + \frac{V_D^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9,81} \right) - i \right)}$$

Diseño geométrico

Distancia de sobrepaso

Distancia de sobrepaso:

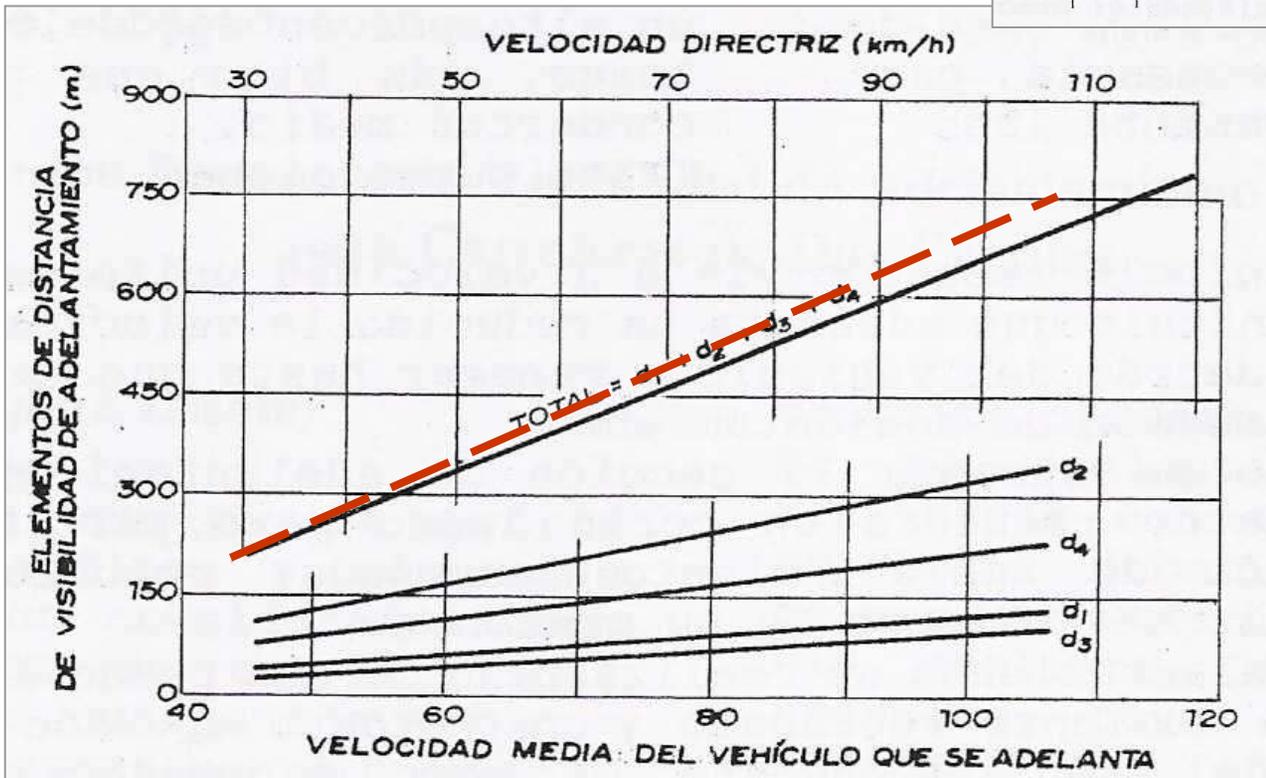
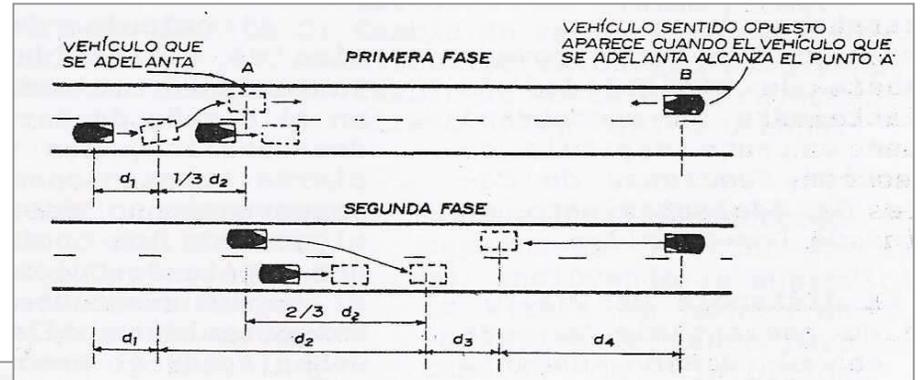
Distancia que necesita un vehículo para sobrepasar a otro que marcha en igual sentido en el mismo carril sin peligro de interferir con un tercer vehículo que se hace visible al iniciar la maniobra y que circula en sentido contrario por el carril que se utiliza para el sobrepaso.



Diseño geométrico

Distancia de sobrepaso

Ejemplo: $V_D = 120 \text{ km/h}$
 $D_S = 840 \text{ m}$



$$D_S = 7 \cdot V_D$$

Diseño geométrico

Distancia de decisión

Distancia de visibilidad de decisión:

Distancia requerida por un conductor para detectar información inesperada o peligro, reconocer el peligro o la amenaza, seleccionar una velocidad y una trayectoria adecuadas, e iniciar y completar segura y eficientemente la maniobra requerida.

Ejemplo: VD = 120km/h

- ▣ **A 305m** Parada en camino rural
- ▣ **B 505m** Parada en camino urbano
- ▣ **C 375m** Cambio Vel./Tray./Dir. camino rural
- ▣ **D 415m** Cambio Vel./Tray./Dir. camino suburbano
- ▣ **E 470m** Cambio Vel./Tray./Dir. camino urbano

Diseño geométrico

Distancias de detención, sobrepaso y decisión

Ejemplo para $V_D = 120\text{km/h}$

□ Distancia de detención

- Distancia reacción: 84 m
- Distancia frenado horizontal: 202 m
- Distancia visibilidad de detención: 286 m
c/pendiente 6% en bajada
- Distancia visibilidad de detención: 341 m

□ Distancia de visibilidad de decisión:

- A-Parada en camino rural 305 m
- B-Parada en camino urbano 505 m

□ Distancia de sobrepaso

- Vel. supuesta veh. adelantado 91km/h
- Vel. supuesta veh. que se adelanta 106km/h
- Distancia visibilidad de adelantamiento mínima 792 m

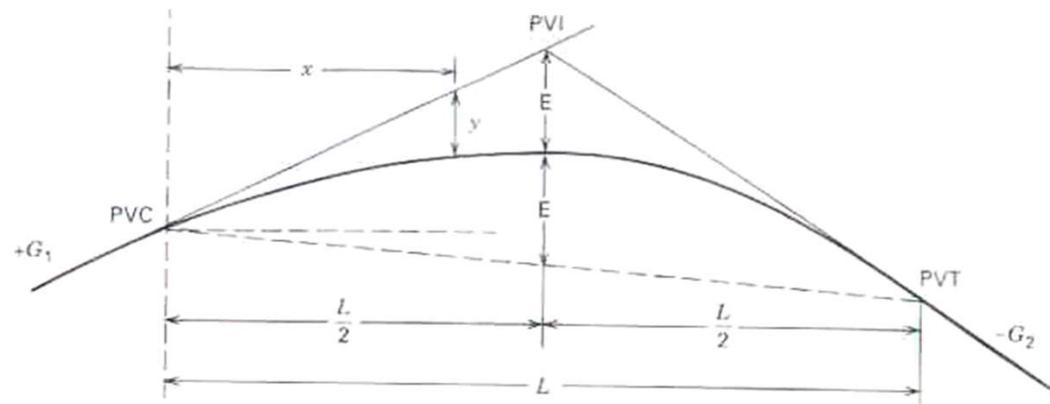
Diseño altimétrico

Curvas verticales

Objeto:

Vincular verticalmente dos rasantes - al menos una de ellas no horizontal - que forman por lo tanto un cierto ángulo entre sí.

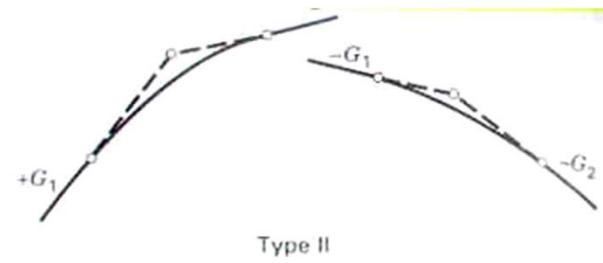
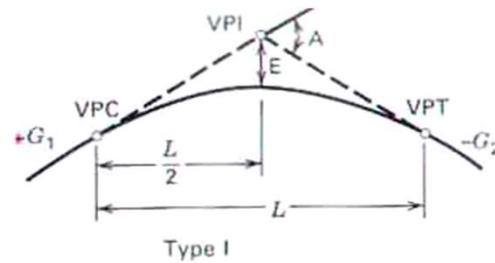
Los tramos rectos - de distintas pendientes longitudinales - se empalman mediante una parábola contenida en el plano vertical.



Diseño altimétrico

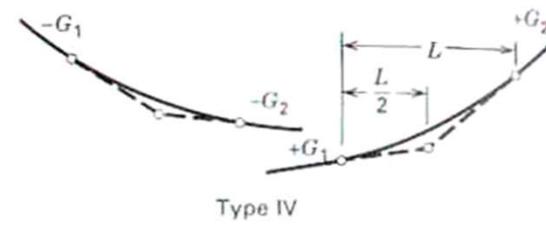
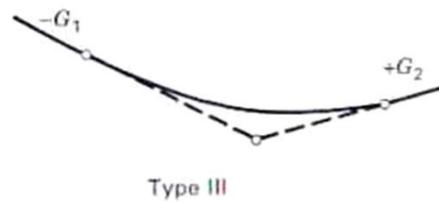
Curvas verticales: tipos

Convexas



Crest vertical curves

Cóncavas



G_1 , and G_2 , tangent grades
 A , algebraic difference.
 L , length of vertical curve.

Sag vertical curves

Figure 12-9 Types of crest and sag vertical curves. (Source: *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, copyright 1994, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission.)

Diseño altimétrico

Curvas verticales: longitud mínima

Los factores a considerar para el cálculo de la longitud mínima (L) de la curva vertical son:

▣ **Seguridad**

Visión de un obstáculo con anticipación suficiente para detener el vehículo.

▣ **Comodidad**

Limitación de la aceleración radial ($0,3\text{m/s}^2$).

▣ **Estética**

Rasante sin quiebres.

Diseño altimétrico

Curvas verticales: longitud mínima

Longitud Mínima (L) por seguridad: El conductor debe ver un obstáculo imprevisto con la debida anticipación, de modo que pueda detener su vehículo, circulando a la velocidad de diseño, antes de alcanzarlo.



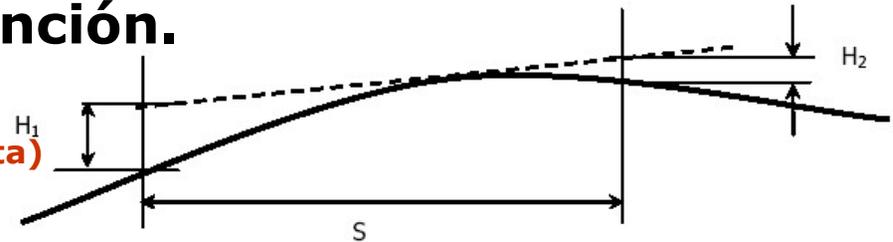
Sentado en un automóvil, debe ver un objeto de altura H_2 sobre el pavimento a una distancia mayor o igual a la distancia de detención.

Según la DNV

$H_1 = 1,10$ m (altura del ojo del automovilista)

$H_1' = 0,65$ m (altura del faro)

$H_2 = 0,20$ m (altura del objeto)

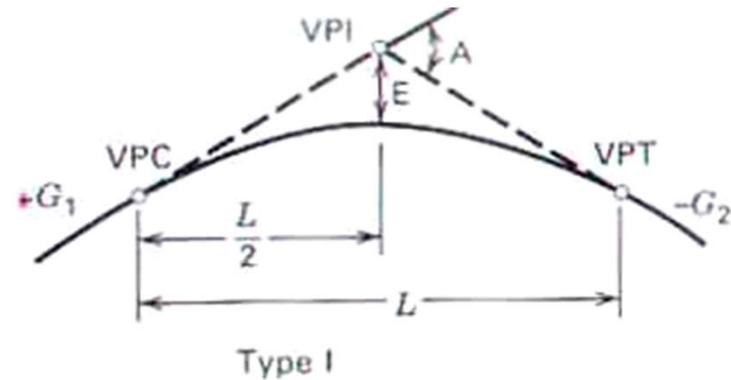


Diseño altimétrico

Curvas verticales

Curvas Convexas:

$$\Delta i = i_1 - i_2 > 0$$



□ **S < L**

$$L = \frac{|A|S^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

$$L = \frac{\Delta_i D_D^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

□ **S > L**

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{|A|}$$

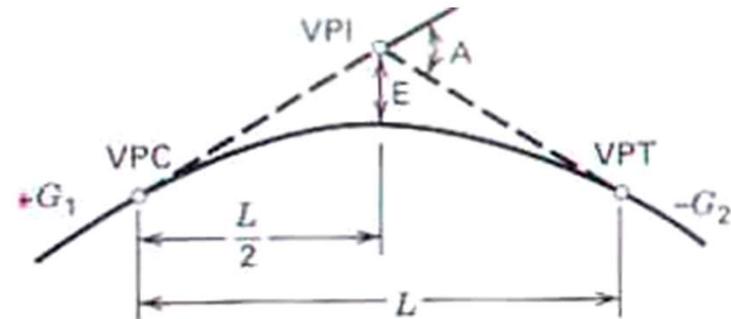
$$L = 2D_D - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{\Delta_i}$$

Diseño altimétrico

Curvas verticales

Curvas Convexas:

$$\Delta i = i_1 - i_2 > 0$$



▣ Por seguridad:

$$L = 0,0032 \cdot D_D^2 \cdot \Delta i \quad D_D < L$$

$$L = 2D_D - \frac{0,0032}{\Delta i} \quad D_D > L$$

▣ Por comodidad:

$$L = 0,0025 \cdot V_D^2 \cdot \Delta i$$

▣ Por estética:

$$L = 0,7 \cdot V_D$$

Se adopta la longitud mayor de los 3 casos

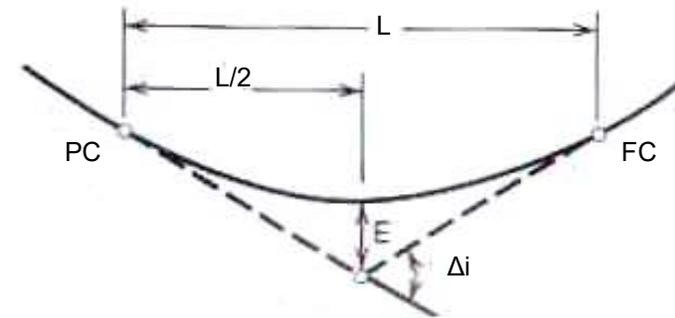
Nota: Δi en [%] / D_D y L en [m] / V_D en [km/h]

Diseño altimétrico

Curvas verticales

Curvas Cóncavas:

$$\Delta i = i_1 - i_2 < 0$$



▣ **S < L**

$$L = \frac{|A|S^2}{200(h + S \tan \beta)}$$

$$L = \frac{\Delta_i D_D^2}{200(h + D_D \tan \beta)}$$

▣ **S > L**

$$L = 2S - \frac{200(h + S \tan \beta)}{|A|}$$

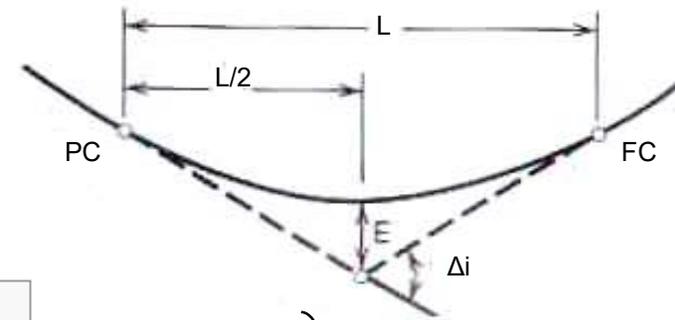
$$L = 2D_D - \frac{200(h + D_D \tan \beta)}{\Delta_i}$$

Diseño altimétrico

Curvas verticales

Curvas Cóncavas:

$$\Delta i = i_1 - i_2 < 0$$



▣ Por seguridad:

$$L = \frac{D_D^2 \cdot \Delta i}{130 + 3,5 D_D}$$

$$D_D < L$$

$$L = 2D_D - \frac{130 + 3,5 D_D}{\Delta i}$$

$$D_D > L$$

Se adopta la longitud mayor de los 3 casos

▣ Por comodidad:

$$L = 0,0025 \cdot V_D^2 \cdot \Delta i$$

▣ Por estética:

$$L = 0,7 \cdot V_D$$

Nota: Δi en [%] / D_D y L en [m] / V_D en [km/h]

Diseño altimétrico

Síntesis de los pasos

- 1. Cálculo diferencia de pendientes $\Delta i = |i_2 - i_1|$**
- 2. Cálculo de la Distancia de Detención (DD) en función de Vd.**
- 3. Cálculo de la longitud de curva más crítica (más larga).**
- 4. Cálculo de la externa.**
- 5. Replanteo.**