

Alineamiento vertical

Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (V_{TR})

CATEGORÍA DE LA DE 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	6	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Relación entre la pendiente máxima (%) en función de la velocidad específica de la tangente vertical (V_{TV})

CATEGORÍA DE LA DE 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	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.3 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

Tabla 4.3 Longitud mínima de la tangente vertical

Distancia de Parada:

$D_p = d_{pr}(\text{percepción-reacción}) + d_f(\text{frenado})$

$$D_p = 0.694 V_d + \frac{V_d^2}{254(f_i \pm p)} = 0.694 V_e + \frac{V_e^2}{254(f_i \pm p)}$$

P es la mayor de las pendientes en valor absoluto.

Da(distancia de adelantamiento)

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

$$D_2 = 0.287 V t_2$$

T2 = Tiempo empleado por el vehículo adelantante desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril. Este tiempo está entre (9,3 y 11,3) segundos.

D3 = distancia de seguridad entre ambos vehículos, se encuentra entre (30 y 90) metros

$$D_1 = 0.287 t_1 \left(V - m + \frac{a t_1}{2} \right)$$

Donde:

t_1 = Tiempo de la maniobra inicial, (segundos).

a = Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento (Km/h/s).

V = Velocidad del vehículo que adelanta (Km/h).

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 Km/h en todos los casos.

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

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_e (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL f_l	0.440	0.400	0.370	0.350	0.330	0.320	0.315	0.310	0.305	0.300

Oportunidades de adelantar por tramos de 5 kilómetros

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

$$D_a \approx 5 V_d$$

La velocidad de adelantamiento puede ser 5 veces la velocidad de diseño.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL ELEMENTO EN EL QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA, V_e (Km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (Km/h)			
	56.2	70.0	84.5	99.8
Maniobra inicial:				
a = Aceleración promedio (Km/h/s)	2.25	2.30	2.37	2.41
t_1 = Tiempo (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
D_1 = Distancia recorrida (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2 = Tiempo (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
D_2 = Distancia recorrida (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
D_3 = Distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo en sentido opuesto:				
D_4 = Distancia recorrida (m)	97	130	168	209
Distancia total:				
$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$	317	446	583	726

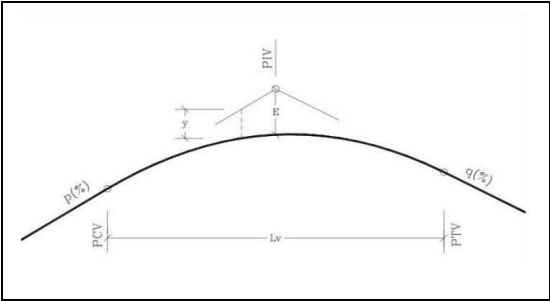
Mínimas distancias de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL ELEMENTO EN EL QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA, V_e (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
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

Distancia de encuentro

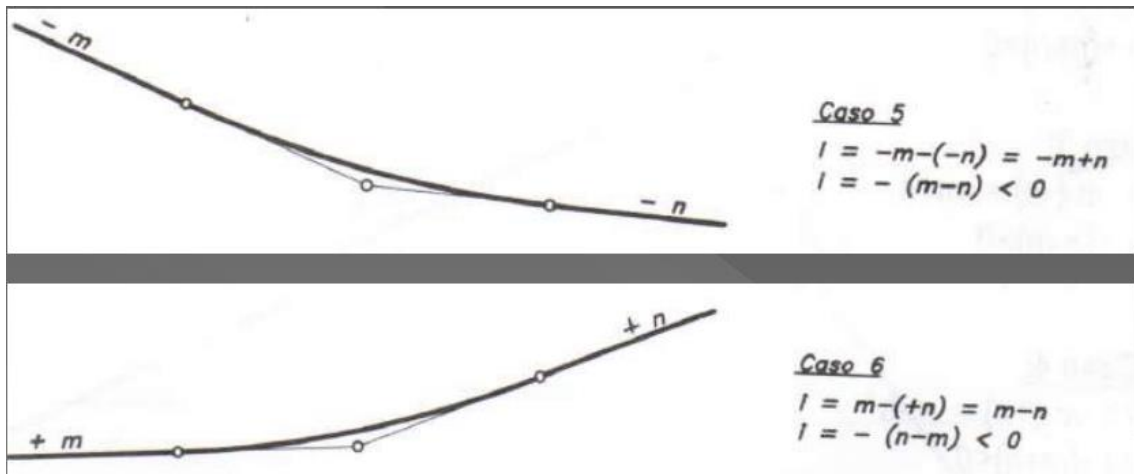
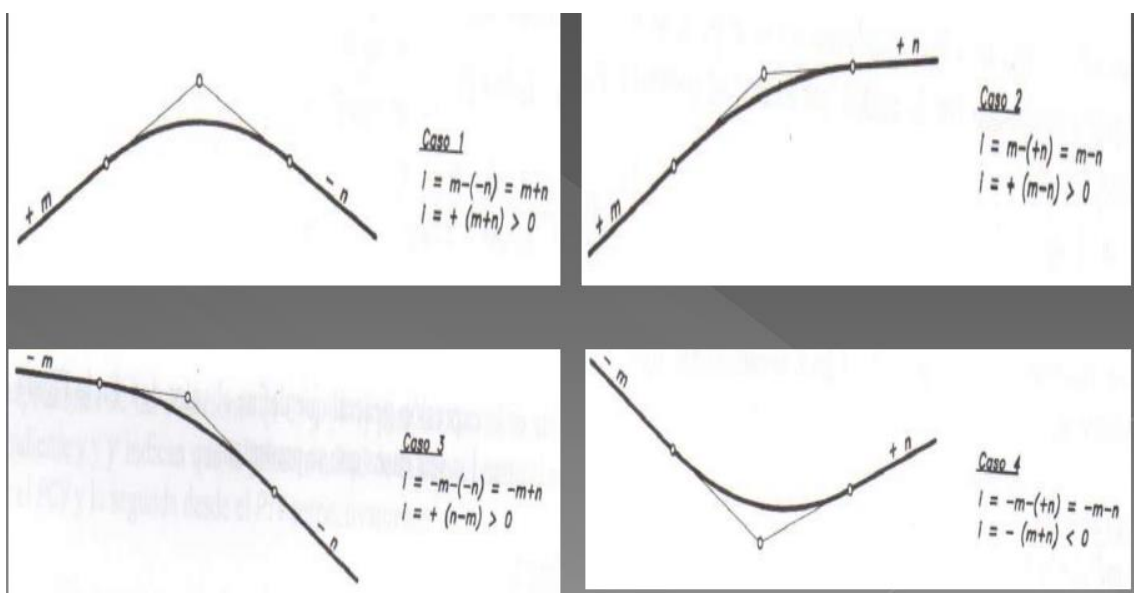
$$D_e = 2(0.278 V_d) + \left[\frac{V_d^2 - 100}{254(f_i + p)} \right] + \left[\frac{V_d^2 - 100}{254(f_i - p)} \right]$$

Criterios para la determinación de las longitudes de curvas verticales

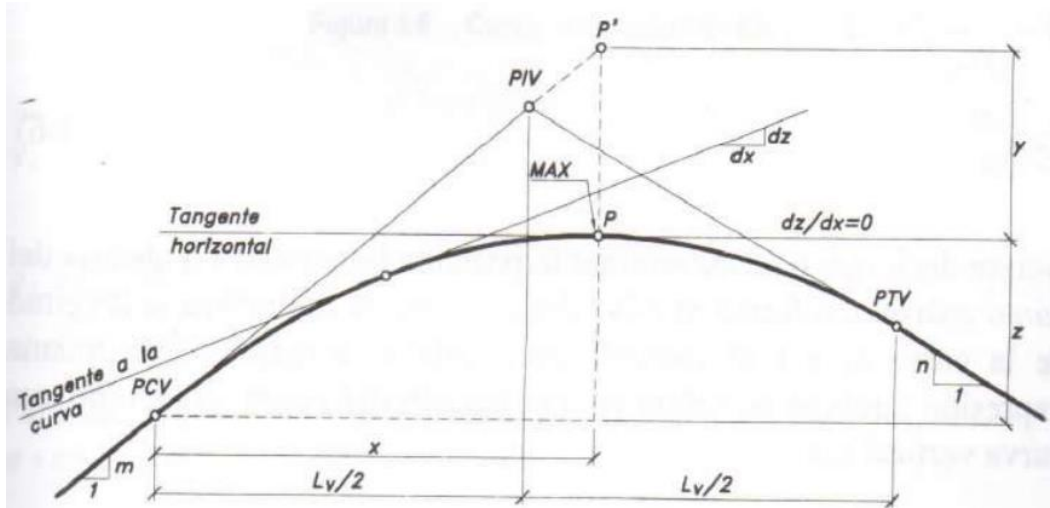


CRITERIO	CURVA CONVEXA		CURVA CONCAVA	
SEGURIDAD (Lv.min)	CASO I : Dp > Lv	$L_v = 2D_p - \frac{658}{i}$	CASO I : Dp > Lv	$L_v = 2D_p - \frac{120 + 3.5 D_p}{i}$
	CASO II : Dp < Lv	$L_v = \frac{D_p^2 i}{658}$	CASO II : Dp < Lv	$L_v = \frac{D_p^2 i}{120 + 3.5 D_p}$
VISIBILIDAD (Lv.min)	CASO I : Da > Lv	$L_v = 2D_a - \frac{969}{i}$	NO SE APLICA	
	CASO II : Da < Lv	$L_v = \frac{D_a^2 i}{969}$		
COMODIDAD (Lv.min)	NO SE APLICA		$L_v = \frac{V_{CV}^2 i}{395}$	
APARIENCIA (Lv.min)	NO SE APLICA		$L_v = 30 i$	
DRENAJE (Lv.max)	$L_v = 50 i$			
OPERACION Ó LONG. MIN DE CURVA V.	$L_v = 0.6 V_{CV}$		NO SE APLICA	

¿Curva Cóncava o Convexa? (Si $i > 0$, es cóncava y si $i < 0$, convexa)



$$E_v = \frac{L_v i}{8}$$

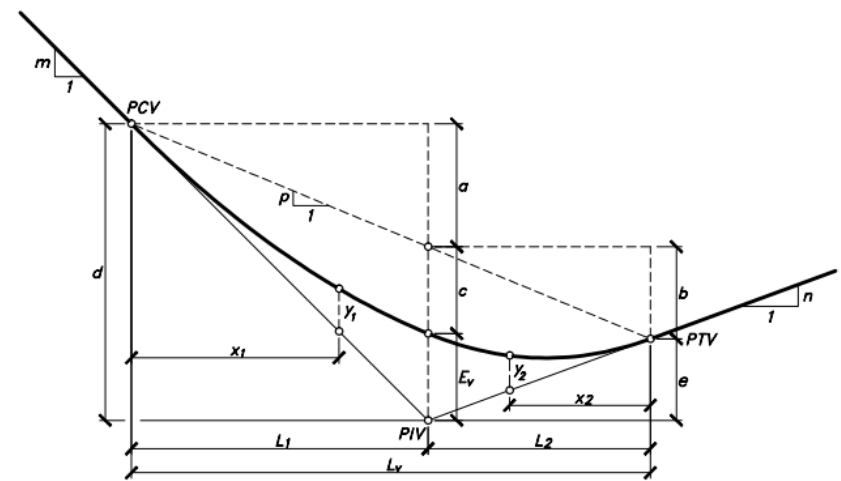


Esquema de curva simétrica

$$x = \left(\frac{m}{i} \right) L_v$$

Cota $P = \text{Cota } P' - y$, donde,
Cota $P' = \text{Cota PCV} + mx$
 $y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2$, entonces,
Cota $P = \text{Cota PCV} + mx - \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2$

Para curva asimétrica



x Referido al PTV

$$x = \frac{nL_2^2}{2E_v}$$

X referido al PCV

$$x = \frac{mL_1^2}{2E_v}$$

$$y_1 = E_v \left(\frac{x_1}{L_1} \right)^2$$

$$y_2 = E_v \left(\frac{x_2}{L_2} \right)^2$$

$$E_v = \frac{iL_1L_2}{2L_v}$$

La cota de P es:

Cota P = Cota P' + y, donde,
Cota P' = Cota PTV - nx

$$y = E_v \left(\frac{x}{L_2} \right)^2, \text{ entonces,}$$

$$\text{Cota P} = \text{Cota PTV} - nx + E_v \left(\frac{x}{L_2} \right)^2$$

PUNTOS	ABSCISAS	PENDIENTES	COTAS EN LA TANGENTE	CORRECCIÓN DE PENDIENTE	COTAS ROJAS
PCV	K2+580	⊖	495.200	0.000	495.200
1	590		496.000	-0.046	495.954
2	600		496.800	-0.183	496.617
3	610	+8%	497.600	-0.412	497.188
4	620		498.400	-0.733	497.667
5	630		499.200	-1.146	498.054
PIV	K2+640	⊖	500.000	-1.650	498.350
6	650		499.700	-1.146	498.554
7	660		499.400	-0.733	498.667
8	670	-3%	499.100	-0.412	498.688
9	680		498.800	-0.183	498.617
10	690		498.500	-0.046	498.454
PTV	K2+700	⊖	498.200	0.000	498.200

Procedimiento:

- 1) Determinar si es convexa o cóncava (calculando el i)
- 2) Hallar Dp
- 3) Aplicar criterios para L_v
- 4) Calculo de Abscisas y cotas importantes
- 5) Calculo de cotas intermedias
- 6) Calculamos la corrección "y" y la aplicamos a cada abscisa
- 7) Realizar cartera
- 8) Calcular x, externa y dibujo si es necesario.

Diseño geométrico Transversal

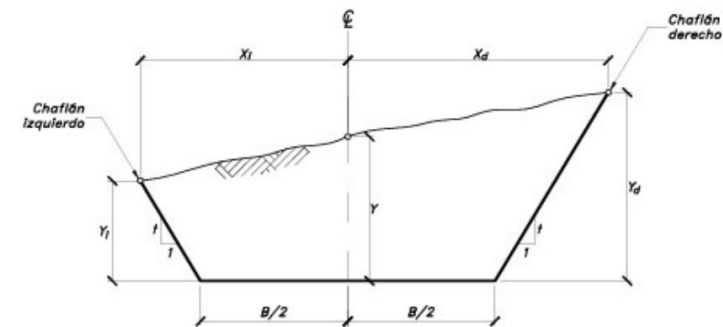
TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V _{TR} (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas ⁽¹⁾	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	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	-	-	-	-	-	-	2.0	2.0	2.5	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.8	2.0	2.0	2.5	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.5	1.5	1.8	1.8	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.5	1.5	1.8	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.0	1.5	1.8	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.0	1.0	1.5	1.8	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.5	0.5	1.0	1.0	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-
Terciaria ⁽²⁾	Plano	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.5	1.0	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá. 2008.

(1): Berma derecha/Berma izquierda

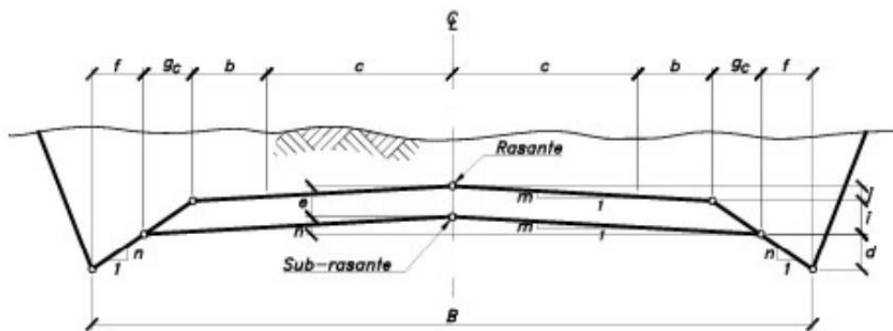
(2): Berma cuneta

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



$$X_d = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t}\right)Y_d$$

$$X_i = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t}\right)Y_i$$



- | | |
|-----------|--|
| B | = Ancho de banca o plataforma. |
| c | = Ancho del carril. |
| b | = Ancho de la berma. |
| e | = Espesor total de la estructura de pavimento. |
| g_c+f | = Ancho de la cuneta, desde el borde de la berma hasta donde se inicia el talud del corte. |
| d | = Profundidad de la cuneta por debajo de la sub-rasante (0.50 m mínimo). |
| m | = Bombeo normal. |
| n | = Pendiente de la cuneta. |
| h, j, i | = Alturas auxiliares de cálculo. |

$$B = 2c + 2b + 2g_c + 2f \quad , \text{ donde,}$$

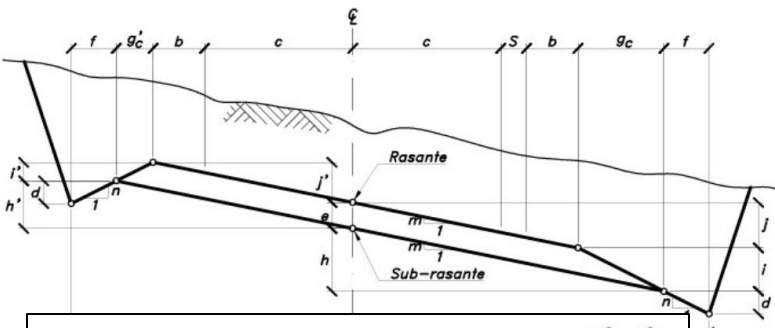
$$f = \frac{d}{n}$$

$$B = 2c + 2b + 2\left(\frac{e}{n-m}\right) + 2\left(\frac{d}{n}\right)$$

$$B = 2c + 2b + 2\left(\frac{e}{t_t - m}\right)$$

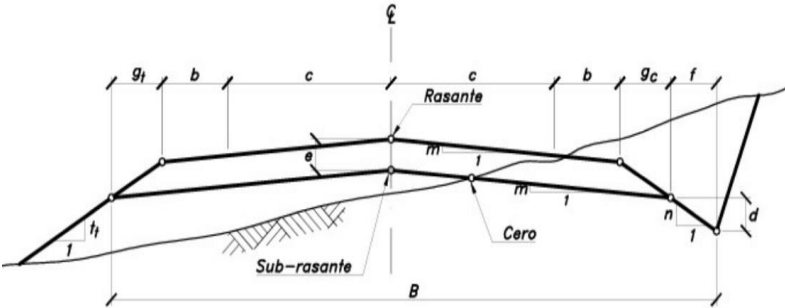
ABSCISA	CHAFLANES					ÁREAS (m²)		VOLÚMENES (m³)	
	IZQUIERDO	EJE	DERECHO	CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAP.		
K0+030	+3.6/10.2	0.00/3.4	-2.4	-9.3/9.4	38.610	2.880			
024	+3.2/9.8	0.00		-3.5/7.6	8.750	8.000	131.481	31.360	
							29.584	46.271	
020	+3.8/10.5	+1.0	0.00/1.6	-3.6/6.7	6.120	15.550			
							10.200	102.265	
015	+4.5/10.3	+1.9		0.00/5.0		25.785			
								175.338	
010	+3.4/9.9	+3.2		+2.5/8.6		44.350			
								572.000	
K0+000	+3.3/9.8	+4.2		+5.4/13.2		70.050			
VOLÚMENES TOTALES							171.265	927.234	

3. En curva y en corte



$$B = 2c + 2b + S + \frac{e}{n-m} + \frac{e}{n+m} + 2\left(\frac{d}{n}\right)$$

5. En recta y sección mixta

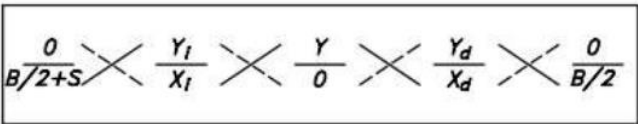


$$B = 2c + 2b + \frac{e}{n-m} + \frac{e}{t_t-m} + \frac{d}{n}$$

CARTERA DE CHAFLANES

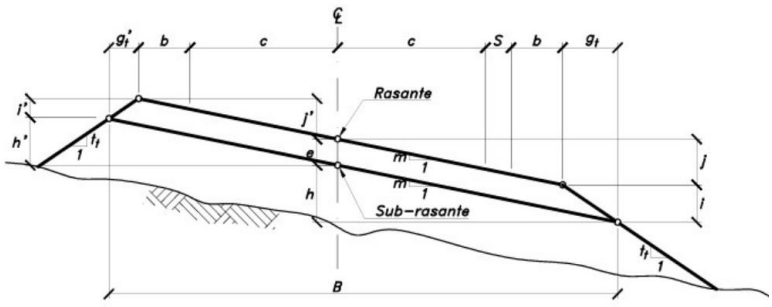
Izquierdo	Centro	Derecho
$\frac{Y_i}{X_i}$	$\frac{Y}{\text{Abcisa}}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

REGLA DE LAS CRUCES



ura 5.21 Área sección homogénea simple en curva, por chaflanes

4. En curva y en Terraplen



$$B = 2c + 2b + S + \frac{e}{t_t-m} + \frac{e}{t_t+m}$$

Método de Cubicación

Prismoide

$$V = \frac{L}{6} (A_1 + A_2 + 4A_m)$$

Cuando las áreas tienden a ser iguales (por lo general se toma esta)

$$V = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

Cuando la sección tiende a cero se calcula como

Piramoide

$$V = \frac{AL}{3}$$

Para secciones mixtas un tronco de piramoide

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

IZQUIERDO		EJE	DERECHO	
+3.6	0.00	-2.4		-9.3
10.2	3.4	K0+030		9.4
+3.2		0.00		-3.5
9.8		K0+024		7.6
+3.8		+1.0	0.00	-3.6
10.5		K0+020	1.6	6.7
+4.5		+1.9		0.00
10.3		K0+015		5.0
+3.4		+3.2		+2.5
9.9		K0+010		8.6
+3.3		+4.2		+5.4
9.8		K0+000		13.2

ABSCISAS	REGLA DE LAS CRUCES					9.8
K0+030	$\frac{0}{5}$	$\frac{3.6}{10.2}$	$\frac{0.00}{3.4}$	$\frac{2.4}{0}$	$\frac{9.3}{9.4}$	$\frac{0}{5}$
	Terraplén			Corte		
K0+024	$\frac{0}{5}$	$\frac{3.2}{9.8}$	$\frac{0.00}{0}$	$\frac{3.5}{7.6}$	$\frac{0}{5}$	
	Terraplén			Corte		
K0+020	$\frac{0}{5}$	$\frac{3.8}{10.5}$	$\frac{1.0}{0}$	$\frac{0.00}{1.6}$	$\frac{3.6}{6.7}$	$\frac{0}{5}$
	Terraplén			Corte		
K0+015	$\frac{0}{5}$	$\frac{4.5}{10.3}$	$\frac{1.9}{0}$	$\frac{0.00}{5.0}$	$\frac{0}{5}$	
	Terraplén					
K0+010	$\frac{0}{5}$	$\frac{3.4}{9.9}$	$\frac{3.2}{0}$	$\frac{2.5}{8.6}$	$\frac{0}{5}$	
	Terraplén					
K0+000	$\frac{0}{5}$	$\frac{3.3}{9.8}$	$\frac{4.2}{0}$	$\frac{5.4}{13.2}$	$\frac{0}{5}$	
	Terraplén					

b) Volúmenes entre secciones transversales

Entre las secciones de abscisas K0+000 y K0+010:

Terraplén: Prismoide, según ecuación

$$V_t = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) = 10 \left(\frac{70.050 + 44.350}{2} \right) = 572.000 \text{ m}^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+010 y K0+015:

Terraplén: Prismoide,

$$V_t = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) = 5 \left(\frac{44.350 + 25.785}{2} \right) = 175.338 \text{ m}^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+015 y K0+020:

Terraplén: Tronco de pirámide, según ecuación (5-29),

$$V_t = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) = \frac{5}{3} [25.785 + 15.550 + \sqrt{25.785(15.550)}] = 102.265 \text{ m}^3$$

Corte: Pirámide, según ecuación

$$V_c = \frac{AL}{3} = \frac{6.120(5)}{3} = 10.200 \text{ m}^3$$



Entre las secciones de abscisas K0+020 y K0+024:

Terraplén: Tronco de pirámide,

$$V_t = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) = \frac{4}{3} [15.550 + 8.000 + \sqrt{15.550(8.000)}] = 46.271 \text{ m}^3$$

Corte: Tronco de pirámide,

$$V_c = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) = \frac{4}{3} [6.120 + 8.750 + \sqrt{6.120(8.750)}] = 29.584 \text{ m}^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+024 y K0+030:

Terraplén: Tronco de pirámide,

$$V_t = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) = \frac{6}{3} [8.000 + 2.880 + \sqrt{8.000(2.880)}] = 31.360 \text{ m}^3$$

Sección de abscisa K0+000:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.3) + 9.8(4.2) + 4.2(13.2) + 5.4(5)] = 70.050 \text{ m}^2$$

Sección de abscisa K0+010:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.4) + 9.9(3.2) + 3.2(8.6) + 2.5(5)] = 44.350 \text{ m}^2$$

Sección de abscisa K0+015:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(4.5) + 10.3(1.9) + 1.9(5)] = 25.785 \text{ m}^2$$

Sección de abscisa K0+020:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.8) + 10.5(1.0) + 1.0(1.6)] = 15.550 \text{ m}^2$$

Corte:

$$A_c = \frac{1}{2} [3.6(5) - 1.6(3.6)] = 6.120 \text{ m}^2$$

Sección de abscisa K0+024:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.2)] = 8.000 \text{ m}^2$$

Corte:

$$A_c = \frac{1}{2} [3.5(5)] = 8.750 \text{ m}^2$$

Sección de abscisa K0+030:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.6) - 3.6(3.4)] = 2.880 \text{ m}^2$$

ABSCISAS	
K0+030	$\frac{0}{5} \times \frac{3}{11}$ Terrap
K0+024	—
K0+020	—

