

*DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*  
*CLASE 5:*

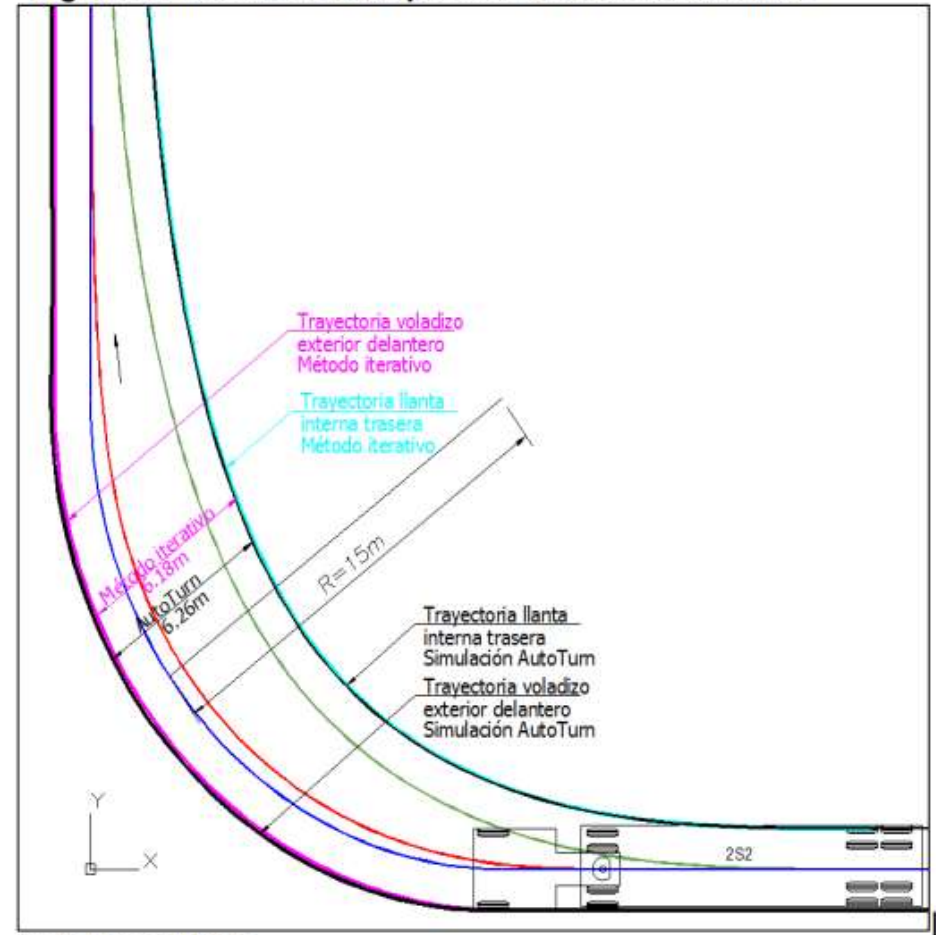
# *SOBRE ANCHOS EN VÍAS CON BAJA VELOCIDAD*

ING. GUILLERMO DAVID MENDÓZA GONZÁLEZ.  
SEMINARIO DE TOPOGRAFÍA Y CARRETERAS  
INGENIERÍA CIVIL  
UMG-2021.

# DEFINICIÓN

- **Sobreancho:** Ancho de vías requerido para la circulación cómoda y segura de vehículos que transitan en curva, definido como el espacio ocupado entre la trayectoria de giro descrita por la parte exterior del voladizo delantero y la línea de la llanta interna trasera, su valor se encuentra en función de las dimensiones del vehículo de diseño y el radio de giro.

Figura 47. Método Iterativo por coordenadas vs Autoturn

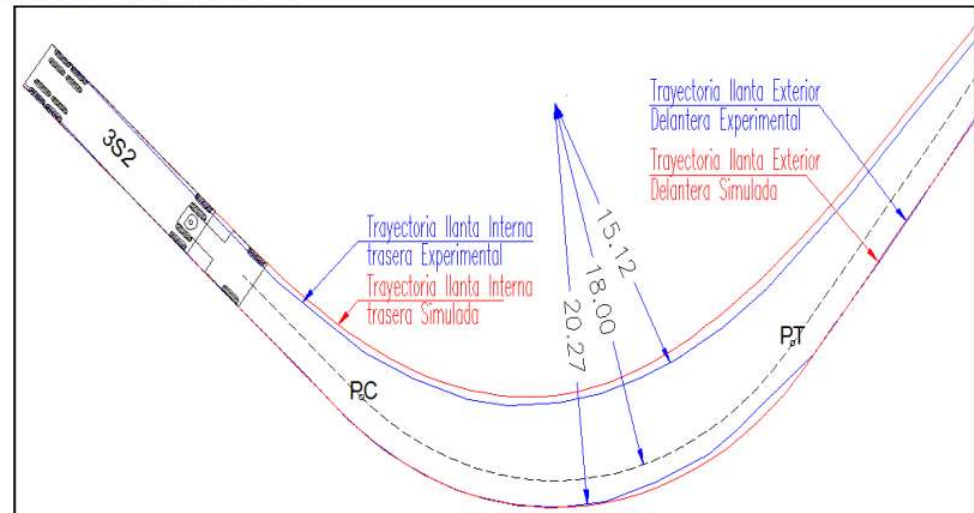


Fuente. Elaboración Propia

- ***Sobreancho a baja velocidad:*** Durante el giro a velocidades bajas, las ruedas delanteras tratan de arrastrar las traseras hacia ellas y hacia el interior de la curva, la magnitud de este fenómeno es mayor en vehículos de gran dimensión, para vehículos articulados, el desvío de las ruedas, se divide en anchos distintos; uno es el definido entre los ejes del tractor, y el otro, entre el punto de articulación del vehículo y la llanta trasera interna del remolque. El sobreancho aumenta gradualmente a medida que el desvío de ruedas de un vehículo avanza en una maniobra de giro, cuando el vehículo continúa moviéndose en una curva de radio constante, el desvío de las ruedas llega a un ancho máximo, generándose dos tipos de sobreancho.

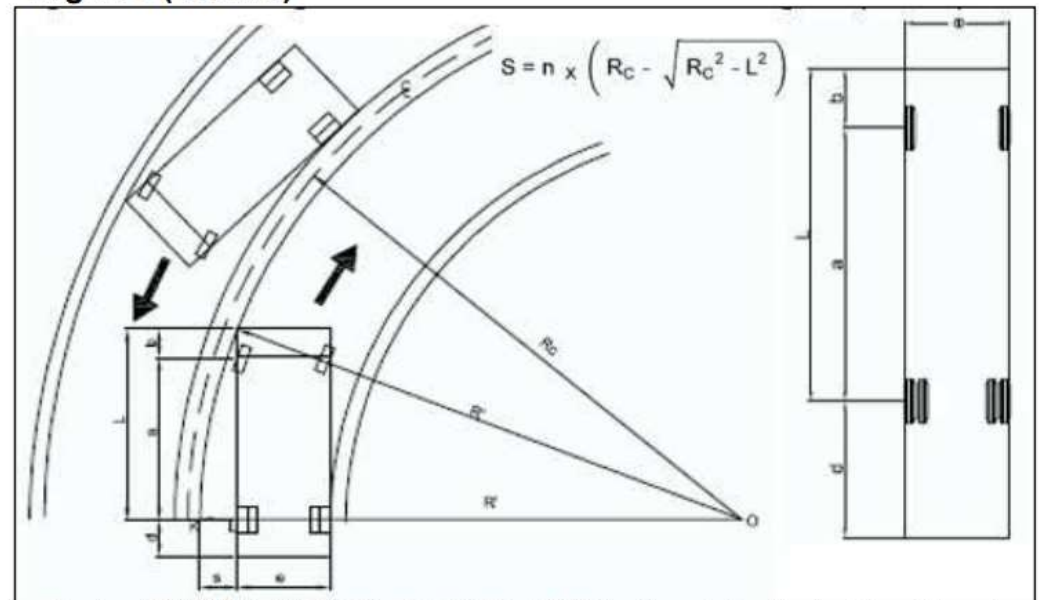
- **Sobreancho parcialmente desarrollado:** Generado cuando los vehículos recorren curvas cortas o, cuando las curvas son de radio pequeño, su valor no puede determinarse a partir de una ecuación simple, por tanto, algunos autores recomiendan determinar su valor implementando software de diseño, como AutoTurn.

Figura 48. Trayectorias experimentales versus simuladas  
Tracto camión 3S2



- **Sobreancho máximo:** Desvío completamente desarrollado descrito por las ruedas traseras con respecto a la trayectoria definida por las ruedas delanteras; para calcular dicho valor se han propuesto varias ecuaciones; el método que presenta mejor comportamiento, en cualquier tipo de vehículo, es el “método geométrico”.

Figura 52. Análisis trigonométrico sobreancho vehículos Rígidos (INVIAS)

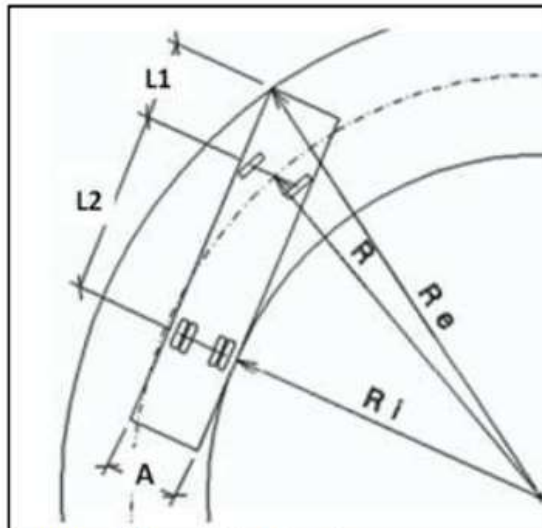


Fuente. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: INVIAS, 2008. p.145.

## CÁLCULO DE SOBRE ANCHO:

- Para determinar el valor de sobreancho requerido por vehículos rígidos y articulados, se sugiere implementar el método “Geométrico” a partir de las ecuaciones que se describen a continuación:

**Figura 60. Variables en vehículo rígido método “Geométrico”**

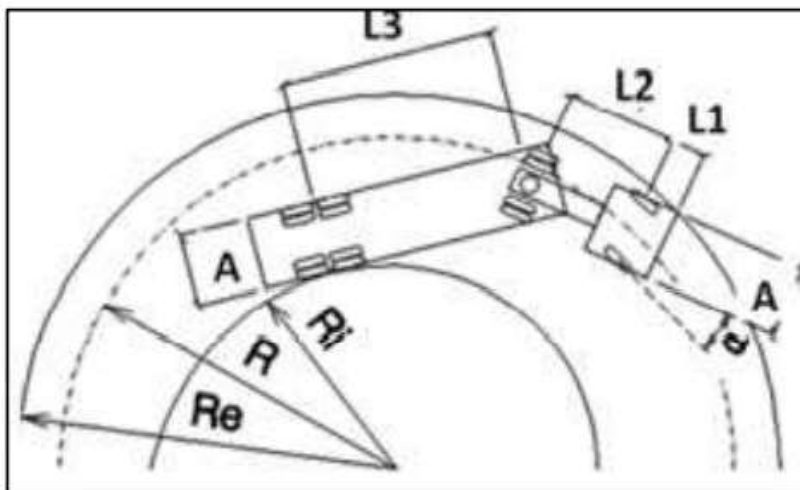


Fuente. Elaboración Propia

$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - L_2^2} + \frac{A}{2}\right)^2 + (L_2 + L_1)^2}$$

$$R_i = \sqrt{R^2 - L_2^2} - \frac{A}{2}$$

$$S = (R_e - R_i) - A$$

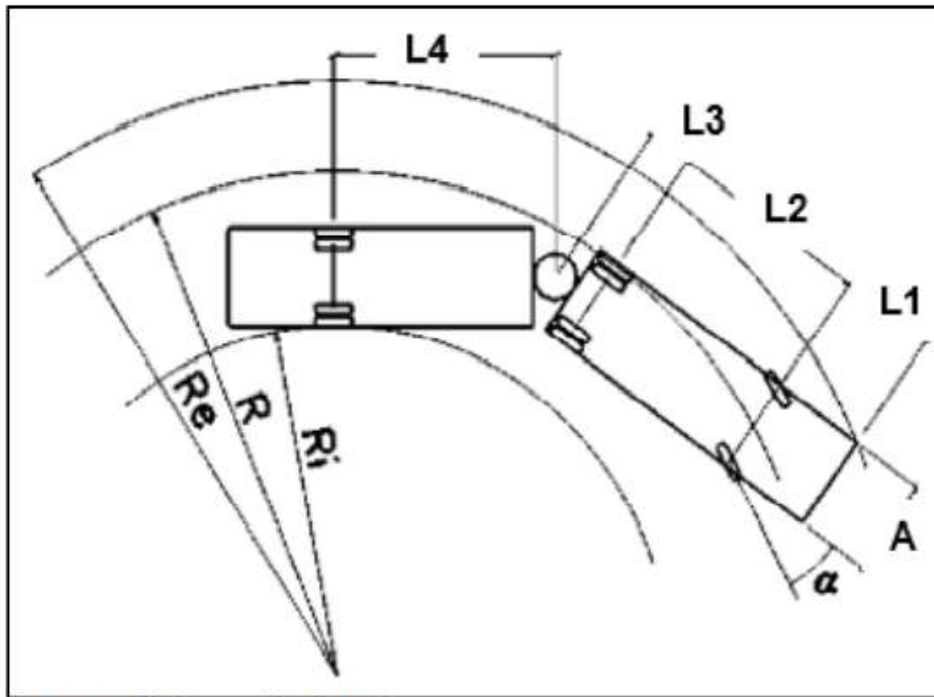


$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - L_2^2} + \frac{A}{2}\right)^2 + (L_2 + L_1)^2}.$$

$$R_i = \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)} - \frac{A}{2}$$

$$S = (R_e - R_i) - A$$

**Figura 62. Variables en bus articulado método “Geométrico”**



Fuente. Elaboración Propia

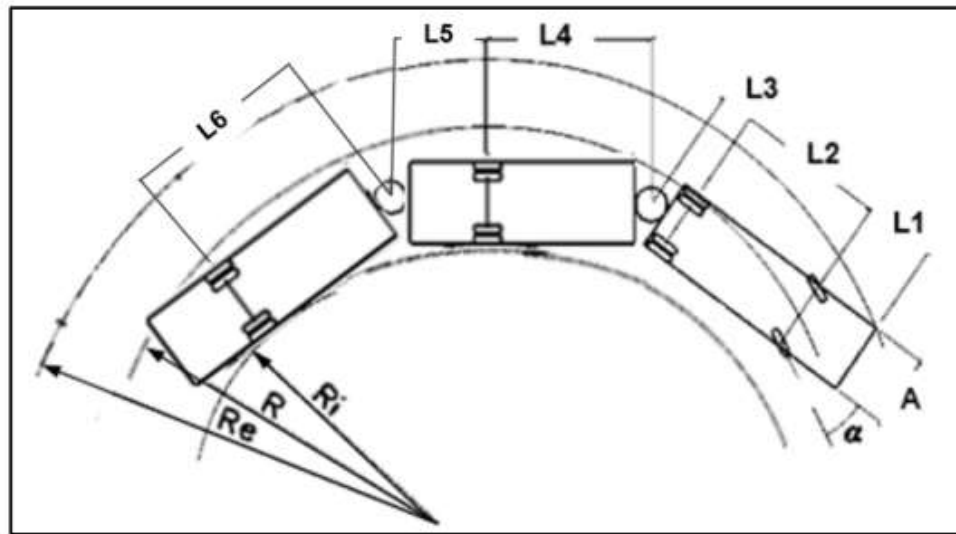
$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - L_2^2} + \frac{A}{2}\right)^2 + (L_2 + L_1)^2}.$$

$$R_i = \sqrt{R^2 - (L_2^2 - L_3^2 + L_4^2)} - \frac{A}{2}$$

$$S = (R_e - R_i) - A$$



### 63. Variables en bus biarticulado método “Geométrico”



$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - L_2^2} + \frac{A}{2}\right)^2 + (L_2 + L_1)^2}$$

$$R_i = \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2 - L_4^2 - L_5^2 + L_6^2)} - \frac{A}{2}$$

$$S = (R_e - R_i) - A$$

- Los valores obtenidos con las ecuaciones anteriormente citadas, corresponden a sobreanchos “máximos”, válidos para curvas con ángulos de deflexión de hasta  $\Delta = 180^\circ$ , y radios de giro para los que el ancho de camino barrido es constante a lo largo de la curva. Para no sobreestimar cantidades de ensanchamiento con el método geométrico, se debe tener en cuenta, primero, la variable correspondiente al ángulo de deflexión de curva y segundo, evitar evaluar sobreanchos con radios de giro cortos. El radio de giro corto corresponde a aquel cuyo valor genera anchos de camino barrido que no son constantes a lo largo de la curva, es decir, aquellos que originan sobreanchos parcialmente desarrollados. Este tipo de sobreancho no puede determinarse con una ecuación simple, como la del método geométrico, su valor debe generarse implementando software de simulación. A continuación, se definen, condiciones de giro, para los cuales, el método geométrico tiene funcionamiento óptimo.

## REQUERIMIENTOS PARA OBTENER EL VALOR DE SOBREALCHO:

- **Velocidad de diseño:** permite definir radios mínimos de curva.
- **Vehículo de diseño:** permite definir la ecuación que se debe implementar para obtener el valor de sobrealcho máximo.
- **Radio mínimo de giro:** permite establecer si se requiere cálculo de sobrealcho simulado o si la cantidad de ensanchamiento determinada con el método geométrico es óptima para implementar.
- **Ángulo de deflexión de curva:** permite definir si el valor de sobrealcho se determina mediante formulación simple o si se requiere la implementación de software de simulación.
- **Número de carriles:** permite obtener el ancho total de curva.

## VEHICULOS DE DISEÑO:

**Tabla 11. Dimensiones principales de vehículos de diseño**

Vehículo	Dimensiones						No. Figura	
	VD		DE		VP	A		LT
Camión C2	1.04		6.12		2.03	2.40	9.19	Figura 20 y 21
Bus Intermunicipal	2.64		6.00		3.36	2.40	12.00	Figura 22 y 23
Bus Grande 3 ejes	2.50		6.70		3.39	2.60	13.34	Figura 24 y 25
Bus Articulado	2.50	5.50	6.70		3.50	2.60	18.20	Figura 26 y 27
Bus Biarticulado	2.50	5.50	5.85	6.20	3.50	2.60	23.55	Figura 28 y 29
Tracto camión 2S2	0.71	3.99	10.10		1.56	2.60	16.36	Figura 30 y 31
Tracto camión 3S3	1.00	4.00	8.9		2.4	2.60	16.30	Figura 32 y 33
Tracto camión 3S2 Grande	1.22	4.55	15.19		1.35	3.05	21.04	Figura 34 y 35

Nota: Elaboración propia. VD: Voladizo delantero, DE: Distancia entre ejes, VP: Voladizo Posterior, A: Ancho del vehículo y LT: Longitud total.

- En la tabla 26, se registran valores de sobreanchos máximos, calculados con el método geométrico, requeridos por los vehículos de diseño de la tabla 11. Las celdas identificadas en color “gris claro”, corresponden al límite de radio inferior, donde el sobreancho debe diseñarse con la ayuda de software de simulación o de plantillas de giro. Los valores de las celdas “sin color”, indican los radios para los cuales, un ángulo de deflexión de curva mayor o igual a  $\Delta \geq 45^\circ$ , deja de incidir en el valor total de sobreancho. Los campos resaltados en color “gris oscuro”, señalan los radios en los que el cálculo de sobreancho, ya no depende del ángulo de deflexión de curva y el método geométrico se puede implementar sin condiciones.

**Tabla 26. Sobreanchos máximos método geométrico**

Radio (m)	C2	Bus Grande	Bus Articulado	Bus Biarticulado	Tracto camión 2S2	Tracto camión 3S3	Tracto camión 3S2 Grande
20							
30	0.83	1.36					
40	0.62	1.03	0.97	0,81	1.57	1.31	
50	0.50	0.83	0.78	0,65	1.25	1.04	
60	0.42	0.69	0.65	0,54	1.04	0.87	
70	0.36	0.59	0.56	0,47	0.89	0.74	
80	0.32	0.52	0.49	0,41	0.78	0.65	
90	0.28	0.46	0.44	0,37	0.69	0.58	
100		0.42	0.39	0,33	0.62	0.52	
120		0.35	0.33	0,28	0.52	0.43	
140		0.30	0.28	0,24	0.44	0.37	
160				0,21	0.39	0.33	
180				0,18	0.34	0.29	
200				0,17	0.31	0.26	
220							
240							
260							

*Para la implementación de sobreanchos estimados en la tabla 26 se debe tener en cuenta las siguientes observaciones:*

- El valor de sobreancho corresponde a la trayectoria de giro menos el ancho del vehículo.
- En vías de 2 carriles, el sobreancho se define como requerido si presenta valores superiores a 60cm, porque la ampliación de calzada es costosa y en la práctica no hay mayores beneficios para la circulación segura de vehículos con ensanchamientos menores. Por ende, los cálculos de sobreancho requeridos para la circulación de un solo vehículo, serán aquellos mayores a 30cm.
- En la tabla 26, la necesidad de ensanchamiento cesa cuando los valores son inferiores a 30cm.
- Para determinar el ancho máximo de camino barrido en radios menores a 30m, se requiere la implementación de software de diseño para cualquier tipo de vehículo. Si se presentan escenarios distintos, a los que aplica las cantidades de sobreancho calculadas en el rango de radios, cuyo ángulo de deflexión de curva  $\alpha 45^\circ$ , deja de incidir en el valor total de sobreancho, se debe hacer uso de programas de modelación para evitar sobrestimar cantidades de ensanchamiento. En otras palabras, se deben generar sobreanchos simulados en condiciones de giro diferentes a las que aplica los valores registrados en las celdas “sin color”.

- Los valores de sobreancho de la tabla 26, corresponden únicamente al cálculo del ancho adicional requerido por un vehículo al realizar una maniobra de giro, y no especifican ampliaciones de calzada, ya que, dicha cantidad depende del ancho de carril en tangente y de anchos adicionales de seguridad, que el diseñador de vías desee implementar. Por lo tanto, a los valores registrados de la tabla 26 se les debe incluir holguras horizontales para transitar de forma segura sobre la curva.
- Para determinar de forma rápida la cantidad de sobreancho en cualquier valor de radio, en el anexo 5 se presentan nomogramas diseñados con el método geométrico, en los que, se indican los radios para los cuales, ángulos de deflexión de curva mayores o iguales a  $\Delta \geq 45^\circ$ , dejan de incidir en el valor total de sobreancho, y se identifica el límite de radio, a partir de cual, el cálculo de sobreancho, ya no depende del ángulo de deflexión de curva.



- El valor de ancho máximo ocupado por un vehículo al realizar una maniobra de giro es independiente de la velocidad de diseño, no obstante, la velocidad de diseño permite definir radios mínimos de curva para transitar en condiciones seguras sobre la vía. Por ende, las velocidades que demandan anchos adicionales calzada, son aquellas cuyos radios mínimos de giro requieran valores de sobreanchos superiores a 30cm. Condición que se cumple en curvas con radio de giro menor a 200.
- El diseño de curvas horizontales debe presentar una relación adecuada entre velocidad de diseño, radio de curva, peralte y fricción lateral. En la tabla 27 se indican los valores límites de curvatura o radios mínimos de giro, requeridos para transitar a distintas velocidades de diseño, bajo condiciones máximas de peralte y fricción lateral.

**Tabla 27. Radios mínimos para fricción máx. y peralte de 6% y 8%**

Velocidad específica (km/h)	Coefficiente fricción lateral	Radio mínimo e=6%	Radio mínimo e=8%
20	0.35	15	
30	0.28	21	
40	0.23	43	41
50	0.19	79	73
60	0.17	123	113
70	0.15	184	168
80	0.14	252	229

Fuente: Elaboración propia

Teniendo presente que la implementación de sobreancho está limitado a curvas de radio menor a 200m, la tabla anterior indica que 70km/h es la velocidad máxima cuyo radio mínimo de giro demanda sobreancho de curva. Para velocidades de diseño mayores, como por ejemplo 80km/h, requieren radios mínimos de giro, que no requieren ensanchamiento de vía.

# CÁLCULO DE AMPLIACIÓN DE CALZADA:

- La ampliación de calzada (A), es igual al ancho total de vía en curva ( $A_C$ ) menos el ancho de vía en tangente ( $A_T$ ), y se calcula con la ecuación:

$$A = A_C - A_T$$

El valor de ancho de vía en curva ( $A_C$ ) se determina con la ecuación:

$$A_C = N(T_G + H)$$

Donde:

N = corresponde al número de carriles,

TG = trayectoria de giro o ancho ocupado por el vehículo al transitar sobre la curva,

H: holgura o espacio lateral de seguridad, en m.

La AASHTO menciona que el espacio lateral se encuentra en función del ancho de carril en tangente. Algunos autores sugieren incluir aparte de la distancia libre lateral, un ancho adicional por la dificultad de manejo en curva, conocido como z.

La trayectoria de giro (TG), es el ancho adicional requerido por un vehículo al realizar una maniobra de giro (S), más el ancho del vehículo (A) y, se calcula con la ecuación:

$$T_G = U + F_A = S + A$$

Donde :

U = ancho del vehículo más el sobreancho ocupado por sus ejes al realizar el giro,

FA: es el ancho ocupado por el voladizo frontal del vehículo al describir la curva.

## *EJERCICIO DE APLICACIÓN:*

- Determinar el valor de sobreancho requerido por un vehículo articulado, tipo 2S2, en una curva con radio de giro de 40m, ángulo de deflexión de 90°, en una vía de 2 carriles, con ancho de carril igual a 3,00m y ancho de carril igual a 3.5m, para las siguientes dimensiones de vehículo: voladizo delantero: 0.71m, distancia entre ejes de tractor: 3.99m, distancia entre punto de articulación y eje posterior de remolque: 10.10m y, ancho de vehículo igual 2.6m.

### **Datos:**

Radio de Giro  $R = 40.00 \text{ m}$

$$\Delta = 90^\circ$$

Número de carriles  $N=2$

Ancho de vehículo  $A = 2.60 \text{ m}$

Voladizo delantero  $L1 = 0.71 \text{ m}$

Distancia entre ejes de tractor  $L2 = 3.99 \text{ m}$

Distancia entre punto de articulación y eje posterior del remolque  $L3 = 10.10 \text{ m}$

- Para las dimensiones de vehículo mencionadas, y radios de giro mayor o igual a 40m, con ángulo de deflexión de curva mayor o igual, 45°, la tabla 26, registra un valor de sobreancho igual a 1.57m, que se calcula, así:

$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - L_2^2} + \frac{A}{2}\right)^2 - (L_2 + L_1)^2}$$

$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{40^2 - 3.99^2} + \frac{2.6}{2}\right)^2 - (3.99 + 0.71)^2} = 41.37m$$

$$R_i = \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)} - \frac{A}{2} = R_i = \sqrt{40^2 - (3.99^2 + 10.10^2)} - \frac{2.6}{2} = 37.20m$$

$$S = (R_e - R_i) - A = (41.37m - 37.20m) - 2.6m = 1.57m$$

Tabla 26. Sobreanchos máximos método geométrico

Radio (m)	C2	Bus Grande	Bus Articulado	Bus Biarticulado	Tracto camión 2S2	Tracto camión 3S3	Tracto camión 3S2 Grande
20							
30	0.83	1.36					
40	0.62	1.03	0.97	0.81	1.57	1.31	
50	0.50	0.83	0.78	0.65	1.25	1.04	
60	0.42	0.69	0.65	0.54	1.04	0.87	
70	0.36	0.59	0.56	0.47	0.89	0.74	
80	0.32	0.52	0.49	0.41	0.78	0.65	
90	0.28	0.46	0.44	0.37	0.69	0.58	
100		0.42	0.39	0.33	0.62	0.52	
120		0.35	0.33	0.28	0.52	0.43	
140		0.30	0.28	0.24	0.44	0.37	
160				0.21	0.39	0.33	
180				0.18	0.34	0.29	
200				0.17	0.31	0.26	
220							
240							
260							

- ***El cálculo de ampliación de calzada para un carril de 3.00 m corresponde a:***
- Trayectoria de giro:

$$T_g = U + F_A = S + A = 1.57 \text{ m} + 2.6 \text{ m} = 4.17 \text{ m}$$

- Ancho de vía en curva:

$$A_c = N(T_G + H) = 2(4.17\text{m} + 0.6 \text{ m}) = 9.5 \text{ m}$$

- El valor de holgura H corresponde al sugerido por la AASHTO, donde un carril de 3m se propone implementar un ancho adicional de seguridad H=0.6 m. No se incluye Ampliación de calzada:

$$A = A_c - A_T = 9.5 \text{ m} - (2 * 3\text{m}) = 3.5 \text{ m}$$

- El cálculo de ampliación de calzada para un carril de 3.50 m corresponde a:
- Trayectoria de giro:

$$T_G = U + F_A = S + A = 1.57m + 2.6m = 4.17 m$$

- Ancho de vía en curva:

$$A_c = N(T_G + H) = 2(4.17 + 0.85m) = 10.04 m.$$

- El valor de holgura  $H = 0.85$  m, corresponde al sugerido para un carril de 3.5m. No se incluye ancho adicional por la dificultad de manejo en curva.
- Ampliación de calzada:

$$A = A_c - A_T = 10.04 m - (2 * 3.5m) = 3.04 m \approx 3.00 m.$$

*$\therefore$  la calzada que iba a tener 7.00 m de ancho, ya con el sobre ancho debe llegar a medir 10.04 m*