

Unidad Nro 5 “VELOCIDAD A PARTIR DE HUELLAS DE FRENADA Y DERRAPE”

Calculo de la velocidad: (Premisa)

El investigador no debe presentar como prueba una velocidad exacta, siempre establecerá un margen de error, que se puede considerar de un 10 a 15 % por exceso y por defecto sobre la velocidad calculada.

Ejemplo: No se debe decir, (Dicho vehículo circulaba a una velocidad aproximada de 80 km/h), es mas exacto manifestar, (Dicho vehículo circulaba a una velocidad comprendida entre 70 a 90 Km/h).

Factores que intervienen en el cálculo de la velocidad

- Clase de pavimento y estado de uso del mismo.
- Condiciones climatológicas y elementos que afectan al firme.
- Pendiente de la ruta.
- Tipo y marca del vehículo.
- Sistema de freno y estado de los mismos.
- Neumáticos: estado, surcos, clase.
- Carga.
- Atención del conductor y pericia del mismo.
- La longitud de las huellas de frenada.
- Los desperfectos de los vehículos y los desplazamientos de los mismos, solo en caso de colisión.

Forma de influencia de cada factor

a) Pavimento: la rugosidad de los pavimentos es bastante compleja, y la medida del coeficiente de rozamiento, se puede medir a través del péndulo británico, el coeficiente varía con el estado de humedad de la ruta, especialmente en calzadas que presentan superficie lisa.

Adherencia y coeficiente de rozamiento

La adherencia del neumático con la calzada es una de las características superficiales del pavimento que tiene influencia en la seguridad del conductor, ya que permite.

- Reducir la distancia de frenado.
- Mantener, en todo momento, la trayectoria deseada del vehículo. (solo en el caso que el vehículo posea un sistemas de frenos antibloqueo)

La adherencia neumático – calzada: Puede definirse como la capacidad de unión o contacto íntimo entre elementos, que brinde una circulación segura del vehículo. Salvo casos excepcionales,

en suficientes secas, desminuyendo extraordinariamente en períodos de lluvia debido a la película de agua que interpone entre el neumático y la calzada. (Hidroplaneo)

Las capas de rodamiento de las rutas y, esencialmente sus áridos, deben reunir las características adecuadas para cumplir las siguientes funciones básicas desde el punto de vista de la seguridad:

- “Romper” la película de agua existente bajo el neumático.
- Facilitar y contribuir al drenaje del agua existente bajo el neumático.
- Mantener en el tiempo las características adecuadas.

Coeficiente de Rozamiento			
Terreno	Estado del terreno	Neumáticos	
		Nuevos	Viejos
Hormigón	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Asfalto grueso	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Asfalto normal	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Barro		0,2	0,1
Hielo		0,1	0,1

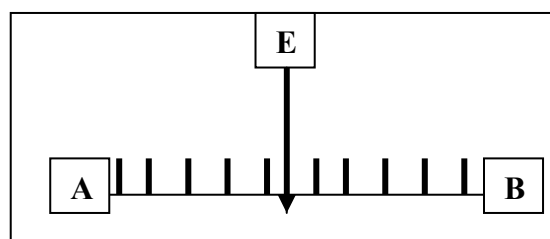
Ecuación para obtener el coeficiente de roce.

$$\mu = V^2 / (2 * g * HF) =$$

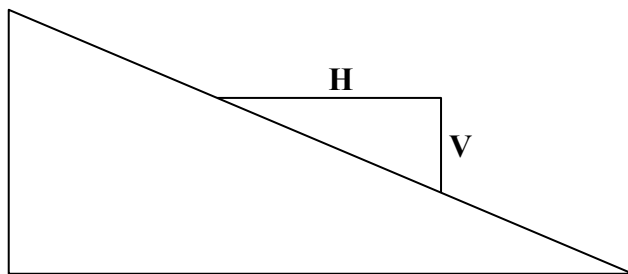
b) Pendientes: hay que tener en cuenta el componente de la fuerza gravitatoria a consecuencia del peso del vehículo; en tramo descendente el automóvil sufre un proceso de aceleración constante, mientras que en los ascendentes sufre una desaceleración constante.

c) Como calcular la pendiente

Con eclisímetro: Sirve para medir ángulos de pendientes en tantos por cientos. Sobre un tablero o cartón de 25 cm de largo por 10 cm de ancho se traza una recta AB, que se divide en magnitudes de dos en dos milímetros, a derecha e izquierda del punto O. A 20 cm de la recta AB se hace, en la perpendicular un orificio E, por el que pasa un hilo, quedando por este extremo sujeto al cartón.



Con la cinta: Se sujeta la cinta metrica por los dos extremos, se coloca de forma que esté horizontal, y con la cinta metalica se mide la separacion entre la cinta y la vertical, con la ruta y con la siguiente ecuación se calcula en tantos por ciento. $H = 5 \text{ Mts}$ $V = 0,40 \text{ Mts}$



$$\text{Peralte} = (V / H) * 100 = \quad \%$$

$$\text{Peralte} = (0,40 \text{ Mts} / 5 \text{ Mts}) * 100 = 0,08 * 100 = 8 \%$$

$$\text{Peralte} = (V * 100) / H = \quad \%$$

$$\text{Peralte} = (0,40 \text{ Mts} * 100) / 5 \text{ Mts} = 8 \%$$

Para calcular la pendiente en grados basta con resolver el triángulo rectángulo con los dos catetos conocidos.

$$\text{Tangente } \alpha = V / H$$

En los caso que tengamos el peralte en el sistema sexagesimal (grados), se obtendra el por ciento con la siguiente ecuación:

$$\text{Tang } 15^\circ * 100 = 26,79 \%$$

d) Radio de una Curva

Para el cálculo del radio de una curva, en curvas circulares, que mantienen el mismo radio durante todo su trazado, esta permite trazar la cuerda (es la línea recta que une las dos puntas externas del arco). Desde el centro de la cuerda con el centro del arco.

$$R = \frac{C^2}{8 * F} + \frac{F}{2}$$

$$R = \frac{C^2 + 4 * F^2}{8 * F}$$

f) Distancias de reacción, frenado y parada

Uno de los conceptos más importantes a tener en cuenta es el de la distancia que tarda en detenerse un vehículo ante la aparición de cualquier obstáculo o situación en la vía por la que circula. La distancia total recorrida por el vehículo depende de varios factores:

- El tiempo de reacción del conductor del vehículo.
- La velocidad a la que circula dicho vehículo.
- El coeficiente de rozamiento del neumático sobre la ruta o, en su caso, la deceleración admisible.
- La inclinación de la vía por la que circula.

Esta longitud, llamada **distancia de parada**, puede descomponerse en dos sumando claramente diferenciados: la **distancia de reacción** y la **distancia de frenado**:

$$D_p = D_r + D_f$$

Se define la **distancia de reacción** como la recorrida por el vehículo desde que aparece el obstáculo sobre la vía hasta que el conductor obra en consecuencia.

Físicamente, no es más que el espacio recorrido durante el tiempo de reacción:

$$D_r = T_r * V$$

La **distancia de frenado**, en cambio, es la recorrida desde que se acciona el freno hasta que el vehículo se detiene.

$$D_f = \frac{V^2}{2 * g + (\mu + P)}$$

Siendo:

V: Velocidad del vehículo

g: Gravedad

μ: coeficiente de rozamiento

P: peralte

Podemos ahora reescribir la expresión de la distancia de parada sustituyendo los valores correspondientes a sus dos sumando:

$$D_p = T_r * V + \frac{V^2}{2 * g * (\mu + P)}$$

Depende de 3 factores la distancia de frenado:

- 1) De la carga del vehículo, pues si va cargado hay que eliminar más energía cinética y se prolonga la detención.
- 2) De la adherencia, pues si ésta no es buena y las ruedas se bloquean la distancia de frenado se alarga.
- 3) De la velocidad, pues según dijimos anteriormente, la energía cinética es proporcional al cuadrado de la velocidad.

g) Determinación de la velocidad

La velocidad es el elemento base del comportamiento vial, de allí que en el accidente cobra especial importancia, de acuerdo al evolucionar de los vehículos durante el accidente.

En la actualidad, las elevadas densidades acarrear como una de sus soluciones elevar la velocidad de desplazamiento. Por otra parte, las velocidades absolutas, fijadas reglamentariamente, enfocan el contexto general.

Es interesante poder establecer la velocidad que llevaba el vehículo antes del accidente, pues, generalmente se habla de exceso de velocidad, sobre bases de aplicación subjetiva.

Aspectos referidos a la velocidad

La velocidad es la relación existente entre el espacio recorrido por un móvil y el tiempo ocupado en hacerlo.

En la velocidad aplicada a los vehículos, es necesario considerar que ella se infiere por las características del conductor, del vehículo y la vía; el volumen de tránsito, las condiciones atmosféricas y otras serie de factores que tienen algún grado de participación.

Existen diversas clasificaciones y conceptos con respecto a la velocidad, de los que serán citados algunos:

Velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo en un espacio de tiempo infinitamente pequeño.

Velocidad en un punto, es la velocidad instantánea al pasar por un punto dado de la vía.

Velocidad media de recorrido, corresponde al cociente entre el espacio recorrido y el tiempo utilizado en hacerlo.

Velocidad directriz, es la escogida para proyectar y relacionar, entre sí, las características físicas de una vía que incida en la circulación vehicular.

h) Calcular de la velocidad instantánea de un vehículo:

Existen diversos sistemas y elementos para calcular la velocidad instantánea. Solo se citarán algunos de ellos, como sigue:

Radar, que provee de la información en forma directa y digital.

Tacógrafo, instrumento ubicado en el vehículo, deja constancia mediante una curva impresa en un papel, de la velocidad durante el viaje, con sus variaciones.

Cronometro, su uso está basado en tomar el tiempo de un vehículo en recorrer una distancia predeterminada.

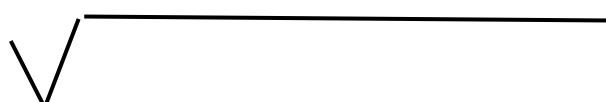
i) Velocidad crítica en curvas:

La velocidad crítica es aquella que el vehículo puede tomar una curva sin derrapar; superada esta se pierde el control, por efectos de la fuerza centrífuga, tendiendo a seguir la tangente al arco de circunferencia de la curva.

La fuerza centrífuga tiende a ser compensada por: El coeficiente de roce transversal y el peralte de la vía; de esta manera, el vehículo opera con una fuerza centrífuga inferior a la que supone el radio de la curva y el coeficiente de fricción.

Ecuaciones con Peralte

$$V_C = 15,9 * \sqrt{(\mu + P) * R/2} =$$



$$V_C = \frac{11,27 * R * [\mu + (P\%/100)]}{\sqrt{1 - (\mu * P\%)}} =$$

Ecuaciones Sin Peralte

$$V_C = \sqrt{g * \mu * R} = \text{Mts/Seg}^2$$

$$V_C = 11,27 * \sqrt{R * \mu} = \text{Km/h}$$

Ejemplo:

Un coche circula por la curva de una carretera de 500 m de radio. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento entre las ruedas del automóvil y el asfalto seco es de 0.75, calcular la máxima velocidad con el que el automóvil puede describir la curva con seguridad en los siguientes casos:

- la curva no tiene peralte
- la curva tiene un peralte de 4 %

j) Velocidad específica (Ve) como la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

$$V_e = \sqrt{127 * R * \left(\mu_t + \frac{P\%}{100} \right)}$$

Los peraltes están en función a los radios de la curva, así se tiene:

TABLA DE PERALTE

Radio de la curva en metros	Tanto por ciento
Hasta 50	0,100
50 – 70	0,095
70 – 90	0,090
90 – 110	0,085
110 – 140	0,080
140 – 170	0,075
560 – 660	0,040
780 – 940	0,030
Mayor de 4000	2 %

TABLA COEFICIENTE TRANSVERSAL

Velocidad especifica (Km/Hora)	Coefficiente de roce transversal	Radio mínimo en metros
30	0,210	25
40	0,191	45
50	0,171	75
60	0,156	120
70	0,148	175
80	0,141	250
90	0,135	350
100	0,126	450

Ejercicio: una curva de 250 metros de radio, el peralte es de 0,065 y el coeficiente de roce transversal 0,141. μ 1,00.

Este resultado indica que el vehiculo puede tomar la curva a 80 km/ h sin salirse de la curva.

k) Velocidad del vehiculo de acuerdo a la longitud de la huella de frenado

Con esta ecuación se puede determinar la velocidad V del vehículo al inicio de la huella de frenado.

Se debe tener en cuenta que:

- La posición final de la(s) llanta(s) del vehículo debe coincidir con el final de la huella.
- La aceleración del vehículo se asume como constante.
- La ecuación es válida para proceso de frenado de emergencia en superficies horizontales.

$$V = \sqrt{2 * \mu * g * d}$$

V = Velocidad del vehículo en el instante de comenzar a marcar la huella de frenada medida en metros/segundo.

μ = Coeficiente de rozamiento efectivo entre la banda de rodadura y el asfalto seco:

Máximo (0,8) Mínimo (0,7).

g = Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 metros/segundo².

d = Longitud de la huella de frenado medida en metros

D) Despeje

Las alineaciones de las curvas suelen ser las más propensas a plantear problemas de visibilidad, especialmente en los túneles, viaductos y tramos en desmonte o a media ladera. Para subsanar este tipo de inconveniente, se recurre al despeje o anchura libre necesaria para conseguir visibilidad de parada en un determinado punto, medida a partir del borde interior de la calzada.

El cálculo su valor puede realizarse mediante dos métodos: el trigonométrico, más exacto, y otro aproximado, basado en el concepto de potencia.

$$VD_{\min} = 2 * R * \arccos \left(1 - \frac{f}{R} \right) = \sqrt{8 * R * f}$$

Siendo:

VD_{\min} : La visibilidad mínima disponible en metros

R: Radio de la curva

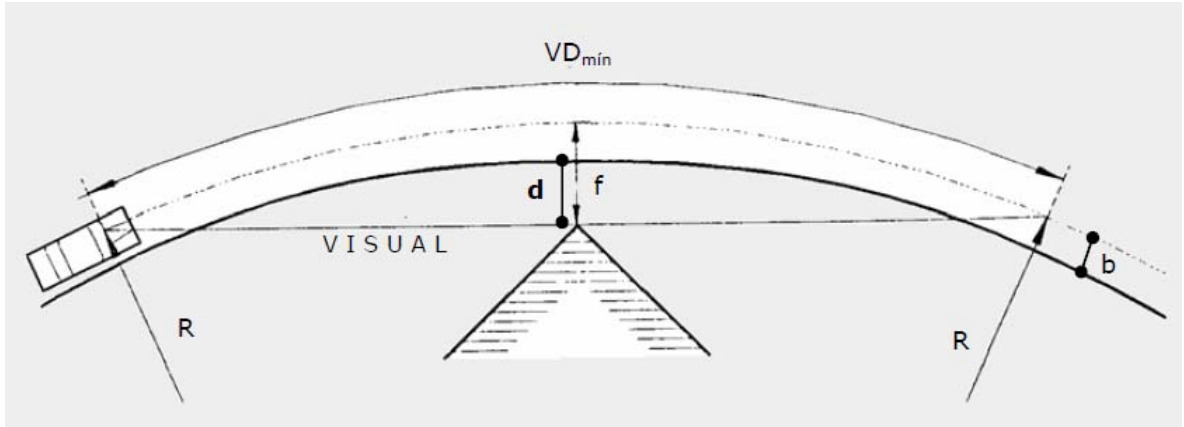
F: Distancia mínima del obstáculo al borde de la calzada más próximo a él en metros.

Dada su mayor simplicidad y facilidad de manejo suele emplearse la expresión aproximada, salvo que la curva sea muy cerrada, en cuyo caso el valor obtenido con aquella puede ser sensiblemente inferior al necesario.

El valor de despeje obtenido anteriormente corresponde a la longitud total de la flecha que marca la anchura libre necesaria. A este valor será necesario descontarle la distancia transversal entre la visual del conductor y el borde interior de la calzada, con lo que el despeje real o efectivo será:

$$d = \frac{VD_{\min}^2}{8 \cdot R} - b$$

- Siendo: d el máximo despeje, localizado en el punto medio de la visual.
 b la distancia transversal respecto del borde de la calzada a la que se halla el punto de vista del conductor, normalmente 1,50 m.



Visibilidad en curvas circulares (en la mano de circulación del conductor)

Otra ecuación para obtener el despeje mínimo de la calzada con algún obstáculo:

El valor del despeje necesario para disponer de una determinada visibilidad en una curva circular se obtendrá aplicando la fórmula:

$$F = R - (R+b) \cdot \cos[(31,83 \cdot D)/(R+b)]$$

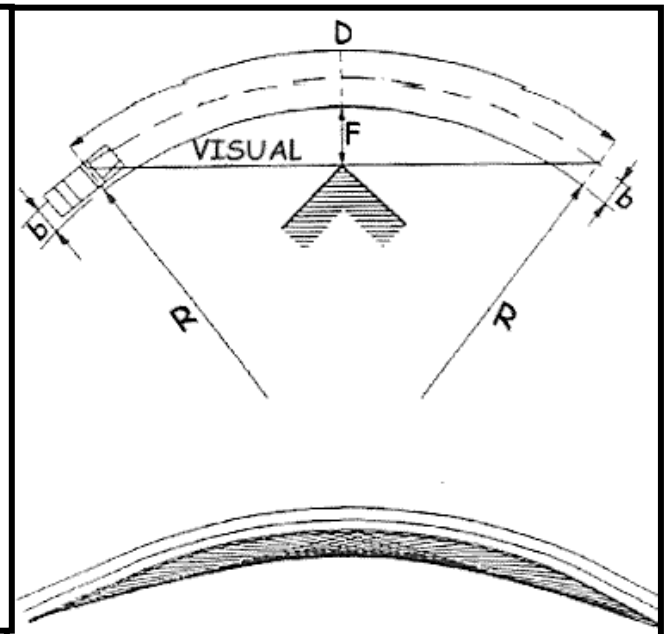
F = distancia mínima del obstáculo al borde de la calzada más próximo a él (m).

R = radio del borde de la calzada más próxima al obstáculo (m),

B = distancia del punto de vista del conductor al borde de la calzada más próximo al obstáculo (m).

D = visibilidad (m).

El valor angular de la fórmula anterior está expresado en gonios.



Ariel Mauricio Iriarte
 Primer Alférez (PCI)
 Prof Mil Accidentología Vial II