CAPITULO

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD Y OTROS

7

1º. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A PARTIR DE LAS HUELLAS DE FRENADA

FUNDAMENTOS

a) La aplicación del concepto de la equivalencia entre TRABAJO Y ENERGIA CINÉTICA, señala que:

$$Ec = W$$

$$\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = F \cdot x \qquad (1)$$

Pero la fuerza que interviene es la fuerza de rozamiento que es igual a **μ . P** ó **μ.m. g** y reemplazando en (1) tenemos:

$$\tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot x \qquad (2)$$

Siendo el primer miembro de la igualdad la Energía Cinética del móvil al iniciarse el proceso de frenado y el segundo miembro el Trabajo realizado por el vehículo por la fuerza de rozamiento neumático – calzada.

Donde:

½ = constante numérica
m = masa del vehículo
g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg.^{2}
v = velocidad desarrollada por el vehículo en los instantes previos al inicio de las huellas de frenada
μ = coeficiente de rozamiento
x = distancia de frenada exteriorizada por las huellas de los neumáticos

De la ecuación (2) simplificamos la masa "m" y despejamos la velocidad; y nos queda:

$$v = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot x \cdot k} \qquad (3)$$

Aclaramos que el factor "**k**" que aparece en la ecuación (3), es una constante numérica que nos indica el espacio de huellas no nítidas desde que comenzó la acción de frenado, y que según tablas establecen los siguientes valores:

Para vehículos grandes 1,0
Para vehículos medianos 1,2
Para vehículos chicos 1,3

b) También la expresión (2) puede escribirse:

$$\mu.\ g = \frac{v^2}{2.\ x} \qquad (4)$$

Llamando:

$$Pf = \mu.\ g \qquad (5)$$

La ecuación (4) puede escribirse de la siguiente forma:

$$Pf = \frac{v^2}{2.\ x} \qquad (6)$$

y la expresión (3) quedaría finalmente:

$$V = \sqrt{2.\ Pf.\ x} \qquad (7)$$

El término "Pf", recibe el nombre de Potencialidad de Frenos y depende exclusivamente del valor del coeficiente de rozamiento "μ", "Pf" no es otra cosa que la capacidad de desaceleración que tiene el rodado para el sistema de frenos para el cual está provisto, y consecuentemente se mide en unidades de aceleración (m/seg^2).

2º. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIALIDAD FRENADORA EN VEHÍCULOS MANEJABLES Y NO MANEJABLES

La potencialidad de frenos, es una fuerza frenadora capaz de reducir la velocidad o detener la marcha de un vehículo que se encuentra en movimiento o para mantenerlo inmóvil cuando éste está detenido. También podemos decir, que es la desaceleración que experimenta o que actúa sobre un vehículo y está dada en m/seg^2, el cual consigue por medio del sistema de frenos, conque vienen equipados los vehículos automotores en gral.
En los accidentes de tránsito, en muchas ocasiones nos vamos a encontrar con vehículos manejables y no manejables y de eso va a depender la realización de "las pruebas dinámicas de frenadas"
Son los vehículos manejables los que permiten la ejecución de las pruebas de frenadas, la cual va a consistir en someter el vehículo involucrado a una velocidad determinada, en el mismo lugar del accidente, si las condiciones existentes lo permiten. La velocidad aconsejable, por razones de seguridad, debe ser de 40 a 50 km/h. Se deben realizar por lo menos 3 ensayos, obteniéndose las huellas de frenadas correspondientes, luego se toman las medidas obtenidas, las que serán utilizadas para el cálculo de la POTENCIALIDAD FRENADORA. Ejemplo.

V = (Velocidad de prueba en m/seg)

x_1 = (distancia de frenada en el ensayo nº1, medidas en metros)
x_2 = (distancia de frenada en el ensayo nº2, medidas en metros)
x_3 = (distancia de frenada en el ensayo nº3, medidas en metros)

$$Pf_1 = \frac{v^2}{2.\ x_1} \qquad Pf_2 = \frac{v^2}{2.\ x_2} \qquad Pf_3 = \frac{v^2}{2.\ x_3}$$

De estas potencialidades frenadoras (Pf_1, Pf_2, Pf_3) se obtiene una potencialidad promedio, la misma es:

$$Pf_m = \frac{Pf_1 + Pf_2 + Pf_3}{3}$$

Seguidamente a esta potencialidad frenadora media, es la que se utilizará para el cálculo de la velocidad inicial del vehículo, considerándose ésta como la velocidad que trae el vehículo antes de iniciar su proceso de desaceleración:

$$V = \sqrt{2.\ Pf_m.\ x}$$

En esta ecuación no incluimos el factor “K”, ya que la velocidad con que se realiza la prueba es baja y por lo tanto el espacio que no imprimen los neumáticos es considerado mínimo.

En el caso de los vehículos no manejables, que son los que se encuentran totalmente inoperables, no va ha ser posible conocer la potencia frenadora mediante el método descrito anteriormente, ya que será necesario recurrir a la fórmula siguiente:

$$Pf = \mu\ .\ g$$

Donde:

μ = coeficiente de adherencia
g = aceleración de la gravedad

La diferencia entre una metodología y otra, reside en el hecho de que en los vehículos no manejables se considera un valor estándar de adherencia, los que figuran en tablas que se confeccionaron mediante ensayos repetitivos y posterior promediación de los resultados obtenidos. En cambio, podemos decir que la primera metodología aplicada es en cierta forma más precisa, pues los datos que se utilizan en la misma son ciertos y comprobables.

3º DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD EN FRENADAS SOBRE DISTINTAS SUPERFICIES Y SEGÚN LAS HUELLAS QUE QUEDAN IMPRESAS

Cuando se produce la desaceleración de un vehículo, mediante la aplicación de los frenos el mismo experimenta una transferencia del 60% de su peso hacia las ruedas delanteras, quedando en consecuencia para las ruedas traseras el 40% de dicho peso. Si a estos porcentajes se los divide por 100 y a la vez el resultado obtenido se lo divide por 2, nos quedará 0,3 y 0,2, para cada rueda delantera y trasera respectivamente.

a) Considerado el caso que un vehículo en movimiento frene con sus 4 ruedas y en una sola secuencia, haciéndolo en un principio sobre una superficie con adherencia μ_1, en una distancia x_1; y que posteriormente lo haga sobre otra superficie con adherencia μ_2, y a otra distancia x_2, la fórmula internacional de la velocidad quedará de la siguiente manera:

$$V = \sqrt{2.\ g.\ k\ .c.\ (\ \mu_1.\ x_1\ +\ \mu_2.\ x_2)} \qquad (1)$$

Donde:

V = velocidad inicial del móvil
2 = constante numérico
g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg^2)
k = coeficiente de disipación de energía (huellas no visibles)
c = coeficiente de transferencia de peso. En caso por frenar las 4 ruedas, posee una 100% de eficacia frenadora, por lo tanto el valor será “1”.

b) Para el caso en que un vehículo animado con cierta velocidad comience su proceso de frenado con las ruedas del lado derecho sobre una superficie con μ_1, mientras que las ruedas del lado izquierdo lo hagan sobre otra superficie distinta con un factor de adherencia μ_2, recorriendo las 4 ruedas la misma distancia “x”; para calcular la velocidad se procederá de la siguiente manera:

$$V = \sqrt{2.\ g.\ k\ \ (\mu_1.\ x_1.\ c_1\ +\ \mu_2.\ x_2.\ c_2)} \qquad (2)$$

Donde:
c_1 y c_2= son los coeficientes de transferencia del peso correspondiente de las ruedas delanteras (0,3) y traseras (0,2) derechas e izquierda respectivamente, que sumándolos se obtiene un resultado de 0,5 para cada lado considerado.

c) Si tenemos un vehículo que luego de aplicar sus frenos deja patentizada sobre una misma superficie, cuatro huellas de frenadas de distinta longitud x_1 , x_2, x_3 y x_4, para calcular la velocidad que animaba al vehículo antes de comenzar a frenar, se aplicará la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{2.\ g.\ k.\left[\ \mu.\ \ (\ x_1.\ 0{,}3 +\ x_2.\ 0{,}2 +\ x_3.\ 0{,}3 + x_4.\ 0{,}2\ )\right]} \qquad (3)$$

Donde:

V = velocidad inicial del móvil
2 = constante numérico
g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg^2)
k = coeficiente de disipación de energía (huellas no visibles)

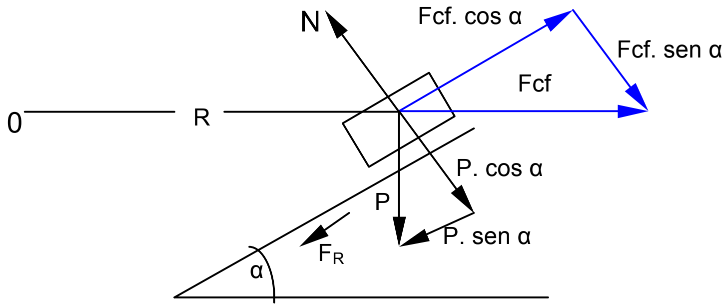
x_1, x_2 = longitud de huella dejadas por las ruedas delanteras y traseras, lado derecho.
X_3, x_4 = longitud de huella dejadas por las ruedas delanteras y traseras, lado izquierdo.
0,2 = valor del coeficiente de transferencia de peso de las ruedas traseras.
0,3 = valor del coeficiente de transferencia de peso de la ruedas delanteras.

Cabe destacar que la ecuación (3) puede ser aplicada también para cualquier caso en donde no frenen las 4 ruedas.

4º <u>DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD CRITICA DE CIRCULACIÓN DE UN VEHICULO EN UNA CURVA:</u>

Mediante este cálculo se persigue determinar la velocidad a partir de la cual un determinado vehículo comenzará a ingresar en maniobra de derrape en una curva, donde consideramos dos casos:

a) <u>Con peralte</u>:



<u>Referencias:</u>

R= Radio de curvatura de la calzada.
P. sen α = Componente tangencial del peso del vehículo.
P. cos α= Componente normal del peso del vehículo.
N= Fuerza normal que ejerce el plano inclinado.
Fcf = Fuerza centrífuga generada por el vehículo que describe una trayectoria curva.
Fcf. sen α = Componente normal de la fuerza centrífuga.
Fcf. cos α = Componente tangencial de la fuerza centrífuga.
Fr = Fuerza de rozamiento que se opone al desplazamiento del vehículo hacia fuera de la curva, es decir que impide que el mismo se despiste.

El vehículo no saldrá despedido por la curva siempre y cuando la sumatoria de las fuerzas que actúan sobre el eje de las abscisas positiva no sean mayor a la sumatoria de las fuerzas que actúan sobre el mismo eje, pero con sentido contrario, es decir que las fuerzas que mantienen el vehículo dentro de la trayectoria de la curva.
Por otro lado las fuerzas que tienden a sacar al vehículo de su trayectoria curva dependen directamente de la fuerza centrífuga, a su vez esta fuerza centrífuga esta en relación de la velocidad tangencial del vehículo. Mientras que las fuerzas que mantiene el vehículo dentro de la trayectoria de la curva, dependerán de la componente del peso sobre el eje de las abscisas y de la fuerza de fricción opuesta al movimiento transversal del vehículo.

Por lo tanto la condición para que dicho vehículo no se desvíe de su trayectoria curvilínea, estará dado cuando la sumatoria de todas las fuerzas que actúan sobre la abscisas sean igual a cero.

CONDICION DE EQUILIBRIO: $\Sigma Fx = 0$; o sea:

$$Fcf.\cos.\alpha - F_R - P.sen.\alpha = 0$$

$$Fcf.\cos.\alpha - \mu.(P.\cos.\alpha + Fcf.sen.\alpha) - P.sen.\alpha = 0$$

$$Fcf.\cos.\alpha - \mu.P.\cos.\alpha - \mu.Fcf.sen.\alpha - P.sen.\alpha = 0$$

$$Fcf.(\cos.\alpha - \mu.sen.\alpha) - P.(sen.\alpha + \mu.\cos.\alpha) = 0$$

Reemplazamos la Fcf y el P por sus equivalentes; y simplificando sus masas, tenemos:

$$\cancel{m}.\ \frac{v^2}{R}(\cos.\alpha - \mu.sen.\alpha) = \cancel{m}.g.(sen.\alpha + \mu.\cos.\alpha)$$

Despejamos la Velocidad tangencial y nos queda:

$$V = \sqrt{R.g.\frac{(sen.\alpha + \mu.\cos.\alpha)}{(\cos.\alpha - \mu.sen.\alpha)}}$$

Si al numerador y denominador los dividimos por cos.α, se tiene:

$$V = \sqrt{R.g.\left(\frac{\frac{sen.\alpha}{\cos.\alpha} + \frac{\mu.\cancel{\cos.\alpha}}{\cancel{\cos.\alpha}}}{\frac{\cancel{\cos.\alpha}}{\cancel{\cos.\alpha}} - \frac{\mu.sen.\alpha}{\cos.\alpha}}\right)}$$

Reemplazando y simplificando nos queda la ecuación final siguiente:

$$V = \sqrt{R.g.\frac{(tg.\alpha + \mu)}{(1 - \mu.tg.\alpha)}} \qquad (1)$$

b) <u>Sin peralte</u>:

Para curvas sin peralte α = 0; por lo tanto la ecuación (1) nos quedará:

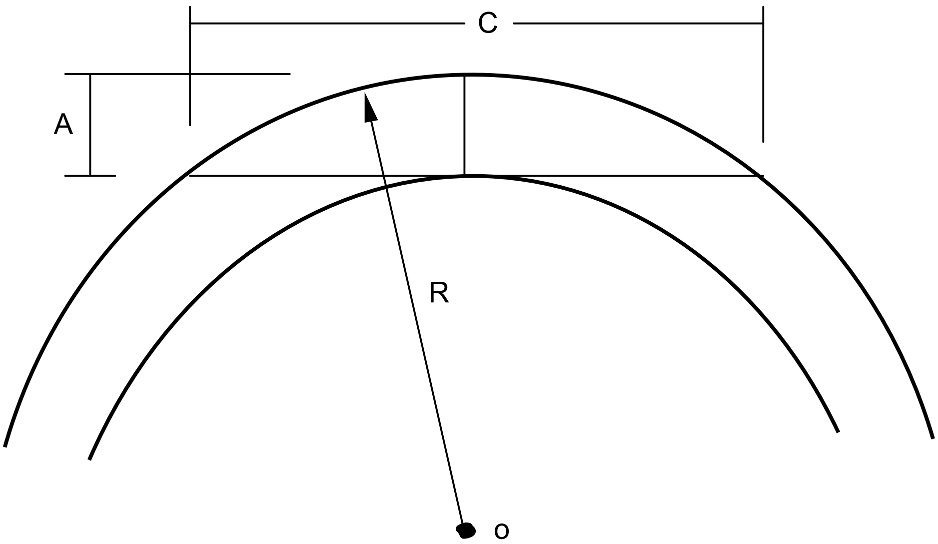
$$V = \sqrt{R.g.\mu} \qquad (2)$$

5º DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA

Para la determinación del radio de curvatura, en caso de carecer de planos de los caminos realizados por Vialidad Provincial o Nacional, se deben efectuar las mediciones que indica el gráfico, y aplicar la fórmula que se brinda seguidamente, teniendo en cuenta que una curva caminera está constituida por dos circunferencias concéntricas:

$$R = \left(\frac{C^2}{8.\ A} \right) + \frac{A}{2}$$

Donde:
R = radio de la circunferencia exterior de la curva.
C = cuerda de la circunferencia externa trazada tangente a la circunferencia interna.
A = ancho del camino en el punto de la tangencia de “C”.



6º. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE IMPACTO EN FUNCION A LA DISTANCIA DE PROYECCIÓN DEL PEATON

Para calcular la velocidad que necesita desarrollar un vehículo para proyectar a una persona de contextura normal por un espacio determinado, se aplica la siguiente fórmula fisicomatemática:

$$V = \frac{(Mv + Mp)}{Mv} . \sqrt{A\ .\ g}$$

Donde:

V = velocidad de impacto
Mv = masa del vehículo
Mp = masa del peatón
A = distancia de proyección

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg^2)

Dado el hecho que los “cuerpos” que entran en contacto son totalmente distintos en su constitución (el vehículo es un cuerpo duro y el peatón es un cuerpo blando), al momento del impacto se produce una absorción de energía por parte del cuerpo blando en un 25 % aproximadamente, conforme a ensayos realizados por la firma FORD DETROIT, EE.UU. En consecuencia en donde aparece involucrada la masa del vehículo debemos multiplicarla por el factor 0,75, quedando en consecuencia la fórmula original planteada de la siguiente manera:

$$V = \frac{(Mv.\ 0{,}75 + Mp)}{Mv.\ 0{,}75} . \sqrt{A.\ g}$$

Otro elemento a tener en cuenta es el hecho de que en la fórmula planteada aparece como uno de los datos requeridos “masa del vehículo y masa del peatón” lo que no debe confundirse con el peso del vehículo y el peso de la víctima.

FUNDAMENTOS

a) Al impacto del vehículo, el cuerpo del peatón, si es lanzado hacia delante de aquél en trayectoria parabólica con velocidad inicial, que forma con el plano horizontal un ángulo α. La distancia horizontal o alcance para una cierto tiempo “t” viene dada con la expresión:

$$A = (V_o.\ \text{Cos}.\ \alpha).\ t \qquad (1)$$

Donde:

A = distancia horizontal o alcance
$(V_o.\ \text{Cos}.\ \alpha)$ = velocidad en el eje de las equis
t = tiempo de vuelo

Asimismo, la altura del cuerpo para ese mismo tiempo “t” será:

$$h = (V_o.\ \text{sen}.\ \alpha).\ t - \tfrac{1}{2}\ .\ g.\ t^2 \qquad (2)$$

Donde:

h = altura máxima alcanzada por el cuerpo del peatón
$(V_o.\ \text{sen}.\ \alpha)$ = velocidad en el eje de las “Y”
t = tiempo de vuelo
½ = constante numérico
g = aceleración de la gravedad (- 9,8 m/seg^2)

Si en la ecuación (2) se hace h = 0, significa que el cuerpo del peatón alcanza nuevamente el suelo, culminando su vuelo, entonces:

$$t = \frac{2.\ (V_o.\ \text{sen}.\ \alpha)}{g} \qquad (3) \qquad ;$$

que es el tiempo total insumido hasta la caída, en trayectoria parabólica.

Durante este mismo tiempo "t" el cuerpo habrá recorrido una distancia horizontal "A" dada por (1), llamada Alcance. Reemplazando entonces (3) en (1) y operando y despejando, se tiene:

$$A = V_o . \text{Cos. } \alpha . \frac{2. V_o . \text{sen. } \alpha}{g}$$

$$A = \frac{V_o^2 .}{g} \; 2. \text{ Cos. } \alpha . \text{ sen. } \alpha \qquad (4)$$

Teniendo en cuenta que el seno del ángulo duplo, se define por el duplo del coseno del ángulo por el seno del ángulo. En símbolos:

$$\text{sen } 2\alpha = 2.\cos\alpha.\text{sen}\alpha$$

Reemplazando en (4) nos queda:

$$A = \frac{V_o^2 .}{g} \; \text{sen.} 2 \alpha \qquad (5)$$

Medida "A" en el lugar del accidente (distancia desde el punto de impacto hasta el punto de caída del peatón), y reemplazando en (5), resulta la V_o (velocidad inicial del cuerpo del peatón, medida oblicuamente respecto de la horizontal):

$$V_o = \sqrt{\frac{A . g}{\text{Sen.} 2\alpha}} \qquad (6)$$

Considerando que para cualquier proyección, el ángulo de máximo alcance es de 45º, es decir α= 45º, el sen 2 α = sen. 90º = 1. De esta manera la ecuación (6) quedará:

$$V_o = \sqrt{A . g} \qquad (7)$$

a) El PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO, aplicada a dos cuerpos de masa "m_A" y "m_P" (masa del automóvil y del peatón respectivamente), que circulan con velocidades iniciales "v_A" (automóvil) y "v_P" (peatón) y que colisionan uniéndose sus masas para desplazarse unidas por un instante con velocidad inicial "v_o", expresa:

$$m_A . v_A + m_P . v_P = (m_A + m_P) . v_o \qquad (8)$$

Si las respectivas masas se multiplican por la aceleración de la gravedad "g" (9,81 m/seg^2) por la 2da, Ley de Newton, las mismas pueden ser sustituidas por los Pesos correspondientes P_A Y P_P; y tomando en cuenta que la velocidad de desplazamiento del peatón es mucho menor que la del automóvil, sin mayor a error puede considerarse v_P = 0.

Entonces la ecuación (8) puede escribirse:

$$P_A .\, v_A = (P_A + P_P).\ v_O \qquad (9)$$

de donde se puede despejar la velocidad del automóvil (v_A):

$$v_A = \frac{(P_A + P_P)}{P_A}.\ V_o \qquad (10)$$

Reemplazando en la ecuación (10), la V_o por su equivalente (7):

$$v_A = \frac{(P_A + P_P)}{P_A}.\ \sqrt{A.\, g} \qquad (11)$$

Como el cuerpo del peatón absorbe alrededor del 25% del 100% de la Energía Cinética del automóvil, el peso del vehículo puede afectarse del coeficiente 0,75 para adecuar su remanente de energía a esa determinación. De tal manera la ecuación (11), quedará de la siguiente forma:

$$v_A = \frac{(P_A .\, 0{,}75 + P_P)}{P_A .\, 0{,}75}.\ \sqrt{A.\, g} \qquad (12)$$

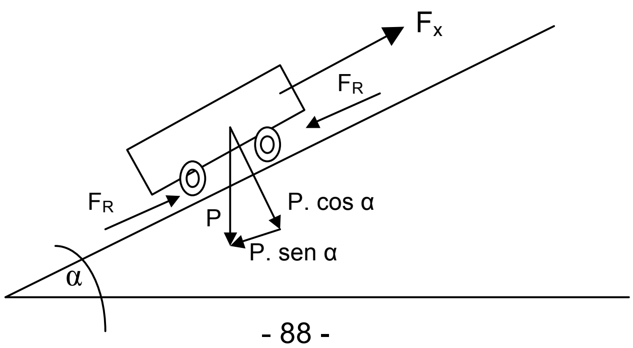
O bien simplificando, por último, la ecuación (12) puede escribirse:

$$v_A = 1 + \frac{P_P}{P_A .\, 0{,}75}\ .\ \sqrt{A.\, g} \qquad (13)$$

La ecuación (13) expresa, en consecuencia la velocidad de impacto V_A del automóvil al momento de colisionar con un peatón.

7º <u>DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD SOBRE HUELLAS IMPRESAS EN UNA PENDIENTE</u>

Las pendientes de las calzadas son, los declives que suben o bajan, por donde necesitamos transitar con nuestro vehículo, los mismos se miden en porcentajes o en grados. Según si deseamos ascender o descender serán: pendientes ascendentes o pendientes descendentes.



Para el cálculo de la velocidad para el caso en que un vehículo deje estampada sus huellas de frenadas en una pendiente (ascendente o descendente), consideremos el dibujo precedente con un sistema de ejes paralelo (el “x”) a la pendiente:

Por suma de fuerzas en “x”, tenemos:

a) <u>Para el vehículo subiendo</u>:

$$F_x = P.\ Sen.\alpha + F_R$$

$$F_x = P.\ Sen.\alpha + \mu.\ P.\ cos.\alpha$$

$$F_x = P.\ (Sen.\alpha + \mu.\ cos.\alpha)$$

$$F_x = m.\ g.\ (Sen.\alpha + \mu.\ cos.\alpha) \qquad (1)$$

b) <u>Para el vehículo bajando</u>:

$$F_x = P.\ Sen.\alpha - F_R$$

$$F_x = P.\ Sen.\alpha - \mu.\ P.\ cos.\alpha$$

$$F_x = P.\ (Sen.\alpha - \mu.\ cos.\alpha)$$

$$F_x = m.\ g.\ (Sen.\alpha - \mu.\ cos.\alpha) \qquad (2)$$

Ahora bien, al existir huellas de frenadas de longitud “L”, al igual la energía cinética con que viene animado el vehículo, con el trabajo desarrollado para detener al mismo, tenemos:

$$Ec = W$$

$$½.\ m.\ v^2 = Fx.\ L \qquad (3)$$

Con la ecuación (3) nos encontramos en condiciones de obtener las ecuaciones que permitan el cálculo de velocidad en cada cado, esto es:

I. <u>Cuando el vehículo sube la pendiente</u>:

$$½.\ \cancel{m}.\ v^2 = \left[\cancel{m}.\ g.\ (\ \mu.\ cos.\alpha + Sen.\alpha)\right].\ L$$

$$v = \sqrt{2.\ g\ .\ L.\ (\mu.\ cos.\alpha + Sen.\alpha\ )} \qquad (4)$$

Si a los sumandos de la ecuación (4) lo divido por cos.α, nos queda:

$$v = \sqrt{2.\ g\ .\ L.\ \left(\frac{\mu.\ cos.\alpha}{cos.\alpha} + \frac{Sen.\alpha}{cos.\alpha}\ \right)}$$

$$v = \sqrt{2 . g . L . (\mu + tg.\alpha)} \qquad (5)$$

Si tenemos en cuenta que tg. α = Pendiente por ciento (P%), la ecuación (5) nos quedará:

$$v = \sqrt{2 . g . L . \left(\mu + \frac{P\%}{100}\right)} \qquad (6)$$

Las ecuaciones (5) y (6), nos servirá para el caso en que tengamos las pendientes, ya sea en grados o en porcentajes.

II. <u>Cuando el vehículo baja la pendiente</u>:

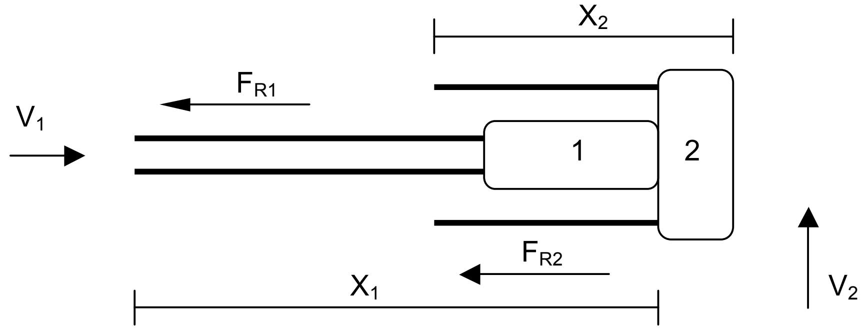
En este caso, las ecuaciones (5) y (6), quedarán de la siguiente manera:

$$V = \sqrt{2 . g . L . (\mu - tg.\alpha)} \qquad (7)$$

$$V = \sqrt{2 . g . L . \left(\mu - \frac{P\%}{100}\right)} \qquad (8)$$

8º. <u>DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO QUE IMPACTA A OTRO DESPLAZÁNDOLO LATERALMENTE</u>

Para calcular la velocidad de un vehículo que frena una cierta distancia (x_1) y desplaza a otro vehículo en forma lateral otra distancia (x_2), sobre una misma superficie con factor de adherencia μ (ver figura); debemos considerar el trabajo que realiza el vehículo para frenar y el trabajo que realiza para desplazar al otro rodado.



En símbolos el Trabajo total desarrollado por vehículo será:

$$W_T = w_1 + w_2 \qquad (1)$$

Este trabajo es el que realiza el vehículo hasta su detención final, arrastrando al otro móvil. La fuerza que interviene es la fuerza de rozamiento.

Ahora, bien igualando Energía Cinética y Trabajo, tenemos:

$$\tfrac{1}{2}.\ m.\ v^2 = F_{R1}.\ X_1 + F_{R2}.\ X_2 \qquad (2)$$

$$\frac{1}{2}.\ \frac{P_1}{g}.\ v^2 = \mu_1.\ P_1.\ X_1 + \mu_2.\ P_2.\ X_2$$

$$V = 2.\ g.\ (\mu_1.\ \frac{\cancel{P_1}}{\cancel{P_1}}.\ X_1 + \mu_2.\ \frac{P_2}{P_1}.\ X_2)$$

$$V = \sqrt{2.\ g.\ (\mu_1.\ X_1 + \mu_2.\ \frac{P_2}{P_1}.\ X_2)} \qquad (3)$$

Pero como se considera un mismo coeficiente de rozamiento, sacamos factor común, y nos queda:

$$V = \sqrt{2.\ g.\ \mu.\ (X_1 + \frac{P_2}{P_1}.\ X_2)} \qquad (4)$$

Donde:

V = velocidad inicial del vehículo 1.
2 = constante numérico
g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg^2)
μ = coeficiente de adherencia
X_1 = distancia de frenada del vehículo 1.
X_2 = distancia de arrastre lateral del vehículo 2.
P_1 = peso del vehículo 1.
P_2 = peso del vehículo 2.