

ANEXO D

PASOS A NIVEL

I) INTRODUCCIÓN

Definición:

Un paso a nivel (PAN) surge como consecuencia de la intersección de un camino carretero o avenida urbana con la vía férrea.

Para mantener la seguridad en la circulación tanto ferroviaria como carretera, se debe proteger el paso a nivel en forma segura y compatible con el desarrollo del tráfico de ambas vías de comunicación.

Para evitar la colisión, se recurre a interrumpir la continuidad del tráfico en la carretera en un momento dado y durante un cierto período de tiempo.

A tal efecto se recurre a los siguientes dispositivos de prevención, dependiendo de la importancia y peligrosidad del cruce:

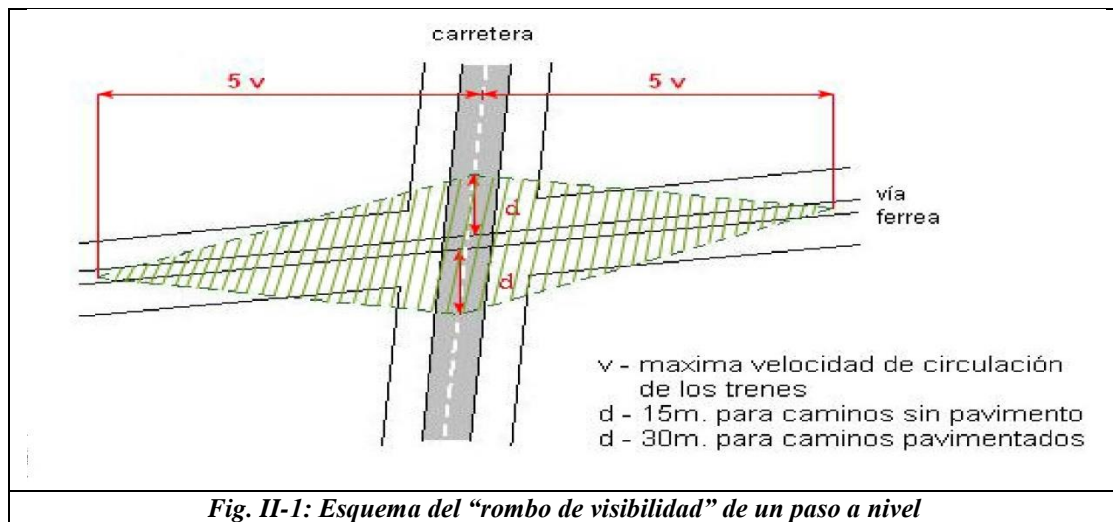
- 1) Avisos de advertencia: Cartelería fija (cruces de “San Andrés”) con la leyenda “CRUCE FERROCARRIL” o “CUIDADO TRENES”.
- 2) Avisos de advertencia: Además de las cruces de San Andrés se agregan señales fono – luminosas (luces destellantes y campanas sonoras).
- 3) Obstáculos fijos: barreras basculantes que impiden el tráfico vehicular, además de las barreras, se deben instalar señales fono-luminosas y cruces de “San Andrés”).

II) CARACTERÍSTICAS DE LOS PASOS A NIVEL

Las características generales de los pasos a nivel se pueden agrupar de la siguiente manera:

- 1) **Aspectos geométricos:** Dentro de los aspectos geométricos se pueden destacar los siguientes: ancho de la calzada, ancho de la faja de vía (dependerá de si es vía simple o vía doble), ángulo de cruce de ambas vías (debe tender a ser perpendiculares entre sí), rampas de acceso al cruce, caminos laterales que desembocan en la proximidad del paso a nivel, etc.
- 2) **Características de los trenes:** Se deben tener en cuenta, la velocidad máxima de circulación de los trenes en el tramo de vía correspondiente al paso a nivel considerado, así como el número de trenes que circulan en las 12 horas de mayor tráfico.

- 3) **Características de los vehículos carreteros:** Se debe considerar la cantidad de vehículos que circulan por la carretera en las mismas 12 horas de mayor tránsito carretero (generalmente se considera el período de tiempo comprendido entre las 7 y las 19 horas, para realizar el censo vehicular).
- 4) **Visibilidad:** Se define el “rombo de visibilidad” de un paso a nivel, como el área comprendida a una distancia d del riel más próximo medida por el eje del camino, ($d=30\text{m}$ si el camino es pavimentado y $d=15\text{m}$ si se trata de un camino de tosca). La otra diagonal del rombo de visibilidad se determina midiendo desde el eje del paso a nivel una distancia igual a $5v$ por el eje de la vía, siendo v la velocidad máxima a la que puede circular un tren por la vía. El rombo de visibilidad debe estar libre de obstáculos, para permitir tener una buena visibilidad del cruce tanto para los conductores de los vehículos carreteros como para los maquinistas que conducen los trenes.



- 5) **Factores climáticos:** Pueden influir negativamente en la percepción de un tren que está próximo al cruce, tales como: reflejos de sol, zonas de niebla, (perjudican la visibilidad), vientos u otros sonidos que impidan la percepción acústica de la proximidad del tren o que impidan escuchar las señales acústicas si es que las hay.
- 6) **Protecciones de los pasos a nivel:** Existen tres tipos principales de protección, según la peligrosidad del paso a nivel:
- a) **Cartelería de advertencia.**
 - b) **Señales fono-luminosas (“oscilantes”).**
 - c) **Barreras levadizas.**
- 7) **Pavimento y protección de cerramiento:** Los pasos a nivel deben contemplar la compatibilidad de las dos vías que se cruzan, por tal motivo se dispone de una

serie de elementos de protección de los rieles, así como pavimentos “removibles en forma periódica” para permitir el mantenimiento mecanizado de la vía.

- a) **Guardarrieles y contrarrieles:** se trata de rieles secundarios que sirven de protección a los rieles principales que constituyen el camino de rodadura. Los contrarrieles son los rieles interiores que protegen las pestañas de las ruedas mientras que los guardarrieles son los rieles exteriores.
- b) **Pavimento:** El pavimento en el paso a nivel puede ser de distintos tipos, según las preferencias y los recursos de los gestores tanto de la infraestructura ferroviaria como de la carretera o camino que la cruza.
 - b₁) Se pueden utilizar placas o losetas prefabricadas de hormigón (armado o pretensado), así como tabloncillos de madera fijadas a los durmientes de la vía mediante bulones (*Fig. II-2, a*). Este tipo de pavimento tiene la ventaja que puede ser removido para reparar la vía debajo y luego restituir el pavimento con los mismos elementos.
 - b₂) El pavimento asfáltico (*Fig. II-2, b*), tiene el inconveniente que se disgrega con el calor y la circulación vehicular; además se debe reconstruir totalmente en caso de tener que remover para realizar trabajos en la vía debajo del paso a nivel.
 - b₃) Otro tipo de pavimento puede ser el constituido por adoquines de hormigón, (*Fig. II-2, c*). Tiene como ventaja su facilidad de remoción y reinstalación.
 - b₄) El sistema “Holdfast” (*Fig. II-2, d*) utiliza paneles de caucho de alta resistencia, permite ser removido y ser colocado nuevamente. Se fijan a los durmientes mediante soportes metálicos especialmente diseñados.
 - b₅) También se emplean planchas metálicas desmontables con una estructura portante de perfiles de acero los cuales se fijan a los durmientes con bulones o tirafondos.
- c) **Sendas peatonales:** si se trata de un paso a nivel en zona urbana donde pueda existir circulación peatonal, se debe brindar un cruce seguro a los peatones, para ello y a continuación de la vereda, se colocan losetas de hormigón sobre la vía.
Pero como medida preventiva se instalan en el acceso a la zona de vía, molinetes o laberintos que advierten al peatón que está ingresando a una zona de riesgo (*Fig. II-3, a*).
- d) **Cerco y rejillas “guarda-ganado”:** La faja de vía debe estar cercada mediante un alambrado o muro medianero, como en la intersección de la vía con el camino se interrumpe el cerco perimetral, se debe evitar el ingreso de animales a la faja de vía, para eso se recurre a la instalación de rejillas guarda-ganado (mataburros), elementos que se fijan a los durmientes por medio de tirafondos (*Fig. II-3, b*).

PASOS A NIVEL

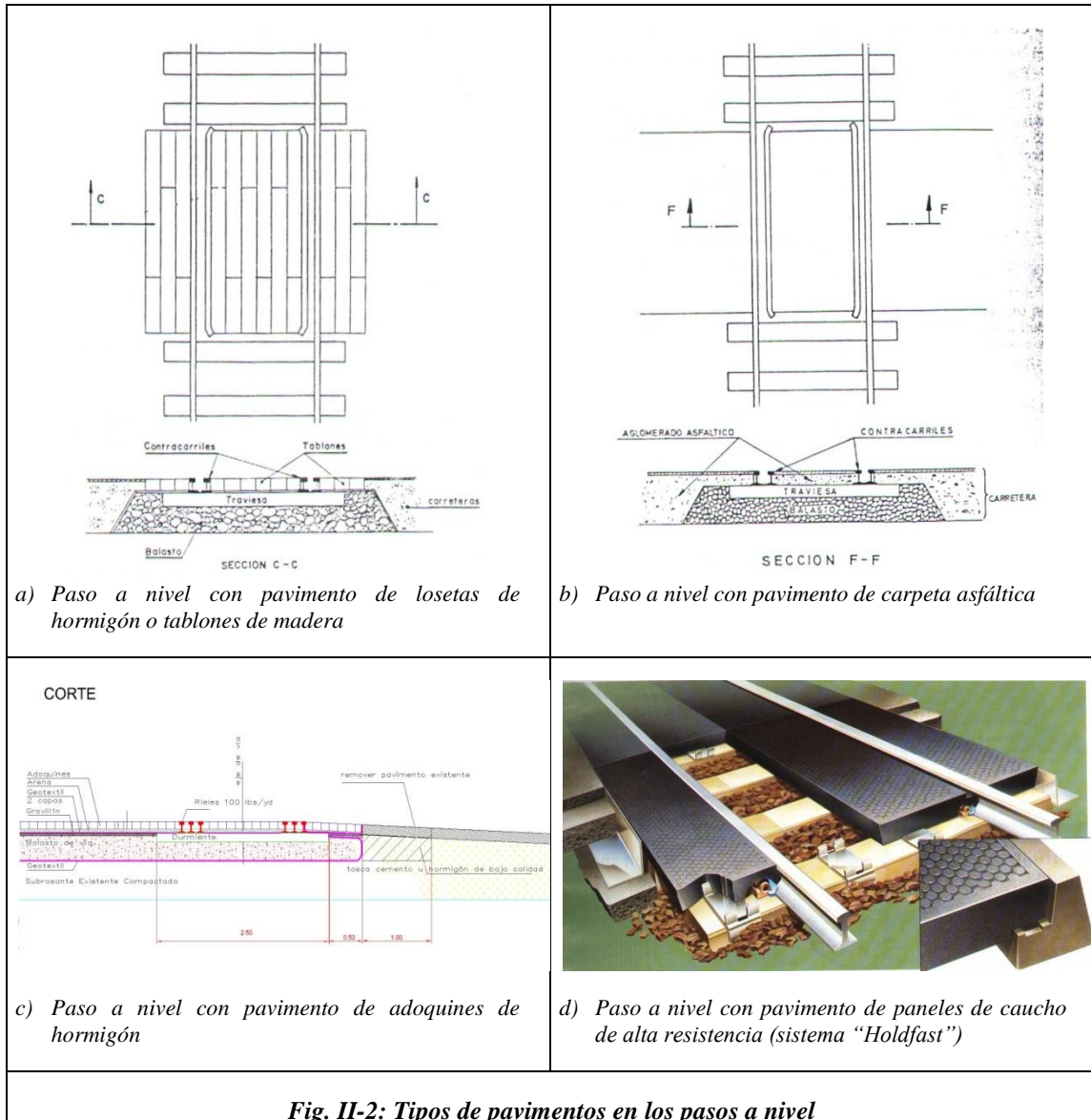


Fig. II-2: Tipos de pavimentos en los pasos a nivel

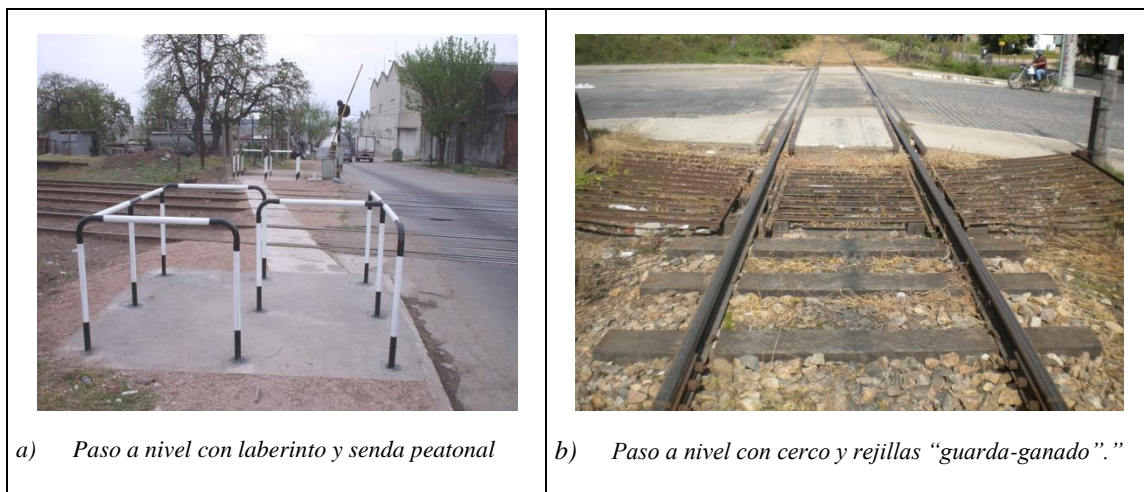


Fig. II-3: Sistemas de protección adicionales en pasos a nivel

III) SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS PASOS A NIVEL

La protección de un paso a nivel depende de la importancia del mismo y de los riesgos de accidentes que presente, lo que se determina mediante el cálculo del INDICE DE PELIGROSIDAD del paso a nivel considerado.

1) CARTELERIA FIJA: CRUCES DE “SAN ANDRES”

Como ya mencionó, universalmente se utilizan las “cruces de San Andrés” con la leyenda “CRUCE FERROCARRIL “ o “CUIDADO TRENES” (estos carteles se pintan con pinturas reflectantes, que permiten visualizarlos de noche). Los colores utilizados universalmente son: amarillo-negro; blanco-negro; blanco-rojo.

2) SEÑALES FONOLUMINOSAS (“OSCILANTES”)

Estos dispositivos son focos luminosos que emiten destellos en forma intermitente, conjuntamente con elementos acústicos que anuncian la proximidad del tren, estos elementos generalmente van acompañados de cruces de San Andrés.

Al igual que las barreras automáticas, estos mecanismos se accionan con el paso de los trenes mediante detectores que pueden ser magnéticos o eléctricos (por circuitos de vía), los cuales se ubican a determinada distancia del PAN.

3) BARRERAS

Las barreras pueden ser accionadas de tres formas:

- a) Manualmente
- b) En forma semiautomática
- c) En forma totalmente automática

Barreras de accionamiento manual: Este tipo de barreras constan de una columna que sostiene la pluma, en el extremo opuesto a la pluma tiene un contrapeso. En este caso la barrera es accionada mediante un mecanismo de torno por un operario destacado en el paso a nivel, llamado “guardabarrera”. Tiene el inconveniente de tener destacado un operario exclusivamente para el accionamiento de la barrera. El mismo puede ser *permanente* (las 24 horas del día durante todo el año); *intermitentes* (todo el año, pero no las 24 horas del día) y los *estacionales* (pueden ser intermitentes o permanentes, pero solo en temporadas).

Barreras enclavadas o semiautomáticas: pueden ser accionadas desde puestos de mando locales o desde un puesto de mando central (control centralizado).

Las barreras enclavadas pueden tener dos tipos de accionamientos: mecánico o eléctrico.

En el caso de accionamiento mecánico, el mismo se efectúa desde el puesto de mando local mediante un sistema de palancas, maromas y poleas que transmiten el movimiento a las barreras.

En el caso de accionamiento eléctrico, constan de un juego de palancas; motor transmisor; embrague; interruptores; relés; etc.

En muchos casos el accionamiento (mecánico o eléctrico) se complementa con un circuito cerrado de TV, instalado en el puesto de mando para facilitar la visibilidad del paso a nivel.

Las barreras con accionamiento eléctrico tienen circuitos de vía, mediante una lógica de relés conectados con el puesto de mando, de tal forma que el operario acciona mediante una palanca o botón el motor que baja la barrera. En estos casos, como las barreras tienen un enclavamiento eléctrico o electrónico vinculado a las señales (que pueden ser de dos o tres aspectos), cuando el operario “abre” la señal de “vía libre” (luz verde) a un tren que va a trasponer el paso a nivel, es condición indispensable que las barreras estén bajas, si las barreras están bajas el enclavamiento permitirá dar luz verde, en caso contrario (si las barreras no bajaron), el enclavamiento no permitirá dar vía libre y se mantendrá la señal con luz roja.

Los enclavamientos eléctricos tienen dispositivos de actuación y comprobación de la posición de las barreras (bajas o levantadas).

Las barreras tienen señales “de aviso” a los maquinistas del estado en que se encuentran las barreras, (así si la barrera está en la posición correcta, es decir baja cuando pasa el tren tendrá aspecto blanco o verde, que significa que el sistema está funcionando en forma correcta, por el contrario si la barrera está levantada, significa que no está funcionando y el aspecto será rojo, por lo cual el tren deberá detenerse antes del paso a nivel y reiniciar la marcha una vez que el maquinista se haya cerciorado que no existen vehículos carreteros próximos al PAN, o pasar “con precaución”.

Barreras automáticas: son accionadas mediante detectores ubicados a cierta distancia del PAN. (en función de la máxima velocidad de circulación), cuando el tren pasa por el punto de la vía donde está ubicado el primer detector, comenzarán a funcionar los mecanismos de accionamiento de las barreras, que finalizarán cuando el tren haya rebasado el PAN.

Los detectores pueden funcionar mediante detección magnética o detección eléctrica.

Supongamos que el primer detector (ya sea eléctrico o magnético) se halla ubicado en el punto 1, cuando el tren pasa por el punto 1 se acciona el sistema de preaviso (se accionan las campanas y las luces rojas intermitentes), 20 segundos después (tiempo de preaviso), comienzan a bajar las plumas de la barrera (el tiempo que tardan en bajar las plumas es de aproximadamente 15 segundos). Cuando el último eje del vagón de cola del tren, pisa el punto 2 (donde está ubicado el segundo detector o detector de salida), se cierra el circuito, comienza a levantar la pluma y se apagan las luces de destellos y las campanas sonoras. El tiempo total es de aproximadamente 35 segundos, contados desde que comienzan los destellos luminosos y a sonar las campanas hasta que pasa el tren, más el tiempo que tarda el tren en trasponer el PAN hasta que levantan las barreras. Existe además un tercer detector (punto 3) para los trenes que circulan en el otro sentido (el sistema es pues simétrico respecto al PAN).

Elementos que componen las barreras:

Las barreras ya sean automáticas o semiautomáticas, constan casi todas de los mismos mecanismos, diferenciándose únicamente por los dispositivos de accionamiento, pudiéndose incluso pasar de un sistema a otro. Están constituidas por una columna (llamada cabria) situada a un costado de la carretera (fuera del borde de la banquina), anclada en un macizo de hormigón. La pluma va montada sobre la cabria y articulada para permitir el movimiento de bajar y subir.

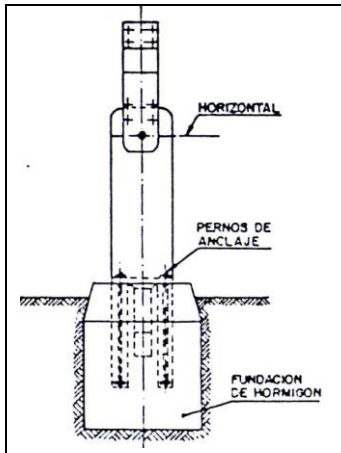


Fig. III-1: Columna o cabria de barrera levadiza

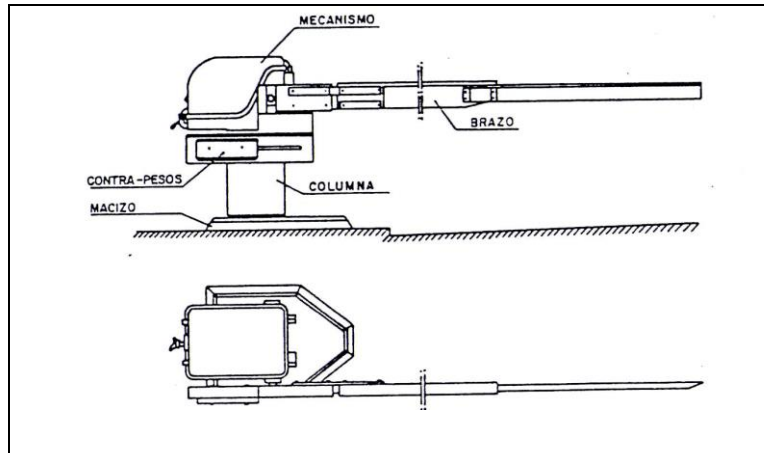


Fig. III-2: Esquema de semibarreras levadiza

El motor de la barrera, está compuesto por un juego de engranajes, de los cuales uno de ellos está unido solidariamente a la pluma para permitir los movimientos de subir o bajar. La alimentación del motor, puede ser mediante energía eléctrica, baterías, energía solar o energía eólica.

Las plumas pueden estar diseñadas cubriendo totalmente la calzada (barreras completas) o como semibarreras de entrada en cada sentido de marcha, en cuyo caso es conveniente instalar en el centro de la calzada, un bordillo o cordoneta para separar ambos sentidos de marcha. En algunos cruces de cierta importancia, se colocan 4 semibarreras.

Las semibarreras de entrada bajan primero y una vez que las mismas se hallan en posición horizontal, bajan las barreras de salida (aproximadamente 6 segundos después), esto es a los efectos de permitir la salida del PAN a los vehículos que lo están trasponiendo en el momento que comienzan a bajar las barreras de entrada.

Cuando las plumas atraviesan la calzada de lado a lado, en el otro extremo de la calzada tienen un soporte fijo llamado horquilla que permite descansar la pluma cuando la barrera está baja. Si se trata de semibarreras la carga se compensa con contrapesos.

Las plumas pueden ser de caños galvanizados, de madera o de polietileno con fibra de vidrio. Las plumas se deben pintar con pintura reflectante en sus dos caras con bandas alternadas de dos colores: negro-blanco. Estos colores están reglamentados por las distintas administraciones, en particular en Uruguay, se utiliza la combinación negro-blanco que fuera aprobada en el congreso de Ministros de Transporte del MERCOSUR.

IV) CRUCES EN DESNIVEL

Cuando la densidad del tráfico ferroviario y carretero son muy elevados, las posibilidades de colisión en el cruce aumentan, aumentando así la peligrosidad. Ante situaciones de este tipo es necesario construir cruces a distinto nivel. Dependiendo de las características topográficas, urbanísticas y paisajistas, el cruce en desnivel puede ser un pasaje superior o un pasaje inferior.

V) DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN DE LOS PASOS A NIVEL – INDICE DE PELIGROSIDAD

La determinación del índice de peligrosidad (P) de un paso a nivel se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{T.V}{4.\text{sen}\varphi} \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_3} + \frac{1}{F_4} \right) \cdot (1+b)$$

Donde:

T es el número de trenes en 12 horas con mayor tráfico.

V es el número de vehículos en 12 horas de mayor tránsito.

F₁, F₂, F₃ y F₄ son los factores de visibilidad.

φ es el ángulo de cruce del camino con la vía férrea.

b es un parámetro de la fórmula.

Para hallar los factores de visibilidad deberán tenerse en cuenta los tramos de vía visibles a ambos lados por un observador colocado en el paso a nivel, a 15 m del primer riel en caminos sin pavimento y a 30 m cuando el camino es pavimentado ó mejorado.

Los factores de visibilidad se calculan con la fórmula siguiente:

$$F = \frac{\sum l_i}{5.v}$$

Donde v es la máxima velocidad del tren, en Km/h.

l_i es la longitud visible de vía hasta una distancia equivalente a 5.v en cada uno de las cuatro direcciones.

De aquí se deduce que cuando la visibilidad es libre, es decir que no hay obstáculo, el factor de visibilidad es 1.

El parámetro b será determinado por el Contratante dentro de los límites y en función de los factores siguientes:

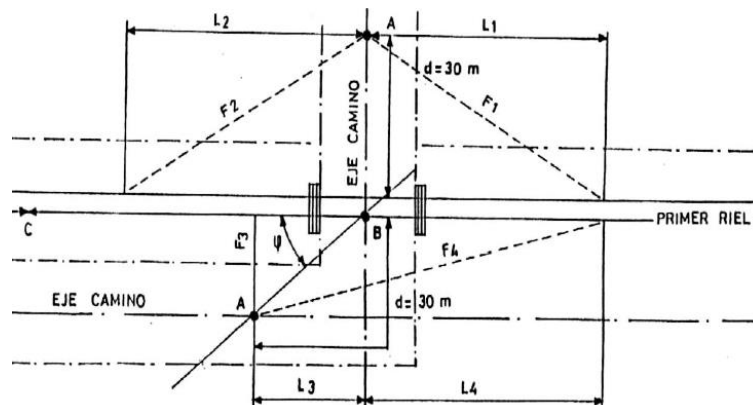
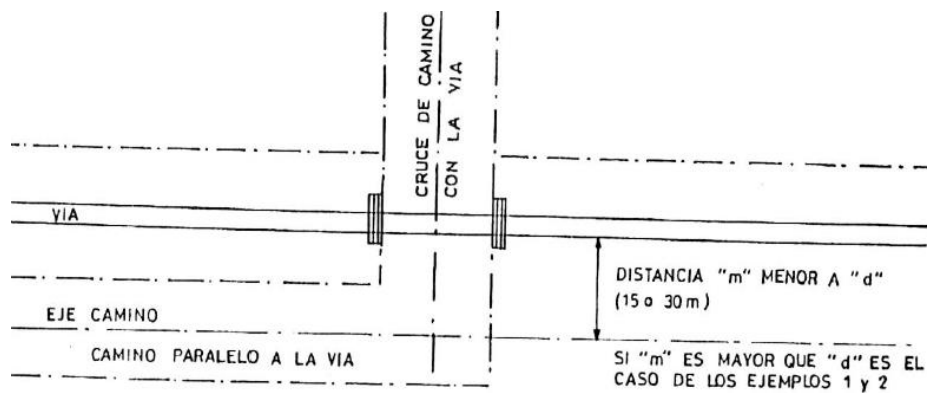
| | | |
|---|---------------------------|------------|
| Gradientes totalizando | hasta 8 % en ambos lados | Hasta 0,30 |
| | hasta 4 % en un solo lado | Hasta 0,15 |
| Cruce angosto | | Hasta 0,10 |
| Caminos laterales desembocando dentro de los 20 m desde el paso | | Hasta 0,15 |
| Vías múltiples | para dos vías | Hasta 0,10 |
| | para tres vías | Hasta 0,20 |
| | para cuatro ó más vías | Hasta 0,30 |
| Reflejos de sol | | Hasta 0,15 |

Una vez hallado el valor del índice de peligrosidad (P) de acuerdo al resultado obtenido mediante la fórmula anterior, se establece el siguiente tipo de protección:

- 1) Si $P < 12.000$: el paso a nivel deberá protegerse con señales de prevención del tipo cruces de San Andrés.
- 2) Si $12.000 \leq P < 50.000$: el paso a nivel deberá protegerse con señales luminosas y sonoras.
- 3) Si $P \geq 50.000$: el paso a nivel deberá protegerse con barreras.
- 4) Si $P \geq 150.000$, se recomienda construir un cruce en desnivel.

VI) CASOS PARTICULARES PARA DETERMINAR EL INDICE DE PELIGROSIDAD

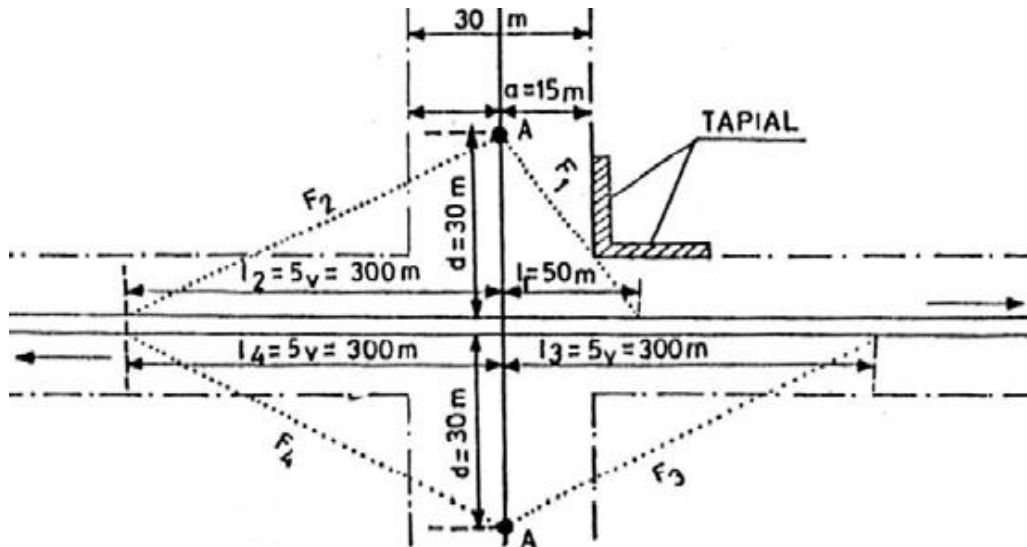
Para hallar el índice de peligrosidad en los casos en los cuales el paso a nivel sirve a un camino que cruza la vía en ángulo recto, pero su desplazamiento antes de llegar al mismo es paralelo a ésta, se determina el punto (A) de ubicación del observador midiendo la distancia desde el primer riel ya establecida en 15 ó 30 m siguiendo el andamamiento del camino. A continuación se mide el ángulo $ABC = \varphi$ formado por la intercepción del eje del camino con el primer riel, el punto A y la prolongación del primer riel, para hallar entonces el índice de peligrosidad.



VII) EJEMPLOS DE CALCULO DEL INDICE DE PELIGROSIDAD

Ejemplo N° 1:

Se considera el paso a nivel de la figura.



El número de trenes en 12 horas con mayor tráfico (T) es 87 trenes, el número de vehículos en 12 horas de mayor tránsito (V) es 550 vehículos, y la velocidad del tren es 60 Km/h.

La geometría de la zona indica que el semiancho del camino (a) es de 15 m, y que el camino pavimentado ó mejorado tiene una longitud (d) de 30 m.

La ubicación del observador en el punto A es de 1,50 m. Las longitudes visibles de vía en este caso son:

$l_1 = 50$ m por tener la visibilidad obstruida por el tapial, y

$l_2 = l_3 = l_4 = 5 \cdot V = 5 \times 60 = 300$ m por haber libre visibilidad.

Por consiguiente, los factores de visibilidad son:

$F_1 = 50/300 = 0,167$, por estar obstruida la visibilidad,

y $F_2 = F_3 = F_4 = 300/300 = 1$, por haber libre visibilidad.

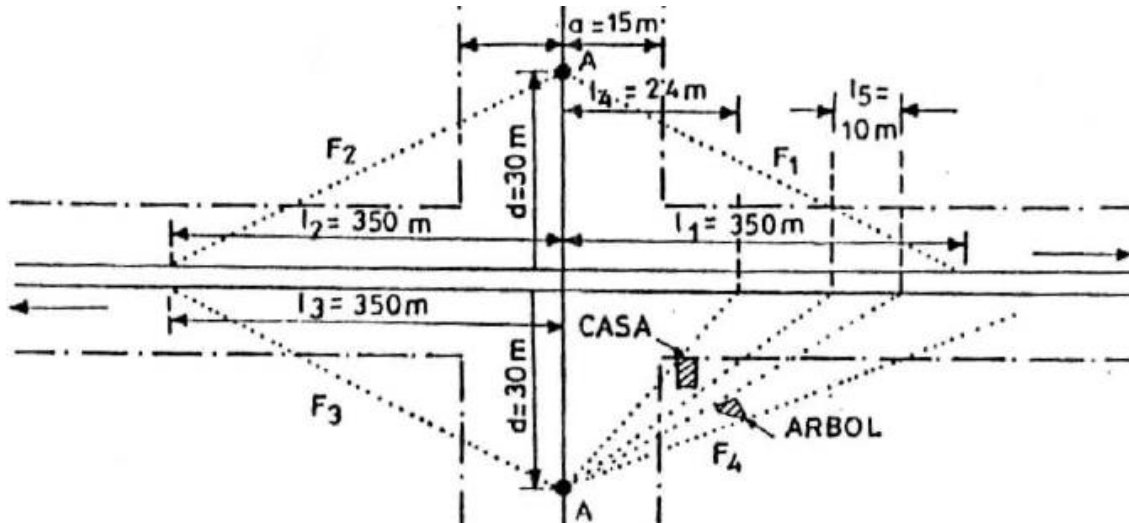
El índice de peligrosidad es pues:

$$P = \frac{87 \cdot 550}{4 \cdot \sin 90^\circ} \cdot \left(\frac{1}{0,167} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right) = 107.662,5$$

Por lo tanto este paso a nivel debe ser protegido con **barreras**.

Ejemplo N°2:

Consideremos ahora el paso a nivel de la figura siguiente.



El número de trenes en 12 horas con mayor tráfico (T) es 32 trenes, el número de vehículos en 12 horas de mayor tránsito (V) es 80 vehículos, y la velocidad del tren es 70 Km/h.

La geometría de la zona indica que el semiancho del camino (a) es de 15 m, y que el camino pavimentado ó mejorado tiene una longitud (d) de 30 m. La ubicación del observador en el punto A es de 1,50 m.

Las longitudes visibles de vía en este caso son: $l_4 = 24$ m y $l_5 = 10$ m por tener la visibilidad obstruida, y $l_1 = l_2 = l_3 = 5 \cdot V = 5 \times 70 = 350$ m por tener libre visibilidad.

Por consiguiente, los factores de visibilidad son $F_1 = F_2 = F_3 = 350/350 = 1$ por haber libre visibilidad, y $F_4 = (24 + 10)/350 = 0,097$ por estar obstruida la visibilidad.

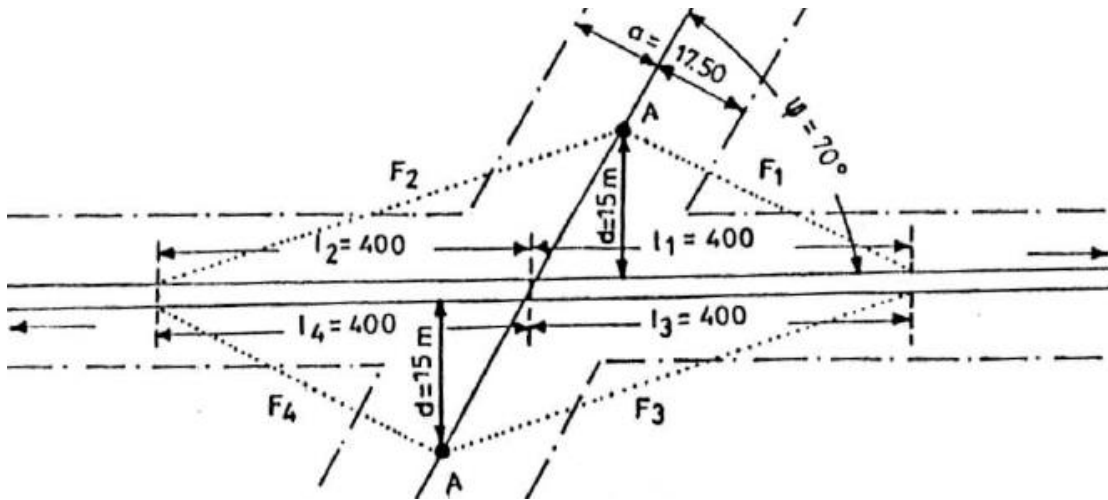
El índice de peligrosidad es pues:

$$P = \frac{32 \cdot 80}{4 \cdot \text{sen}90^\circ} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{0,097} \right) = 8.508,24$$

Por lo tanto este paso a nivel debe ser protegido con **cruces de San Andrés**.

Ejemplo N°3:

Dado el paso a nivel indicado en la figura siguiente.



El número de trenes en 12 horas con mayor tráfico (T) es 65 trenes, el número de vehículos en 12 horas de mayor tránsito (V) es 380 vehículos, y la velocidad del tren es 80 Km/h. La geometría de la zona indica que el semiancho del camino (a) es de 17,50 m, y que el camino pavimentado ó mejorado tiene una longitud (d) de 15 m. La ubicación del observador en el punto A es de 1,50 m y el ángulo de cruce (φ) es de 70° . Las longitudes visibles de vía en este caso son $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 5.V = 5 \times 80 = 400$ m por tener libre visibilidad.

Por consiguiente, los factores de visibilidad son $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 400/400 = 1$ por haber libre visibilidad.

El índice de peligrosidad es pues:

$$P = \frac{65 \cdot 380}{4 \cdot \text{sen}70^\circ} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right) = 26.285,19$$

Por lo tanto este paso a nivel debe ser protegido con **señales luminosas y sonoras.**

Ejemplo N°4:

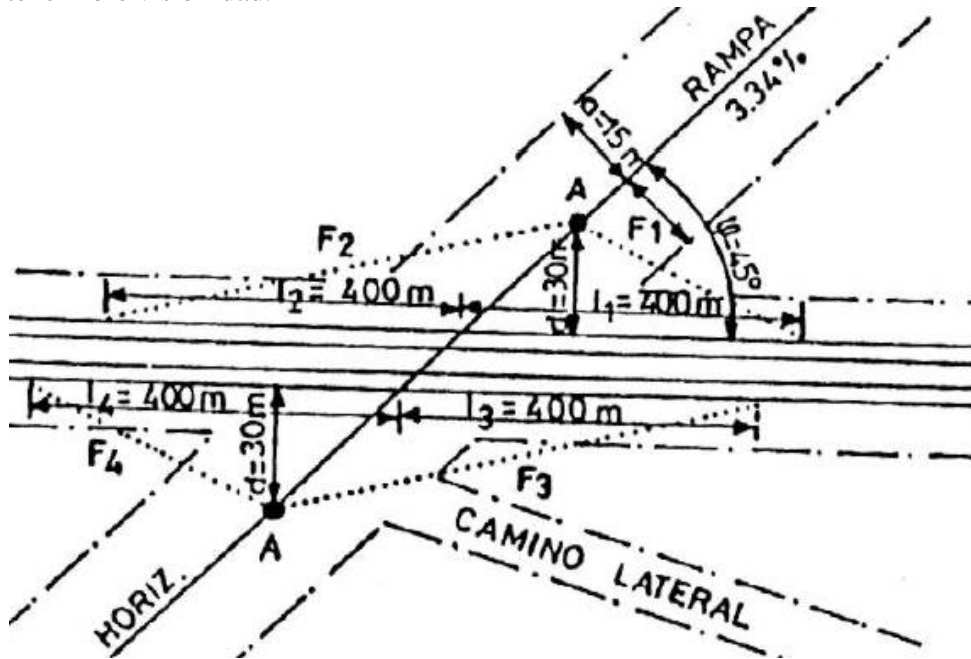
Sea el siguiente paso a nivel, en el cual desemboca un camino lateral.

El número de trenes en 12 horas con mayor tráfico (T) es 70 trenes, el número de vehículos en 12 horas de mayor tránsito (V) es 420 vehículos, y la velocidad del tren es 80 Km/h.

La geometría de la zona indica que el semiancho del camino (a) es de 15 m, y que el camino pavimentado ó mejorado tiene una longitud (d) de 30 m.

La ubicación del observador en el punto A es de 1,50 m y el ángulo de cruce (φ) es de 45°.

Las longitudes visibles de vía en este caso son $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 5.V = 5 \times 80 = 400$ m por tener libre visibilidad.



Por consiguiente, los factores de visibilidad son $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 400/400 = 1$ por haber libre visibilidad.

El índice de peligrosidad es pues:

$$P = \frac{70 \cdot 420}{4 \cdot \text{sen} 45^\circ} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right) + b = 41.577,88 + b$$

Para el cálculo de b se considera:

- Por rampa en un solo lado (3,34%) 12,5 %
- Por camino lateral 10 %
- Por vía doble 10 %

Lo que da un total de 32,5 %, es decir $b = 41.577,88 \times 0,325 = 13.512,81$ por lo que:

$$P = 41.577,88 + 13.512,81 = 55.090,69.$$

Por lo tanto este paso a nivel debe ser protegido con **barreras**.