



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL HAEDO**

Estructuras Ferroviarias I

INGENIERÍA FERROVIARIA

TRABAJO PRÁCTICO INTEGRADOR

(Peralte Ferroviario)

Profesor: Ing. Pégola, Fabian

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Sirolli, Agustín

Alumnos:

- Nagle, Gustavo;
- Rojas, Pablo;

Legajo: 23666

Legajo: 26262

Curso: 2do 9na

2022

Introducción

El presente trabajo fue realizado con el objeto de integrar los conocimientos desarrollados en la asignatura “estructuras ferroviarias I”, vinculando dichos conocimientos con las áreas técnicas del ámbito ferroviario. Como consignas propuestas por la asignatura para el desarrollo de este informe, fue la de presentar una investigación acerca de una aplicación ferroviaria, en donde puedan verse aplicados los conocimientos de cálculo de estructuras, solicitaciones, esfuerzos, tensiones y deformaciones, etc.

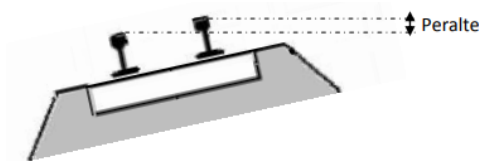
Objetivos - Alcance del estudio

La problemática que se plantea es el análisis del peralte para el correcto funcionamiento del tren y que no descarrile. Los temas que se van a abarcar son sobre la optimización y análisis de comportamiento del peralte ferroviario.

- Estudiar los esfuerzos en los distintos rieles
- Comportamiento del vehículo en la curva
- Diferenciar entre un peralte teórico y práctico
- Introducir al cálculo de peralte

Peralte

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía. En los ferrocarriles, el peralte ayuda a guiar al tren en la curva, evitando que las pestañas de las ruedas toquen los rieles, reduciendo la fricción y el desgaste.



El objetivo del peralte es:

- Contrarrestar la inercia que tiene el tren que lo tira hacia el exterior de la curva
- Reducir la degradación y desgaste de los rieles y material rodante.

Las principales funciones de los peraltes son:

- Mejorar la distribución de carga entre los rieles
- Reducir el desgaste rueda-riel
- Neutralizar el efecto de las fuerzas laterales
- Mejorar el confort del pasajero (al disminuir las fuerzas laterales)

Desarrollo

1) COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO EN CURVA. INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD EN LOS ESFUERZOS

Cuando un vehículo circula por una curva, la fuerza centrífuga lo empuja hacia el exterior de la misma, lanzándolo contra el carril exterior (Imagen 1). El valor de esta fuerza viene dado por la expresión:

$$F_c = \frac{P}{g \cdot R} \cdot V^2 \quad (1)$$

Donde:

P: es el peso del vehículo; **R:** es el radio de la curva; **V:** la velocidad del vehículo y **g:** la aceleración de la gravedad.

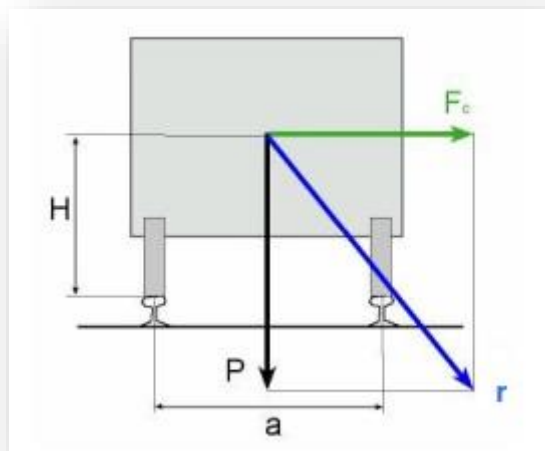


Imagen 1: Fuerza centrífuga actuando en un vehículo circulando en curva

A esta fuerza horizontal solamente se oponen en principio, si la vía se encuentra sobre una superficie horizontal:

La fuerza de rozamiento que surge entre la rueda y el carril. Este valor se desprecia en los cálculos para estar del lado de la seguridad, además de producirse en ocasiones reducciones importantes de dicho valor por la descarga accidental de la rueda.

La fuerza que surge del contacto entre la pestaña de la rueda exterior y la cara interna de la cabeza del carril exterior.

Ante esta situación surgen los siguientes riesgos:

De descarrilamiento, pudiéndose producir el trepado de la rueda exterior por el carril, por rozadura lateral de la pestaña sobre dicho carril, como se verá con detalle más adelante.

De ripado o desplazamiento lateral de la vía.

De vuelco, si el momento producido por la fuerza centrífuga, que puede verse incrementado por la acción del viento, supera al que producen las cargas estáticas que actúan sobre el vehículo.

De arrancamiento del sistema de anclaje de la sujeción.

De desgaste del carril exterior. Y además, afecta negativamente a la comodidad del pasajero.

En resumen:

Las sujeciones del riel son elementos que hacen posible la continuidad estructural de la vía. Las funciones de las sujeciones son:

- Fijar los rieles a los durmientes
- Asegurar la invariabilidad del ancho de la vía
- Facilitar la transferencia de las cargas estáticas y dinámicas del material rodante.

La forma de solucionar parcialmente estos problemas es inclinando transversalmente la vía hacia el interior de la curva, generando de esta forma, una fuerza paralela al plano de la vía, que se opone a la componente de la fuerza centrífuga e intenta equilibrarla.

Esta inclinación recibe el nombre de peralte. Este peralte debe alcanzarse de forma gradual y progresiva a partir del peralte nulo, que existe en las alineaciones rectas. Esta transición se realiza aprovechando las curvas de transición, que, además de permitir que el peralte se alcance de forma paulatina, hacen, también, posible una presencia gradual de la aceleración centrífuga, evitando los impactos bruscos.

Se denomina peralte a la diferencia de cota entre los dos rieles de la vía en curva, para una sección normal al eje de la vía. Es la elevación gradual del riel exterior sobre el interior, manteniendo éste a su nivel original en la recta.

Las principales misiones del peralte son:

- Producir una mejor distribución de cargas en ambos rieles.
- Reducir la degradación y desgaste de los rieles y del material rodante.
- Compensar parcial o totalmente el efecto de la fuerza centrífuga con la consiguiente reducción de sus consecuencias.
- Proporcionar confort a los viajeros reduciendo o neutralizando las fuerzas laterales.
- Guiar al tren en la curva

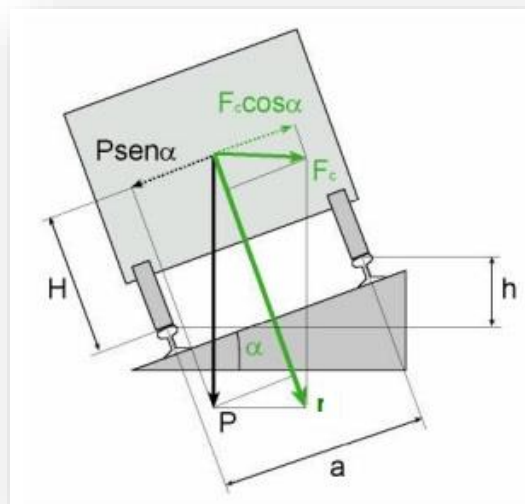


Imagen 2: peralte teórico

En la práctica el peralte de la vía se encuentra limitado por la coexistencia de trenes rápidos y trenes lentos; en estos últimos, que se encuentran con exceso de peralte, el apoyo de las pestañas con el riel interior, agravado por la resultante de las fuerzas de tracción, origina el desgaste de los elementos y, sobre todo, aumenta notablemente la resistencia a la rodadura, hasta el punto de hacer difícil el arranque en caso de parada imprevista en curva.

En pocas palabras, sería aquel con el que se consiguiese un equilibrio de las fuerzas en el plano de la vía.

$$Fc \cdot \cos \alpha = P \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

siendo α la inclinación del plano de la vía, y teniendo en cuenta que el **peralte teórico (ht)** es mucho más pequeño que la **distancia entre ejes de la vía (a)**, las relaciones trigonométricas podrían expresarse:

$$\sin \alpha = \frac{ht}{a} ; \cos \alpha \approx 1 \quad (3)$$

y por lo tanto de la expresión 1:

$$\frac{P}{g \cdot R} \cdot V^2 = P \cdot \frac{ht}{a} \quad (4)$$

$$ht = \frac{a}{g \cdot R} \cdot V^2 \quad (5)$$

Como se observa en la expresión anterior el peralte teórico dependería de dos parámetros, **el radio de la curva, R**, que es un valor constante y la velocidad de circulación que será variable en función del tipo de tren que circule. Si se calcula **h** para los trenes más rápidos, el confort para sus usuarios sería el adecuado, pero los trenes lentos, generalmente los de mercancías, por su gran peso desgastaría los carriles interiores. Si, por el contrario, se calcula **h** para la velocidad de los trenes más lentos, el confort sería malo para los más rápidos y el desgaste se produciría en el hilo exterior. Por tanto, no se podrá diseñar una vía, por la que circulen más de un tipo de tren, con un peralte teórico, sino que se tendrá que llegar a una solución de compromiso que sea la más adecuada, tanto para los trenes rápidos, como para los lentos.

Existen varios criterios para la elección del **peralte práctico (hp)**, entre los que se pueden citar como más frecuentes los siguientes :

$$hP = \frac{2}{3} \cdot ht , \quad (6) \text{ (España, ferrocarril convencional)}$$

$$hP \text{ obtenido para } V = 0.8 \cdot Vmax \quad (7)$$

$$hP \text{ obtenido para } V = \frac{\sqrt{Vmax^2 + Vmin^2}}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

$$hP \text{ obtenido para } V = \frac{\sqrt{\sum Vm^2 \cdot Nm}}{\sum Nm} \quad (9)$$

Donde:

Vm: es la velocidad de cada tipo de tren;

Nm: el número de trenes que circula a una velocidad Vm.

Este peralte práctico, así calculado, tiene una limitación máxima absoluta. Si este fuese muy alto en caso de parada en una curva sería incómodo para los viajeros.

Para un tren que circula por una **curva de radio R y con un peralte h**, habrá equilibrio si circula a una **velocidad teórica Vt**:

$$Vt = \frac{\sqrt{g \cdot h \cdot R}}{\sqrt{a}} \quad (10)$$

Para esa misma **curva (R)**, todos aquellos trenes que circulen a una **velocidad real (V) mayor a la teórica (V>Vt)** sufrirán una insuficiencia de peralte. El peralte necesario (**hn**) para esa velocidad real V vendrá dado por la expresión:

$$hn = \frac{a}{g \cdot R} \cdot V^2 \quad (11)$$

Por tanto, el peralte que falta o **insuficiencia de peralte (I)** será:

$$I = hn - ht = (V^2 - Vt^2) \frac{a}{g \cdot R} \quad (12)$$

Análogamente si la circulación se produce a una **velocidad real más lenta que la teórica ($V_r < V_t$)** se produciría un **exceso de peralte (E)** que vendría dado por la expresión:

$$E = ht - hn = (V_t^2 - V^2) \frac{a}{g \cdot R} \quad ; \quad (13)$$

Al observar la imagen 3 se comprueba que si la velocidad del vehículo en la curva supera a la teórica para ese peralte se genera una **fuerza centrífuga total (FC) superior a la fuerza centrífuga compensada (FCC)**, con lo que sobre el vehículo se produce una resultante que denominamos **fuerza centrífuga sin compensar (FCSC)**. Esta fuerza centrífuga sin compensar genera sobre el viajero una **aceleración centrífuga sin compensar (γ)**, cuyo valor debe limitarse para evitar problemas de incomodidad en la marcha para los pasajeros.

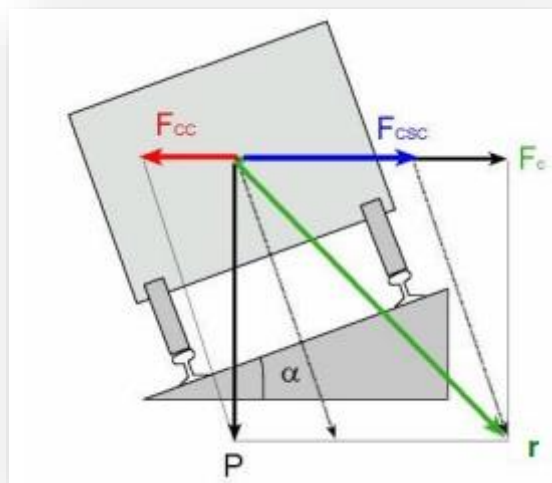


Imagen 3 : Definición de la aceleración centrífuga sin compensar.

La fuerza centrífuga no compensada se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$FCSC = FC - FCC \quad ; \quad (14)$$

El valor de la fuerza centrífuga compensada se puede obtener en función de P, "a" y "h" a partir de la imagen 3.

$$FCC = P \cdot tg(\alpha) = P \cdot \frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha} \approx P \cdot \text{sen } \alpha \approx P \cdot \frac{h}{a} \quad ; \quad (15)$$

Por tanto:

$$FCSC = \frac{P}{g \cdot R} \cdot Vr^2 - P \cdot \frac{h}{a} = \frac{P}{g \cdot R} (V^2 - Vt^2) = P \cdot \frac{I}{a} = mg \cdot \frac{I}{a} \quad ; \quad (16)$$

siendo m, la masa del vehículo.

Una vez calculada la fuerza centrífuga no compensada, para obtener el **valor de la aceleración no compensada, γ** , se emplea la 2ª ley de Newton:

$$\gamma = \frac{FCSC}{m} = I \cdot \frac{g}{a} \quad (17)$$

Análogamente, si tenemos exceso de peralte, es decir, $V < V_t$:

$$\gamma = \frac{FCSC}{m} = E \cdot \frac{g}{a} \quad (18)$$

Esta aceleración no compensada limita la velocidad de un vehículo en una curva de radio R y peralte establecido h, atendiendo a condiciones de seguridad. Los valores máximos de γ están limitados a efectos de evitar los siguientes riesgos:

- Ripado o desplazamiento lateral de la vía: se produce para $\gamma = 3.7 \text{ m/s}^2$
- Descarrilamiento: se produce para $\gamma = 5.9 \text{ m/s}^2$
- Vuelco: se produce para $\gamma = 6.5 \text{ m/s}^2$

La aceleración no compensada se ve todavía más limitada debido a condiciones de comodidad. La aceleración sufrida por el pasajero, γ_p , de valores muy inferiores a los anteriores (1.2 m/s^2), será la que realmente limite la velocidad de un vehículo en una curva.

El vehículo representado inicialmente en las figuras anteriores, obedece a un esquema de cuerpo rígido, pero en la realidad, un vehículo ferroviario está constituido, simplificada, por un conjunto de masas, muelles y amortiguadores que constituyen un sistema oscilante cuyo comportamiento al desplazarse por la vía difiere del primero. La forma de distribuir estos componentes sobre el vehículo da origen a dos tipos diferentes de configuración: tren convencional y el pendular.

En la siguiente figura (imagen 4) se representa el efecto sobre el viajero de la circulación en curva con ambos tipos de configuración. Para la misma velocidad y geometría de la vía, es decir, la misma aceleración sin compensar, γ , la componente en el plano de la vía, γ_v , continúa siendo igual, mientras que la componente en el plano de viajeros, γ_p , difiere, siendo mayor que, γ_v , en los vehículos convencionales y menor en los pendulares.

$$\gamma_p = \gamma_v (1 + S); \quad (19)$$

Siendo S el coeficiente de Souplesse, mayor que cero para los vehículos convencionales y menor que cero para los pendulares. El coeficiente S tomará diferentes valores dependiendo del tipo de vehículo.

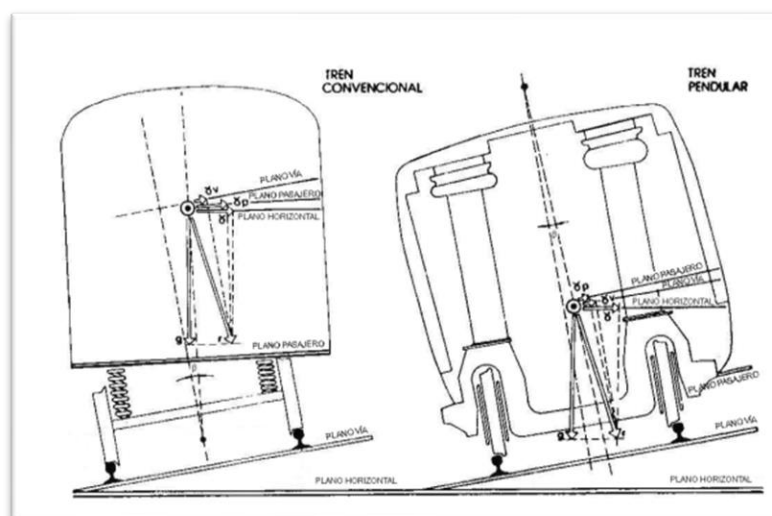


Imagen 4: comparativa de las aceleraciones sufridas por un tren convencional y otro pendular en una curva.

La razón de esta situación es intuitiva, pues claramente se observa en la figura que el vehículo convencional, en el cual la suspensión está situada por debajo del centro de gravedad, el par creado por la fuerza centrífuga sin compensar tiende a girar la caja hacia el exterior, mientras que en el vehículo pendular el par debido a la fuerza de centrífuga hace girar la caja en el sentido de aumentar el ángulo con la horizontal, reduciendo el efecto sobre el pasajero.

Conocido el máximo valor permitido para la γ y las propiedades geométricas de la curva (a , h y R), se podría determinar la máxima velocidad que el vehículo debe alcanzar en dicha curva:

$$\gamma = g \left(\frac{v^2}{g \cdot R} - \frac{h}{a} \right) = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot h}{a}; \quad (20)$$

$$V_{\max} = \sqrt{R \left(\gamma_{\max} + \frac{gh}{a} \right)}; \quad (21)$$

Cuando se fija la velocidad de circulación de los vehículos, esta afecta decisivamente a los parámetros geométricos empleados en el diseño de la vía. En la tabla siguiente se muestra la evolución de los parámetros geométricos para la SNCF(Sociedad Nacional de Ferrocarriles franceses) a medida que la velocidad de circulación de los trenes ha ido incrementándose.

Parámetro	Velocidad (km/h)		
	270	300	350
Mínimo radio de curvatura (m) :			
- Recomendado	3846	4545	7143
- Normal	3226	4000	6250
- Excepcional	3125	4000	5556
Máximo peralte (mm) :			
- Normal	180	180	180
- Excepcional	180	180	180
Insuficiencia de peralte (mm) :			
- Normal	100	85	65
- Excepcional	130	100	85
Exceso de peralte en condiciones normales para trenes de carga (mm) :			
- Normal	100	100	---
- Excepcional	110	110	---
Velocidad de variación de la deficiencia del peralte (mm/s) :			
- Normal	30	30	30
- Excepcional	50	50	50
Longitud de las conexiones parabólicas (m)	R = 3125 m D = 180 mm L = 270 m	R = 4000 m D = 180 mm L = 300 m	R = 5556 m D = 180 mm L = 350 m
Variación de peralte (mm/m) :			
- Normal	$0.30 \leq i \leq 0.67$	$0.30 \leq i \leq 0.60$	$0.30 \leq i \leq 0.52$
- Excepcional	$0.67 \leq i \leq 0.80$	$0.60 \leq i \leq 0.72$	$0.52 \leq i \leq 0.62$

Tabla 1: Efecto de la velocidad en la selección de parámetros geométricos.

En la tabla 2:

Se muestra un resumen de los parámetros geométricos empleados por las diferentes administraciones europeas, así como el indicado en la TSI (Technical Specification for Interoperability), en función de la velocidad empleada por cada una de ellas.

Parámetro	Administración										TSI
	Francia		Alemania			Italia		España		Belg	
	300	350	300	300	350	300	350	300	350	300	
Tipo de tráfico: P (pasajeros); P/C (pasajeros y carga)											
	P	P	P/C	P	P	P/C	P/C	P	P	P	P
Máxima carga axial, trenes de alta velocidad (t)											
	17	17	17	17	≤16	17	17	17	18	17	17
Máxima carga axial para locomotoras (t): N (ninguna)											
	N	N	20	N	N	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	N
Máxima carga axial para vagones de carga (t): N (ninguna)											
	N	N	22.5	N	N	22.5	22.5	N	N	22.5	N
Máxima velocidad de diseño de las líneas (km/h)											
	300	350	300	300	350	300	350	270	350	300	>300
Máxima velocidad de operación de las líneas (km/h)											
	300	320	300	300	330	300	350	270	>300	300	N
Mínimo radio de curvatura para la máxima velocidad (m)											
	4000	6250	4000	3350	5120	5450	7000	4000	6500	4800	
Máximo peralte de la vía (mm)											
	180	180	160	170	170	105	130	150	150	150	200
Máximo gradiente (mm/m)											
	35	35	20	40	40	12	12	12.5	25	15-21	35
Ley de variación del peralte de la vía (mm/s)											
	50	50	34.7	34.7	34.7	27	37	32	30	37	---
Mínimo radio vertical (m)											
	16000	21000	14000 12000	14000 12000	20000	25000	25000	24000 17000	25000	20000 17000	
Insuficiencia de peralte a la velocidad de diseño (mm)											
	85	65 (85)	105	130 150	112	90	75	100	65	100	80
Longitudes de las curvas de transición que corresponden al radio mínimo (m)											
	300	350	384	408	476	330	330	360	460	420	

Tabla 2: Parámetros geométricos empleados en Europa en alta velocidad.

2) NATURALEZA DE LOS ESFUERZOS APLICADOS SOBRE LA SUJECIÓN

Los esfuerzos que actúan sobre la sujeción surgen como resultado de absorber las fuerzas que la rueda transmite sobre el carril y transferirlas a la traviesa.

Estos esfuerzos pueden ser considerados desde tres direcciones principales:

- Vertical
- Horizontal, transversales a la vía
- Horizontal, paralelas a la vía o longitudinales

Estos esfuerzos, en resumen, provocarán sobre la sujeción diferentes efectos, como puede verse en la imagen 5:

Esfuerzo vertical:

La componente centrada intentará, en función de su signo, juntar el carril con la traviesa, comprimiendo la placa de asiento, o por el contrario, arrancar el carril de la traviesa.

La excentricidad de la carga originará un momento que intenta girar al carril respecto a la traviesa.

Esfuerzo horizontal transversal:

La componente centrada arrastra transversalmente el carril sobre la traviesa intentando modificar el ancho de vía, mientras que la excentricidad, al igual que ocurría en el caso anterior, intentará girar el carril respecto a la traviesa.

Si el esfuerzo horizontal se aplica en el vano entre dos traviesas, origina esfuerzos de torsión sobre la sujeción.

Esfuerzo horizontal longitudinal:

Provoca un deslizamiento longitudinal del carril respecto a la traviesa.

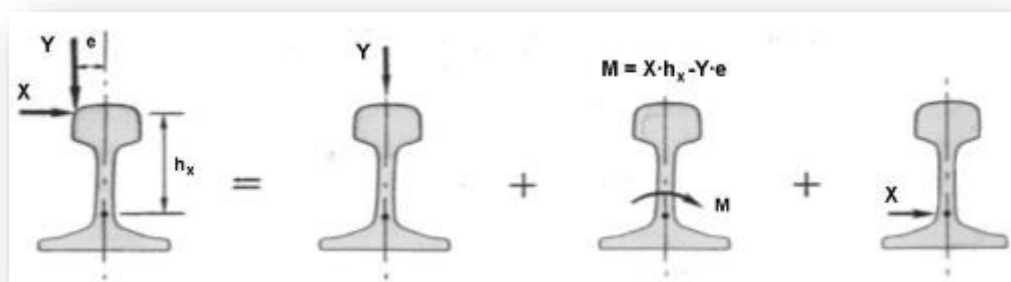


Imagen 5: Descomposición de los esfuerzos soportados por la sujeción

Generalmente, las cargas se distribuyen desigualmente sobre los dos carriles y son a menudo difíciles de cuantificar. Dependiendo de la naturaleza de las cargas, estas se pueden dividir en:

Cargas cuasi-estáticas como resultado del peso del vehículo, la fuerza centrífuga y la fuerza de centrado en curvas y cambios, y el viento transversal.

La frecuencia de aplicación de cargas dependerá, fundamentalmente, de la velocidad de circulación del vehículo, por lo que, a velocidades elevadas este tipo de esfuerzo podría clasificarse dentro del siguiente grupo.

Cargas dinámicas causadas por:

- Las irregularidades geométricas de la vía (horizontales y verticales) y la rigidez irregular de la vía debido a las características variables y asiento del balasto;
- Discontinuidades en soldaduras y juntas, cambios, etc.
- Superficie de rodadura irregular del carril debido al desgaste (corrugas)
- Defectos del vehículo tal como rueda con planos, vibraciones naturales, oscilaciones, etc.

También el efecto de la temperatura en vía continua con carril soldado puede causar considerables tensiones longitudinales (fuerzas de compresión), que pueden generar inestabilidades en la vía (riesgo de pandeo).

ESFUERZOS VERTICALES

La carga vertical total por rueda sobre el carril está formada por los componentes siguientes:

$$(22) Y_{tot} = Y_{est} + Y_{cen} + Y_{vie} + Y_{din}$$

(el cual las primeras tres son fuerzas cuasi-estáticas)

Donde:

Y_{est}: Carga estática por rueda (mitad de la carga estática por eje, medida en vía horizontal y recta.

Y_{cen}: Incremento en la carga por rueda sobre el carril exterior en curva debido a la fuerza centrífuga no compensada.

Y_{vie}: Incremento en la carga por rueda debido al viento transversal

Y_{din}: Componentes dinámicas de carga por rueda resultantes de:

- Masa suspendida: 0-20 Hz.
- Masa no suspendida: 20-125 Hz.
- Corrugas, soldaduras, defectos de rueda: 0-2000 Hz.

Haciendo un balance de las fuerzas que actúan sobre el vehículo se puede obtener la siguiente expresión para cada conjunto de ruedas y para un peralte pequeño:

$$Y_{cen} + Y_{vie} = \frac{P.I.H}{a^2} + \frac{q}{a} Fv \quad (23)$$

donde:

$$I = \frac{a}{g.R} \cdot V^2 - ht \quad (24)$$

I: insuficiencia de peralte

P: peso del vehículo por conjunto de ruedas

H: distancia al centro de gravedad del vehículo

a: ancho de vía

Fv: fuerza del viento transversal

q: distancia del centro de gravedad en la superficie lateral

V: velocidad

g: aceleración de la gravedad

R: radio de la curva

ht: peralte teórico

El incremento en la carga por rueda sobre el carril exterior en curva debido a la fuerza centrífuga no compensada supone, generalmente, entre un 10 y un 25 % de las cargas estáticas por rueda. Con viento transversal en el lado opuesto, F_v es negativo, lo que es importante para vehículos detenidos en curvas.

Debido al alto número de repeticiones de carga, la carga dinámica por rueda se puede considerar como un esfuerzo de fatiga. Esto significa que no es la carga por rueda el mayor factor determinante para la capacidad portante sino que lo será la media cuadrática de todas las cargas que actúan en la rueda.

Aproximadamente 2 m por delante y 2 por detrás de la rueda, el carril flexa hacia arriba. Esto significa que fuerzas directas ascendentes también pueden actuar sobre la sujeción, pudiendo provocar la extracción del sistema de anclaje a la traviesa.

ESFUERZOS TRANSVERSALES

La fuerza lateral horizontal ejercida por la rueda sobre el carril exterior viene dada por la expresión:

$$X_{tot} = X_p + X_{cen} + X_{vie} + X_{din}, (25); \text{ (donde las primeras tres son fuerzas cuasi-estáticas)}$$

Donde:

X_p : carga lateral en curva causada por la pestaña de la rueda contra el carril exterior

X_{cen} : fuerza lateral debida a la fuerza centrífuga no compensada

X_{vie} : fuerza lateral debido al viento trasversal

X_{din} : componente de la fuerza lateral dinámica, en vía recta se trata predominantemente de fenómenos oscilatorios (movimiento de lazo)

Si se asume que X_{cen} y X_{vie} actúan en su totalidad sobre el carril exterior, el equilibrio considerado por conjunto de ruedas sería:

$$(26) X_{cen} + X_{vie} = P \cdot \frac{l}{a} + F_v$$

La situación real es considerablemente más compleja debido a la presencia de varios conjuntos de ruedas acoplados, las diversas posiciones que el vehículo puede asumir en una curva y las fuerzas de adhesión entre el carril y la rueda.

Por todos estos motivos, la fuerza lateral total no puede ser pronosticada con gran fiabilidad. En la práctica, no obstante, se han desarrollado métodos experimentales de medida para determinar las fuerzas verticales y horizontales total sobre el carril. También se pueden emplear conjuntos de ruedas instrumentadas que permiten medir estas magnitudes y actualmente se están usando técnicas basadas en medidas geométricas.

Los esfuerzos longitudinales horizontales en el carril son originadas por:

- Fuerzas por temperatura, especialmente en el caso de carril continuo soldado, CWR. Estas fuerzas se pueden considerar de carácter estático
- Aceleraciones y frenazos.
- Disminución de tensiones causados por soldaduras de carril en la vía.

Fluencia de la vía.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Suponemos que distancia entre ejes de la vía es de 1,74 m (a) , velocidad 270 km/ h = 75m/s y radio 3846 m de la primera columna de la tabla.

$$ht = \frac{a}{g.R} \cdot V^2 = \frac{1,74 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3846 \text{ m}} \cdot \left(\frac{75 \text{ m}}{\text{s}} \right)^2 \rightarrow ht = 0,25941 \text{ m}$$

$$hp = \frac{2}{3} ht = \frac{2}{3} 0,25491 \text{ m}$$

$$hp = 0,16994 \text{ m} = 169,94 \text{ mm}$$

El máximo peralte es de 180 mm.

Ahora procedemos a calcular la insuficiencia/exceso y la aceleración.

$$\gamma = \frac{V^2}{R} - \frac{g \cdot h}{a} = \frac{\left(\frac{75 \text{ m}}{\text{s}} \right)^2}{3846 \text{ m}} - \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,169 \text{ m}}{1,74 \text{ m}} = 0,510 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = \frac{I \cdot g}{a} = \frac{E \cdot g}{a}$$

$$I = E = \frac{\gamma \cdot a}{g} = \frac{0,510 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,74 \text{ m}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,090 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

Y el exceso normal es de 100 mm.

CONCLUSIONES

En resumen, es muy importante tener un buen peralte para el confort del pasajero y al reducir la fuerza centrífuga y tener un rango aceptable de aceleración se evitan riesgos que pueden peligrar la seguridad de las personas y de la vía, como descarrilamiento, vuelco, desgastes del riel y material rodante.

Vimos que las sujeciones y el peralte se compensan entre sí y lo que tienen en común es reducir las cargas, esfuerzos, desgastes y mantener el equilibrio. Ya que si hay mucha fuerza centrífuga y velocidad de circulación se genera la carga dinámica, además si no hay un buen peralte puede haber un arrancamiento de la sujeción.

Al observar la tabla vemos que, al incrementar la velocidad, también se incrementa el radio de curvatura y disminuye la insuficiencia del peralte y la variación.

Luego de los cálculos observamos que los resultados son cercanos a los valores de la tabla demostrando así que son resultados coherentes. Respecto a la aceleración es inferior a 1,2 lo cual nos indica que está dentro de las condiciones de seguridad, entonces se limita la velocidad, se evitan riesgos y el pasajero puede viajar cómodamente.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

.https://www.academia.edu/8889106/CAPITULO_III_TRANSPORTE_FERROVIARIO

.https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1364/03de10.IAC_cap3.pdf?sequence=4

. <http://www.carreteros.org/normativa/i1939/articulos/7.htm>

.[http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/8FD55764A2F1964FC12573AA003EF819/\\$FILE/NAV%207350.pdf?OpenElement#:~:text=Peralte%20te%C3%B3rico%20de%20c%C3%A1culo%20%20ht,13%2C7%20V%C2%B2%2FR](http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/8FD55764A2F1964FC12573AA003EF819/$FILE/NAV%207350.pdf?OpenElement#:~:text=Peralte%20te%C3%B3rico%20de%20c%C3%A1culo%20%20ht,13%2C7%20V%C2%B2%2FR).

.https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/13377/1/TFG_QUINTERO_CORTES_FRANCISCO_JAVIER_76665944K.pdf

ÍNDICE

Introducción, Objetivos - Alcance del trabajo	1
Desarrollo	2
1)COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO EN CURVA. INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD EN LOS ESFUERZOS	3
2)NATURALEZA DE LOS ESFUERZOS APLICADOS SOBRE LA SUJECIÓN	10
-Esfuerzos Verticales	11
-Esfuerzo Trasversales	12
CÁLCULOS Y RESULTADOS	13
Conclusiones	14
Bibliografía	14