

**Reglamento CIRSOC 804-5**  
**Ministerio de Obras Públicas de la Nación**  
**Secretaría de Obras Públicas**

**INTI**

Instituto Nacional de  
Tecnología Industrial



**CIRSOC**

Centro de Investigación de los  
Reglamentos Nacionales de  
Seguridad para las Obras Cíviles



***REGLAMENTO ARGENTINO***  
***PARA EL DISEÑO DE***  
***PUENTES CARRETEROS***

***Defensas y Barandas***

**Julio 2019**



***REGLAMENTO ARGENTINO  
PARA EL DISEÑO DE  
PUENTES CARRETEROS***

***Defensas y Barandas***

***EDICIÓN JULIO 2019***



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio  
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina  
TELEFAX. (54 11) 4779-3183**

**E-mail: [cirsoc@inti.gob.ar](mailto:cirsoc@inti.gob.ar)  
[cirsoc@fm.gob.ar](mailto:cirsoc@fm.gob.ar)**

**INTERNET:**

**[www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc)**

*Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado*

*Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani*

*Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega*

*Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz*

*Área Diseño, Edición y Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti*

© 2020

**Editado por INTI  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000**

**Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados.  
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso  
en la Argentina.**

**Printed in Argentina.**

## **ORGANISMOS PROMOTORES**

Secretaría de Obras Públicas de la Nación  
Secretaría de Vivienda y Hábitat de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Instituto Nacional de Prevención Sísmica  
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén  
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas  
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires  
Dirección Nacional de Vialidad  
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires  
Consejo Vial Federal  
Cámara Argentina de la Construcción  
Consejo Profesional de Ingeniería Civil  
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland  
Instituto Argentino de Normalización y Certificación  
Techint  
Acindar – Grupo Arcelor Mittal

## **MIEMBROS ADHERENTES**

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón  
Asociación Argentina de Hormigón Estructural  
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado  
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón  
Asociación de Ingenieros Estructurales  
Cámara Industrial de Cerámica Roja  
Centro Argentino de Ingenieros  
Instituto Argentino de Siderurgia  
Transportadora Gas del Sur  
Quasdam Ingeniería  
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica  
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires  
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines  
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil  
Federación Argentina de la Ingeniería Civil  
Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta



## **Reconocimiento Especial**

*El **INTI-CIRSOC** agradece muy especialmente a las Autoridades del American National Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) por habernos permitido adoptar de base para el desarrollo de este Reglamento, la edición 2012 del documento **AASHTO LRFD Bridge Design Specification**.*



**ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN  
DEL**

**REGLAMENTO ARGENTINO  
PARA EL DISEÑO DE  
PUENTES CARRETEROS**

**CIRSOC 804-5**

***Defensas y Barandas***

***Ing. Francisco Bissio  
Ing. Diego Cernuschi  
Ing. Victorio Hernández Balat  
Ing. Daniel Ortega  
Ing. Gustavo Soprano***



***El Equipo Redactor contó con la colaboración de los siguientes profesionales:***

<b>Ing. Victor Fariña</b>	DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
<b>Ing. Susana Faustinelli Ing. Guillermo Ferrando Ing. José Giunta Ing. Hugo Echegaray</b>	CONSEJO VIAL FEDERAL
<b>Ing. Diego Cernuschi</b>	DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
<b>Ing. Máximo Fioravanti</b>	ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA
<b>Ing. Gabriel Troglia</b>	COORDINADOR COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC
<b>Ing. Juan José Goldemberg</b>	SOCIEDAD ARGENTINA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - SAIG
<b>Ing. Javier Fazio Ing. Tomás del Carril Ing. Rogelio Percivatti Franco Ing. Martín Polimeni</b>	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES - AIE
<b>Ing. Roberto Cudmani Ing. Juan Carlos Reimundín</b>	COORDINADORES DEL REGLAMENTO CIRSOC 102-2005
<b>Ing. Alicia Aragno</b>	INVITADA ESPECIAL - EXCOORDINADORA ÁREA ACCIONES SOBRE LAS CONSTRUCCIONES DE INTI-CIRSOC

***Agradecimiento especial***

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente al Arq. Gustavo Bandel por sus valiosos aportes al desarrollo de este Reglamento.*



# INDICE

## CAPÍTULO 13. DEFENSAS Y BARANDAS

13.1. ALCANCE	1
13.2. DEFINICIONES	1
13.3. SIMBOLOGÍA	4
13.4. REQUISITOS GENERALES	6
13.5. MATERIALES	7
13.6. ESTADOS LÍMITE Y FACTORES DE RESISTENCIA	7
13.6.1. Estado límite de resistencia	7
13.6.2. Estado límite correspondiente a evento extremo	8
13.7. DEFENSAS VEHICULARES	8
13.7.1. Sistemas de defensas	8
13.7.1.1. Requisitos generales	8
13.7.1.2. Defensas de aproximación al puente	9
13.7.1.3. Tratamiento de los extremos	9
13.7.2. Criterios para la selección de niveles de comportamiento de defensas para puentes	9
13.7.2.1. Niveles de comportamiento de las defensas de puentes	9
13.7.2.2. Categorías de los emplazamientos	10
13.7.2.3. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT1	12
13.7.2.4. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT2	13
13.7.2.5. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT3	13
13.7.2.6. Método CAT1	13
13.7.2.7. Método CAT2 – Procedimiento basado en gráficos	13
13.7.2.7.1. Determinar el TMDA y el porcentaje de vehículos pesados	14
13.7.2.7.2. Determinar el TMDA ajustado	14
13.7.2.7.3. Determinar el nivel de comportamiento de la defensa	16
13.7.2.8. Método CAT3 – Especificación, normas y análisis B/C	18
13.7.2.8.1. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento medio	19
13.7.2.8.2. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento alto	19
13.7.2.9. Criterio de ensayo para las defensas vehiculares	20
13.7.3. Diseño de las defensas	20
13.7.3.1. Requisitos generales	20
13.7.3.1.1. Aplicación de sistemas previamente ensayados	20
13.7.3.1.2. Sistemas nuevos	20
13.7.3.2. Altura del muro o defensa para tránsito vehicular	21

13.8. BARANDAS PARA PEATONES	21
13.8.1. Geometría	21
13.8.2. Sobrecargas nominales	22
13.9. BARANDAS PARA CICLISTAS	23
13.9.1. Requisitos generales	23
13.9.2. Geometría	23
13.9.3. Sobrecargas nominales	23
13.10. DEFENSAS COMBINADAS	24
13.10.1. Requisitos generales	24
13.10.2. Geometría	24
13.10.3. Sobrecargas nominales	24
13.11. CORDONES Y VEREDAS	24
13.11.1. Requisitos generales	24
13.11.2. Veredas	24
13.11.3. Tratamiento de los extremos de defensas divisorias	24
APÉNDICE A13. DEFENSAS Y BARANDAS	25
A13.1. GEOMETRÍA Y ANCLAJES	25
A13.1.1. Separación de los elementos de las defensas	25
A13.1.2. Anclajes	27
A13.2. FUERZAS NOMINALES PARA LAS DEFENSAS DE TRÁNSITO VEHICULAR	27
A13.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS DEFENSAS UTILIZADAS COMO PROTOTIPOS DE ENSAYO	29
A13.3.1. Defensas de hormigón	29
A13.3.2. Defensas formadas por postes y barandales	30
A13.3.3. Muro de hormigón y defensa metálica	31
A13.4. DISEÑO DEL VOLADIZO LATERAL DEL TABLERO	34
A13.4.1. Casos de diseño	34
A13.4.2. Tableros que soportan muros de hormigón	34
A13.4.3. Tableros que soportan defensas formadas por postes y barandales	35
A13.4.3.1. Diseño del voladizo lateral del tablero	35
A13.4.3.2. Resistencia al corte por punzonamiento	36
APÉNDICE B13. PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES	38

## CAPÍTULO 13. DEFENSAS Y BARANDAS

### 13.1. ALCANCE

Este Capítulo se aplica a las defensas y barandas para puentes nuevos y para la rehabilitación de puentes existentes cuyas defensas y barandas deban ser reemplazadas. Este Capítulo proporciona seis niveles de ensayo para las defensas de puentes y los requisitos para sus correspondientes ensayos de choque. También contiene lineamientos para determinar el nivel necesario para satisfacer las especificaciones para los tipos más comunes de puentes y lineamientos para el diseño estructural y geométrico de las defensas y barandas.

En el Apéndice **A** se describe un procedimiento para diseñar los prototipos a ensayar para determinar su resistencia al choque. Esta metodología se basa sobre una aplicación de la teoría de las líneas de fluencia. Para usos no comprendidos en el diseño de los prototipos de ensayo en los que se anticipan modos de falla similares a los ilustrados en las Figuras C A13.3.1-1 y C A13.3.1-2, se desarrollará una solución rigurosa con la teoría de las líneas de fluencia o el método de los elementos finitos. Los procedimientos del Apéndice **A** no se aplican a las defensas vehiculares instaladas sobre estructuras rígidas, tales como muros de sostenimiento o zapatas corridas, en las que las líneas de fluencia puedan extenderse a los componentes que las soportan. En los comentarios al Apéndice **B** se suministran planos tipo de defensas vehiculares para los diferentes niveles de comportamiento.

### 13.2. DEFINICIONES

**Apto para choques (“Crashworthy”)**: Se dice de un sistema que ha sido ensayado con éxito con una matriz de choque y un nivel de ensayo aceptable, o bien de uno que se ha evaluado geométrica y estructuralmente y se ha determinado que equivale a un sistema ensayado.

**Autopista (“Freeway”)**: Carretera principal con control total de accesos que tiene calzadas separadas y cuyas intersecciones están resueltas a diferentes niveles.

**Autovía (“Expressway”)**: Carretera principal con control de accesos que puede o no estar dividida o tener intersecciones a diferentes niveles.

**Baranda ciclística o para ciclistas (“Bicycle railing”)**: Sistema de baranda o defensa, tal como el ilustrado en la Figura 13.9.3-1, que provee una guía física para los ciclistas que utilizan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de su caída por sobre el sistema de defensa.

**Baranda peatonal o para peatones (“Pedestrian railing”)**: Sistema de baranda, tal como el ilustrado en la Figura 13.8.2-1, que provee una guía física para los peatones que utilizan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de su caída por sobre el sistema de defensa.

**Cara del cordón (“Face of the curb”):** Superficie vertical o inclinada del cordón ubicado al borde de la calzada.

**Cargas longitudinales (“Longitudinal loads”):** Fuerzas nominales en sentido horizontal aplicadas de forma paralela al sistema de defensa y que corresponden a la fricción de las cargas transversales.

**Cargas transversales (“Transverse loads”):** Fuerzas nominales en sentido horizontal aplicadas de forma perpendicular al sistema de defensa o baranda.

**Categoría de emplazamiento (“Site category”):** La introducción de una categoría de emplazamiento se ha incluido, en la metodología, con el reconocimiento de que hay tres metodologías diferentes utilizadas en este Reglamento. La introducción de los resultados de una categoría de emplazamiento es un método formal para seleccionar la metodología apropiada y brindar orientación sobre cuándo se debe seleccionar una metodología en particular. Las categorías de emplazamientos son equivalentes a las siguientes terminologías: CAT1, CAT2 y CAT3.

**Defensa combinada (“Combination railing”):** Sistema de baranda para peatones o ciclistas, tal como se ilustra en las Figuras 13.8.2-1 y 13.9.3-1, agregado al sistema de defensa o vehicular resistente al choque.

**Defensa de aproximación al puente (“Bridge approach railing”):** Sistema de defensa de protección que precede a la estructura y está unido al sistema de defensas del puente, cuya función es evitar que un vehículo impacte contra el extremo de la defensa del puente.

**Defensa de uso múltiple (“Multiple use railing”):** Defensa que se puede utilizar con o sin una vereda sobreelevada.

**Defensa vehicular o para vehículos (“Traffic railing”):** Sistema estructural anclado o montado sobre un puente, que tiene por objeto contener a los vehículos a fin de disminuir los riesgos que se provocarían por desvíos accidentales.

**Elementos de las barandas o defensas (“Rail elements”):** Las barandas y defensas se componen de uno o más de los elementos siguientes, conformando en su conjunto el sistema de baranda o defensa (railing system) (ver Figura 13.4-1):

- **Balaústre (“Baluster”):** Barra vertical no empotrada al tablero y sostenida por los barandales.
- **Barandal (“Rail”):** Barra horizontal, sostenida por los postes.
- **Cordón (“Curb” / “Barrier curb”):** Borde de un guardarruedas o de una vereda para peatones y/o ciclistas sobreelevada por encima del nivel de calzada una altura no mayor a **0,20 m**. Se denomina guardarrueda cuando el ancho de la sobreelevación no permita el tránsito peatonal o ciclístico ( $\leq 0,50 m$ ).
- **Muro (“Barrier” / “Parapet”):** Placa ciega de altura mayor a **0,20 m**, generalmente de hormigón armado, utilizada por sí como defensa vehicular o en conjunto con otros elementos para conformar una baranda peatonal o ciclística o una defensa vehicular o combinada.

- **Poste (“Post”)**: Barra vertical empotrada al tablero del puente y que sostiene a los barandales.

**Ensayo al choque de las defensas de puentes (“Crash testing of bridge railings”)**: Realización de una serie de ensayos de impacto a escala real sobre una defensa de puente de acuerdo con las recomendaciones del “MASH 2009” (“Manual for Assessing Safety Hardware, 2009”) a fin de evaluar la resistencia y seguridad que ofrece la defensa.

**Especificaciones (“Warrants”)**: Documento que le proporciona al Proyectista una guía para evaluar los potenciales beneficios operativos y de seguridad de los medios o dispositivos para el control del tránsito. Las Especificaciones no constituyen requisitos absolutos; más bien representan una manera de expresar los cuidados que se deben considerar ante los potenciales riesgos para el tránsito.

**Fuerza nominal (“Design force”)**: Fuerza estática equivalente que representa la fuerza dinámica aplicada a un sistema de defensa, por un vehículo especificado que impacta sobre la misma con una velocidad y ángulo de impacto determinados.

**Invasión (“Encroachment”)**: Intrusión de un área prohibida, restringida o limitada de un sistema carretero, como por ejemplo el cruce de un carril de circulación o el impacto sobre un sistema de barrera. También se dice de la ocupación del derecho de paso de una carretera por parte de estructuras no viales u objetos de cualquier tipo o característica.

**Niveles de comportamiento (“Performance levels”)**: Se definen cinco niveles de comportamiento de defensas de puentes (bajo, regular, medio, alto y especial) junto con el caso sin defensa. De una evaluación de riesgos se determina el nivel de comportamiento que corresponda y posteriormente se utilizará dicho nivel como base para determinar las especificaciones, el tipo y los detalles de la defensa del puente.

**Nivel de ensayo (“Test level”)**: Los ensayos se realizan bajo condiciones reales estándares y en cada uno de ellos se busca impactar el punto más crítico del elemento por ensayar. En el presente Reglamento se adoptan los niveles de ensayo equivalentes del MASH 2009 (“Manual for Assessing Safety Hardware, 2009”).

**Propietario (“Owner”)**: Autoridad o repartición pública, con jurisdicción sobre el puente, que representa a los usuarios, inversores y/o contribuyentes y que tiene a su cargo la seguridad y funcionalidad de un puente.

**Severidad (“Severity”)**: Caracterización del grado de un evento. Generalmente se asocia con la caracterización de los accidentes como fatalidades, heridas o daños materiales de manera que sea posible establecer un valor monetario para los estudios económicos. También puede referirse a la indexación de la intensidad de un accidente de manera que un sistema de defensa pueda ser evaluado como una medida preventiva o de seguridad.

**Velocidades baja/alta (“Speeds–low/high”)**: Velocidades de los vehículos en km/h. Las velocidades bajas generalmente están asociadas con el tránsito en áreas urbanas o rurales donde las velocidades están bien establecidas y están por debajo de los **70 km/h**. Las velocidades altas generalmente están asociadas con el tránsito en autopistas o autovías donde las velocidades legales son mayores o iguales a **80 km/h**.

**Vuelco de un vehículo (“Vehicle rollover”)**: Término que se utiliza para describir un accidente en el cual un vehículo rota como mínimo **90°** alrededor de su eje longitudinal luego de hacer contacto con una defensa. Este término se utiliza si el vehículo vuelca

como resultado de haber hecho contacto con una barrera, no cuando lo hace con otro vehículo.

**Zona de extremo (“End zone”):** Área adyacente a cualquier junta en un sistema de defensa de hormigón que requiere armadura adicional.

### 13.3. SIMBOLOGÍA

- $A_f$**  área del ala comprimida del poste (A13.4.3.2), en  $m^2$ .
- $B$**  separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje; distancia entre los baricentros de las tensiones resultantes de tracción y compresión en un poste (A13.2) (A13.4.3.2), en m.
- $b$**  longitud resistente del tablero ante esfuerzos o cargas de corte en el poste =  $h + W_b$  (A13.4.3.2), en m.
- $C$**  capacidad de un poste vertical o resistencia del ala comprimida de un poste en flexión (C A13.4.3.2), en kN·m.
- $d_b$**  distancia desde el borde exterior de la placa base a la fila más interna de bulones (A13.4.3.1), en m.
- $E$**  distancia desde el borde de la losa al baricentro de la tensión resultante de compresión en el poste (A13.4.3.2), en m.
- $F_L$**  fuerza de fricción longitudinal a lo largo de la defensa =  $0,33 \cdot F_t$  (A13.2), en kN.
- $F_t$**  fuerza transversal del impacto de un vehículo distribuida en una longitud  $L_t$  a una altura  $H_e$  sobre el tablero del puente (A13.2), en kN.
- $F_v$**  fuerza vertical que representa un vehículo apoyado en la parte superior de la defensa (A13.2), en kN.
- $f'_c$**  resistencia especificada a compresión del hormigón a los **28 días** (A13.4.3.2), en MPa.
- $G$**  altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente (A13.2), en m.
- $H$**  altura del muro (A13.3.1), en m.
- $H_R$**  altura de la defensa (13.4), en m.
- $H_w$**  altura del muro (13.4), en m.
- $h$**  espesor de la losa (A13.4.3.2), en m.
- $L$**  separación de los postes de un tramo simple (A13.3.2), en m.
- $L_c$**  longitud crítica de falla del muro (A13.3.1), en m.
- $L_L$**  longitud de distribución longitudinal de la fuerza de fricción  $F_L$ ,  $L_L = L_t$  (A13.2), en

m.

- $L_t$  longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto  $F_t$  a lo largo de la defensa ubicada a una altura  $H_e$  por encima del tablero (A13.2), en m.
- $L_v$  distribución longitudinal de la fuerza vertical  $F_v$  en la parte superior de la defensa (A13.2), en m.
- $\ell$  longitud de la carga de impacto de un vehículo sobre una defensa o barrera tomada como  $L_t$ ,  $L_v$  o  $L_L$ , según corresponda (A13.3.1), en m.
- $M_b$  capacidad última de momento de la viga en la parte superior del muro (A13.3.1), en kN·m.
- $M_c$  resistencia última a la flexión del muro respecto del eje horizontal (A13.3.1), en kN·m/m.
- $M_d$  momento del voladizo lateral del tablero (A13.4.3.1), en kN·m/m.
- $M_p$  resistencia plástica o línea de fluencia de la defensa (A13.3.2), en kN·m.
- $M_{poste}$  momento plástico resistente de un poste individual (A13.4.3.1), en kN·m.
- $M_w$  resistencia última a flexión del muro respecto del eje vertical (A13.3.1), en kN·m.
- $P_p$  fuerza de corte en un poste individual que corresponde a  $M_{poste}$  y está ubicada a una distancia  $\bar{Y}$  por encima del tablero (A13.3.2), en kN.
- $R$  resistencia última total, es decir resistencia nominal, de la defensa (A13.3.2), en kN.
- $R_R$  capacidad última de la defensa en más de un tramo (A13.3.3), en kN.
- $R'_R$  resistencia transversal última de la defensa en más de dos tramos (A13.3.3), en kN.
- $R_w$  resistencia transversal total de la defensa; capacidad última del muro tal como se especifica en el artículo A13.3.1 (A13.3.1) (A13.3.3), en kN.
- $R'_w$  capacidad del muro, reducida para resistir la carga del poste (A13.3.3), en kN.
- $\bar{R}$  sumatoria de las resistencias de los elementos horizontales de las defensas (A13.2), en kN.
- $T$  fuerza de tracción por unidad de longitud del tablero (A13.4.2), en kN/m.
- TMDA** El Tránsito Medio Diario Anual, es el volumen promedio diario de tránsito registrado a lo largo de un año calendario sobre una sección de carretera. Dicho valor será proporcionado por un ente específico de aplicación (p.e. una Dirección de Vialidad).
- $V_c$  resistencia nominal al corte proporcionada por la resistencia a tracción del hormigón (A13.4.3.2), en kN.

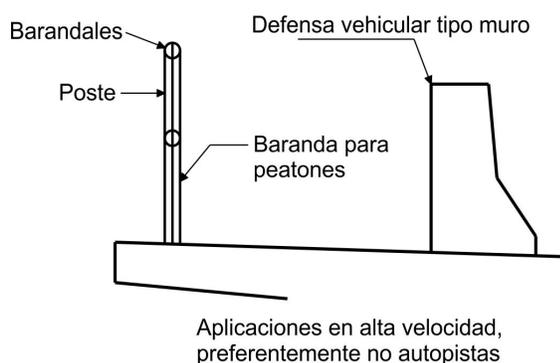
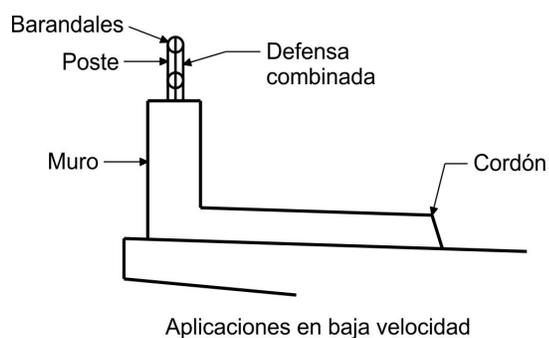
- $V_n$  resistencia al corte nominal de la sección en estudio (A13.4.3.2), en kN.
- $V_r$  resistencia al corte de diseño (A13.4.3.2), en kN.
- $V_u$  fuerza de corte de diseño en la sección (A13.4.3.2), en kN.
- $W$  peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido, de la Tabla 13.7.2-1 (13.7.2), en kN.
- $W_b$  ancho de la placa base o bloque de distribución; ancho de la placa base (A13.4.3.1) (A13.4.3.2), en m.
- $X$  longitud del voladizo lateral del tablero desde la cara del apoyo hasta la viga o alma exterior (A13.4.3.1), en m.
- $\bar{Y}$  altura de  $\bar{R}$  por encima del tablero del puente (A13.2), en m.
- $\beta_c$  relación entre el lado mayor y el lado menor de la carga concentrada o área de reacción (A13.4.3.2).
- $\phi$  factor de resistencia = **1,0** (A13.4.3.2).

#### 13.4. REQUISITOS GENERALES

El Propietario deberá desarrollar las Especificaciones correspondientes al sitio de emplazamiento del puente. Se deberá seleccionar una defensa que satisfaga los planteos de las Especificaciones tanto como resulte posible y práctico.

Se deberán disponer defensas a lo largo de los bordes de las estructuras, para proteger al tránsito y a los peatones. Para alcantarillas largas se pueden especificar otras soluciones.

La vereda peatonal puede estar separada de la calzada adyacente mediante un cordón, una defensa vehicular, o una combinación de ambas, tal como se indica en la Figura 13.4-1. En las autovías urbanas de alta velocidad en las cuales se provee una vereda peatonal, el área para circulación peatonal deberá estar separada de la calzada adyacente por medio de una defensa vehicular o una defensa combinada.



**Figura 13.4-1. Veredas peatonales**

Las defensas a construir en los puentes nuevos y su unión al voladizo lateral del tablero deberán responder a los planos incluidos en los comentarios al Apéndice **B** de este Capítulo, conforme al nivel de seguridad que resulte de aplicar lo estipulado en el artículo 13.7.2. Del mismo modo se deberá proceder en los puentes a rehabilitar o en las barandas y defensas a reemplazar.

Si se decide utilizar una defensa diferente, la misma se deberá ensayar previamente al choque para confirmar que satisface los requisitos estructurales y geométricos utilizando los criterios de ensayo especificados en el artículo 13.7.2.9.

## 13.5. MATERIALES

A menos que se especifique lo contrario, para los materiales empleados en los sistemas de defensas se deberán aplicar los requisitos de los **Reglamentos CIRSOC 802** (Capítulo 5 – Puentes de Hormigón) y **CIRSOC 803** (Capítulo 6 – Puentes de Acero, en preparación).

## 13.6. ESTADOS LÍMITE Y FACTORES DE RESISTENCIA

### 13.6.1. Estado límite de resistencia

Los estados límite de resistencia se deberán aplicar utilizando las combinaciones de cargas aplicables indicadas en la Tabla 3.4.1-1 del **Reglamento CIRSOC 801** y las cargas aquí especificadas. Los factores de resistencia para los postes y elementos de las defensas deberán ser los especificados en el artículo 5.5.4 del **Reglamento CIRSOC 802**.

Las cargas de diseño para las barandas peatonales deberán ser las especificadas en el artículo 13.8.2. Las cargas de diseño para las barandas de ciclovías deberán ser las especificadas en el artículo 13.9.3. Para las defensas combinadas se deberán aplicar las cargas correspondientes a las barandas peatonales o para ciclistas como se especifica en el artículo 13.10.3. Los voladizos laterales del tablero se deberán diseñar para las combinaciones de cargas correspondientes al estado límite de resistencia especificadas en la Tabla 3.4.1-1 del **Reglamento CIRSOC 801**.

### **13.6.2. Estado límite correspondiente a evento extremo**

Las fuerzas que la defensa del puente transmite al tablero se pueden determinar mediante un análisis de última resistencia del sistema de defensa, utilizando las cargas indicadas en el Apéndice **A**. Dichas fuerzas se consideran como las cargas de diseño mayoradas, en el estado límite, correspondiente a un evento extremo.

## **13.7. DEFENSAS VEHICULARES**

### **13.7.1. Sistemas de defensas**

#### **13.7.1.1. Requisitos generales**

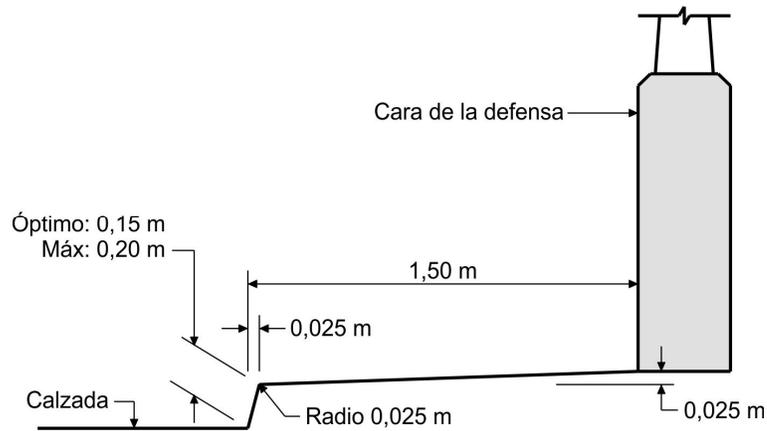
El propósito principal de las defensas para tránsito vehicular debe ser el de contener y redireccionar los vehículos accidentalmente desviados, que utilizan la estructura. Se deberá demostrar que todos los sistemas nuevos de defensas vehiculares y defensas combinadas, son estructural y geoméricamente aptos para choques.

Se deben considerar los siguientes factores:

- Protección de los ocupantes de un vehículo que impacta contra la defensa,
- Protección de otros vehículos próximos al lugar de impacto,
- Protección de las personas y propiedades que se encuentran en las carreteras y otras áreas debajo de la estructura,
- Posibles mejoras futuras de las defensas,
- Relación costo-beneficio, y
- Estética y visibilidad de los vehículos circulantes.

Una defensa combinada, que satisface las dimensiones indicadas en las Figuras 13.8.2-1 y 13.9.3-1 y que ha sido ensayada al choque junto con una vereda, se puede considerar aceptable para utilizar con veredas de ancho mayor o igual a **1,00 m** y cordones con alturas hasta la altura utilizada en el ensayo de choque.

Cuando se diseñe una defensa para usos múltiples, se deberá demostrar que es adecuada para el choque con o sin la vereda. El uso de defensas combinadas, para vehículos y peatones, como la ilustrada en la Figura 13.7.1.1-1, se deberá limitar a las carreteras en las cuales la velocidad máxima permitida es menor o igual a **70 km/h**; y deberán ser ensayadas para los Niveles de Ensayo **1** o **2**.



**Figura 13.7.1.1-1. Típica vereda sobreelevada**

### 13.7.1.2. Defensas de aproximación al puente

Se debe proveer un sistema de defensa de aproximación en la entrada de todos los puentes en zonas rurales con tránsito de alta velocidad.

Un sistema de defensa de aproximación a los puentes, debe incluir una transición desde el sistema de defensa de la carretera hasta el sistema de defensa rígido del puente, con capacidad de proporcionar resistencia lateral ante un vehículo errante. La defensa de aproximación debe incluir una terminal apta para choque.

### 13.7.1.3. Tratamiento de los extremos

En las zonas rurales con tránsito de alta velocidad, el extremo de un parapeto o defensa de aproximación al puente, deberá tener una configuración apta para choque o bien deberá estar protegido mediante una defensa para tránsito vehicular apta para choque.

## 13.7.2. Criterios para la selección de niveles de comportamiento de defensas para puentes

Será responsabilidad del Propietario determinar cuál de los niveles de comportamiento es más adecuado para el sitio de ubicación del puente.

La selección del nivel de comportamiento de las defensas vehiculares y su correspondiente nivel de ensayo se hará conforme al artículo 13.7.2.1.

En primer término se determinará la categoría del emplazamiento, la cual determinará la metodología a utilizarse para seleccionar un nivel de comportamiento de la defensa a instalar para dicho emplazamiento específico.

### 13.7.2.1. Niveles de comportamiento de las defensas de puentes

Se definen cinco niveles de comportamiento (Bajo, Regular, Medio, Alto y Especial) junto con el caso sin defensa.

La Tabla 13.7.2.1-1 presenta las capacidades de contención y los niveles de ensayo equivalentes del MASH 2009 ("Manual for Assessing Safety Hardware, 2009"), para estos niveles de comportamiento.

**Tabla 13.7.2.1-1. Niveles de comportamiento de defensas de puentes**

Nivel de comportamiento de la defensa	Nivel de ensayo MASH 2009	Capacidades de contención	Vehículo de ensayo
Bajo	TL-3	Contención de vehículos livianos. Para usar generalmente en estructuras de baja altura, de bajo nivel de exigencia, en caminos rurales y áreas donde se espera un muy pequeño número de vehículos pesados mixtos y para un medio de baja velocidad.	Vehículo utilitario de <b>2,3 t</b> (vehículo liviano) a <b>100 km/h</b> y ángulo de impacto de <b>25°</b>
Regular	TL-4	Contención de autos, utilitarios pesados y camiones livianos. Para usar generalmente en carreteras principales de alta velocidad y autopistas con una mezcla de vehículos pesados. Esta defensa es aplicable y apropiada para la mayoría de los emplazamientos de puentes.	Camión de <b>10,0 t</b> a <b>90 km/h</b> y ángulo de impacto de <b>15°</b>
Medio	TL-5	Contención de la mayoría de los ómnibus y vehículos de masa media. Para usar generalmente en autovías de alta velocidad, carreteras principales arteriales y autopistas principales con un alto volumen de vehículos pesados mixtos y situaciones de riesgo en emplazamientos específicos.	Semi-remolque articulado de <b>36,0 t</b> a <b>80 km/h</b> y ángulo de impacto de <b>15°</b>
Alto	TL-6	Situaciones de alto riesgo y contención de vehículos pesados con alto centro de gravedad. Para usar generalmente en rutas con alto volumen de vehículos pesados mixtos y velocidades máximas permitidas tales como en autovías con pendientes transversales variables y radios de curvatura reducidos.	Vehículo tipo tanque de <b>36,0 t</b> (vehículo rígido con alto centro de gravedad) a <b>80 km/h</b> y ángulo de impacto de <b>15°</b>
Especial	por encima de TL-6	Emplazamientos específicos, condiciones inusuales y ubicaciones críticas donde se debe evitar la penetración debido a un muy alto centro de gravedad y/o vehículos pesados bajo condiciones de impacto variables	Semi-remolque articulado de <b>44,0 t</b> a <b>100 km/h</b> y ángulo de impacto de <b>15°</b> . No hay defensa calificada más alta que TL-6 en MASH 2009

### 13.7.2.2. Categorías de los emplazamientos

Los emplazamientos se clasifican en tres categorías como sigue:

- **CAT1:** para emplazamientos que satisfacen todos los criterios para el caso: sin defensa del artículo 13.7.2.3.
- **CAT2:** para emplazamientos con niveles de riesgo medios a bajos, que satisfacen los criterios especificados en el artículo 13.7.2.4.
- **CAT3:** para emplazamientos con niveles de riesgo medios a altos y/o que presentan condiciones especiales como las especificadas en el artículo 13.7.2.5.

La categoría de emplazamiento CAT1, implica la conformidad con el conjunto de requisitos prescriptos como “de cumplimiento obligatorio” del artículo 13.7.2.3. Solamente si se

cumplen todos los requisitos, se podrá considerar CAT1: sin defensa. Si no se cumple la totalidad de los requisitos, se deberá considerar una categoría más alta. Es necesario enfatizar que donde fuera admisible se debe considerar una defensa. El presente Reglamento establece requisitos mínimos y por ello considera situaciones especiales donde la ausencia de defensa puede justificarse por cuestiones hidráulicas, como en el caso de puentes sumergibles. En estas situaciones el Propietario debe hacer un exhaustivo estudio de riesgos incluyendo un análisis costo/beneficio.

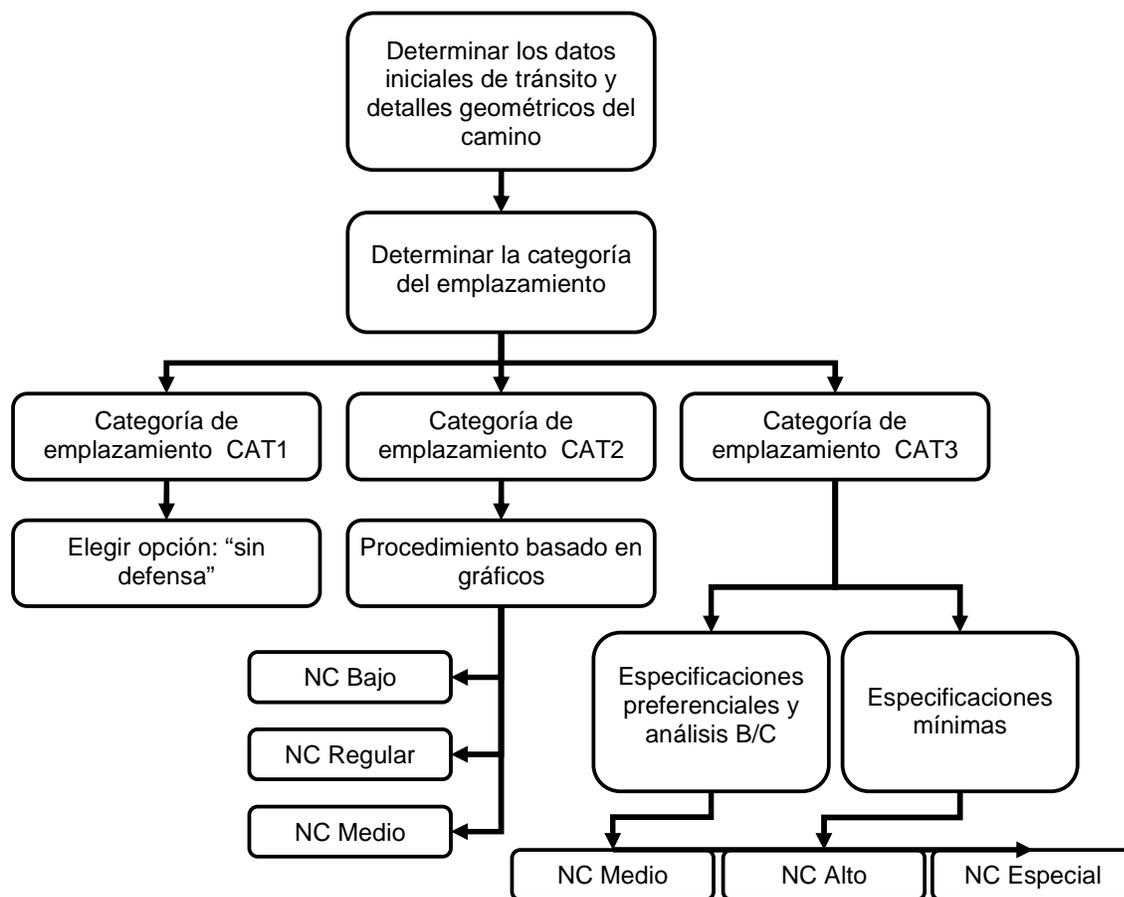
La categoría de emplazamiento CAT3, se adoptará cuando se verifiquen las condiciones descritas en el artículo 13.7.2.5. Estos requisitos deben considerarse mínimos y se justificarán con un análisis costo-beneficio.

La categoría de emplazamiento CAT2, es la categoría a adoptar por defecto si las CAT1 y CAT3 no son relevantes. Para este caso se puede utilizar el procedimiento basado en gráficos, que se describe en el artículo 13.7.2.7, verificando que ninguno de los riesgos establecidos para la CAT3 es relevante.

La Figura 13.7.2.2 muestra un diagrama de flujo para la selección de niveles de comportamiento de defensas.

Para los propósitos de este artículo, las situaciones de alto riesgo incluyen:

1. puentes sobre carreteras importantes con un TMDA de **10000 v/d** (*v/d, vehículos por día*), por carril, o sobre carreteras con un TMDA de **40000 v/d** o más.
2. puentes sobre líneas de ferrocarril de pasajeros de alta frecuencia con una intensidad pico de más de seis trenes por hora en cada dirección, o que transportan cargas nocivas, inflamables o en grandes volúmenes, o líneas de ferrocarril especificadas como críticas por la autoridad ferroviaria relevante.
3. puentes sobre terrenos de alta ocupación tales como viviendas, fábricas, áreas de reunión, etc.



**Nota:** NC = Nivel de Comportamiento

**Figura 13.7.2.2. Diagrama de flujo para seleccionar el nivel de comportamiento de las defensas en un sitio determinado**

### 13.7.2.3. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT1

Se podrán omitir las defensas de tránsito vehicular cuando su instalación impida el paso de vehículos con sobrecargos especiales o puedan ser frecuentemente dañadas por arrastres pesados, y se aplica la totalidad de los siguientes criterios para categoría de emplazamiento CAT1:

1. La rasante del puente o alcantarilla está a menos de **1,50 m** sobre el nivel del terreno natural.
2. Los volúmenes de tránsito son menores que **150 vehículos por día**.
3. Puentes con una alineación esencialmente recta o con un radio de curvatura horizontal mayor a **1500 m**, y en los que los accesos de caminos laterales tienen una distancia de visibilidad mayor que la distancia de frenado.
4. La distancia entre cordones sea mayor o igual a **7,90 m** para un puente de dos carriles o a **4,70 m** para un puente de un solo carril.

5. La ubicación no anticipa tránsito peatonal.
6. Cualquier tipo de agua que pueda estar presente bajo el puente, en condiciones normales, tenga menos de **1,20 m** de profundidad.

#### **13.7.2.4. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT2**

Se considerará la categoría de emplazamiento CAT2, cuando no se cumpla cualquiera de los criterios especificados para CAT1 y CAT3.

Para esta categoría de emplazamiento, se podrá seleccionar una defensa con nivel de comportamiento Bajo, Regular o Medio, aplicando el procedimiento de evaluación de riesgo basado en gráficos que se describe en el artículo 13.7.2.7.

#### **13.7.2.5. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT3**

Un emplazamiento se considerará incluido en la categoría de emplazamiento CAT3, cuando cumpla cualquiera de los siguientes criterios:

- 1) condiciones inusuales o ubicaciones críticas tal como las especificadas por el Propietario.
- 2) ubicaciones donde es esencial evitar la penetración de la defensa, bajo condiciones de impacto, por vehículos especificados por el Propietario.
- 3) puentes en carreteras con tránsito de vehículos especiales o pesados tales como los de gran masa y alto centro de gravedad.
- 4) carreteras con nivel de tránsito mayor o igual a **3000 vehículos pesados por día por calzada** y que están en situación de alto riesgo.
- 5) carreteras con un volumen de ómnibus mayor o igual a **150 por día por calzada**, en situación de alto riesgo o en cualquiera de las siguientes situaciones:
  - (a) puentes de más de **10 m** de altura sobre el paso inferior o el terreno natural.
  - (b) puentes sobre cursos o acumulaciones de agua de más de **3 m** de profundidad, en situación hídrica normal.
  - (c) puentes en curvas horizontales con radios de **600 m** o menos.

#### **13.7.2.6. Método CAT1**

No se proveerán defensas si las condiciones del emplazamiento cumplen con todos los criterios que se listan en el artículo 13.7.2.3 para la categoría de emplazamiento CAT1.

#### **13.7.2.7. Método CAT2 – Procedimiento basado en gráficos**

Este procedimiento se utiliza para seleccionar un nivel de comportamiento de defensa entre Bajo, Regular y Medio, para una categoría de emplazamiento CAT2, usando los datos de tránsito del emplazamiento y los detalles geométricos de la carretera tales como pendiente, curvatura horizontal y condiciones imperantes bajo la estructura.

Los pasos detallados del procedimiento, basado en gráficos, se presentan en la Figura 13.7.2.7.2.1 y se describen a continuación.

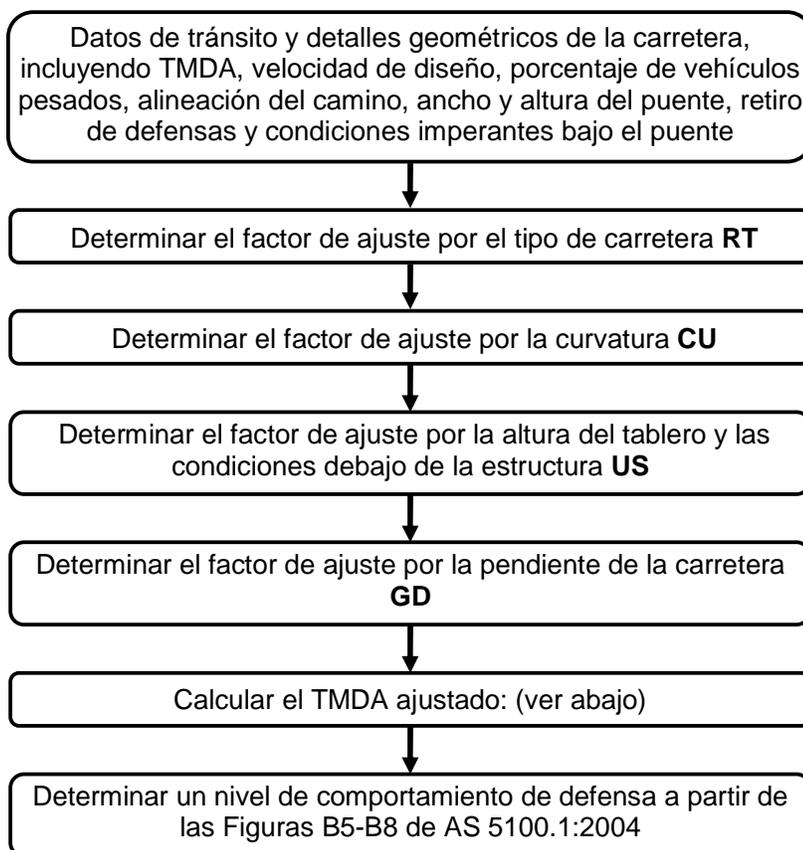
### 13.7.2.7.1. Determinar el TMDA y el porcentaje de vehículos pesados

Se adoptará el TMDA, estimado para el primer año después de la construcción, de todos los carriles del puente. El crecimiento proyectado del tránsito, se ha supuesto en **2%** por año durante **30 años**. Para emplazamientos con una velocidad de diseño de **80 km/h** o mayor y TMDA, del año de construcción, mayor a **10000 vehículos por día por carril (v/d/c)**, el TMDA del año de construcción se puede limitar a **10000 v/d/c**, para considerar el efecto de las congestiones sobre las velocidades de tránsito.

Para tasas de crecimiento distintas al **2%** anual, el TMDA del año de construcción se puede ajustar dividiendo el TMDA de los **30 años** después de la construcción por  $(1 + 2\%)^{30} = 1,81$ . El error en utilizar esta estimación es aceptable y dentro de las suposiciones de esta metodología.

### 13.7.2.7.2. Determinar el TMDA ajustado

El TMDA ajustado se calcula mediante la siguiente expresión:



**Figura 13.7.2.7.2.1. Procedimiento basado en gráficos**

$$TMDA \text{ ajustado} = TMDA \times RT \times GD \times CU \times US$$

donde:

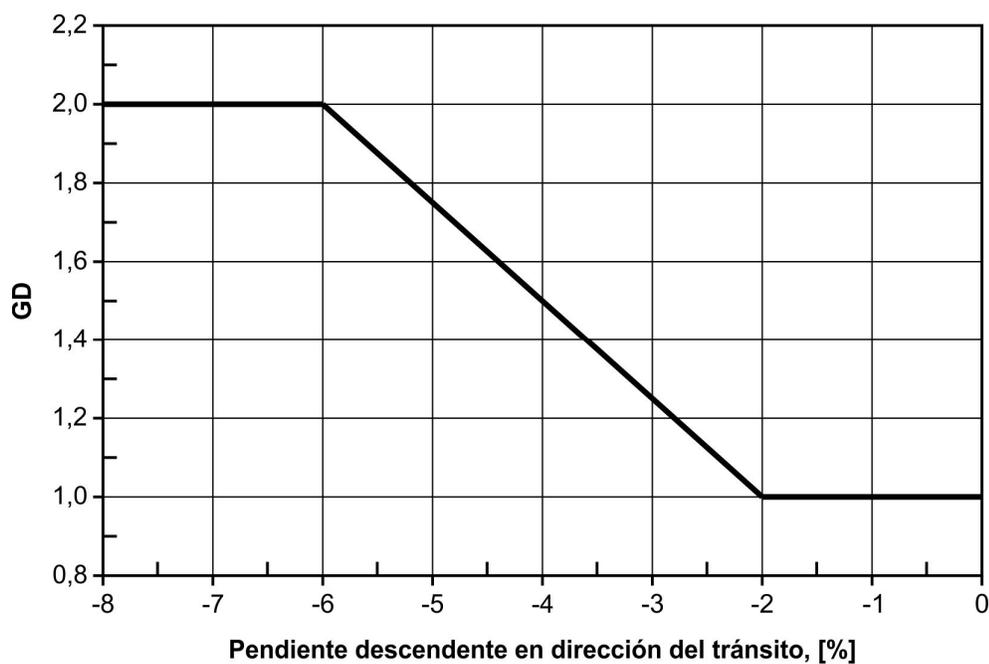
- RT** factor de ajuste por el tipo de camino, obtenido de Tabla 13.7.2.7.2.
- GD** factor de ajuste por la pendiente del camino, obtenido de Figura 13.7.2.7.2.2.
- CU** factor de ajuste por la curvatura del camino, obtenido de Figura 13.7.2.7.2.3.
- US** factor de ajuste por la altura del tablero y las condiciones debajo de la estructura, obtenido de Figura 13.7.2.7.2.4.

**Tabla 13.7.2.7.2. Factor de ajuste por tipo de camino, RT**

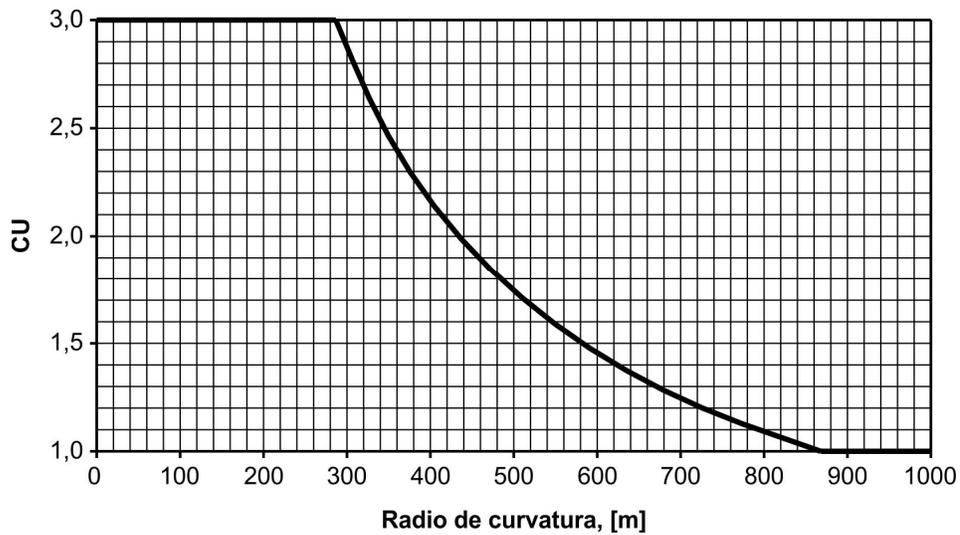
Tipo de camino	TMDA	Número de carriles*	Factor de ajuste RT
Una dirección**	tránsito en una dirección	1 ó más	2,0
Dos direcciones dividido	tránsito en dos direcciones	2 ó más	1,0
Dos direcciones sin división	tránsito en dos direcciones	1 a 4	1,5
Dos direcciones sin división	tránsito en dos direcciones	5 ó más	1,0

\* el número de carriles es el número total de carriles sobre el puente

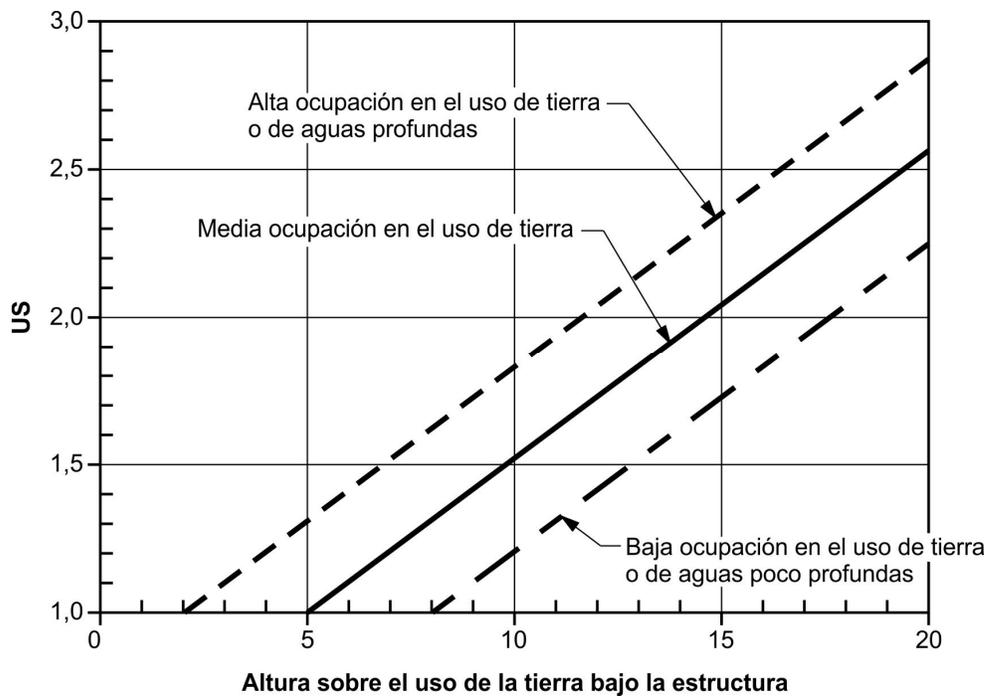
\*\* incluye caminos de una sola dirección, rampas y puentes en autovías sobre calzadas separadas de autovías y autopistas.



**Figura 13.7.2.7.2.2. Factor de ajuste por pendiente, GD**



**Figura 13.7.2.7.2.3. Factor de ajuste por curvatura, CU**

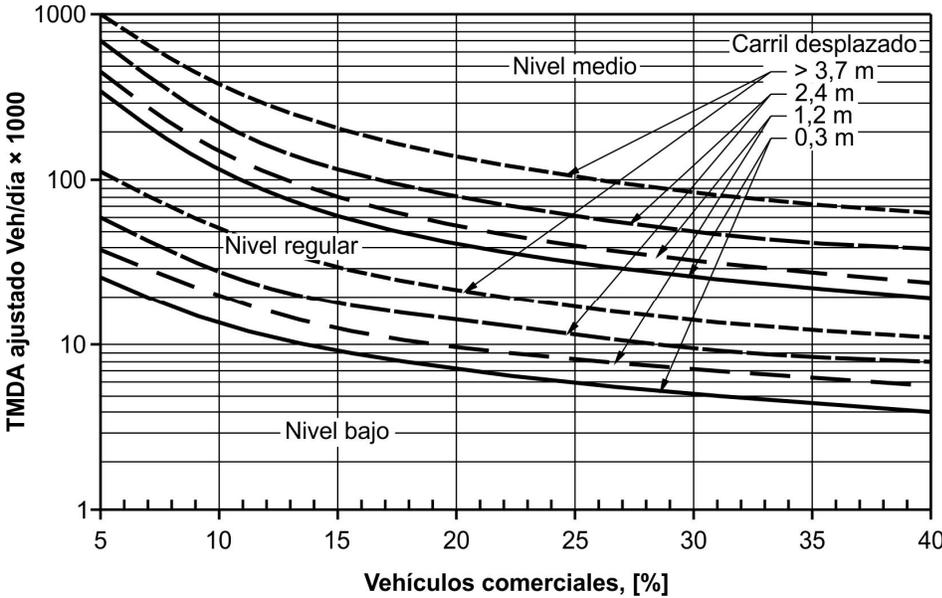


**Figura 13.7.2.7.2.4. Factor de ajuste por condiciones bajo el puente, US**

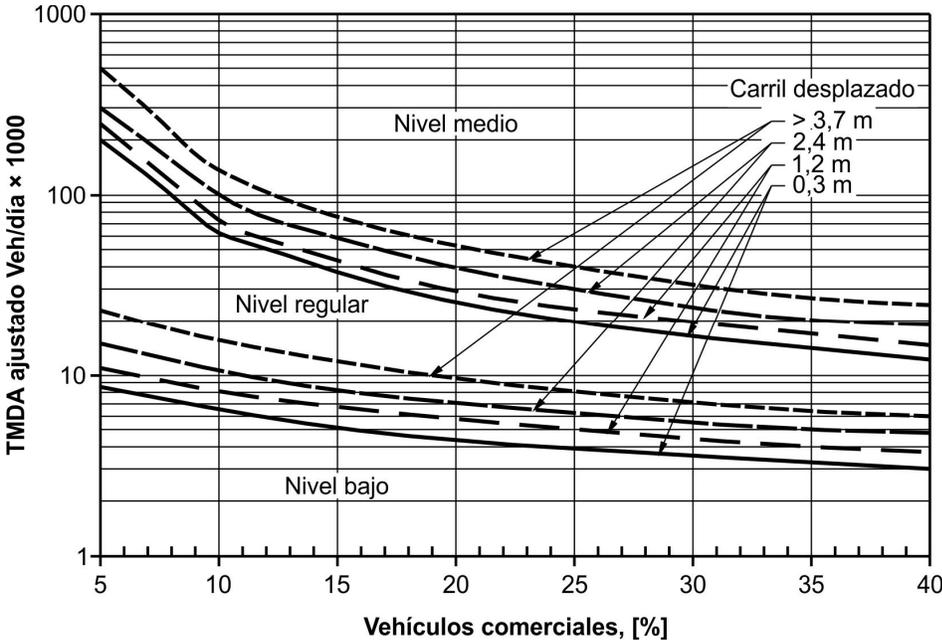
**13.7.2.7.3. Determinar el nivel de comportamiento de la defensa**

El nivel de comportamiento de la defensa se obtendrá utilizando las Figuras 13.7.2.7.3.1 a 13.7.2.7.3.4, sobre la base de la velocidad de diseño, el TMDA ajustado, el porcentaje de vehículos comerciales y el retiro de defensas respecto al borde de la carretera.

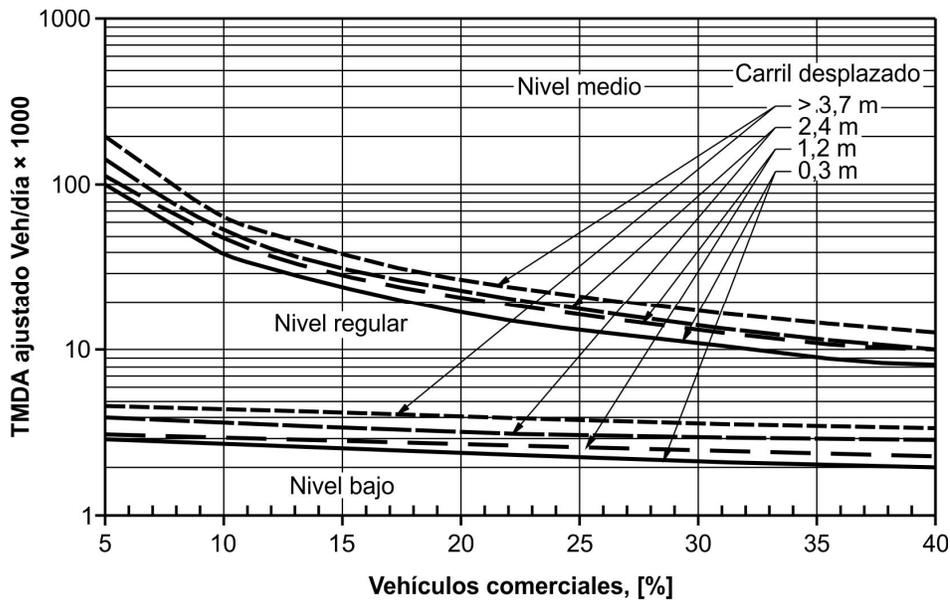
Para el caso de alcantarillas cuya altura de rasante sobre el nivel del terreno natural no sea mayor a **3,50 m** y con niveles de agua inferiores a **1,20 m**, podrán disponerse defensas de nivel bajo aunque de la aplicación de los gráficos resultara un nivel más elevado. A este efecto, se considerará como alcantarilla, toda estructura cuya luz parcial no exceda los **5,00 m** y además su luz total no supere los **17,00 m**.



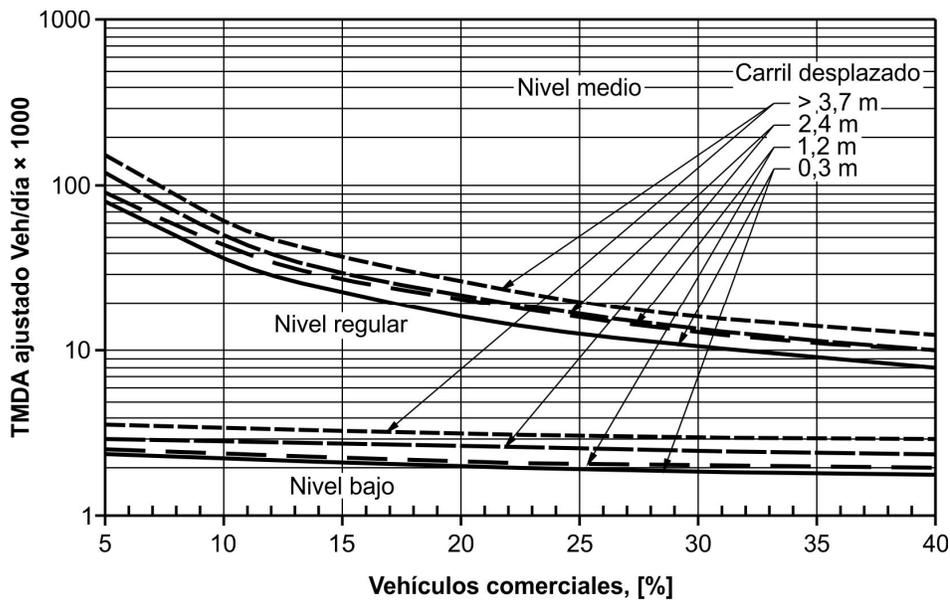
**Figura 13.7.2.7.3.1. Umbral límite 60 km/h**



**Figura 13.7.2.7.3.2. Umbral límite 80 km/h**



**Figura 13.7.2.7.3.3. Umbral límite 100 km/h**



**Figura 13.7.2.7.3.4. Umbral límite 110 km/h**

### 13.7.2.8. Método CAT3 – Especificación, normas y análisis B/C

Se definen dos estándares para cada nivel de comportamiento: "mínimo" y "preferible". Mientras el estándar mínimo requiere la provisión de una defensa asociada a ese nivel de rendimiento, el estándar preferible requiere una justificación beneficio – costo (**B/C**) para determinar la posibilidad de utilizar una defensa de un nivel de comportamiento de categoría inferior.

A continuación, se describen los requisitos mínimos para la selección de una defensa con nivel de comportamiento para la categoría de emplazamiento CAT3. Si no se cumplen todas las condiciones, se deberá adoptar el nivel más alto siguiente.

#### **13.7.2.8.1. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento medio**

En lugares específicos acordados con el organismo competente para asegurar la contención de autobuses y vehículos de masa mediana, sobre calzadas de alta velocidad, calzadas principales y vías urbanas con un nivel medio o alto de vehículos pesados mixtos, y situaciones de riesgo específicas; se puede proveer una defensa de nivel de comportamiento medio.

- Estándar mínimo

Se proveerán defensas de nivel de comportamiento medio cuando al sitio le corresponda una categoría CAT3 y no cumpla los criterios para una defensa de nivel de comportamiento alto.

- Estándar preferible

No existe estándar preferible para los niveles de comportamiento medio.

#### **13.7.2.8.2. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento alto**

Cuando haya una alta probabilidad de pérdida de vidas o lesiones graves debido a un vehículo que atraviese la defensa o en aquellos lugares específicos acordados con el organismo competente, se deberá prever la instalación de una defensa de nivel de comportamiento alto.

- Estándar mínimo

Se preverá la instalación de barreras de nivel de comportamiento alto, donde se cumpla la siguiente condición:

- 1 puentes con vehículos pesados y centro de gravedad alto, en autopistas de alta velocidad, rutas principales y arterias urbanas con volumen de vehículos comerciales medio a alto (entre **15%** y **30%** del TMDA) en situación de riesgo alto.

- Estándar preferible

Se preverá la instalación de defensas de nivel de comportamiento alto, apropiadamente justificada con un estudio de la relación **B/C**, en puentes con vehículos pesados y centro de gravedad alto, en autopistas de alta velocidad, rutas principales y arterias urbanas con volumen de vehículos comerciales medio a alto (entre **15%** y **30%** del TMDA), que no estén en una situación de riesgo alto, o en carreteras con un alto volumen de vehículos comerciales (mayor o igual a **30%** del TMDA), en cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1 puentes de más de **10 metros** de altura (del tablero sobre el nivel del terreno natural bajo el puente).

- 2 puentes sobre cursos o acumulaciones de agua de más de **3 metros** de profundidad (nivel de agua promedio).
- 3 puentes en curvas horizontales con radios de **600 metros** o menos.

### 13.7.2.9. Criterio de ensayo para las defensas vehiculares

Los criterios para establecer el nivel de ensayo, corresponderán a los pesos, velocidades y ángulos de impacto de los vehículos especificados en la Tabla 13.7.2.9-1.

**Tabla 13.7.2.9-1. Niveles de ensayo para las defensas de puentes y criterios para los ensayos de choque**

Características de los vehículos	Automóviles pequeños	Camionetas (Pickups)	Camiones semi-remolque	Camiones con remolque	Camiones cisterna
W [kN]	11	23	100	356	356
B [m]	1,68	1,98	2,29	2,40	2,40
G [m]	0,56	0,70	1,24	1,85	2,06
Ángulo de impacto, $\theta$	25°	25°	15°	15°	15°
<b>Nivel de ensayo</b>	<b>Velocidad de ensayo [km/h]</b>				
BAJO	100	100	N/A	N/A	N/A
REGULAR	100	100	90	N/A	N/A
MEDIO	100	100	N/A	80	N/A
ALTO	100	100	N/A	N/A	80

### 13.7.3. Diseño de las defensas

#### 13.7.3.1. Requisitos generales

Las defensas vehiculares deberán tener una cara de contacto longitudinalmente continua del lado del tránsito. Los postes que sostienen los barandales horizontales deberán estar retirados de la cara del barandal. Se respetará la continuidad estructural de los elementos de la defensa, incluyendo los anclajes de los extremos.

Un sistema de defensa y su conexión al tablero sólo podrá ser aprobado una vez que mediante ensayos de choque se haya determinado que son satisfactorios para el nivel de ensayo deseado.

#### 13.7.3.1.1. Aplicación de sistemas previamente ensayados

Se podrán utilizar sistemas de defensas aptas para choques sin realizar análisis y/o ensayos adicionales, siempre y cuando la instalación propuesta no tenga características que hayan estado ausentes en la configuración ensayada y que pudieran ocasionar que el sistema propuesto no se comporte en la misma forma que el sistema ensayado.

#### 13.7.3.1.2. Sistemas nuevos

Se podrán utilizar sistemas nuevos de defensas siempre y cuando se demuestre, mediante ensayos de choque a escala real, que su comportamiento es aceptable.

El prototipo a utilizar para realizar el ensayo de choque de un sistema de defensas, se podrá diseñar para resistir las cargas aplicadas de acuerdo con el Apéndice **A** del presente Capítulo.

Se deberán tomar todas las disposiciones necesarias para transferir las cargas del sistema de defensas al tablero. Las cargas que actúan sobre las defensas se pueden tomar del Apéndice **A** del presente Capítulo.

A menos que durante el ensayo de choque se pueda demostrar que un espesor menor resulta satisfactorio, el mínimo espesor del borde del voladizo del tablero de hormigón se deberá tomar como:

- Para voladizos de hormigón que soportan un sistema de postes montados en el tablero: **0,20 m**
- Para un sistema de postes montados lateralmente: **0,30 m**
- Para voladizos del tablero que soportan muros de hormigón: **0,15 m**

### **13.7.3.2. Altura del muro o defensa para tránsito vehicular**

Las defensas vehiculares deberán tener como mínimo una altura de:

- **0,70 m** si se trata de defensas de nivel de comportamiento bajo,
- **0,90 m** si se trata de defensas de nivel de comportamiento regular,
- **1,20 m** si se trata de defensas de nivel de comportamiento medio, y
- **1,40 m** si se trata de defensas de nivel de comportamiento alto.

No se deberá aumentar la altura del zócalo de **0,075 m**, del perfil seguro de la defensa, en previsión de posibles recapados futuros de la capa de rodamiento.

La altura mínima de un muro de hormigón, con cara vertical, deberá ser de **0,70 m**. La altura de otros tipos de defensas combinadas de acero y hormigón será mayor que **0,70 m** y se deberá demostrar que son adecuadas mediante ensayos de choque utilizando el nivel de ensayo deseado.

La altura mínima de las defensas para peatones o ciclistas se mide a partir de la superficie de la vereda o calzada de la ciclovía.

Los requisitos geométricos mínimos para las defensas combinadas, más allá de los exigibles para satisfacer los requisitos del ensayo de choque, se deberán tomar como se especifica en los artículos 13.8, 13.9 y 13.10.

## **13.8. BARANDAS PARA PEATONES**

### **13.8.1. Geometría**

La altura mínima de las barandas para peatones deberá ser de **1,05 m**, medida a partir de la cara superior de la vereda.

Una baranda para peatones puede estar compuesta por elementos horizontales y/o verticales. La abertura libre entre los elementos deberá ser tal que no permita el paso de una esfera de **0,13 m** de diámetro.

Si se utilizan tanto elementos horizontales como verticales, la abertura libre de **0,13 m** se deberá aplicar a los **0,70 m** inferiores de la baranda, mientras que la separación en la parte superior deberá ser tal que no permita el paso de una esfera de **0,20 m** de diámetro. Cuando no haya una defensa vehicular que separe la calzada de la vereda, deberá existir un cordón, y la proyección de los barandales deberá estar por dentro de los postes, tal como se ilustra en la Figura A13.1.1-2.

Las separaciones arriba indicadas no se deben aplicar a las barandas tipo cerco eslabonado o de tejido metálico. En estos tipos de barandas las aberturas no deben ser mayores que **0,05 m**.

### 13.8.2. Sobrecargas nominales

La sobrecarga nominal para las barandas para peatones se deberá tomar como  **$w = 0,73 \text{ kN/m}$** , tanto transversal como verticalmente, actuando en forma simultánea. Además, cada elemento longitudinal deberá estar diseñado para una carga concentrada de **0,89 kN**, la cual deberá actuar simultáneamente con las cargas previamente indicadas en cualquier punto y en cualquier dirección en la parte superior del elemento longitudinal.

Los postes de las barandas para peatones se deberán diseñar para una sobrecarga concentrada nominal aplicada transversalmente en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior o bien, en el caso de las barandas cuya altura total es mayor que **1,50 m**, en un punto ubicado a **1,50 m** por encima de la superficie superior de la vereda. El valor de la sobrecarga concentrada nominal para los postes,  **$P_{LL}$** , en kN, se deberá tomar como:

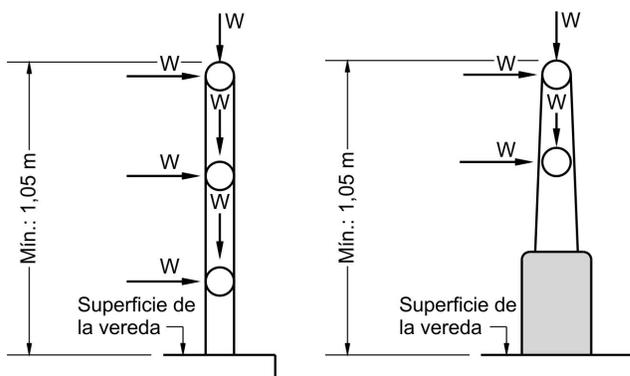
$$P_{LL} = 0,89 + 0,73 L \quad (13.8.2-1)$$

donde:

**L** separación entre postes, en m.

La carga nominal para los cercos eslabonados o de tejido metálico deberá ser igual a **0,72 kN/m<sup>2</sup>** actuando de forma normal a la totalidad de la superficie.

Las cargas se deberán aplicar tal como se indica en la Figura 13.8.2-1, en la cual las geometrías de los elementos de las defensas son solamente a título ilustrativo. Se puede utilizar cualquier material o combinación de materiales especificados en el artículo 13.5.



**Figura 13.8.2-1. Cargas que actúan sobre las barandas para peatones. (A utilizar en el borde exterior de una vereda cuando el tránsito vehicular está separado del tránsito peatonal mediante una defensa para tránsito vehicular. Las geometrías de las barandas son simplemente ilustrativas)**

## 13.9. BARANDAS PARA CICLISTAS

### 13.9.1. Requisitos generales

Se deberán utilizar barandas para ciclistas en aquellos puentes específicamente proyectados para transportar tránsito ciclista y en aquellos puentes en los cuales se considera necesario contar con una protección específica para los ciclistas.

### 13.9.2. Geometría

La altura de las barandas para ciclistas no deberá ser menor que **1,05 m**, medida a partir de la cara superior de la superficie de rodamiento.

La altura que divide las zonas superior e inferior de las barandas para ciclistas deberá ser de al menos **0,70 m**. En las zonas superior e inferior, la separación de los elementos deberá satisfacer los requisitos correspondientes del artículo 13.8.1.

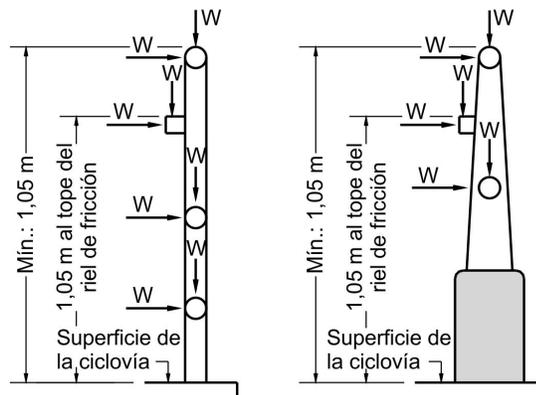
Si se consideran necesarios, los rieles de fricción, que se unen a la baranda o cerco para evitar que los ciclistas se puedan enganchar, deben tener una profundidad suficiente para proteger bicicletas con una amplia variedad de alturas de manubrio. La altura de instalación de los mismos puede ser de alrededor de **0,90 m a 1,10 m**.

Si se utilizan pantallas, cercos o caras macizas se podrá reducir el número de rieles.

### 13.9.3. Sobrecargas nominales

Si la altura de la baranda es mayor a **1,40 m** medida desde la superficie de rodamiento, las cargas nominales deberán ser determinadas por el Proyectista. Las cargas nominales para las barandas para ciclistas, con alturas por debajo de **1,40 m**, no deberán ser menores que las especificadas en el artículo 13.8.2, excepto en el caso de barandas cuya altura total es mayor que **1,40 m**, la sobrecarga nominal de los postes se deberá aplicar en un punto ubicado a una altura de **1,40 m** de la superficie de rodamiento.

Las cargas se deberán aplicar tal como se indica en la Figura 13.9.3-1. Se puede utilizar cualquier material o combinación de materiales especificados en el artículo 13.5.



**Figura 13.9.3-1. Cargas que actúan sobre las barandas para ciclistas. (A utilizar en el borde exterior de una ciclovía cuando el tránsito vehicular está separado del tránsito ciclista mediante una baranda para tránsito vehicular. Las geometrías de las barandas son simplemente ilustrativas)**

## **13.10. DEFENSAS COMBINADAS**

### **13.10.1. Requisitos generales**

Las defensas combinadas deberán satisfacer los requisitos correspondientes ya sea a las defensas para peatones o a las defensas para ciclistas, tal como se especifican en los artículos 13.8 y 13.9, según corresponda. La parte de la defensa combinada correspondiente al tránsito vehicular deberá satisfacer los requisitos del artículo 13.7.

### **13.10.2. Geometría**

Los requisitos referentes a la geometría de las defensas, especificados en los artículos 13.7, 13.8 y 13.9, se deberán aplicar a las partes correspondientes de las defensas combinadas.

### **13.10.3. Sobrecargas nominales**

Las sobrecargas nominales, especificadas en los artículos 13.8 y 13.9, no se deberán aplicar simultáneamente con las cargas de impacto de vehículos.

## **13.11. CORDONES Y VEREDAS**

### **13.11.1. Requisitos generales**

Las mediciones horizontales del ancho de la calzada se deberán tomar a partir de la parte inferior de la cara del cordón. Un cordón de vereda ubicado del lado de una defensa de puente sobre el tránsito vehicular se deberá considerar como parte integral de la defensa y estará sujeto a los requisitos sobre ensayo de choque especificados en el artículo 13.7.

### **13.11.2. Veredas**

Cuando en los accesos carreteros se utilizan veredas con cordones y cunetas, la altura del cordón para las veredas sobreelevadas en el puente no debe ser mayor que **0,20 m**. Si se requiere un cordón, la altura del cordón no debe ser menor que **0,15 m**. Si la altura del cordón sobre el puente difiere de la altura del cordón fuera del puente, este deberá tener una transición gradual a lo largo de una distancia mayor o igual a **20 veces** la diferencia en su altura.

### **13.11.3. Tratamiento de los extremos de defensas divisorias**

El tratamiento de los extremos de cualquier defensa o barrera para tránsito vehicular deberá satisfacer los requisitos especificados en los artículos 13.7.1.2 y 13.7.1.3.

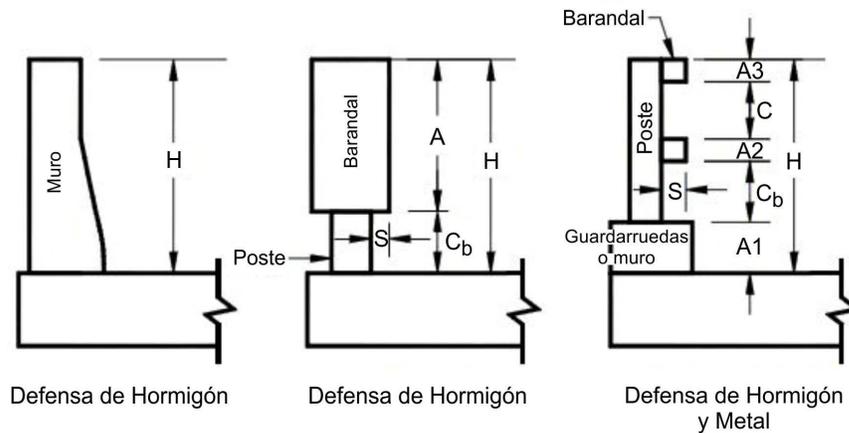
## APÉNDICE A13. DEFENSAS Y BARANDAS

### A13.1. GEOMETRÍA Y ANCLAJES

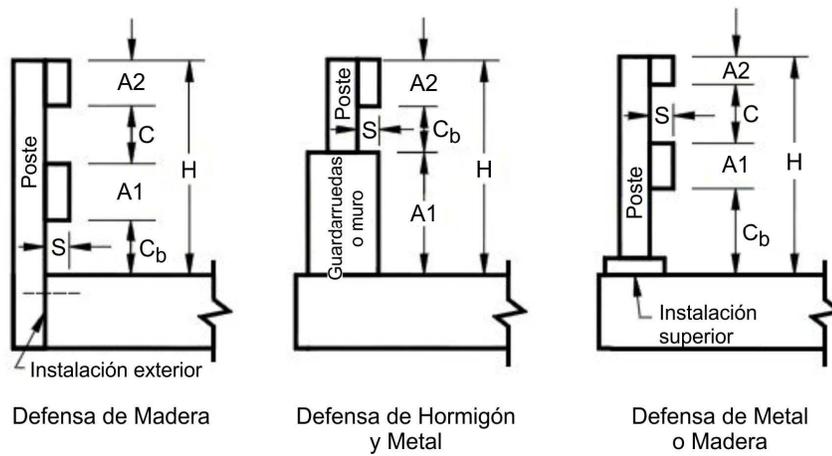
#### A13.1.1. Separación de los elementos de las defensas

Para las defensas para tránsito vehicular, los criterios para definir la máxima abertura libre debajo del barandal inferior,  $c_b$ , la distancia del retiro de los postes,  $S$ , y la máxima abertura entre barandales,  $c$ , se deberán basar en los siguientes criterios:

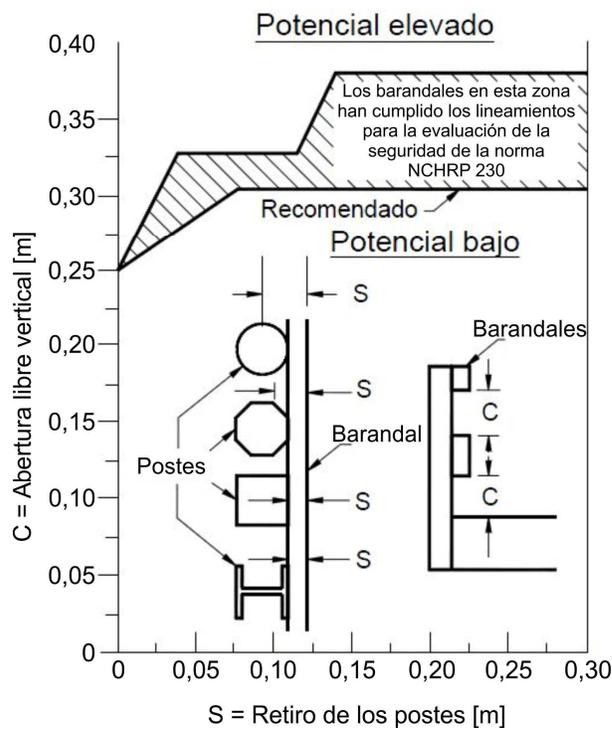
- Los anchos de contacto de los barandales, en defensas típicas, se pueden tomar como se ilustra en la Figura A13.1.1-1;
- El ancho total del barandal o los barandales en contacto con el vehículo,  $\Sigma A$ , no deberá ser menor que el **25 por ciento** de la altura de la defensa;
- En el caso de las defensas con postes, la abertura libre vertical,  $c$ , y el retiro de los postes,  $S$ , deberán estar dentro o por debajo del área sombreada ilustrada en la Figura A13.1.1-2; y
- En el caso de las defensas con postes, la combinación de  $(\Sigma A/H)$  y el retiro de los postes,  $S$ , deberán estar dentro o por encima del área sombreada ilustrada en la Figura A13.1.1-3.



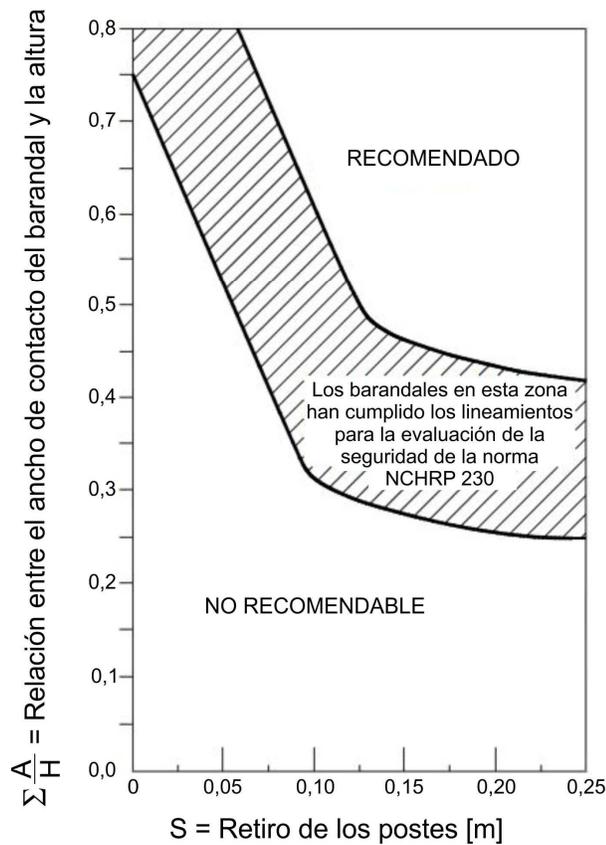
**Figura A13.1.1-1. Defensas típicas para tránsito vehicular**



**Figura A13.1.1-1 (Cont.). Defensas típicas para tránsito vehicular**



**Figura A13.1.1-2. Potencial de impacto de las ruedas, paragolpes o capó contra los postes**



**Figura A13.1.1-3. Criterios para determinar el retiro de los postes**

La máxima abertura vertical libre entre barandales o postes sucesivos deberá ser como se especifica en los artículos 13.8, 13.9 y 13.10.

### A13.1.2. Anclajes

El esfuerzo de fluencia de los bulones de anclaje utilizados en las defensas de acero se deberá absorber completamente mediante adherencia, ganchos, fijación a placas embebidas en hormigón, o cualquier combinación de estos mecanismos. Las armaduras de las defensas de hormigón deberán tener una longitud embebida suficiente para desarrollar el esfuerzo de fluencia.

## A13.2. FUERZAS NOMINALES PARA LAS DEFENSAS DE TRÁNSITO VEHICULAR

A menos que en el presente Reglamento se establezca lo contrario, se deberán aplicar el estado límite correspondiente a evento extremo y las combinaciones de cargas correspondientes de la Tabla 3.4.1-1 del **Reglamento CIRSOC 801**.

Las fuerzas nominales para las defensas y los criterios geométricos, a utilizar al desarrollar prototipos de ensayo para el programa de ensayos de choque, se deben tomar como se especifica en la Tabla A13.2-1 e ilustra en la Figura A13.2-1. No es necesario aplicar las cargas transversales y longitudinales indicadas en la Tabla A13.2-1 simultáneamente con las cargas verticales.

La altura efectiva de la fuerza de vuelco de un vehículo se toma como:

$$H_e = G - \frac{W B}{2 F_t} \quad (\text{A13.2-1})$$

donde:

- G** altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente, tal como se especifica en la Tabla 13.7.2.9-1, en m.
- W** peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido, tal como se especifica en la Tabla 13.7.2.9-1, en kN.
- B** separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje, tal como se especifica en la Tabla 13.7.2.9-1, en m.
- F<sub>t</sub>** fuerza transversal correspondiente al nivel de ensayo requerido, tal como se especifica en la Tabla A13.2-1, en kN.

Las defensas se deberán dimensionar de manera que:

$$\bar{R} \geq F_t \quad (\text{A13.2-2})$$

$$\bar{Y} \geq H_e \quad (\text{A13.2-3})$$

en el cual:

$$\bar{R} = \sum R_i \quad (\text{A13.2-4})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum (R_i Y_i)}{\bar{R}} \quad (\text{A13.2-5})$$

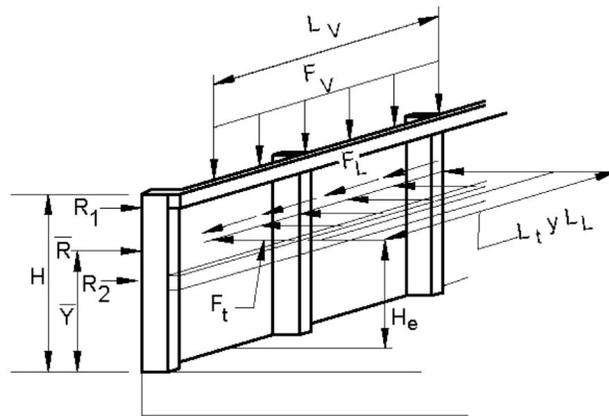
donde:

- R<sub>i</sub>** resistencia del barandal *i*, en kN.
- Y<sub>i</sub>** distancia desde el tablero del puente hasta el barandal *i*, en m.

Todas las fuerzas se deberán aplicar a los elementos longitudinales de la defensa. La distribución de las cargas longitudinales a los postes deberá ser consistente con la continuidad de los elementos de la defensa. La distribución de las cargas transversales deberá ser consistente con el mecanismo de falla supuesto para el sistema de defensa.

**Tabla A13.2-1. Fuerzas nominales para las defensas de tránsito vehicular**

Fuerzas nominales y simbologías	Niveles de Ensayo para las Defensas			
	Bajo	Regular	Medio	Alto
Transversal $F_t$ [kN]	240	300	600	750
Longitudinal $F_L$ [kN]	100	100	200	250
Vertical descendente $F_v$ [kN]	22	100	300	350
$L_t$ y $L_L$ [m]	1,10	1,20	2,40	2,40
$L_v$ [m]	5,50	6,00	12,00	12,00
$H_e$ (mín.) [m]	0,70	0,90	1,20	1,40
Mínima altura de la defensa $H$ [m]	0,70	0,90	1,20	2,30



**Figura A13.2-1. Fuerzas nominales en una defensa metálica, ubicación en altura, y longitud de distribución horizontal**

### A13.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS DEFENSAS UTILIZADAS COMO PROTOTIPOS DE ENSAYO

#### A13.3.1. Defensas de hormigón

Para los muros de hormigón armado y pretensado se podrán utilizar análisis por líneas de fluencia y diseño por resistencia.

La resistencia nominal de la defensa frente a la carga transversal,  $R_w$ , se puede determinar utilizando un enfoque por líneas de fluencia de la siguiente manera:

- Para impactos dentro de un segmento de muro:

$$R_w = \left( \frac{2}{2 L_c - L_t} \right) \left( 8 M_b + 8 M_w + \frac{M_c L_c^2}{H} \right) \quad (\text{A13.3.1-1})$$

La longitud crítica del muro en la cual se produce el mecanismo de la línea de fluencia,  $L_c$ , se deberá tomar como:

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8 H (M_b + M_w)}{M_c}} \quad (\text{A13.3.1-2})$$

- Para impactos en el extremo de un muro o en una junta:

$$R_w = \left(\frac{2}{2 L_c - L_t}\right) \left(M_b + M_w + \frac{M_c L_c^2}{H}\right) \quad (\text{A13.3.1-3})$$

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + H \left(\frac{M_b + M_w}{M_c}\right)} \quad (\text{A13.3.1-4})$$

donde:

- $F_t$  fuerza transversal especificada en la Tabla A13.2-1 que se supone actuando en la parte superior de un muro de hormigón, en kN.
- $H$  altura del muro, en m.
- $L_c$  longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia, en m.
- $L_t$  longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto  $F_t$ , en m.
- $R_w$  resistencia transversal total de la defensa, en kN.
- $M_b$  resistencia adicional a flexión de la viga acumulativa con  $M_w$ , si corresponde, en la parte superior del muro, en kN·m.
- $M_c$  resistencia a flexión de los muros en voladizo respecto de un eje paralelo al eje longitudinal del puente, en kN·m/m.
- $M_w$  resistencia a flexión del muro respecto de su eje vertical, en kN·m.

Para poder ser utilizados en las expresiones anteriores,  $M_c$  y  $M_w$  no deben variar significativamente con la altura del muro. De lo contrario, se debe realizar un análisis riguroso mediante líneas de fluencia.

### A13.3.2. Defensas formadas por postes y barandales

Para el proyecto de defensas formadas por postes y barandales bajo condiciones de falla, se deberá utilizar el análisis inelástico. Si la falla no involucra el poste extremo de un segmento, la resistencia nominal crítica de la defensa,  $R$ , se deberá tomar como el menor valor entre los determinados mediante las Ecuaciones A13.3.2-1 y A13.3.2-2 para diferentes números de tramos de defensa,  $N$ .

- Para los modos de falla que involucran un número de tramos de defensa,  $N$ , impar:

$$R = \frac{16 M_p + (N - 1)(N + 1) P_p L}{2 N L - L_t} \quad (\text{A13.3.2-1})$$

- Para los modos de falla que involucran un número de tramos de defensa,  $N$ , par:

$$R = \frac{16 M_p + N^2 P_p L}{2 N L - L_t} \quad (\text{A13.3.2-2})$$

donde:

- $L$  separación de los postes o longitud de un tramo simple, en m.
- $M_p$  resistencia, inelástica o de línea de fluencia, de todas las defensas que contribuyen a una rótula plástica, en kN·m.
- $M_{post}$  resistencia al momento plástico de un poste individual, en kN·m.
- $P_p$  fuerza de corte actuando en un poste individual, correspondiente a  $M_{post}$  y ubicada a una altura  $\bar{Y}$  por encima del tablero, en kN.
- $R$  resistencia última total, es decir, resistencia nominal, de la defensa, en kN.
- $L_t, L_L$  longitud transversal de las cargas distribuidas debidas al impacto de vehículos,  $F_t$  y  $F_L$ , en m.

Para considerar el impacto, en el extremo de los segmentos de la defensa, que genera la falla del poste ubicado en dicho extremo de defensa, la resistencia nominal crítica de la defensa,  $R$ , se deberá calcular utilizando la Ecuación A13.3.2-3.

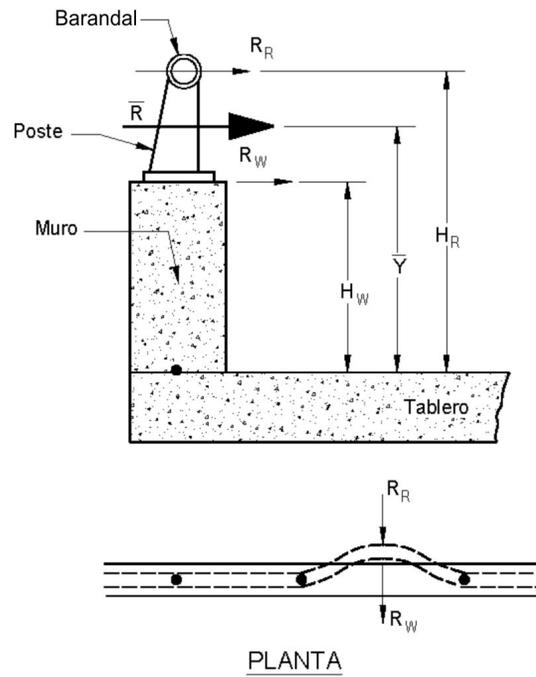
- Para cualquier número de tramos de defensa,  $N$ :

$$R = \frac{2 M_p + 2 P_p L \left( \sum_{i=1}^N i \right)}{2 N L - L_t} \quad (\text{A13.3.2-3})$$

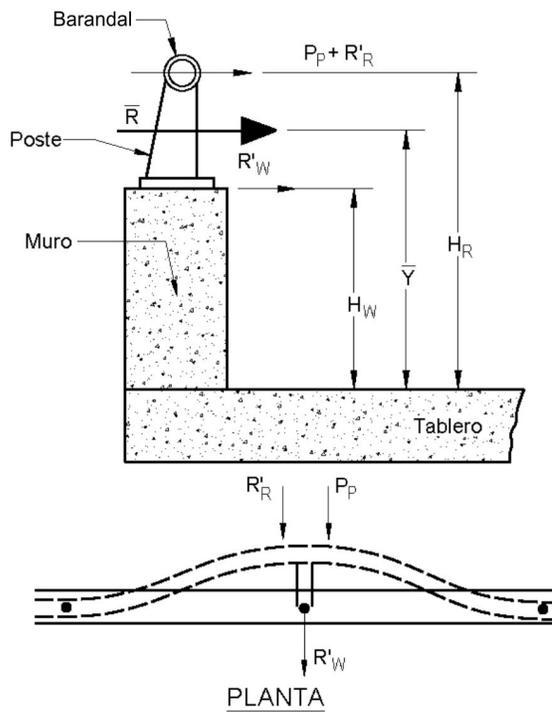
### A13.3.3. Muro de hormigón y defensa metálica

La resistencia de cada elemento de una defensa combinada de puente se deberá determinar como se especifica en los artículos A13.3.1 y A13.3.2. La resistencia de la defensa flexible se determinará para un tramo,  $R_R$ , y para dos tramos,  $R'_R$ . Se deberá determinar la resistencia del poste en la parte superior del muro,  $P_p$ , incluyendo la resistencia de anclaje de los bulones o del poste.

La resistencia del conjunto formado por el muro y la defensa se deberá tomar como la menor de las resistencias determinadas para los dos modos de falla ilustrados en las Figuras A13.3.3-1 y A13.3.3-2.



**Figura A13.3.3-1. Evaluación del conjunto formado por un muro de hormigón y una defensa metálica – Impacto en la mitad de la longitud de la defensa**



**Figura A13.3.3-2. Evaluación del conjunto formado por un muro de hormigón y postes y barandales metálicos – Impacto en un poste**

Si el impacto del vehículo se produce en la mitad de la longitud de la defensa metálica, como se ilustra en la Figura A13.3.3-1, la resistencia de la defensa flexible,  $R_R$ , y la máxima resistencia del muro de hormigón,  $R_w$ , se deberán sumar entre sí para determinar la resistencia combinada resultante,  $\bar{R}$ , y la altura efectiva,  $\bar{Y}$ , se toma como:

$$\bar{R} = R_R + R_w \quad (\text{A13.3.3-1})$$

$$\bar{Y} = \frac{R_R H_R + R_w H_w}{\bar{R}} \quad (\text{A13.3.3-2})$$

donde:

- $R_R$  capacidad última de la defensa en un tramo, en kN.
- $R_w$  capacidad última del muro como se especifica en el artículo A13.3.1, en kN.
- $H_w$  altura del muro, en m.
- $H_R$  altura de la defensa, en m.

Si el impacto del vehículo se produce en un poste, como se ilustra en la Figura A13.3.3-2, la máxima resistencia resultante,  $\bar{R}$ , se deberá tomar como la sumatoria de la capacidad del poste,  $P_p$ , la resistencia de la defensa,  $R'_R$ , y una resistencia reducida del muro,  $R'_w$ , ubicada a una altura  $\bar{Y}$ .

$$\bar{R} = P_p + R'_R + R'_w \quad (\text{A13.3.3-3})$$

$$\bar{Y} = \frac{P_p H_R + R'_R H_R + R'_w H_w}{\bar{R}} \quad (\text{A13.3.3-4})$$

en el cual:

$$R'_w = \frac{R_w H_w - P_p H_R}{H_w} \quad (\text{A13.3.3-5})$$

donde:

- $P_p$  resistencia transversal última del poste, en kN.
- $R'_R$  resistencia transversal última de la defensa en dos tramos, en kN.
- $R'_w$  capacidad del muro, reducida para resistir la carga del poste, en kN.
- $R_w$  resistencia transversal última del muro como se especifica en el artículo A13.3.1, en kN.

## A13.4. DISEÑO DEL VOLADIZO LATERAL DEL TABLERO

### A13.4.1. Casos de diseño

Los voladizos laterales del tablero de un puente se deberán proyectar considerando separadamente los siguientes casos de diseño:

Caso de Diseño 1: fuerzas transversales y longitudinales especificadas en el artículo A13.2 – Combinación de cargas correspondiente al Estado Límite Evento Extremo II

Caso de Diseño 2: fuerzas verticales especificadas en el artículo A13.2 – Combinación de cargas correspondiente al Estado Límite Evento Extremo II

Caso de Diseño 3: cargas que actúan sobre el voladizo lateral, especificadas en el artículo 3.6.1 del **Reglamento CIRSOC 801** – Combinación de cargas correspondiente al Estado Límite Resistencia I

Para los Casos de Diseño 1 y 2, el factor de carga para la carga permanente,  $\gamma_p$ , deberá ser igual a **1,0**.

La sollicitación de diseño total se deberá tomar como:

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad (\text{A13.4.1-1})$$

donde

$\eta_i$  factor de modificación de carga especificado en el artículo 1.3.2 del **Reglamento CIRSOC 801**.

$\gamma_i$  factores de carga especificados en las Tablas 3.4.1-1 y 3.4.1-2 del **Reglamento CIRSOC 801**, a menos que se especifique lo contrario.

$Q_i$  sollicitaciones generadas por las cargas aquí especificadas.

### A13.4.2. Tableros que soportan muros de hormigón

Para el Caso de Diseño 1, el voladizo lateral del tablero se puede diseñar para proveer una resistencia a la flexión,  $M_s$  en [kN·m/m] que, actuando conjuntamente con la fuerza de tracción  $T$  en [kN/m], aquí especificada, sea mayor a  $M_c$  correspondiente al muro en su base. La fuerza de tracción axial,  $T$ , se puede tomar de la siguiente manera:

$$T = \frac{R_w}{L_c + 2 H} \quad (\text{A13.4.2-1})$$

donde:

$R_w$  resistencia del muro especificada en el artículo A13.3.1, en kN.

$L_c$  longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia, en m.

**H** altura del muro, en m.

**T** fuerza de tracción por unidad de longitud del tablero, en kN/m.

El diseño del voladizo lateral del tablero, para las fuerzas verticales especificadas en el Caso de Diseño 2, se deberá basar en la parte del tablero en voladizo.

### A13.4.3. Tableros que soportan defensas formadas por postes y barandales

#### A13.4.3.1. Diseño del voladizo lateral del tablero

Para el Caso de Diseño 1, el momento por m,  $M_d$ , y la fuerza de tracción por m de tablero,  $T$ , se pueden tomar como:

$$M_d = \frac{M_{\text{poste}}}{W_b + d_b} \quad (\text{A13.4.3.1-1})$$

$$T = \frac{P_p}{W_b + d_b} \quad (\text{A13.4.3.1-2})$$

Para el Caso de Diseño 2, la fuerza de corte por punzonamiento y el momento en el voladizo lateral se pueden tomar como:

$$P_v = \frac{F_v L}{L_v} \quad (\text{A13.4.3.1-3})$$

$$M_d = \frac{P_v X}{b} \quad (\text{A13.4.3.1-4})$$

en el cual:

$$b = 2 X + W_b \leq L \quad (\text{A13.4.3.1-5})$$

donde:

$M_{\text{poste}}$  momento plástico resistente de un poste individual de defensa, en kN·m.

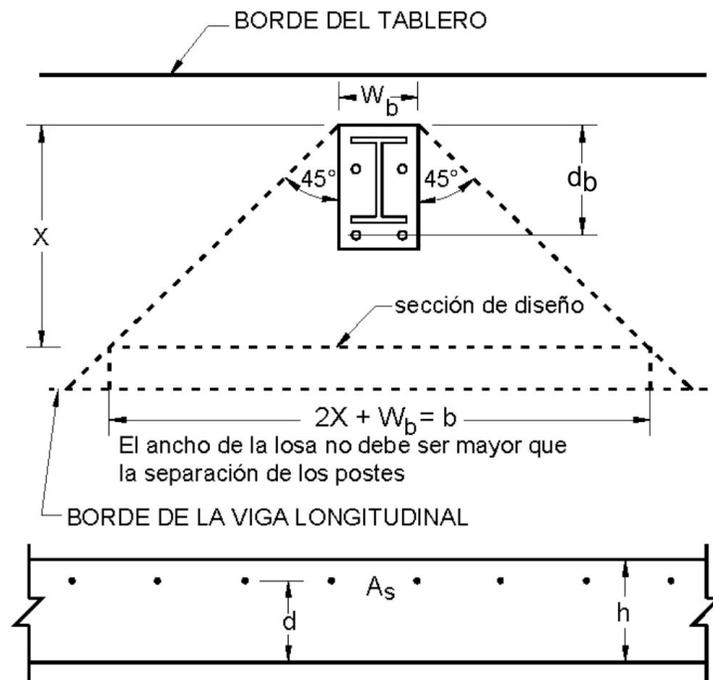
$P_p$  fuerza de corte en un poste individual que corresponde a  $M_{\text{poste}}$  y está ubicada a una distancia  $\bar{Y}$  por encima del tablero, en kN.

$X$  distancia desde el borde exterior de la placa base del poste hasta la sección analizada, tal como se especifica en la Figura A13.4.3.1-1, en m.

$W_b$  ancho de la placa base, en m.

$T$  fuerza de tracción en el tablero, en kN/m.

- $d_b$  distancia desde el borde exterior de la placa base a la fila más interna de bulones, tal como se ilustra en la Figura A13.4.3.1-1, en m.
- $L$  separación de los postes, en m.
- $L_v$  distribución longitudinal de la fuerza vertical  $F_v$  en la parte superior de la defensa, en m.
- $F_v$  fuerza vertical que representa un vehículo apoyado en la parte superior de la defensa una vez concluidas las fuerzas de impacto  $F_t$  y  $F_L$ , en kN.



**Figura A13.4.3.1-1. Longitud efectiva del voladizo para soportar las cargas concentradas de los postes, transversales o verticales**

### A13.4.3.2. Resistencia al corte por punzonamiento

Para el Caso de Diseño 1, el corte de diseño se puede tomar como:

$$V_u = A_f F_y \quad (\text{A13.4.3.2-1})$$

La resistencia de diseño al corte por punzonamiento del voladizo lateral del tablero se puede tomar como:

$$V_r = \phi V_n \quad (\text{A13.4.3.2-2})$$

$$V_n = v_c \left[ W_b + h + 2 \left( E + \frac{B}{2} + \frac{h}{2} \right) \right] h \quad (\text{A13.4.3.2-3})$$

$$v_c = \left( 0,166 + \frac{0,332}{\beta_c} \right) \sqrt{f'_c} \leq 0,332 \sqrt{f'_c} \quad (\text{A13.4.3.2-4})$$

$$\frac{B}{2} + \frac{h}{2} \leq B \quad (\text{A13.4.3.2-5})$$

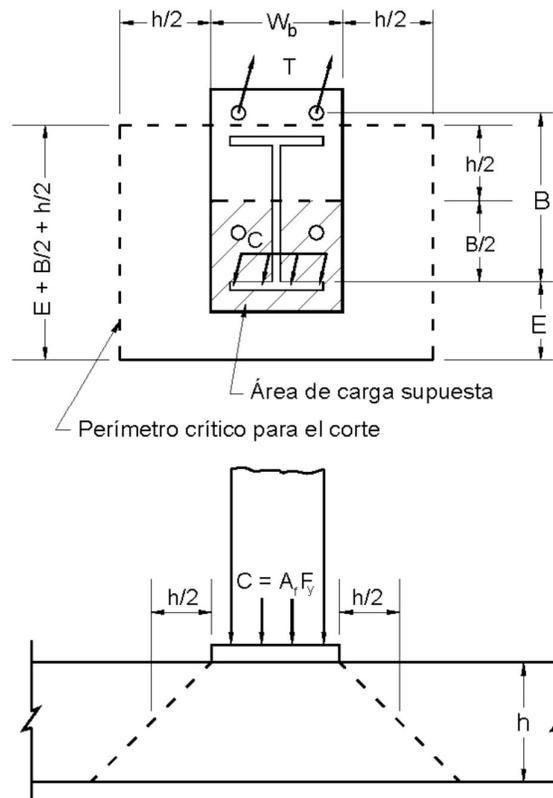
en el cual:

$$\beta_c = \frac{W_b}{d_b} \quad (\text{A13.4.3.2-6})$$

donde:

- $V_u$  fuerza de corte de diseño en la sección, en kN.
- $A_f$  área del ala comprimida del poste, en m<sup>2</sup>.
- $F_y$  tensión de fluencia del ala comprimida del poste, en MPa.
- $V_r$  resistencia al corte de diseño, en kN.
- $V_n$  resistencia al corte nominal de la sección analizada, en kN.
- $v_c$  resistencia al corte nominal proporcionada por las tensiones de tracción en el hormigón, en MPa.
- $W_b$  ancho de la placa base, en m.
- $b$  longitud de tablero que resiste la fuerza o carga de corte del poste =  $h + W_b$
- $h$  espesor de la losa, en m.
- $E$  distancia entre el borde de la losa y el baricentro de la resultante de la tensión de compresión en el poste, en m.
- $B$  distancia entre los baricentros de las resultantes de las tensiones de tracción y compresión en el poste, en m.
- $\beta_c$  relación entre el lado mayor y el lado menor de la carga concentrada o de la superficie de introducción de la reacción.
- $f'_c$  resistencia a la compresión del hormigón a **28 días**, en MPa.
- $\phi$  factor de resistencia = **1,0**.
- $d_b$  distancia desde el borde exterior de la placa base a la fila más interna de bulones, en m.

La distribución supuesta para las fuerzas que intervienen en el cálculo del corte por punzonamiento deberá ser como se ilustra en la Figura A13.4.3.2-1.



**Figura A13.4.3.2-1. Modo de falla por corte por punzonamiento**

## APÉNDICE B13. PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES

En los comentarios a este Apéndice, el lector encontrará cinco planos tipo de perfil de ensayo.



**INTI**

INSTITUTO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



**CIRSOC**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS  
REGLAMENTOS NACIONALES DE  
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES