

# Proyecto de Reglamento CIRSOC 804

Ministerio del Interior,  
Obras Públicas y Vivienda  
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

## INTI

Instituto Nacional de  
Tecnología Industrial



## CIRSOC

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



# *REGLAMENTO ARGENTINO PARA EL DISEÑO DE PUENTES CARRETEROS*

## *Defensas y Barandas*

Noviembre 2016

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

***Defensas y Barandas***

***EDICIÓN NOVIEMBRE 2016***



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio  
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina  
TELEFAX. (54 11) 4779-5271 / 4779-5273**

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

**INTERNET: [www.inti.gob.ar/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/cirsoc)**

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

*Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani*

*Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno*

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

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

*Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti*

**© 2016**

**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  
Techint  
Acindar

## **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



## **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***

***Defensas y Barandas***

***Ing. Francisco Bissio  
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>	COORDINADORA ÁREA ACCIONES INTI-CIRSOC

***Agradecimiento especial***

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente al Ing. Aníbal Barbero su colaboración en la redacción del Capítulo 2, al Ing. Gabriel Troglia por su colaboración en la redacción del Capítulo 3, al Ing. Luciano Sprio Ceres por su colaboración en el desarrollo de las comparaciones que se emplearon para redactar el Capítulo 3 y al Ing. Diego Cernuschi y al Arq. Gustavo Bandel por sus valiosos aportes y colaboración en el desarrollo del Capítulo 13.*



**Metodología para el envío de observaciones, comentarios y sugerencias al**

**Proyecto de Reglamento CIRSOC 804**

***Reglamento Argentino para el  
Diseño de Puentes Carreteros - Defensas y Barandas***

**en Discusión Pública Nacional  
(1° de noviembre de 2016 - 31 de agosto de 2017)**

---

*Las observaciones, comentarios y sugerencias se deberán enviar a la Sede del CIRSOC, Av. Cabildo 65, Subsuelo Ala Savio (C1426AAA) Buenos Aires, hasta el 31 de agosto de 2017, siguiendo la metodología que a continuación se describe:*

- 1. Se deberá identificar claramente el Proyecto de Reglamento que se analiza, como así también el artículo y párrafo que se observa.*
- 2. Las observaciones se deberán acompañar de su fundamentación y de una redacción alternativa con el fin de que el coordinador del proyecto observado comprenda claramente el espíritu de la observación.*
- 3. Las observaciones, comentarios y sugerencias se deberán presentar por escrito, firmadas y con aclaración de firma, y se deberán enviar por correo o entregarse en mano. Se solicita detallar Dirección, Tel, Fax, e-mail con el fin de facilitar la comunicación.*
- 4. No se aceptarán observaciones enviadas por fax o e-mail, dado que estos medios no permiten certificar la autenticidad de la firma del autor de la observación.*

*Confiamos en que este Proyecto le interese y participe activamente.*

**Gracias.**



## CAPÍTULO 13 – DEFENSAS Y BARANDAS

### CONTENIDO

13.1.	ALCANCE	13-1
13.2.	DEFINICIONES	13-1
13.3.	SIMBOLOGÍA	13-3
13.4.	REQUISITOS GENERALES	13-5
13.5.	MATERIALES	13-6
13.6.	ESTADOS LÍMITE Y FACTORES DE RESISTENCIA	13-6
13.6.1.	Estado Límite de Resistencia	13-6
13.6.2.	Estado Límite Correspondiente a Evento Extremo	13-6
13.7.	DEFENSAS VEHICULARES	13-6
13.7.1.	Sistemas de Defensas	13-7
13.7.1.1.	Requisitos Generales	13-7
13.7.1.2.	Defensas de Aproximación al Puente	13-8
13.7.1.3.	Tratamiento de los Extremos	13-8
13.7.2.	Procedimiento General para la Selección de Niveles de Comportamiento de Defensas para Puentes	13-8
13.7.2.1.	Niveles de Comportamiento de las Defensas de Puente	13-8
13.7.2.2.	Categorías de la Condición de Emplazamiento	13-9
13.7.2.3.	Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT1	13-11
13.7.2.4.	Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT2	13-12
13.7.2.5.	Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT3	13-12
13.7.2.6.	Método CAT1	13-12
13.7.2.7.	Método CAT2 – Procedimiento Basado en Gráficos	13-13
13.7.2.7.1.	Determinar TMDA y Porción de Vehículos Comerciales	13-13
13.7.2.7.2.	Determinar el TMDA Ajustado	13-13
13.7.2.7.3.	Determinar el Nivel de Comportamiento de la Defensa	13-17
13.7.2.8.	Método CAT3 – Especificación, Normas y Análisis B/C	13-19
13.7.2.8.1.	Especificación de Estándares para el Nivel de Rendimiento Medio	13-19
13.7.2.8.2.	Especificación de Estándares para el Nivel de Rendimiento Alto	13-20
13.7.3.	Criterio de Ensayo de las Defensas Vehiculares	13-20
13.7.4.	Diseño de las Defensas	13-21
13.7.4.1.	Requisitos Generales	13-21

13.7.4.1.1. Aplicación de Sistemas Previamente Ensayados	13-21
13.7.4.1.2. Sistemas Nuevos	13-21
13.7.4.2. Altura del Muro o Defensa para Tránsito Vehicular	13-22
13.8. BARANDAS PARA PEATONES	13-22
13.8.1. Geometría	13-22
13.8.2. Sobrecargas Nominales	13-23
13.9. BARANDAS PARA CICLISTAS	13-24
13.9.1. Requisitos Generales	13-24
13.9.2. Geometría	13-24
13.9.3. Sobrecargas Nominales	13-25
13.10. DEFENSAS COMBINADAS	13-25
13.10.1. Requisitos Generales	13-25
13.10.2. Geometría	13-25
13.10.3. Sobrecargas Nominales	13-26
13.11. CORDONES Y VEREDAS	13-26
13.11.1. Requisitos Generales	13-26
13.11.2. Veredas	13-26
13.11.3. Tratamiento de los Extremos de Defensas Divisorias	13-26
APÉNDICE A13 – DEFENSAS Y BARANDAS	
A13.1. GEOMETRÍA Y ANCLAJES	13-27
A13.1.1. Separación de los Elementos de las Defensas	13-27
A13.1.2. Anclajes	13-29
A13.2. FUERZAS NOMINALES PARA LAS DEFENSAS DE TRÁNSITO VEHICULAR	13-29
A13.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS DEFENSAS UTILIZADAS COMO PROTOTIPOS DE ENSAYO	13-31
A13.3.1. Defensas de Hormigón	13-31
A13.3.2. Defensas Formadas por Postes y Barandales	13-32
A13.3.3. Muro de Hormigón y Defensa Metálica	13-33
A13.3.4. Defensas de Madera	13-35
A13.4. DISEÑO DEL VOLADIZO LATERAL DEL TABLERO	13-36
A13.4.1. Casos de Diseño	13-36
A13.4.2. Tableros que Soportan Muros de Hormigón	13-36
A13.4.3. Tableros que Soportan Defensas Formadas por Postes y Barandales	13-37
A13.4.3.1. Diseño del Voladizo Lateral del Tablero	13-37
A13.4.3.2. Resistencia al Corte por Punzonamiento	13-38
APÉNDICE B13 – PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES	13-40

## CAPÍTULO 13

### DEFENSAS Y BARANDAS

#### 13.1. ALCANCE

Este Capítulo se aplica a las defensas y barandas para puentes nuevos y 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 los ensayos de choque asociados a los mismos. También contiene lineamientos para determinar el nivel necesario para satisfacer las especificaciones para los tipos de puentes más habituales 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 en una aplicación de la teoría de las líneas de fluencia. Para otros usos más allá del diseño de prototipos de ensayo con modos de falla anticipados similares a los ilustrados en las Figuras CA13.3.1-1 y CA13.3.1-2 se debe desarrollar una solución más rigurosa en base a líneas de fluencia o una solución por 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, si se anticipa que el patrón de fisuración se extenderá hasta los elementos de apoyo. En el 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 al choque 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 equivalente a un sistema ensayado al choque.

*Autopista (“Freeway”)* – Carretera principal de acceso limitado que tiene calzadas separadas y cuyas intersecciones están resueltas a diferentes niveles.

*Autovía (“Expressway”)* – Carretera principal de acceso limitado 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 se ilustra en la Figura 13.9.3-1, que constituye una guía física para los ciclistas que cruzan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de caída de un ciclista.

*Baranda Peatonal o para Peatones (“Pedestrian railing”)* – Sistema de baranda, tal como se ilustra en la Figura 13.8.2-1, que constituye una guía física para los peatones que cruzan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de caída de un peatón.

*Cara del Cordón (“Face of the curb”)* – Superficie vertical o inclinada del lado del cordón ubicado hacia la carretera.

*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.

*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 deben considerarse 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.

*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

- $A_r$  = área del ala comprimida del poste [m<sup>2</sup>] (A13.4.3.2)
- $B$  = separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje [m]; distancia entre los baricentros de las tensiones resultantes de tracción y compresión en un poste [m] (A13.2) (A13.4.3.2)
- $b$  = longitud resistente del tablero ante esfuerzos o cargas de corte en el poste =  $h + W_b$  [m] (A13.4.3.2)
- $C$  = capacidad de un poste vertical o resistencia del ala comprimida de un poste en flexión [kN·m] (CA13.4.3.2)
- $d_b$  = distancia desde el borde exterior de la placa base a la fila más interna de bulones [m] (A13.4.3.1)

- $E$  = distancia desde el borde de la losa al baricentro de la tensión resultante de compresión en el poste [m] (A13.4.3.2)
- $F_L$  = fuerza de fricción longitudinal a lo largo de la defensa =  $0,33 \cdot F_t$  [kN] (A13.2)
- $F_t$  = fuerza transversal del impacto de un vehículo distribuida en una longitud  $L_t$  a una altura  $H_e$  sobre el tablero del puente [kN] (A13.2)
- $F_v$  = fuerza vertical que representa un vehículo apoyado en la parte superior de la defensa [kN] (A13.2)
- $f'_c$  = resistencia especificada a compresión del hormigón a los 28 días [MPa] (A13.4.3.2)
- $G$  = altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente [m] (A13.2)
- $H$  = altura del muro [m] (A13.3.1)
- $H_R$  = altura de la defensa [m] (13.4)
- $H_w$  = altura del muro [m] (13.4)
- $h$  = espesor de la losa [m] (A13.4.3.2)
- $L$  = separación de los postes de un tramo simple [m] (A13.3.2)
- $L_c$  = longitud crítica de falla del muro [m] (A13.3.1)
- $L_L$  = longitud de distribución longitudinal de la fuerza de fricción  $F_L$ ,  $L_L = L_t$  [m] (A13.2)
- $L_t$  = 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 [m] (A13.2)
- $L_v$  = distribución longitudinal de la fuerza vertical  $F_v$  en la parte superior de la defensa [m] (A13.2)
- $l$  = 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 [m] (A13.3.1)
- $M_b$  = capacidad última de momento de la viga en la parte superior del muro [kN·m] (A13.3.1)
- $M_c$  = resistencia última a la flexión del muro respecto del eje horizontal [kN·m/m] (A13.3.1)
- $M_d$  = momento del voladizo lateral del tablero [kN·m/m] (A13.4.3.1)
- $M_p$  = resistencia plástica o línea de fluencia de la defensa [kN·m] (A13.3.2)
- $M_{\text{poste}}$  = momento plástico resistente de un poste individual [kN·m] (A13.4.3.1)
- $M_w$  = resistencia última a flexión del muro respecto del eje vertical [kN·m] (A13.3.1)
- $P_p$  = 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 [kN] (A13.3.2)
- $R$  = resistencia última total, es decir resistencia nominal, de la defensa [kN] (A13.3.2)
- $R_R$  = capacidad última de la defensa en más de un tramo [kN] (A13.3.3)
- $R'_R$  = resistencia transversal última de la defensa en más de dos tramos [kN] (A13.3.3)
- $R_w$  = resistencia transversal total de la defensa [kN]; capacidad última del muro tal como se especifica en el Artículo A13.3.1 [kN] (A13.3.1) (A13.3.3)
- $R'_w$  = capacidad del muro, reducida para resistir la carga del poste [kN] (A13.3.3)
- $\bar{R}$  = sumatoria de las resistencias de los elementos horizontales de las defensas [kN] (A13.2)
- $T$  = fuerza de tracción por unidad de longitud del tablero [kN/m] (A13.4.2)
- $V_c$  = resistencia nominal al corte proporcionada por la resistencia a tracción del hormigón [kN] (A13.4.3.2)
- $V_n$  = resistencia al corte nominal de la sección en estudio [kN] (A13.4.3.2)
- $V_r$  = resistencia al corte de diseño [kN] (A13.4.3.2)
- $V_u$  = fuerza de corte de diseño en la sección [kN] (A13.4.3.2)
- $W$  = peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido, de la Tabla 13.7.2-1 [kN] (13.7.2)
- $W_b$  = ancho de la placa base o bloque de distribución [m]; ancho de la placa base [m] (A13.4.3.1) (A13.4.3.2)

- $X$  = longitud del voladizo lateral del tablero desde la cara del apoyo hasta la viga o alma exterior [m] (A13.4.3.1)
- $\bar{Y}$  = altura de  $\bar{R}$  por encima del tablero del puente [m] (A13.2)
- $\beta_c$  = 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.

A lo largo de los bordes de las estructuras se deberán disponer defensas para proteger al tránsito y a los peatones. Para alcantarillas largas pueden especificarse otras soluciones. Una vereda peatonal puede estar separada de la calzada adyacente mediante un cordón, o una defensa vehicular, tal como se indica en la Figura 13.4-1. En las autopistas 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.

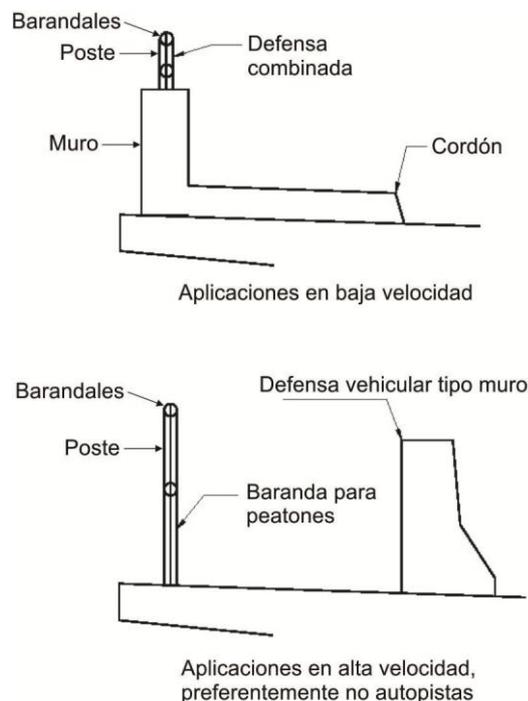


Figura 13.4-1 – Veredas peatonales

Las defensas a construir en los puentes nuevos y su unión al voladizo lateral del tablero deberán responder a los planos incluidos en el 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 deberá procederse 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 13.7.3.

### 13.5. MATERIALES

A menos que se especifique lo contrario, para los materiales empleados en los sistemas de defensas se deberán aplicar los requisitos del Capítulo 5,

### 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 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.

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 para ciclistas 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.

#### 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 la resistencia última del sistema de defensa utilizando las cargas indicadas en el Apéndice A. Dichas fuerzas se deberán considerar como cargas de diseño en el estado límite correspondiente a 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 deberá ser contener y corregir la dirección del desplazamiento de 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 aptas 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 de las defensas, 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.

Se deberá demostrar que una defensa diseñada para usos múltiples es resistente al choque con o sin la vereda. El uso de la defensa combinada, para vehículos y peatones, 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**; además, estas defensas deberán ser ensayadas para los Niveles de Ensayo 1 o 2.

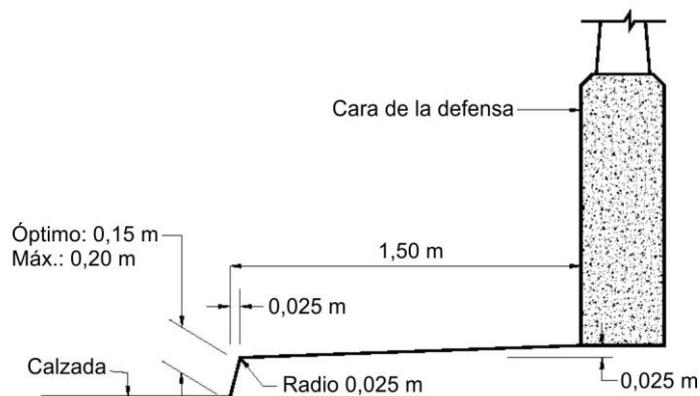


Figura 13.7.1.1-1 – Típica vereda sobreelevada

### 13.7.1.2. Defensas de Aproximación al Puente

Se debe proveer un sistema de defensa de protección al inicio de todas las defensas de puentes en las zonas rurales con tránsito de alta velocidad.

Un sistema de defensa de aproximación al puente debe incluir una transición desde el sistema de defensa de protección hasta el sistema de defensa rígido del puente, con capacidad de proporcionar resistencia lateral ante un vehículo errante. El borde de ataque del sistema de defensa de protección, en la aproximación al puente, deberá tener 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 muro 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. Procedimiento General 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 predio donde está ubicado el 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.

El procedimiento general es determinar una categoría de condición de emplazamiento, la cual entonces determina la metodología a usarse para seleccionar un nivel de comportamiento de la defensa en un emplazamiento específico.

### 13.7.2.1. Niveles de Comportamiento de las Defensas de Puente

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 los requerimientos de contención generales y los niveles de ensayo equivalentes del MASH 2009, para estos niveles de comportamiento.

Tabla 13.7.2.1-1 – Niveles de comportamiento de defensas de puente

Nivel de comportamiento de la defensa	Nivel de ensayo MASH 2009	Propiedades de contención	Vehículo de ensayo
Bajo	TL-3	Provistas para la contención de vehículos livianos. Para usar generalmente en estructuras bajas, de bajo nivel, en caminos rurales y áreas donde se espera un muy pequeño número de vehículos pesados mixtos y para un medio de baja velocidad.	Se requiere contener un nivel de impacto típico de un vehículo utilitario de <b>2,3 tn</b> (vehículo liviano) a <b>100 km/h</b> y un ángulo de impacto de <b>25°</b>
Regular	TL-4	Provistas para la 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.	Se requiere contener un nivel de impacto típico de un camión de <b>10,0 tn</b> a <b>90 km/h</b> y un ángulo de impacto de <b>15°</b>
Medio	TL-5	Provistas para la 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.	Se requiere contener un nivel de impacto típico de un semi-remolque articulado de <b>36,0 tn</b> a <b>80 km/h</b> y un ángulo de impacto de <b>15°</b>
Alto	TL-6	Provistas para situaciones de alto riesgo y la 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.	Se requiere contener un nivel de impacto típico de un vehículo tipo tanque de <b>36,0 tn</b> (vehículo rígido con alto centro de gravedad) a <b>80 km/h</b> y un ángulo de impacto de <b>15°</b>
Especial	por encima de TL-6	Provistas para 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	Se requiere contener un nivel de impacto típico de un semi-remolque articulado de <b>44,0 tn</b> a <b>100 km/h</b> y un ángulo de impacto de <b>15°</b> . No hay defensa calificada más alto que TL-6 en MASH 2009

13.7.2.2. Categorías de la Condición de Emplazamiento

Las condiciones de emplazamiento están clasificadas 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, los cuales satisfacen los criterios especificados en el Artículo 13.7.2.4.
- CAT3: para emplazamientos con niveles de riesgo medios a altos y/o que tienen condiciones especiales como las especificadas en el Artículo 13.7.2.5.

La categoría de la condición de emplazamiento CAT1 se determina de conformidad con un conjunto de requisitos prescriptos “de cumplimiento obligatorio” listados en el Artículo 13.7.2.3. Si se cumplen todos los requisitos, se puede especificar sin defensa. Se deben alcanzar todos los requisitos, de lo contrario, se debe considerar una categoría más alta. Es necesario enfatizar que donde fuera admisible, se debe considerar una defensa y que este Reglamento especifica requisitos mínimos. Pueden existir situaciones especiales donde la falta de defensa puede justificarse debido a cuestiones hidráulicas. En estas situaciones el Propietario debe hacer un exhaustivo estudio de riesgos incluyendo un análisis costo/beneficio.

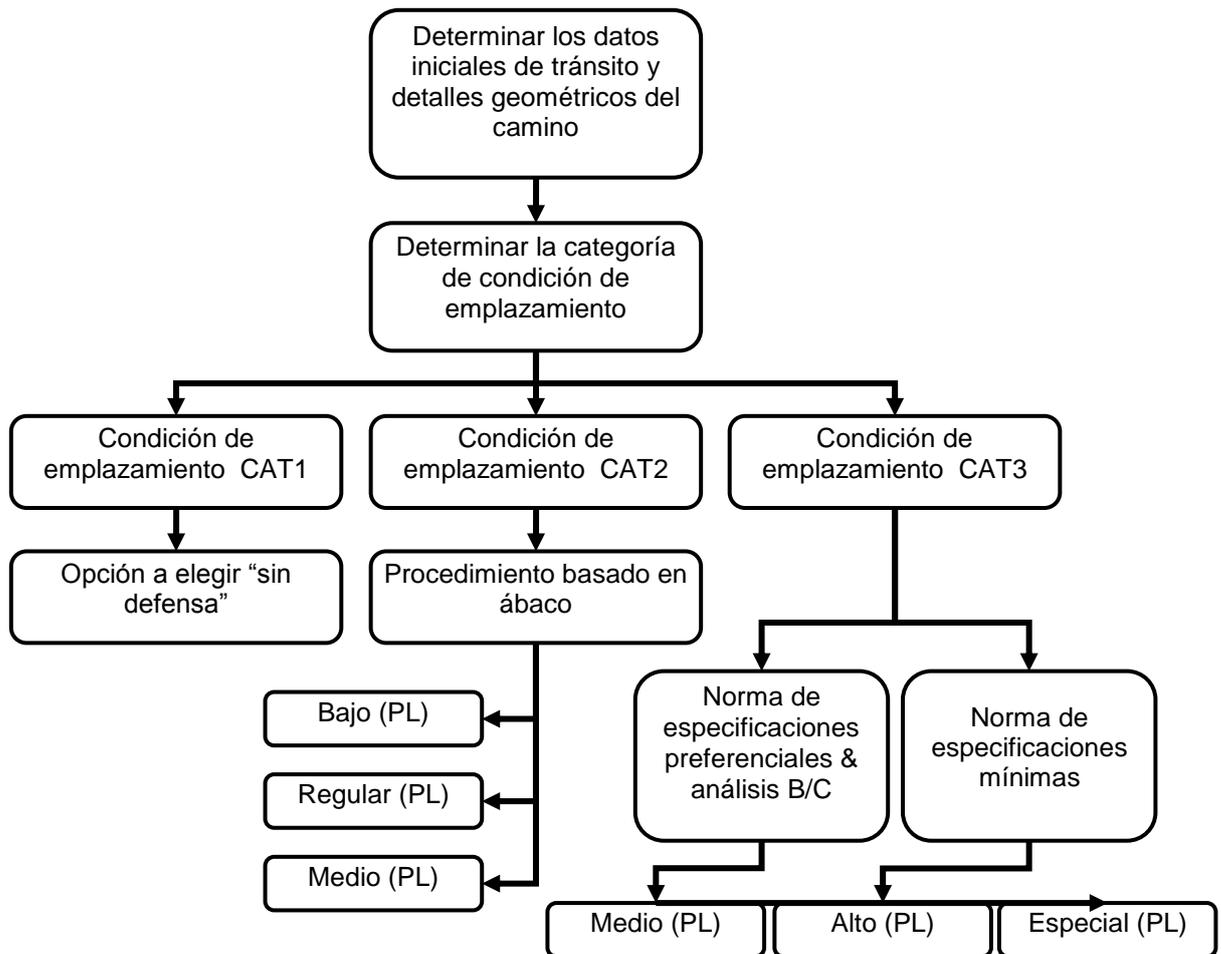
La categoría de la condición de emplazamiento CAT3 se selecciona sobre la base de las características específicas del emplazamiento descritas en el Artículo 13.7.2.5. En este caso, se selecciona un nivel de comportamiento de defensa sobre la base de los requisitos de comportamiento mínimos y análisis costo-beneficio.

La categoría de la condición de emplazamiento CAT2 es una categoría por defecto si CAT1 y CAT3 no son relevantes. En este caso se puede usar el procedimiento basado en ábacos. Agregado a esto, todos los riesgos listados en la condición de emplazamiento CAT3 no deben ser relevantes para seleccionar esta categoría de condición de emplazamiento.

En la Figura 13.7.2.2 se 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 por encima de carreteras importantes con un tránsito medio diario anual (TMDA) de **10000 vpd** por carril, o por encima de carreteras con un TMDA de **40000** vehículos o más por día.
2. puentes por encima de líneas de ferrocarril de pasajeros de alta frecuencia con una intensidad pico de más de seis trenes por hora en cada dirección o líneas mercantiles que transportan cargas nocivas, inflamables, o en grandes volúmenes, o infraestructura crítica de ferrocarril como lo especifica la autoridad ferroviaria relevante.
3. puentes por encima de terrenos con uso de alta ocupación tales como casas, fábricas, áreas de reunión, etc.



**Nota:** PL = nivel de comportamiento

Figura 13.7.2.2 – Diagrama de flujo del nivel de comportamiento de defensas

### 13.7.2.3. Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT1

Las defensas de tránsito vehicular se pueden omitir cuando la provisión de defensas impide el paso de vehículos especiales con sobrecarga, o las defensas pueden ser frecuentemente dañadas por arrastres pesados o ambos, y se aplican la totalidad de los siguientes criterios para condición de emplazamiento CAT1:

1. La rasante del puente o alcantarilla está a menos de **1,50 m** por encima del terreno natural.
2. Los volúmenes de tránsito son menores que **150** vehículos por día.
3. Puentes con una alineación esencialmente recta (por ejemplo, con un radio de curvatura horizontal mayor de **1500 m**) y en los que los accesos carreteros tienen una distancia de visibilidad mayor que la distancia de frenado.
4. La distancia entre cordones no es menor que **7,90 m** para un puente de dos carriles ni de **4,70 m** para un puente de un solo carril.

5. La ubicación no anticipa tránsito peatonal.
6. Cualquier tipo de agua debajo del puente normalmente tiene menos de **1,20 m** de profundidad.

#### 13.7.2.4. Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT2

Una condición de emplazamiento CAT2 se aplica cuando no se cumple cualquiera de los criterios especificados para CAT1 y CAT3.

Para esta categoría de condición de emplazamiento, se puede seleccionar una defensa con nivel de comportamiento Bajo, Regular o Medio, aplicando un procedimiento de evaluación de riesgo basado en ábacos que se describe en el Artículo 13.7.2.7.

#### 13.7.2.5. Criterios para la Condición de Emplazamiento CAT3

Un emplazamiento se considerará que está en condición de emplazamiento CAT3 cuando cumpla cualquiera de los siguientes criterios:

1. emplazamiento específico, condiciones inusuales y ubicaciones críticas tal como especifica el Propietario.
2. ubicaciones donde es esencial evitar la penetración por parte de los vehículos especificados por el Propietario, bajo condiciones de impacto.
3. puentes en carreteras con clases especiales de vehículos pesados tales como vehículos de gran masa y alto centro de gravedad.
4. carreteras con nivel de tránsito comercial mayor o igual a **3000** vehículos pesados por día por calzada y están en situación de alto riesgo.
5. carreteras con un volumen de ómnibus mayor o igual a **150** buses 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
  - (b) puentes encima de agua de más de **3 m** de profundidad (flujo normal)
  - (c) puentes con curvas horizontales con radio de **600 m** o menor.

#### 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 condición de emplazamiento CAT1.

### 13.7.2.7. Método CAT2 – Procedimiento Basado en Gráficos

Este procedimiento se usa para seleccionar un nivel de comportamiento de defensa entre Bajo, Regular y Medio para una condición de emplazamiento CAT2 usando datos de tránsito del emplazamiento específico y detalles geométricos de la carretera tales como pendiente de la carretera, curvatura horizontal y condiciones debajo de la estructura.

Los pasos detallados del procedimiento basado en ábacos son sencillos tal como se presentan en la Figura 13.7.2.7.2.1.

Los pasos detallados se describen a continuación.

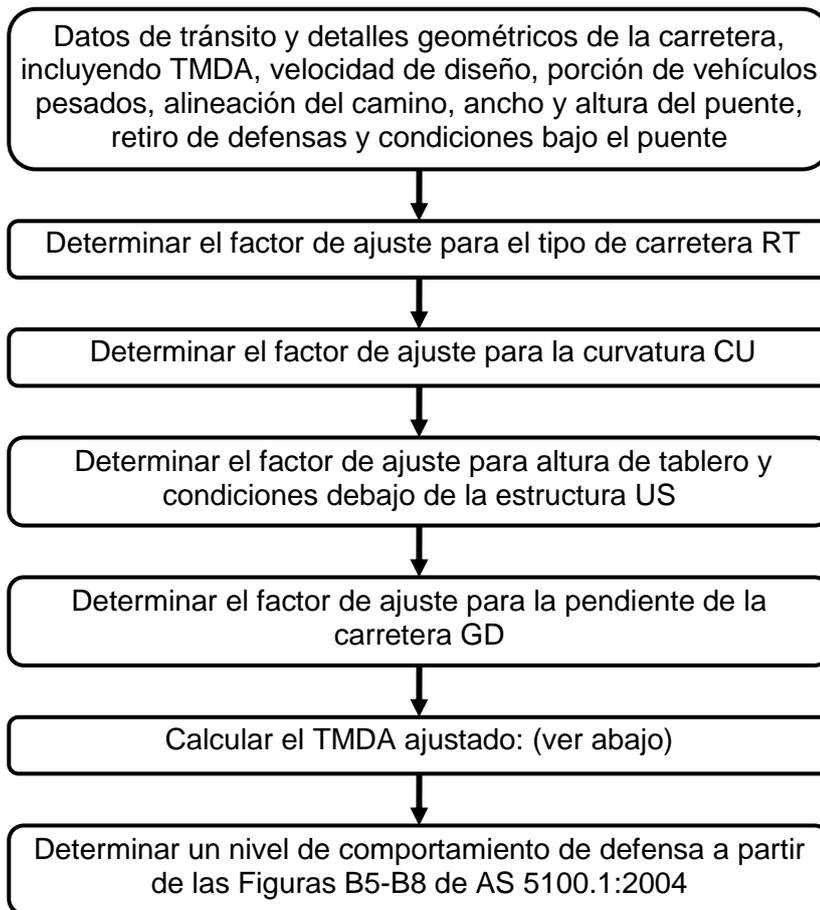
#### 13.7.2.7.1. Determinar TMDA y Porción de Vehículos Comerciales

Para el método basado en gráficos, el TMDA debe tomarse como el total estimado para el primer año después de la construcción de todos los carriles del puente. El crecimiento proyectado del tránsito supuesto es **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 de **10000** vehículos por día por carril (vpdpc), el TMDA del año de construcción se puede limitar a **10000 vpdpc**, para tener en cuenta el efecto de las congestiones de tránsito sobre las velocidades de tránsito.

Se debe notar que para tasas de crecimiento distintas del **2%** anual, el TMDA del año de construcción para el uso en este procedimiento, se puede ajustar dividiendo el TMDA de los **30** años después de la construcción por  $(1 + 2\%)^{30} = 1,81$ . El error en usar 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 fórmula:



*Figura 13.7.2.7.2.1 – Procedimiento basado en gráficos*

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

Donde:

RT = factor de ajuste del tipo de camino, derivado de Tabla 13.7.2.7.2

GD = factor de ajuste de la pendiente del camino, tomado de Figura 13.7.2.7.2.2

CU = factor de ajuste de la curvatura del camino, tomado de Figura 13.7.2.7.2.3

US = factor de ajuste para la altura del tablero y las condiciones debajo de la estructura, tomado de Figura 13.7.2.7.2.4

Tabla 13.7.2.7.2 – Factor de tipo de carretera

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

Fuente: AS 5100.1 (2004).

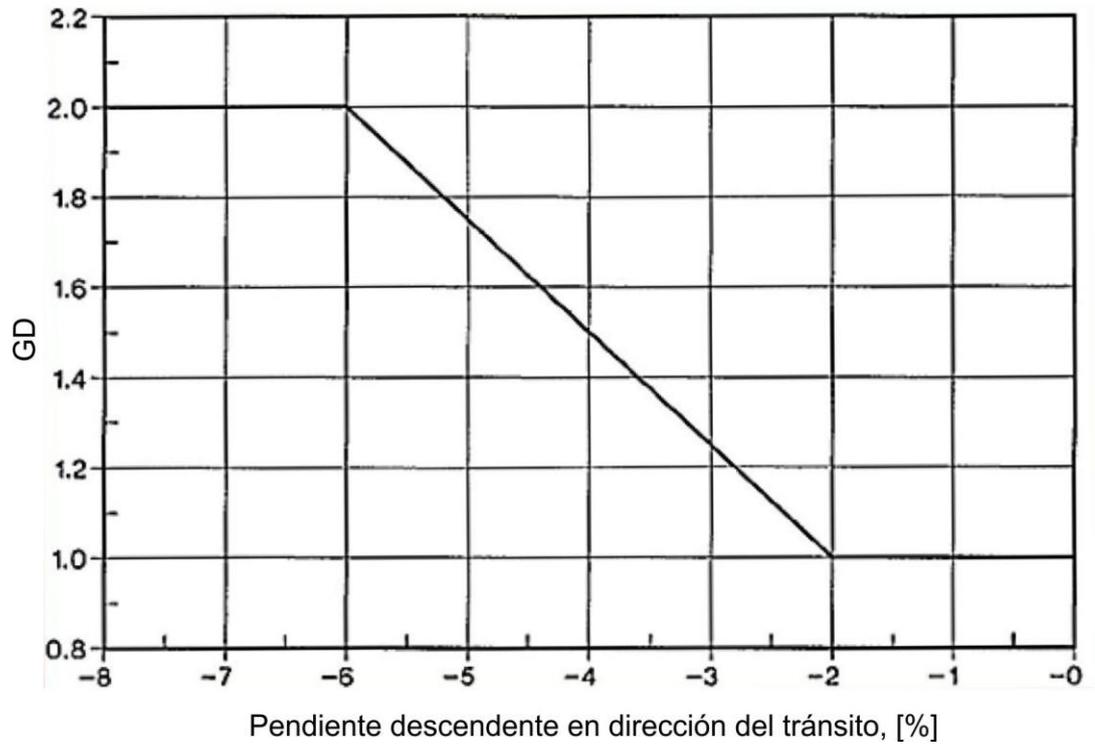


Figura 13.7.2.7.2.2 – Factor de pendiente GD

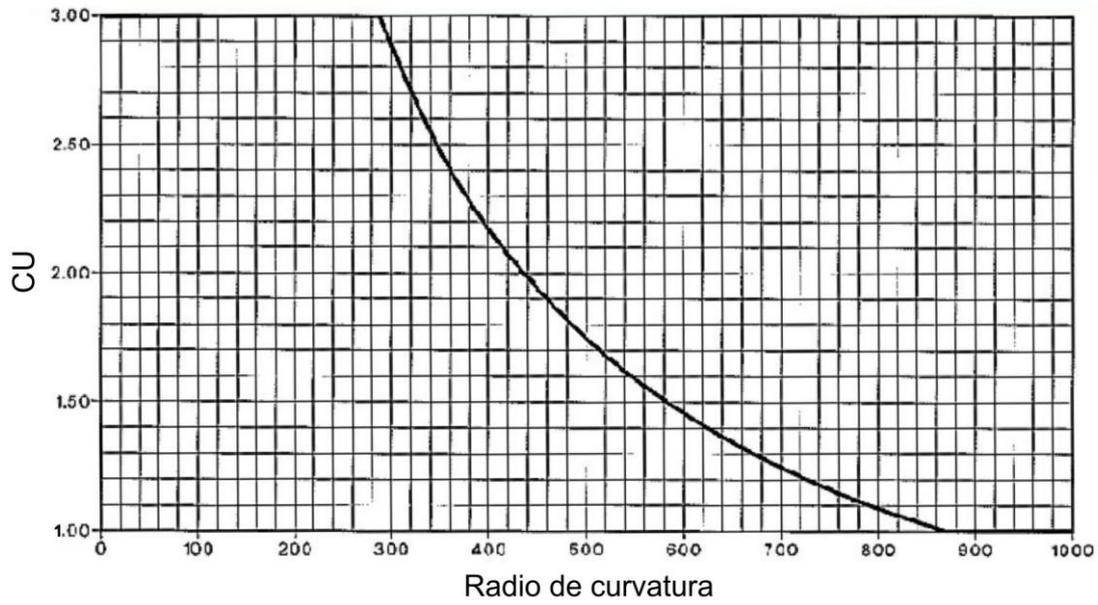


Figura 13.7.2.7.2.3 – Factor de curvatura CU

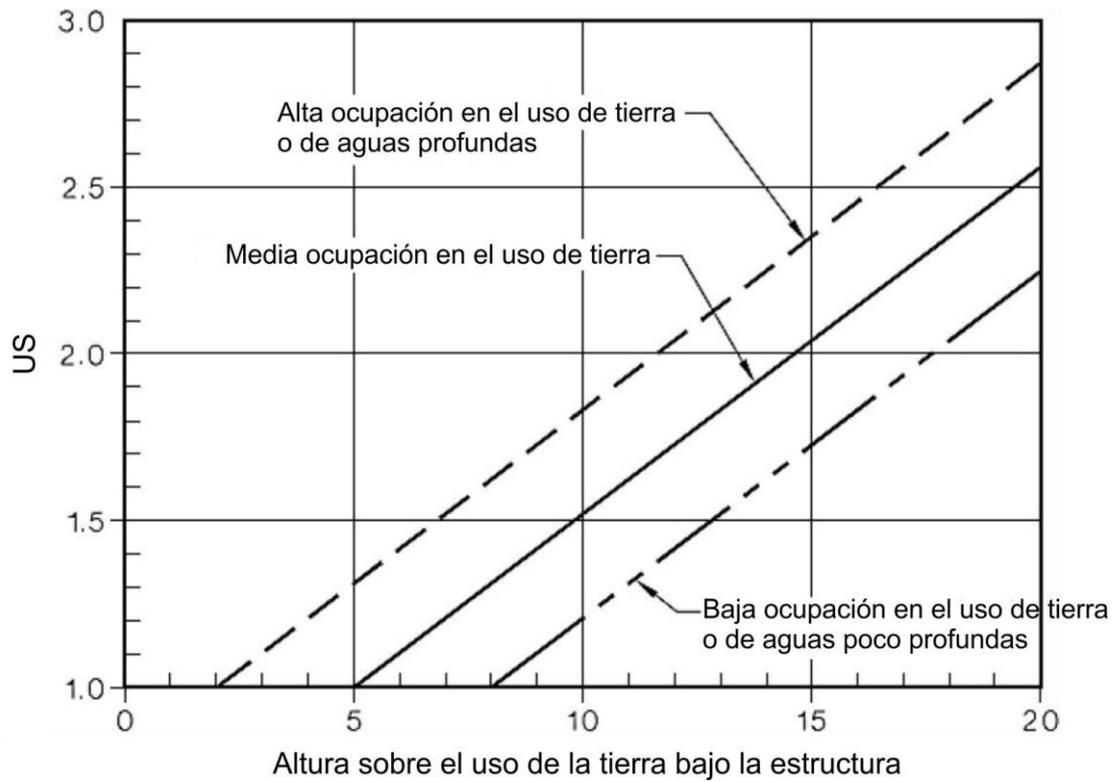


Figura 13.7.2.7.2.4 – Factor de condiciones debajo del puente US

13.7.2.7.3. Determinar el Nivel de Comportamiento de la Defensa

El nivel de comportamiento de la defensa se determinará de la Figura 13.7.2.7.3.1 a la Figura 13.7.2.7.3.4, basándose en la velocidad de diseño, TMDA ajustado, porción de vehículos comerciales y retiro de defensas.

Para el caso de alcantarillas cuya altura de rasante a suelo sea no mayor a **3,50 m** y con niveles de agua menores 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**.

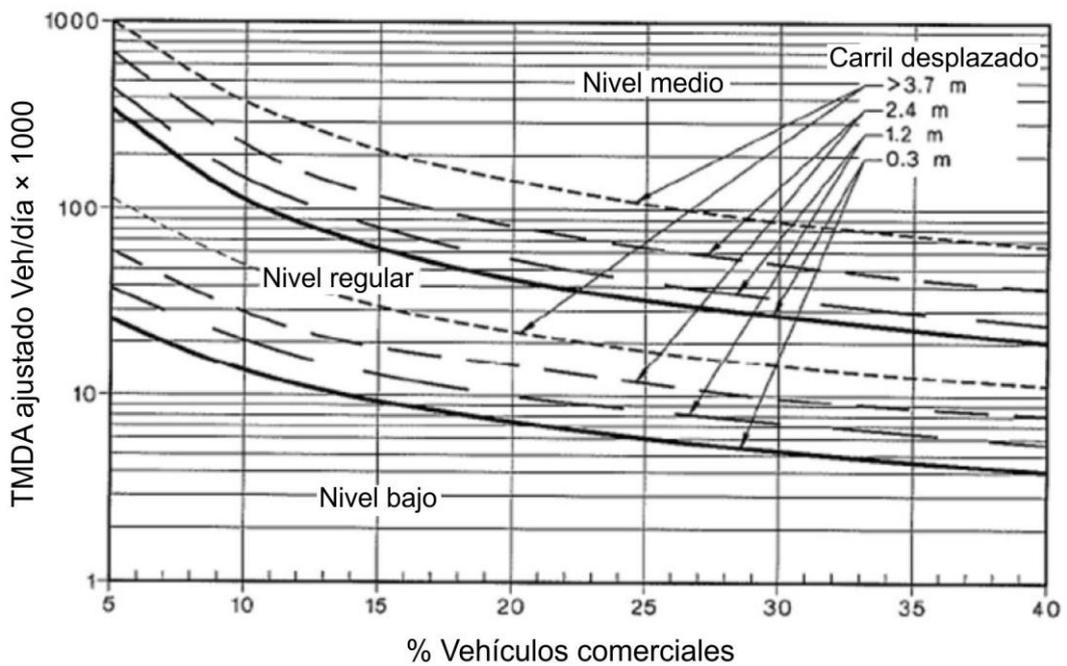


Figura 13.7.2.7.3.1 – Umbral límite 60 km/h

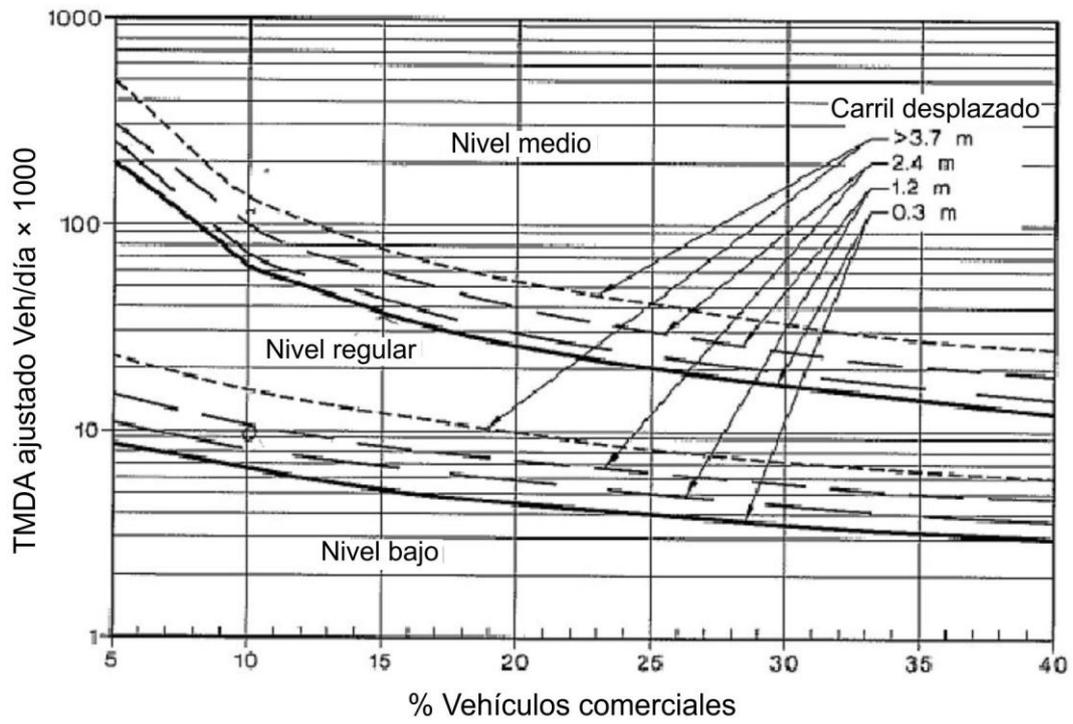


Figura 13.7.2.7.3.2 – Umbral límite 80 km/h

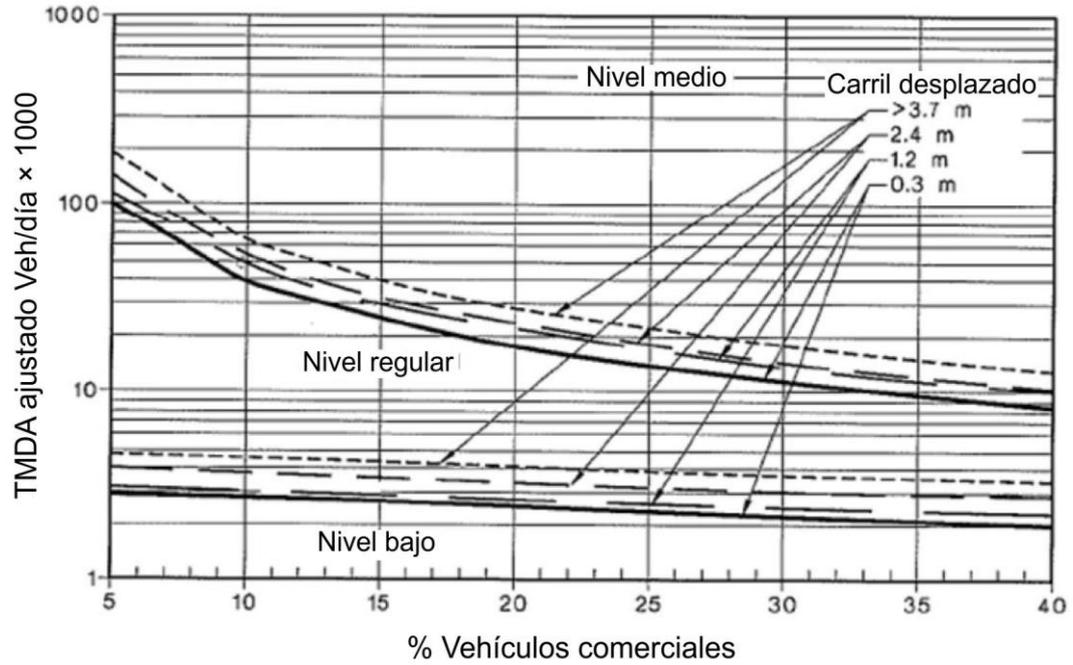


Figura 13.7.2.7.3.3 – Umbral límite 100 km/h

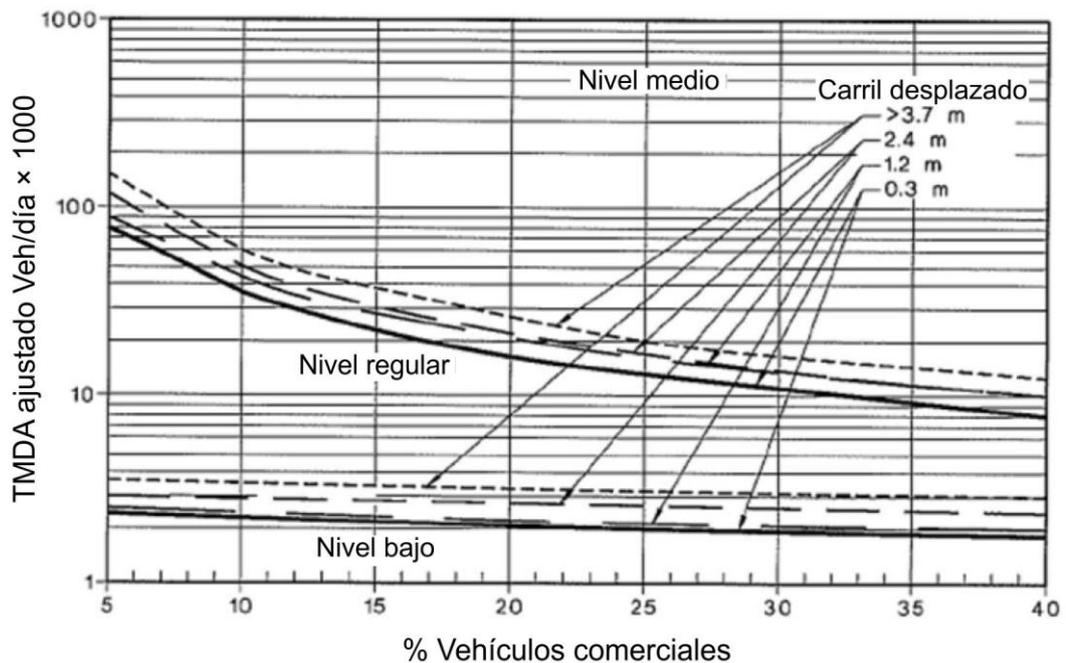


Figura 13.7.2.7.3.4 – Umbral límite 110 km/h

13.7.2.8. Método CAT3 – Especificación, Normas y Análisis B/C

Hay dos estándares para cada nivel de desempeño: "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 investigar la posibilidad de utilizar una defensa de un nivel de rendimiento más bajo.

A continuación se considerarán los requisitos mínimos para la selección de una defensa con nivel de rendimiento para la condición CAT3. Si no se cumplen todas las condiciones, debe considerarse el siguiente nivel más alto.

13.7.2.8.1. Especificación de Estándares para el Nivel de Rendimiento Medio

En lugares específicos acordados con el organismo competente en 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, puede proveerse una defensa de Nivel de Rendimiento Medio.

*Estándar Mínimo*

Se proveerán defensas de Nivel de Rendimiento Medio cuando el sitio pertenezca a una condición CAT3 y no cumpla los criterios para una defensa de Nivel de Rendimiento Alto.

### *Estándar Preferible*

No existe Estándar Preferible para los Niveles de Rendimiento Mediano.

#### 13.7.2.8.2. Especificación de Estándares para el Nivel de Rendimiento Alto

Cuando haya una alta probabilidad de pérdida de vidas o lesiones graves debido a un vehículo que atraviese la defensa, debe proveerse una defensa de Nivel de Rendimiento Alto en aquellos lugares específicos acordados con el organismo competente.

### *Estándar Mínimo*

Se proveerán las barreras a Nivel de Rendimiento Alto donde se cumpla la siguiente condición:

- 1 Puentes con vehículos pesados y de 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 proveerán defensas de Nivel de Rendimiento Alto, sujeto a una apropiada justificación B/C, en puentes con vehículos pesados y de 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 al suelo)
- 2 puentes sobre aguas de más de **3** metros de profundidad (nivel de agua promedio)
- 3 puentes en curvas horizontales con un radio de **600** metros o menos.

#### 13.7.3. Criterio de Ensayo de las Defensas Vehiculares

Los criterios de ensayo, para el nivel de ensayo seleccionado, deberán corresponder a los pesos, velocidades y ángulos de impacto de los vehículos especificados en la Tabla 13.7.3-1.

Tabla 13.7.3-1 – Niveles de ensayo para las defensas de puentes y criterios para los ensayos de choque

Características de los vehículos	<i>Pequeños automóviles</i>	<i>Camionetas (Pickups)</i>	<i>Camión semi-remolque</i>	<i>Camión con remolque</i>	<i>Camión cisterna</i>
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°
Nivel de ensayo	Velocidad de Ensayo [km/h]				
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

#### 13.7.4. Diseño de las Defensas

##### 13.7.4.1. Requisitos Generales

Las defensas vehiculares deben tener una cara de contacto longitudinalmente continua del lado del tránsito. Los postes que sostienen los barandales deberán estar retirados de la cara del barandal. Debe considerarse la continuidad estructural de 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.

##### 13.7.4.1.1. 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 están ausentes en la configuración ensayada y que pudieran hacer que el sistema propuesto no se comporte como el sistema ensayado.

##### 13.7.4.1.2. Sistemas Nuevos

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

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

Se tomarán disposiciones 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 procedimiento del ensayo de choque se pueda demostrar que un espesor menor resulta satisfactorio, el mínimo espesor de borde del voladizo lateral del tablero de hormigón se deberá tomar como:

- Para voladizos laterales del tablero 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 laterales del tablero de hormigón que soportan muros de hormigón: **0,15 m**

#### 13.7.4.2. 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 Regular, **1,20 m** si se trata de defensas de nivel Medio y **1.4 m** si se trata de defensas de nivel Alto.

El zócalo, de **0,075 m**, del perfil seguro no se deberá aumentar en anticipación de posibles sobrecapas futuras.

La mínima altura de un muro de hormigón con una cara vertical deberá ser de **0,70 m**. La altura de otros tipos de defensas combinadas de metal y hormigón no deberá ser menor que **0,70 m** y se deberá demostrar que son adecuadas mediante ensayos de choque utilizando el nivel de ensayo deseado.

La mínima altura de las defensas para peatones o ciclistas se debe medir por encima de la superficie de la vereda o ciclovía.

Los mínimos requisitos geométricos 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 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<sub>LL</sub>**, en **kN**, se deberá tomar como:

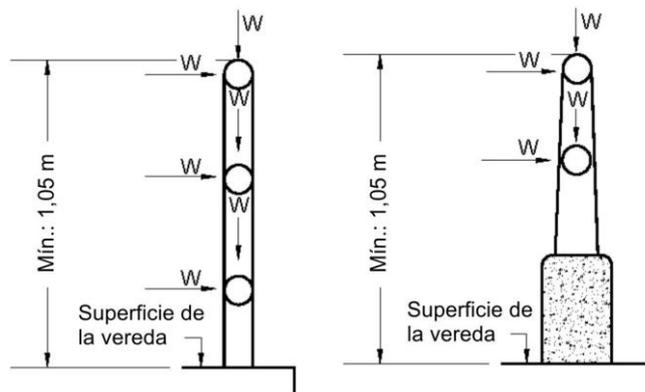
$$P_{LL} = 0,89 + 0,73 L \quad (13.8.2-1)$$

Donde:

L = separación entre postes [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 la 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.

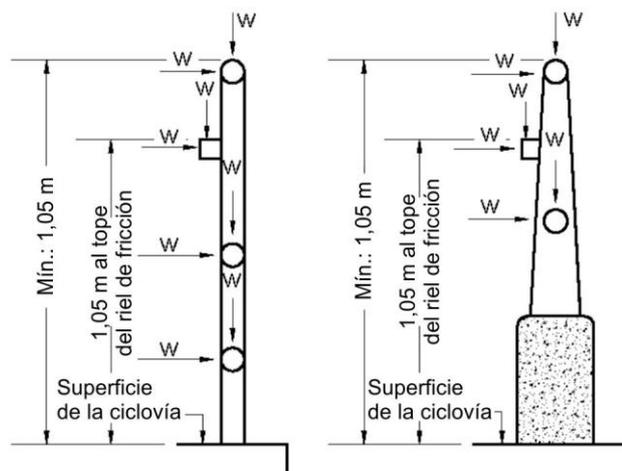
Si se consideran necesarios, los rieles de fricción, que se unen a la baranda o cerco para evitar que los ciclistas se puedan enganchar, deben tener una profundidad suficiente para proteger bicicletas con una amplia variedad de alturas de manubrio. La altura de instalación de los mismos puede ser de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

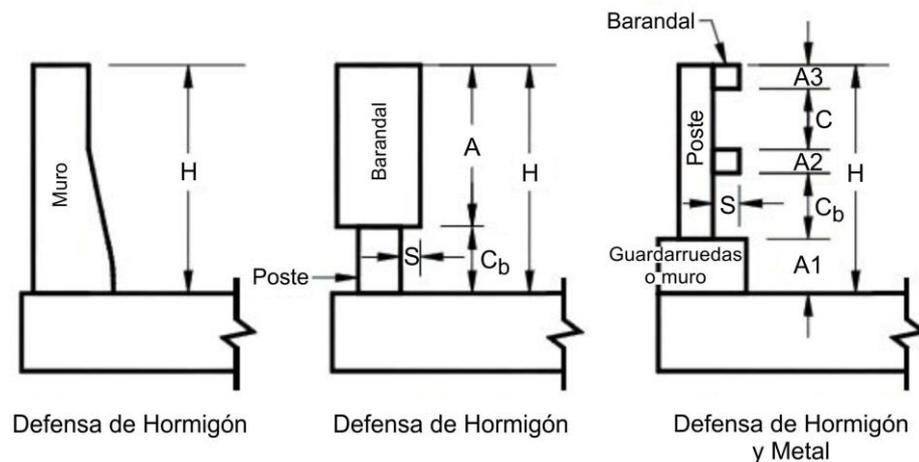


Figura A13.1.1-1 – Defensas típicas para tránsito vehicular

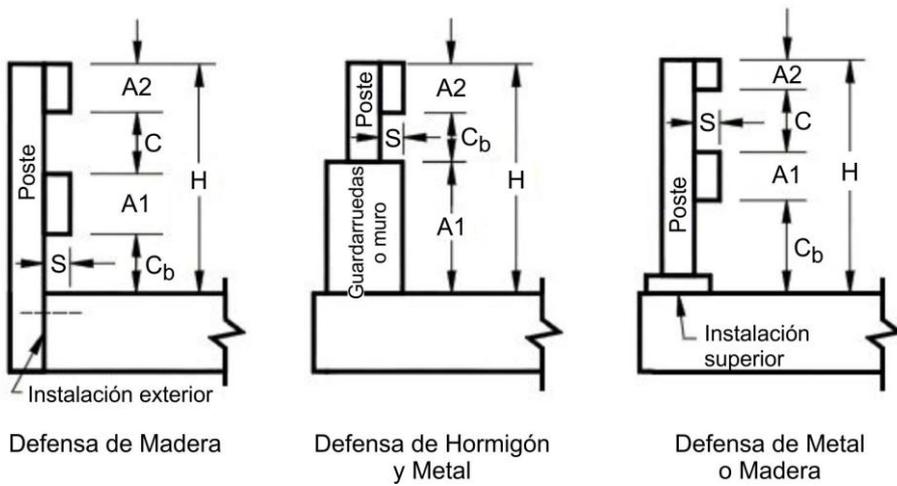


Figura A13.1.1-1 (Cont.) – Defensa típicas para tránsito vehicular

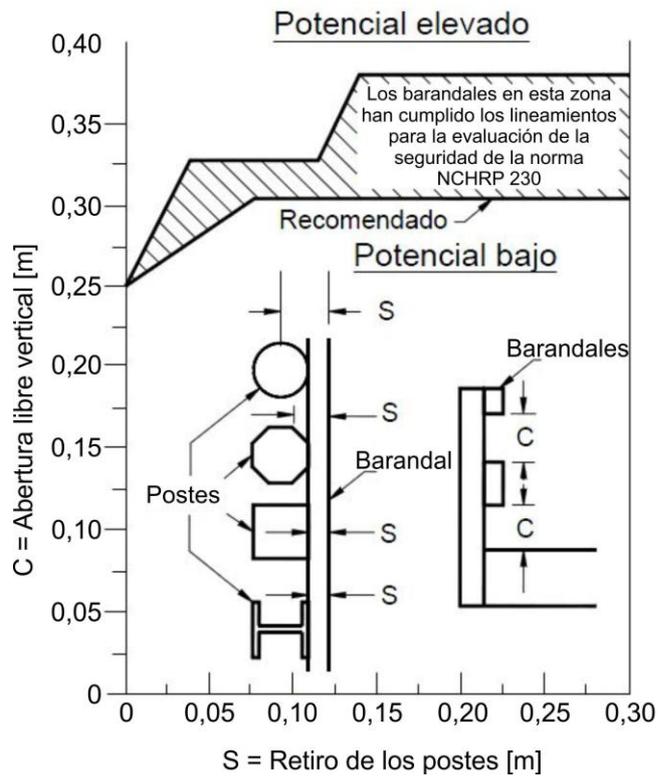


Figura A13.1.1-2 – Potencial de impacto de las ruedas, paragolpes o capó contra los postes

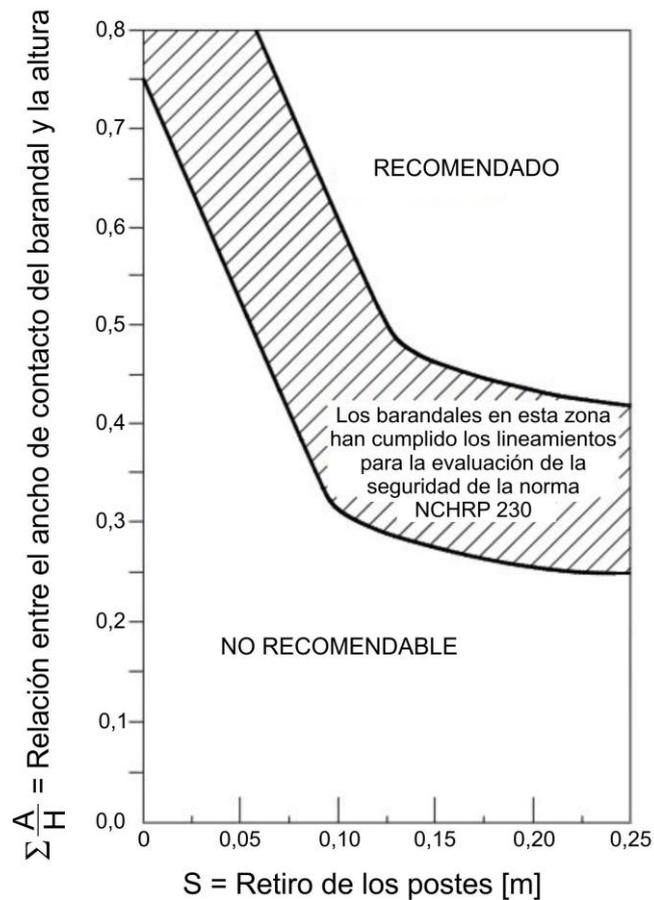


Figura A13.1.1-3 – Criterios para determinar el retiro de los postes

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.

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:

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

Donde:

G = altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente, tal como se especifica en la Tabla 13.7.3-1 [m]

W = peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido, tal como se especifica en la Tabla 13.7.3-1 [kN]

B = separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje, tal como se especifica en la Tabla 13.7.3-1 [m]

F<sub>t</sub> = fuerza transversal correspondiente al nivel de ensayo requerido, tal como se especifica en la Tabla A13.2-1 [kN]

Las defensas se deberán dimensionar de manera que:

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

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

en el cual:

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

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

Donde:

R<sub>i</sub> = resistencia del barandal i [kN]

Y<sub>i</sub> = distancia desde el tablero del puente hasta el barandal i [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

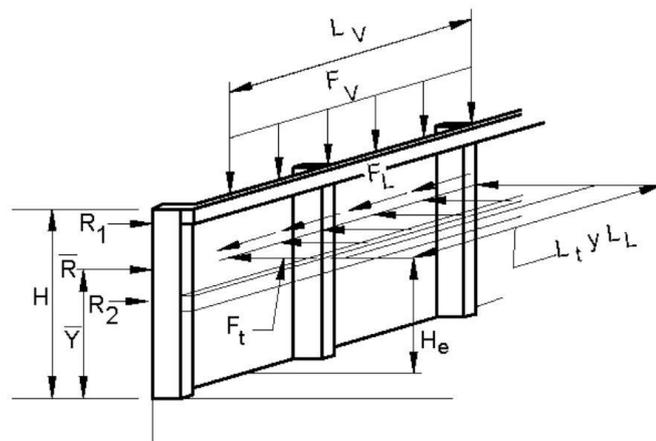


Figura A13.2-1 – Fuerzas nominales en una defensa metálica, ubicación en altura, y longitud de distribución horizontal

### 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:

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

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 [kN]

$H$  = altura del muro [m]

$L_c$  = longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia [m]

$L_t$  = longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto  $F_t$  [m]

$R_w$  = resistencia transversal total de la defensa [kN]

$M_b$  = resistencia adicional a flexión de la viga acumulativa con  $M_w$ , si corresponde, en la parte superior del muro [kN·m]

$M_c$  = resistencia a flexión de los muros en voladizo respecto de un eje paralelo al eje longitudinal del puente [kN·m/m]

$M_w$  = resistencia a flexión del muro respecto de su eje vertical [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 [m]
- M<sub>p</sub> = resistencia, inelástica o de línea de fluencia, de todas las defensas que contribuyen a una rótula plástica [kN·m]
- M<sub>post</sub> = Resistencia al momento plástico de un poste individual [kN·m]
- P<sub>p</sub> = fuerza de corte actuando en un poste individual, correspondiente a **M<sub>post</sub>** y ubicada a una altura  $\bar{Y}$  por encima del tablero [kN]
- R = resistencia última total, es decir, resistencia nominal, de la defensa [kN]
- L<sub>t</sub>, L<sub>L</sub> = longitud transversal de las cargas distribuidas debidas al impacto de vehículos, **F<sub>t</sub>** y **F<sub>L</sub>** [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<sub>R</sub>**, y para dos tramos, **R'<sub>R</sub>**. Se deberá determinar la resistencia del poste en la parte superior del muro, **P<sub>p</sub>**, 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.

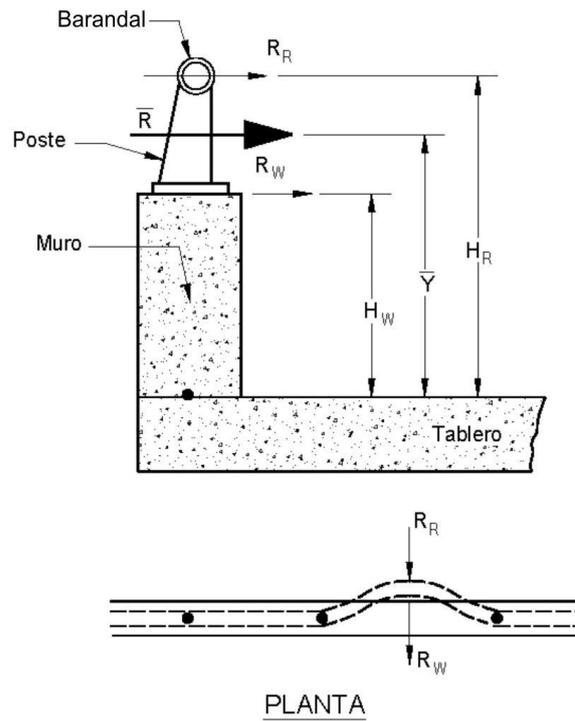


Figura A13.3.3-1 – Evaluación del conjunto formado por un muro de hormigón y una defensa metálica – Impacto en la mitad de la longitud de la defensa

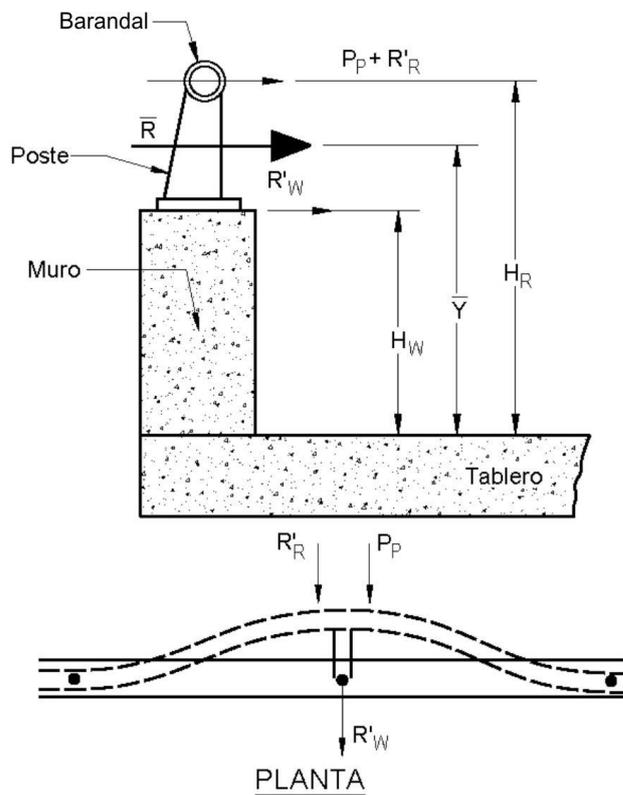


Figura A13.3.3-2 – Evaluación del conjunto formado por un muro de hormigón y postes y barandales metálicos – Impacto en un poste

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:

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

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

Donde:

$R_R$  = capacidad última de la defensa en un tramo [kN]

$R_w$  = capacidad última del muro como se especifica en el Artículo A13.3.1 [kN]

$H_w$  = altura del muro [m]

$H_R$  = altura de la defensa [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  $\bar{Y}$ .

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

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

en el cual:

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

Donde:

$P_p$  = resistencia transversal última del poste [kN]

$R'_R$  = resistencia transversal última de la defensa en dos tramos [kN]

$R'_w$  = capacidad del muro, reducida para resistir la carga del poste [kN]

$R_w$  = resistencia transversal última del muro como se especifica en el Artículo A13.3.1 [kN]

#### A13.3.4. Defensas de Madera

[ESTE REQUISITO HA SIDO ELIMINADO]

#### 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 – 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 solicitación de diseño total se deberá tomar como:

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

Donde

$\eta_i$  = factor de modificación de carga especificado en el Artículo 1.3.2.

$\gamma_i$  = factores de carga especificados en las Tablas 3.4.1-1 y 3.4.1-2, a menos que se especifique lo contrario

$Q_i$  = solicitaciones 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 [kN]

$L_c$  = longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia [m]

$H$  = altura del muro [m]

$T$  = fuerza de tracción por unidad de longitud del tablero [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 [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 [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 [m]
- $W_b$  = ancho de la placa base [m]
- $T$  = fuerza de tracción en el tablero [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 [m]
- $L$  = separación de los postes [m]
- $L_v$  = distribución longitudinal de la fuerza vertical  $F_v$  en la parte superior de la defensa [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  $F_L$  [kN]

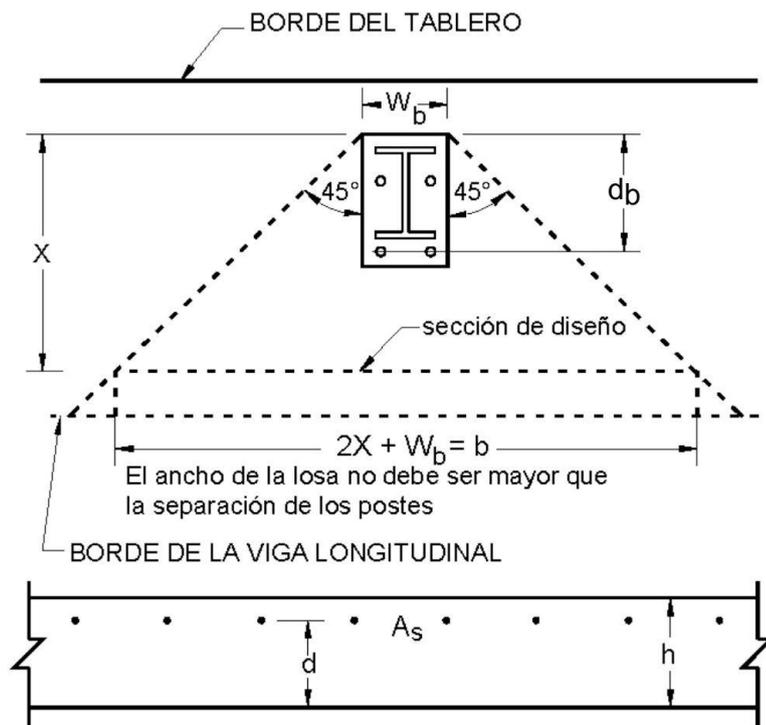


Figura A13.4.3.1-1 – Longitud efectiva del voladizo para soportar las cargas concentradas de los postes, transversales o verticales

### A13.4.3.2. Resistencia al Corte por Punzonamiento

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

$$V_u = A_f F_y \tag{A13.4.3.2-1}$$

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

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

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

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

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

en el cual:

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

Donde:

$V_u$  = fuerza de corte de diseño en la sección [kN]

$A_f$  = área del ala comprimida del poste [m<sup>2</sup>]

$F_y$  = tensión de fluencia del ala comprimida del poste [MPa]

$V_r$  = resistencia al corte de diseño [kN]

$V_n$  = resistencia al corte nominal de la sección analizada [kN]

$v_c$  = resistencia al corte nominal proporcionada por las tensiones de tracción en el hormigón [MPa]

$W_b$  = ancho de la placa base [m]

$b$  = longitud de tablero que resiste la fuerza o carga de corte del poste =  $h + W_b$

$h$  = espesor de la losa [m]

$E$  = distancia entre el borde de la losa y el baricentro de la resultante de la tensión de compresión en el poste [m]

$B$  = distancia entre los baricentros de las resultantes de las tensiones de tracción y compresión en el poste [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 [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 [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.

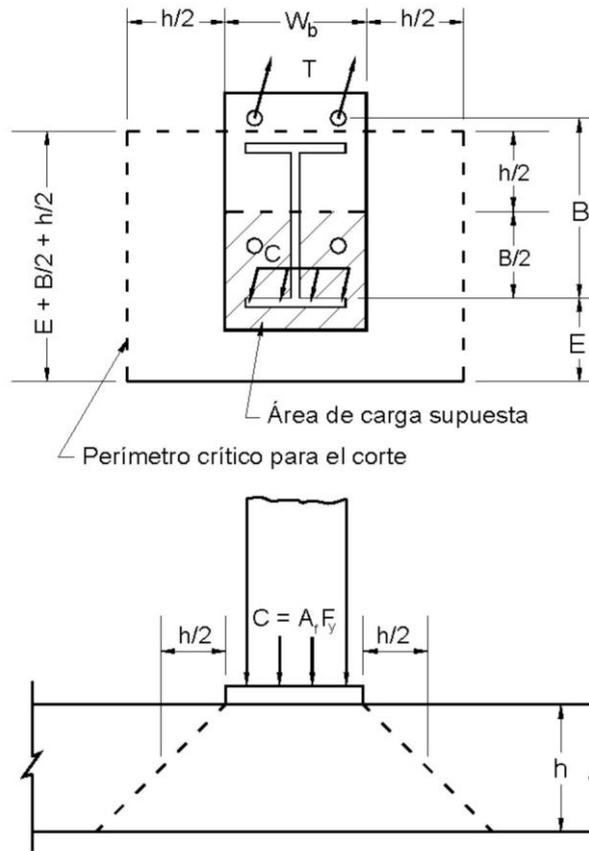
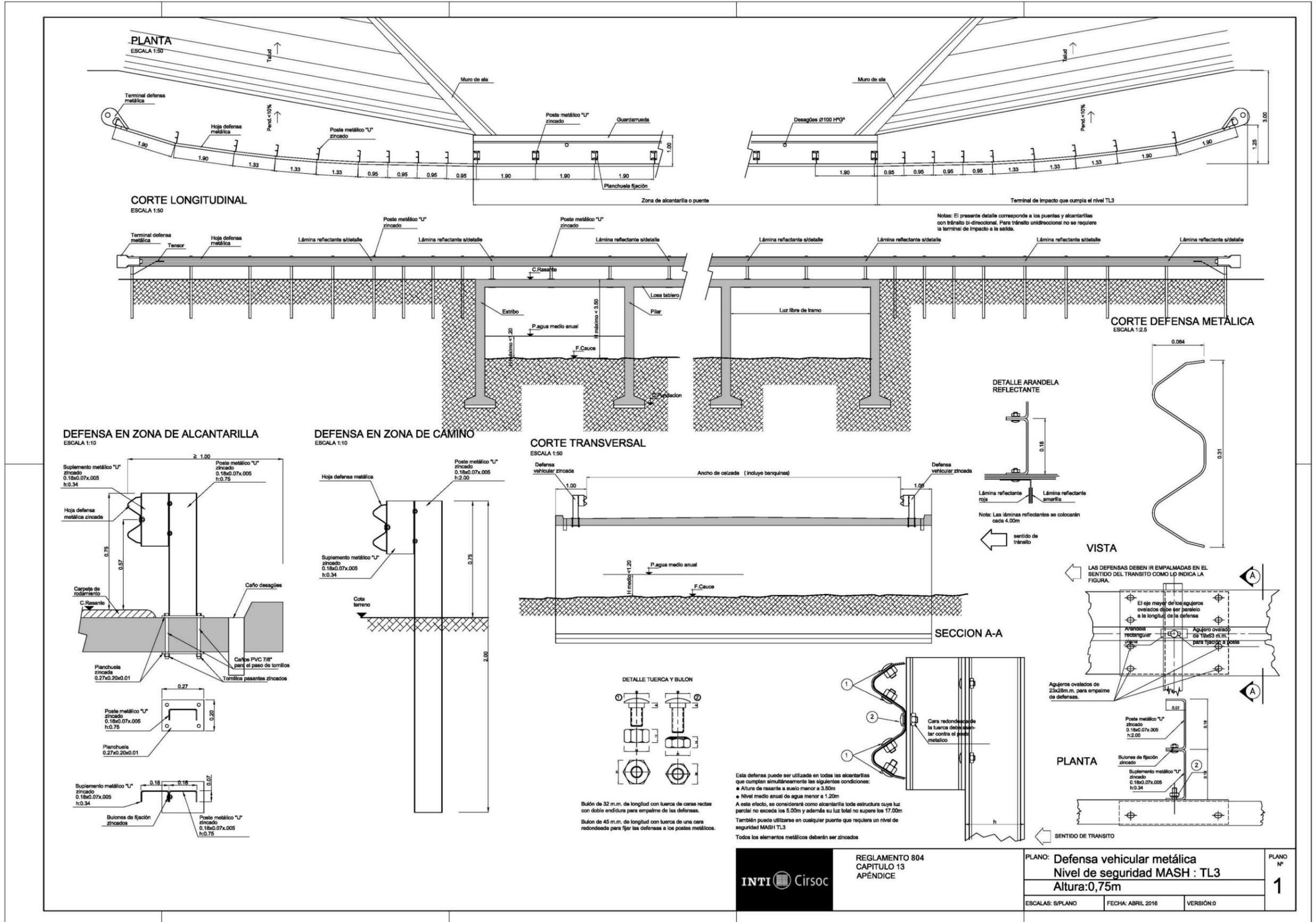
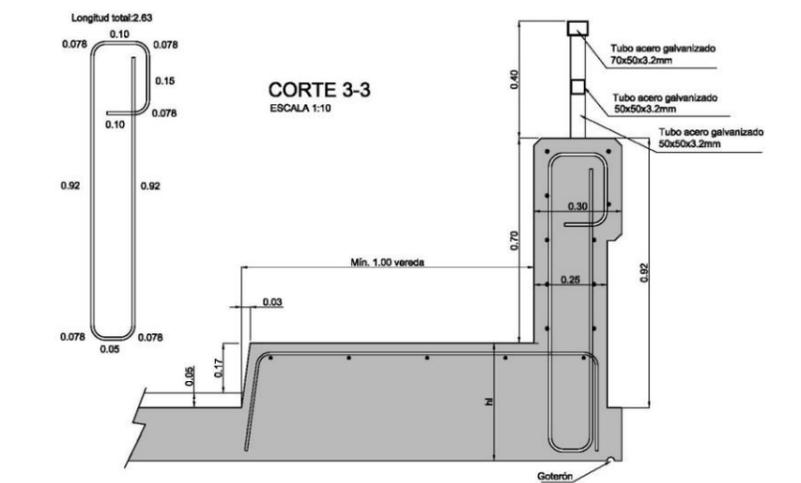
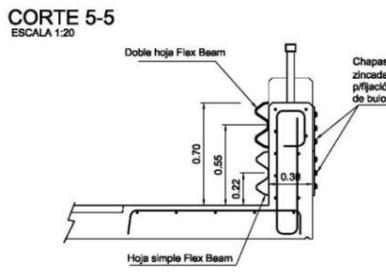
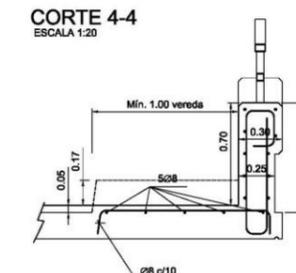
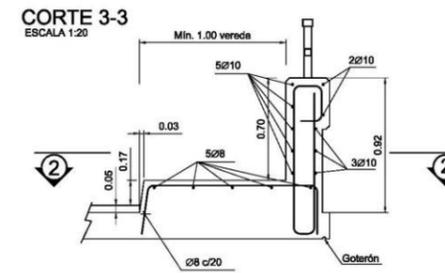
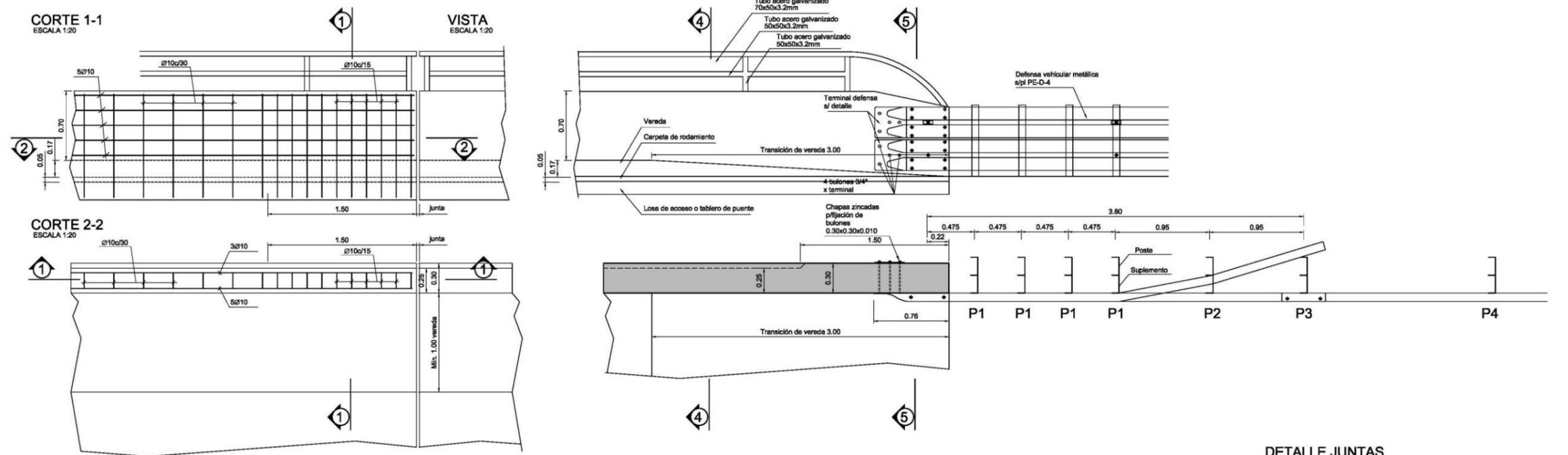


Figura A13.4.3.2-1 – Modo de falla por corte por punzonamiento

## APÉNDICE B13 – PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES



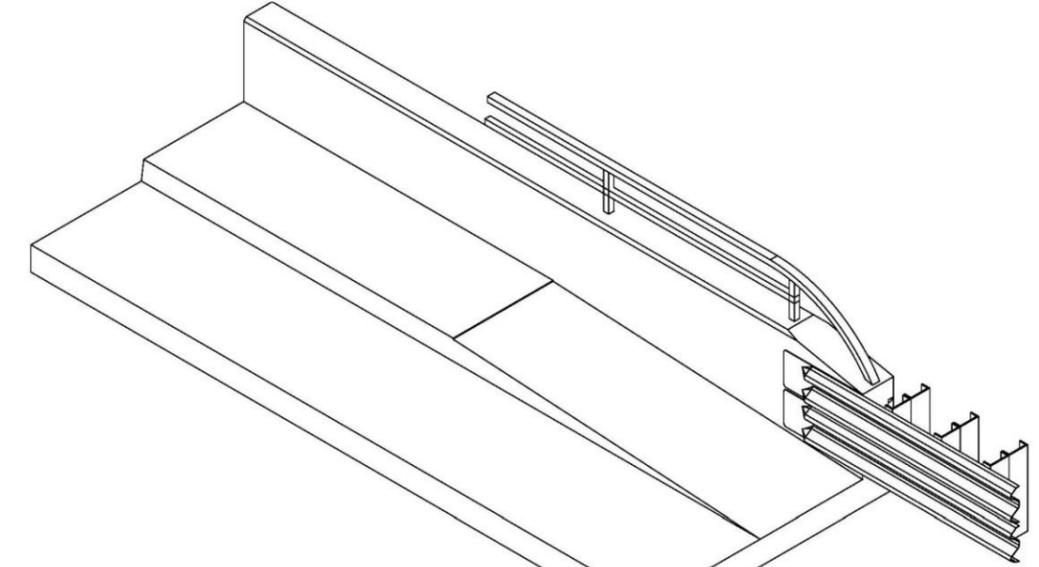
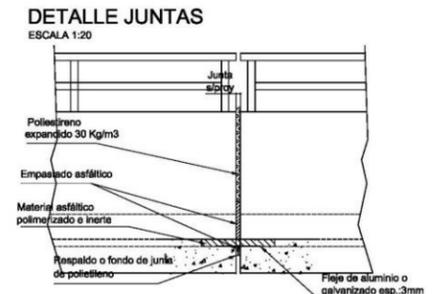
	REGLAMENTO 804 CAPITULO 13 APÉNDICE	PLANO: Defensa vehicular metálica Nivel de seguridad MASH : TL3 Altura: 0,75m	PLANO Nº <b>1</b>
		ESCALAS: S/PLANO FECHA: ABRIL 2016 VERSIÓN: 0	



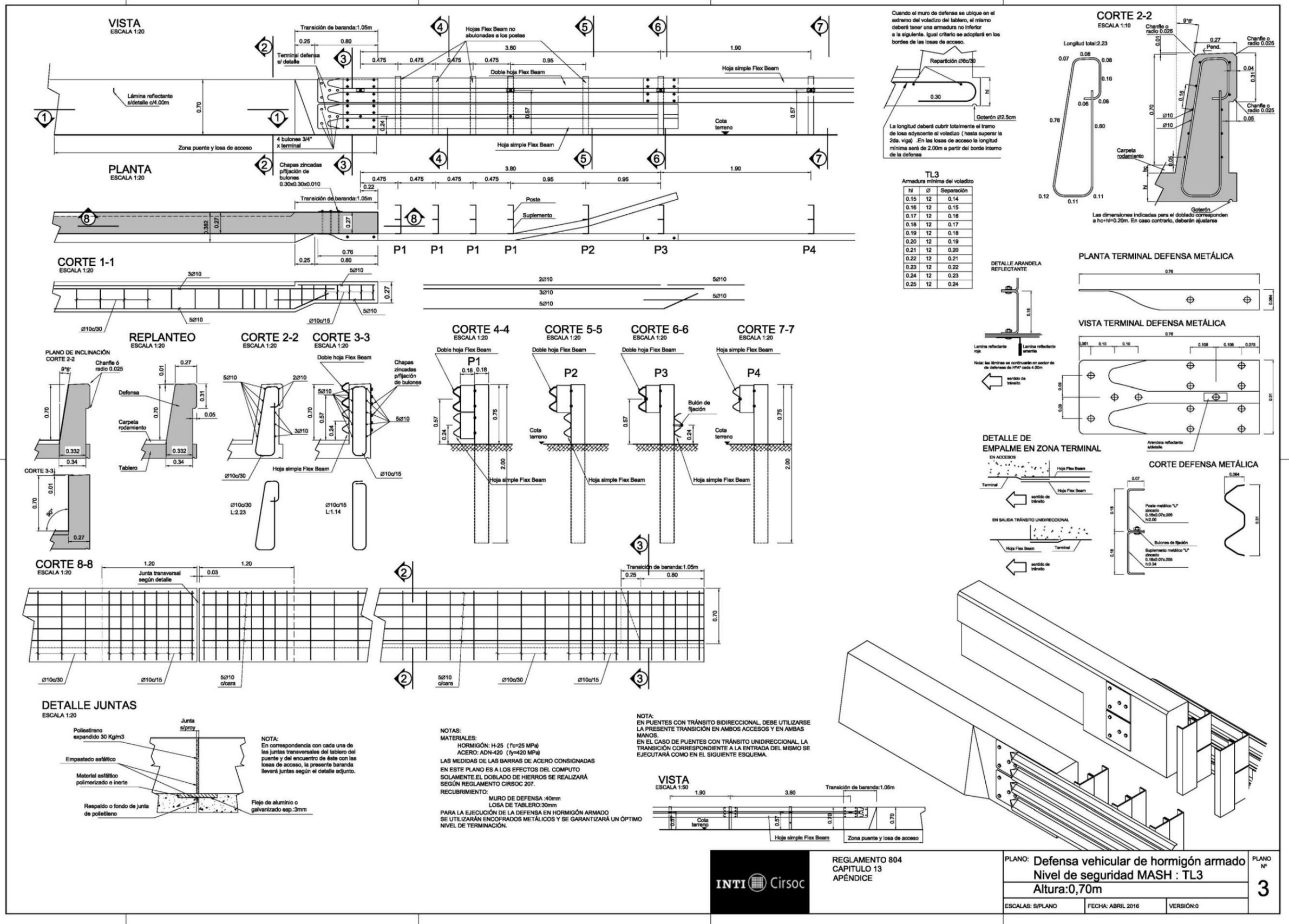
**TL3**  
Armadura mínima del volado

H	Ø	Separación
0.15	12	0.14
0.16	12	0.15
0.17	12	0.16
0.18	12	0.17
0.19	12	0.18
0.20	12	0.19
0.21	12	0.20
0.22	12	0.21
0.23	12	0.22
0.24	12	0.23
0.25	12	0.24

**NOTAS:**  
**MATERIALES:**  
 HORMIGÓN: H-25 (f<sub>cd</sub>=25 MPa)  
 ACERO: ADN-420 (f<sub>yk</sub>=420 MPa)  
 LAS MEDIDAS DE LAS BARRAS DE ACERO CONSIGNADAS EN ESTE PLANO ES A LOS EFECTOS DEL COMPUTO SOLAMENTE EL DOBLADO DE HIERROS SE REALIZARÁ SEGÚN REGLAMENTO CIRSOC 207.  
**RECUBRIMIENTO:**  
 MURO DE DEFENSA: 40mm  
 LOSA DE TABLERO: 30mm  
 PARA LA EJECUCIÓN DE LA DEFENSA EN HORMIGÓN ARMADO SE UTILIZARÁN ENCOFRADOS METÁLICOS Y GARANTIZAR UN ÓPTIMO NIVEL DE TERMINACIÓN.



	REGLAMENTO 804 CAPITULO 13 APÉNDICE	PLANO: Defensa combinada vehicular peatonal Nivel de seguridad MASH : TL3 Altura: 0,70m	PLANO Nº <b>2</b>
	Para tránsito de baja velocidad (velocidad máx. 70km/h)	ESCALAS: S/PLANO FECHA: ABRIL 2016 VERSIÓN: 0	



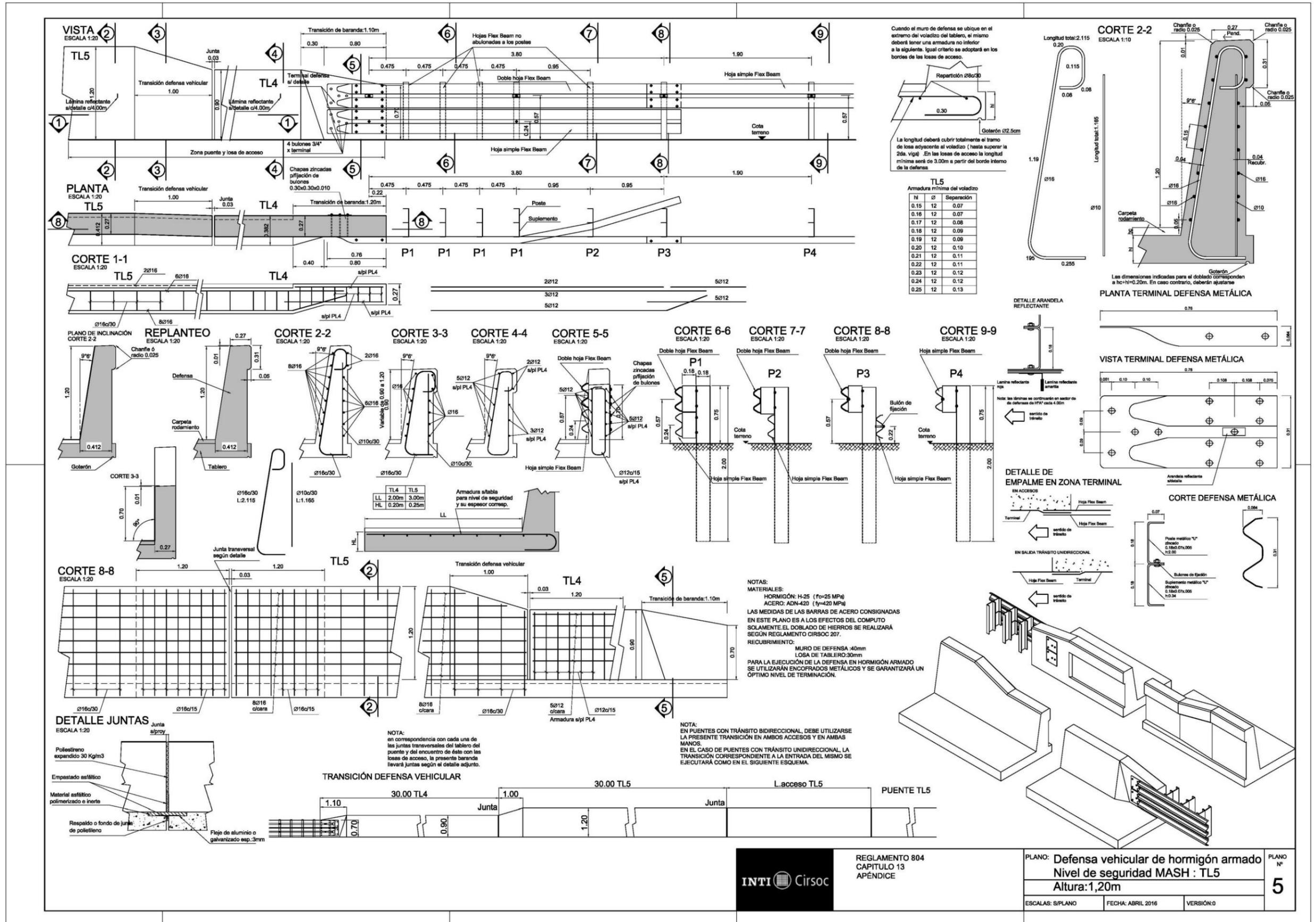

**REGLAMENTO 804**  
**CAPITULO 13**  
**APÉNDICE**

**PLANO: Defensa vehicular de hormigón armado**  
**Nivel de seguridad MASH : TL3**  
**Altura: 0,70m**

**PLANO Nº 3**

ESCALAS: S/PLANO    FECHA: ABRIL 2016    VERSIÓN: 0











**INTI**

INSTITUTO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



**CIRSOC**

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