

Terminales y transiciones de barreras de seguridad: estado del arte y próximos avances

Terminals and transitions for safety barriers: state of the art and future developments

Comité Técnico de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras

Redactado por:

Sergio Corredor Peña

Simeprovi

Grupo de trabajo sobre márgenes del

Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC

Este artículo está dedicado al tratamiento de los extremos de las barreras de seguridad, tanto si constituyen el inicio o final de la barrera (terminales) como si están unidos a otros sistemas de contención (transiciones). Se explican los requisitos de la normativa actual de referencia a nivel europeo (UNE ENV 1317-4), en la que se definen los ensayos a escala real que se llevan a cabo para evaluar las prestaciones de los productos empleados para ser instalados en dichos extremos, así como los requisitos incluidos en la reglamentación española y en la de otros países.

Se detallan también las principales novedades que se van a incluir en la revisión de la normativa, actualmente en fase de aprobación. Esta nueva normativa consistirá en tres documentos diferenciados para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables (que se consideran como un tipo especial de transición), y permitirá evaluar con mayor precisión estos productos, con lo que se cubrirá un mayor número de situaciones, mejorando con ello la seguridad de los usuarios de las carreteras.

Se incide en que los extremos de las barreras de seguridad y su conexión con otros sistemas de contención no deberían ser elementos de riesgo para los usuarios de las carreteras por no estar ejecutados adecuadamente.

This article deals with the treatment of the endings of safety barriers, whether they constitute the beginning or end of the barrier (terminals) or are connected to other road restraint systems (transitions). It includes an explanation of the current European standard (UNE ENV 1317-4), which defines the full-scale impact tests that are carried out to evaluate the performance of the products used to be installed as terminals or transitions, as well as the requirements included in the Spanish regulations and those of other countries.

The main improvements that will be included in the revision of the standard, currently in the approval phase, are also detailed. This new regulation will consist of different documents for terminals, transitions and removable barrier sections (which are considered as a special type of transition), which will make the evaluation of these products more accurate, allowing a greater number of situations to be covered, and consequently improving the safety of road users.

It is stressed that the ends of the safety barriers and their connection with other containment systems should not create risks for road users because they are not properly implemented.

Prólogo

Los accidentes por salida de la vía constituyen la tipología más frecuente entre los siniestros de tráfico en carreteras interurbanas y, también, generalmente, uno de los que peores consecuencias conllevan. Y las barreras de seguridad son el sistema de contención de vehículos más empleado como elemento de seguridad pasiva dispuesto en los márgenes de las carreteras para paliar o eliminar las consecuencias de los accidentes por salida de la calzada. En definitiva, la instalación de barreras de seguridad se trata de una de las medidas adoptadas más habituales y eficaces para reducir las posibles consecuencias de los accidentes.

No obstante, el comienzo o finalización de estas barreras (extremos) son puntos críticos y que en muchas situaciones no están del todo bien resueltas. Es por ello que se les debe prestar una especial atención a la hora de diseñar y disponer estas medidas de seguridad. Así, dentro del Comité de Seguridad Vial de la ATC, se marcó como objetivo el analizar estos extremos, al ser, como antes se ha dicho, unos puntos especialmente significativos, y ver cómo eran tratados por la normativa española y europea, así como se debería llevar a cabo su tratamiento y evaluación. Esta labor fue abordada por el grupo de trabajo sobre márgenes creado dentro de dicho Comité y, en este contexto, se enmarca el presente artículo donde se exponen de forma resumida las principales conclusiones obtenidas, pasando por una des-

cripción del estado del arte en esta materia y adelantando los próximos pasos normativos al respecto.

Reseñar que, actualmente, estos elementos (terminales y transiciones con otras barreras) no son objeto del Mercado CE, aunque existe una normativa experimental para evaluar el comportamiento de los mismos para su instalación en los extremos de las barreras de seguridad. Se trata de la Norma Experimental UNE ENV 1317 parte 4, que lleva en vigor desde el año 2002. Sin embargo, el Comité Europeo de Normalización (CEN) lleva años trabajando en la revisión y perfeccionamiento de esa norma experimental para poder someter los documentos revisados finales a la aprobación de los países miembros CEN para que así, una vez aprobada, pueda ser de obligado cumplimiento y se pueda obtener y exigir el Mercado CE a estos elementos de igual manera que se exige a las barreras de seguridad. Y ya se dispone de esos documentos finales, que próximamente se prevé que podrán ser ratificados por los Estados miembros.

Así pues, en el artículo se detallan los procedimientos de evaluación y se comentan las principales novedades incluidas en los nuevos documentos, haciendo referencia a la reglamentación actual en España y en otros países europeos para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables. Asimismo, se plantea para España una propuesta de procedimiento de evalua-

ción y certificación de las transiciones, que contempla las tendencias actuales en los países europeos. Animo a la lectura de este artículo pues además de permitirnos familiarizarnos con los parámetros y criterios de diseño de estos elementos de los sistemas de contención, nos permitirá estar a la última en la tendencias y evolución de la normativa al respecto.

Por último, y como Presidente del citado Comité, quisiera dejar constancia de mi agradecimiento al autor del presente artículo, por el esfuerzo y trabajo realizado, que estoy seguro que ayudará a ampliar el conocimiento de la problemática existente y mejorar las disposiciones de los terminales y/o transiciones de las barreras y pretiles en nuestras carreteras, especialmente en aquellas situaciones complejas que hasta ahora no se resolvían de manera del todo satisfactoria.

Roberto Llamas Rubio

Presidente

Comité Técnico de Seguridad Vial
Asociación Técnica de Carreteras

1. Introducción

El Las barreras de seguridad son los sistemas de contención más empleados en las carreteras. Se disponen longitudinalmente en los márgenes o medianas para retener y redireccionar de forma controlada a los vehículos que por cualquier causa abandonan la calzada, sin que se originen daños relevantes a sus ocupantes o a terceros (Foto 1). Un tipo especial de barreras de seguridad son los pretils, que se instalan en estructuras como tableros de puente o coronación de muros de sostenimiento (Foto 2).

El comportamiento ante impacto de vehículos de las barreras de seguridad y pretils se define en Europa mediante la Norma UNE EN 1317 partes 1 y 2, empleando los siguientes parámetros:

- Nivel de contención, que indica el vehículo de mayor masa que el sistema es capaz de retener.
- Severidad del impacto, que representa los posibles daños a los ocupantes del vehículo.
- Deformación del sistema, expresada mediante la deflexión dinámica (DD), la anchura de trabajo (WW) y la intrusión del vehículo (VI), que debe ser tenida en cuenta al definir la localización de las barreras en las carreteras.

Estos parámetros se evalúan mediante ensayos de impacto a escala real definidos en la norma que, junto al control de producción que los fabricantes deben tener implantado en sus instalaciones, permiten a éstos emitir las correspondientes Declaraciones de Prestaciones y aplicar el Marcado CE a sus productos, de acuerdo a la Norma UNE EN 1317 parte 5 (Figura 1).



Foto 1. Barrera de seguridad



Foto 2. Pretil

La caracterización del comportamiento de las barreras de seguridad definida en la Norma UNE EN 1317 partes 1 y 2 se hace de forma que sea representativa de las prestaciones de longitudes de barrera iguales o superiores a las de las muestras empleadas en los ensayos de impacto a escala real. Para ello, es condición necesaria que los extremos de las mismas no influyan en el comportamiento del sistema completo.



Figura 1. Marcado CE

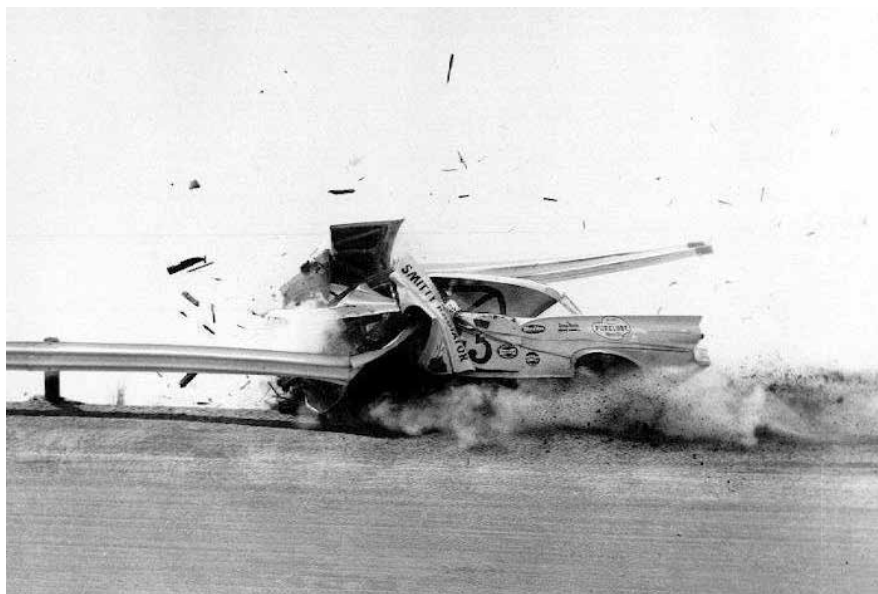


Foto 1. Barrera de seguridad



Figura 2. UNE ENV 1317-4 (2002)

Sin embargo, estos extremos son unos puntos especialmente significativos, y este artículo se va a dedicar a exponer cómo se lleva a cabo su tratamiento y evaluación.

En los extremos de las barreras de seguridad se pueden dar dos posibilidades:

- Que la barrera finalice, con lo cual se tendrá que disponer de un terminal.
- Que la barrera esté unida a otro sistema de contención, con lo que será necesario emplear una transición.

En ambas situaciones se produce un riesgo significativo en caso de in-

cidencia de un vehículo, y se deben por tanto evaluar cuidadosamente para darles un tratamiento adecuado que reduzca en lo posible las consecuencias de estos impactos.

Entre los riesgos para los usuarios que se pueden ocasionar en caso de choque contra los extremos de una barrera de seguridad están (Foto 3):

- Enganchamiento del vehículo, que causa fuertes desaceleraciones.
- Penetración de partes de las barreras en el habitáculo del vehículo.
- Rebase del sistema de contención por parte del vehículo, con consiguientes choques contra obstáculos de gran masa, caída por desniveles pronunciados o invasión de otras vías de circulación.
- Proyección del vehículo.

La normativa europea sobre sistemas de contención contempla los productos diseñados para su instalación en los extremos de las barreras de seguridad (terminales y transiciones con otras barreras), cuyo comportamiento se evalúa en la actualidad de acuerdo a la Norma Experimental UNE ENV 1317 parte 4, en vigor desde el año 2002 (Figura 2). En este documento se define también el comportamiento de los tramos de barrera desmontables, que se consideran en ciertos casos como un tipo especial de transición.

Sin embargo, estos productos no son actualmente objeto del Mercado CE, ya que la parte 5 de la Norma UNE EN 1317 indica en su Anexo ZA que esto solo será posible cuando la UNE ENV 1317 parte 4 se convierta en norma UNE EN, lo cual no va a ocurrir en el corto plazo.

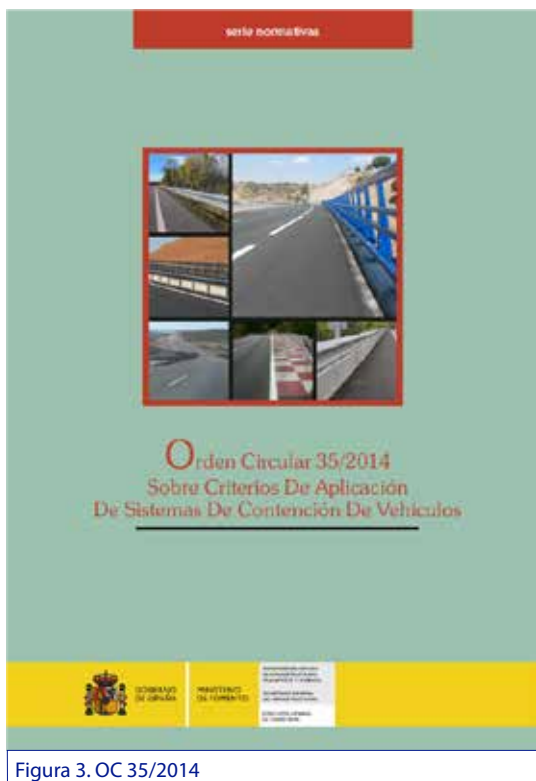


Figura 3. OC 35/2014

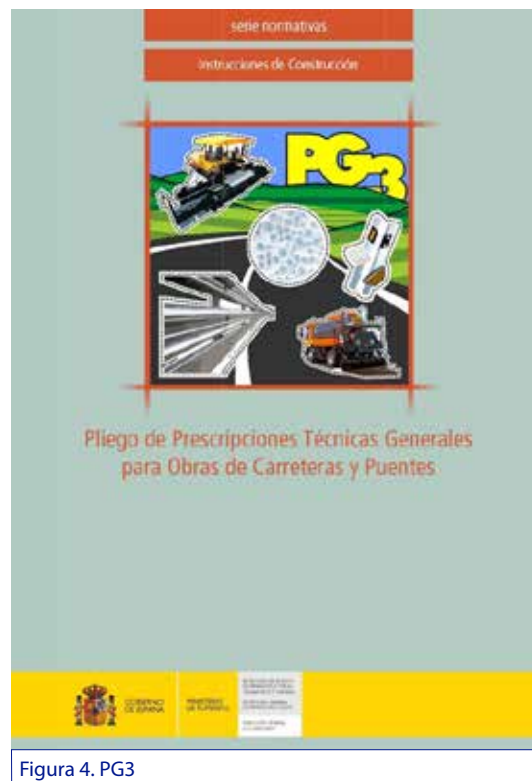


Figura 4. PG3

Actualmente se está trabajando en el Comité Europeo de Normalización (CEN) en la revisión de este documento, cuyo contenido se va a dividir entre tres nuevos documentos voluntarios:

- Especificación Técnica (TS) sobre Terminales.
- Informe Técnico (TR) sobre Transiciones.
- Especificación Técnica (TS) sobre Tramos de Barrera Desmontables.

En la fecha de redacción de este artículo se dispone ya de los borradores finales de estos documentos, los cuales deben ser ahora aprobados por los países miembros de CEN. Una vez aprobados, sustituirán a la Norma Experimental actualmente en vigor.

En cuanto a reglamentación sobre tratamiento de extremos de barreras de seguridad y conexión a sistemas contiguos, los documentos de referencia en España son la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos y el artículo 704 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3) (Figuras 3 y 4).

En los siguientes apartados se detallarán los procedimientos de evaluación, se comentarán las novedades incluidas en los nuevos documentos y se hará referencia a la reglamentación actual en España y en otros países europeos para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables.

2. Terminales.

La Norma Experimental UNE ENV 1317-4 define los terminales como el tratamiento del extremo inicial y/o final de una barrera de seguridad. Para evaluar el comportamiento de los terminales se definen una serie de ensayos de impacto a escala real, definidos por la masa del vehículo de ensayo, la trayectoria de aproximación al terminal y la velocidad de impacto. Se emplean cuatro trayectorias de impacto con las que se pre-

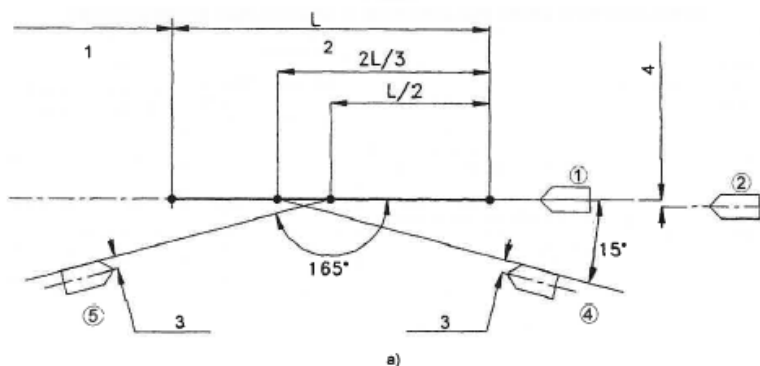


Figura 5. Trayectorias de impacto (UNE ENV 1317-4)

Clase de comportamiento	Situación	Ensayos				
		Aproximación	Código de la aproximación	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Código del ensayo ¹⁾
P1	A	Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	80	TT 2.1.80
P2	A	Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	80	TT 2.1.80
		Lateral a 15°, 2/3 L	4	1300	80	TT 4.2.80
	D	Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	80	TT 5.1.80
P3	A	Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	100	TT 2.1.100
		Frontal (a 0°) centrado	1	1300	100	TT 1.2.100
		Lateral a 15°, 2/3 L	4	1300	100	TT 4.2.100
		Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100
P4	A	Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	100	TT 2.1.100
		Frontal (a 0°) centrado	1	1500	110	TT 1.3.110
		Lateral a 15°, 2/3 L	4	1500	110	TT 4.3.110
		Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100

Figura 6. Clases de comportamiento (UNE ENV 1317-4)

Clases de severidad del impacto	Valores de los índices		
A	ASI ≤ 1,0	THIV < 44 km/h en los ensayos 1 y 2 THIV < 33 km/h en los ensayos 4 y 5	PHD ≤ 20 g
B	ASI ≤ 1,4	THIV < 44 km/h en los ensayos 1 y 2 THIV < 33 km/h en los ensayos 4 y 5	PHD ≤ 20 g

Figura 7. Clases de severidad del impacto (UNE ENV 1317-4)

tende cubrir las distintas posibilidades de choque de un vehículo contra el terminal (Figura 5, donde L representa la longitud del terminal), y cuyo objeto se detalla a continuación:

- Trayectoria 1 (Frontal a 0° centrado):
Sirve para evaluar la capacidad de contención del terminal, su máxima deformación longitudinal, la severidad del impacto y la posible penetración del terminal en el vehículo.
 - Trayectoria 2 (Frontal a 0° descentrado a 1/4 del vehículo hacia la carretera):
Sirve para evaluar el giro del vehículo ligero, la severidad del impacto y la posible penetración del terminal en el vehículo.
 - Trayectoria 4 (Lateral a 15°, 2/3 L):
Sirve para evaluar el riesgo de enganchamiento en caso de que la barrera sea más rígida que el terminal.
 - Trayectoria 5 (Lateral a 165°, 1/2 L):
Sirve para evaluar impactos laterales.
- En estos ensayos a escala real se obtienen los siguientes parámetros de comportamiento del terminal, mediante los cuales el producto queda definido:
- Clase de comportamiento: se definen cuatro clases (P1, P2, P3 y P4) y se indican los ensayos que el terminal debe superar para pertenecer a cada una de ellas (Figura 6). Se distinguen los en-

sayos necesarios para caracterizar el comportamiento cuando el terminal se instala en el inicio de la barrera (U) de los necesarios para caracterizarlo cuando se instala en el extremo final (U) o cuando se puede instalar en ambos extremos (A).

- Severidad del impacto: con este parámetro se evalúan los posibles daños a los ocupantes de los vehículos. Se emplean tres índices de severidad:
 - ASI (Índice de severidad de la aceleración)
 - THIV (Velocidad teórica de choque de la cabeza)
 - PHD (Deceleración de la cabeza tras el choque)

Los dos primeros índices son los que se usan para la caracterización de la severidad de impacto de las barreras de seguridad según la parte 2 de la Norma UNE EN 1317. El índice PHD ya no se emplea desde hace años para los ensayos de barreras y está prevista su eliminación en la nueva especificación técnica sobre terminales.

En función de los valores de los índices de severidad obtenidos en los ensayos, se definen 2 clases de severidad (Figura 7). El valor más alto de los parámetros entre los obtenidos en los distintos ensayos determina la clase de severidad del terminal.

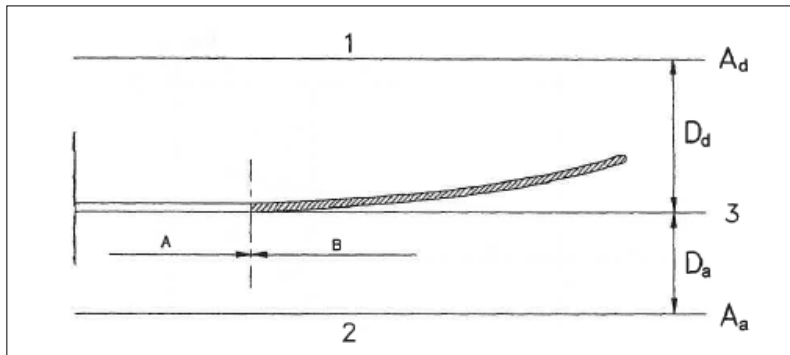
- Desplazamiento lateral del terminal: este parámetro permite conocer el espacio que ocupará el terminal al deformarse durante los distintos ensayos, lo cual servirá de ayuda para definir la localización de los productos en obra.

Para definir el desplazamiento se definen dos parámetros x e y, que se expresarán mediante clases obtenidas a partir del desplazamiento de la cara de la terminal más próxima al tráfico hacia la calzada y hacia el exterior respectivamente (Figura 8).

Recinto de salida del vehículo: se define para poner límites a la trayectoria del vehículo de ensayo tras el impacto. Se incluye una clasificación para el terminal en función de las dimensiones del recinto (Figura 9).

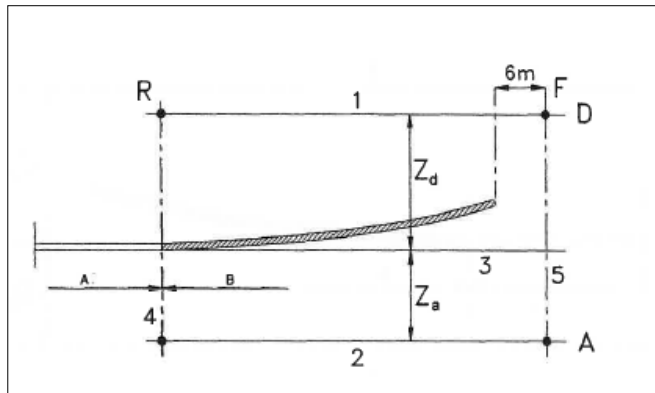
Además, la norma experimental incluye una serie de criterios de aceptación para los ensayos, que se deben cumplir para garantizar la seguridad de los mismos:

- Ningún elemento del terminal puede penetrar en el compartimento del vehículo.
- No se permiten deformaciones del compartimento ni intrusiones en el mismo de partes del terminal.



Código de clase		Desplazamiento (m)	
x	1	Da	0,5
	2		1,5
	3		3,0
y	1	Dd	1,0
	2		2,0
	3		3,5
	4		>3,5

Figura 8. Desplazamiento lateral del terminal (UNE ENV 1317-4)



Clases de Z	Lateral de aproximación Z_a (m)	Lateral de salida Z_d (m)
Z_1	4	4
Z_2	6	6
Z_3	4	Sin límite
Z_4	6	Sin límite

Figura 9. Definición y clases del recinto de salida (UNE ENV 1317-4)

- Ninguna parte importante del terminal se debe desprender e ir a parar fuera de la zona de desplazamiento permanente.

La norma introduce el concepto de familias de terminales, para aquellos casos en que se diseña un conjunto de terminales empleando un mismo juego de componentes, con el mismo mecanismo de funcionamiento y con varias clases de comportamiento. Para la evaluación del comportamiento de los terminales que forman parte de una familia se emplean matrices de ensayo reducidas, de forma que no es necesario que todos los miembros de la familia superen todos los ensayos correspondientes a su clase de comportamiento.

Es importante considerar que los ensayos se llevan a cabo instalando el terminal en el extremo de un tramo de un modelo de barrera definido por el fabricante. Por ello, será necesario tener en cuenta el modelo de barrera empleado a la hora de instalar el terminal en la carretera, de la misma forma que se consideran otros parámetros de ensayo como puede ser el tipo de terreno.

Novedades de la revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TS sobre terminales)

En el nuevo documento normativo europeo que se está elaborando está previsto incluir las siguientes novedades:

- Posibilidad de evaluar los terminales por ambas caras, para adaptarlos a situaciones como divergencias o medianas.
- Clasificación de terminales en absorbedores de energía y no absorbedores de energía, definiendo un criterio para diferenciarlos basado en el recinto de salida en el ensayo frontal.

- Distinción entre terminales unidireccionales y bidireccionales, es decir, diseñados para ser instalados en uno de los extremos (inicial o final) de la barrera o en ambos.

- Introducción de dos nuevas trayectorias de impacto para la definición de las clases de comportamiento.

- Frontal a 15°, para evaluar el ángulo de impacto más probable y la posibilidad de que el vehículo pierda el contacto con el terreno.

- Lateral a 165° sobre el tramo de barrera al que se conecta el terminal, para evaluar posibles enganchamientos en caso de que la barrera sea menos rígida que el terminal.

- Revisión de los parámetros de comportamiento (severidad, desplazamiento del terminal, recinto de salida).

- Evaluación de la capacidad de anclaje de los terminales.

Criterios de implantación en España

La Orden Circular 35/2014 indica que los extremos de las barreras se dispondrán de la misma forma que en los ensayos según UNE ENV 1317-2. Las barreras deben contar con tratamientos específicos en sus extremos. Se recomiendan las siguientes disposiciones:

- Empotramiento en el talud.
- Abatimiento al terreno.
- Empleo de terminal diseñado para absorber un impacto frontal.

Se incluyen requisitos para narices en salidas y para comienzos de mediana (evitar unir barreras mediante piezas no ensayadas o

abatir las dos barreras de forma convergente).

En el Artículo 704 del PG3 se dice que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos fijará las características y el comportamiento de los terminales según los parámetros descritos en la UNE ENV 1317-4. En la documentación que acompañe a los suministros de terminales se deberá adjuntar un certificado de conformidad según UNE ENV 1317-4.

Abatimientos

En los casos en que se decida abatir las barreras de seguridad hacia el terreno, los extremos de las barreras se dispondrán si es posible formando un ángulo con el borde de la calzada, para de esta forma disminuir el riesgo para los usuarios.

Es necesario cuidar la instalación de los terminales para que cumplan su función y no supongan riesgos adicionales (por ejemplo, piezas toques sin enterrar) (Foto 4).

Reglamentación de otros países

Las regulaciones sobre terminales en otros países europeos se basan principalmente en la Norma Experimental ENV 1317-4, aunque algunos países han adaptado su reglamentación al borrador de revisión de este documento, aún no publicado por CEN, por entender que los criterios que se están incorporando en la normativa aportan mayor seguridad para los usuarios.

En algunos países se incluyen entre los criterios para la implantación de terminales clases de comportamiento mínimas en función del nivel de contención de las barreras a las que están conectados.

También se definen en algunos casos requisitos para la aprobación

de la instalación de terminales sobre barreras distintas a las de los ensayos de choque, basados en el diseño y el comportamiento de dichas barreras.

3. Transiciones.

La Norma UNE ENV 1317-4 define las transiciones como la conexión de dos barreras de seguridad de diferente sección transversal o diferente rigidez lateral, que permite que la variación de la capacidad de contención sea continua.

No considera como transición a la conexión entre dos barreras con la misma sección transversal y los mismos materiales, cuyas anchuras de trabajo no difieran más de una clase.

El comportamiento de las transiciones se evalúa mediante los mismos ensayos de impacto a escala real empleados para las barreras de seguridad (UNE EN 1317-2), definiendo direcciones y puntos críticos de impacto. Se debe ensayar siempre en el sentido de la barrera menos rígida a la más rígida, al ser el caso más desfavorable.

Los parámetros de comportamiento y los criterios de aceptación son los mismos que para las barreras de seguridad.

El objetivo es conseguir una variación gradual del comportamiento al pasar de una barrera a otra, evitando cambios bruscos que pudieran causar riesgos, por ejemplo, de enganchamiento. Por ello, el nivel de contención y los parámetros de deformación de la transición deben estar entre los de las barreras conectadas.

Novedades de la revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TR sobre transiciones)



Foto 4. Abatimiento con pieza tope sin enterrar

En el nuevo documento normativo europeo que se está elaborando está previsto incluir las siguientes novedades:

- Definición de diferentes métodos de evaluación para las transiciones, de forma que los prescriptores puedan elegir transiciones evaluadas de la forma que consideren más adecuada. Estos métodos de evaluación son:
 - Ensayos a escala real según la norma UNE EN 1317-2.
 - Simulaciones empleando modelos validados y verificados según la norma UNE EN 16303.
 - Criterios de diseño.
- Se diferencia el caso de que las barreras a conectar sean similares, lo que puede permitir unirlos directamente o bien mediante un elemento simple.
- Introducción del concepto de interrupciones de barrera (por ejemplo, tratamiento en caso de juntas de dilatación en estructuras).

- Apartados específicos para las transiciones entre barreras de seguridad y terminales o atenuadores de impactos. Estos criterios serán importantes para el caso de que se quiera emplear un terminal con una barrera diferente a aquella con la que se hicieron los ensayos de impacto.
- En el caso de evaluación de las transiciones mediante reglas de diseño se contemplan criterios como los siguientes:
 - Todos los elementos longitudinales de las barreras deben estar conectados por la transición. En el caso de sistemas con más de un elemento longitudinal, al menos uno de ellos deberá estar unido a la otra barrera para dar continuidad. El resto de elementos longitudinales estarán dispuestos de forma que no añadan riesgos ni interfieran en el comportamiento óptimo de las dos barreras.
 - Se demostrará mediante cálculos o ensayos que los elementos de transición y su conexión con las barreras

adyacentes pueden transmitir las fuerzas axiales procedentes de las barreras.

- En la longitud de la transición, la altura del perfil de los elementos longitudinales debe variar continuamente de una barrera de seguridad a la otra, sin escalones y con una pendiente no mayor de un determinado porcentaje.
- Si la rigidez a la flexión lateral o el límite elástico de un elemento longitudinal de una de las barreras es mayor en más de un determinado porcentaje que el del elemento correspondiente en la otra barrera, la longitud de la conexión de los elementos longitudinales será mayor de una determinada longitud. Deberá haber también un aumento gradual en la rigidez de la barrera de seguridad en la zona de la conexión.
- En la longitud de la transición, la posición lateral de los elementos longitudinales de la cara de tráfico variará continuamente de una barrera de seguridad a la otra, sin escalones y con un ángulo respecto a la cara de tráfico no mayor de un determinado valor.
- En la longitud de la transición la deflexión estimada bajo impacto variará gradualmente para evitar enganchamientos.
- La longitud de la transición dependerá de la diferencia entre las deflexiones dinámicas de las dos barreras de seguridad conectadas. Estas deflexiones deben ser comparables, para lo cual lo ideal sería que se hubieran obtenido con el mismo tipo

de ensayo. Para el caso de que esto no sea posible, se incluye una tabla de conversión de deflexiones.

Criterios de implantación en España

En la Nota de Servicio 1/2019 del MITMA, sobre instrucciones para la redacción de proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación, se indica que deberá tenerse en cuenta a la hora de establecer el nivel de contención y la deformación del sistema a proyectar que, en tanto no existan transiciones ensayadas de conformidad con la UNE ENV 1317-4, las transiciones entre distintos tipos de sistemas de contención deberán ser graduales tanto en el nivel de contención como en su deformación (anchura de trabajo o deflexión dinámica).

En la Orden Circular 35/2014 se especifica que las transiciones entre las distintas barreras de seguridad y pretiles se dispondrán de acuerdo a la descripción técnica del sistema, de forma semejante a la disposición empleada en los ensayos de impacto según UNE EN 1317.

En el Artículo 704 del PG3, al igual que para terminales, se dice que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos fijará las características y el comportamiento de las transiciones según los parámetros descritos en la UNE ENV 1317-4. En la documentación que acompañe a los suministros de transiciones se deberá adjuntar certificado de conformidad según UNE ENV 1317-4.

Reglamentación de otros países

La tendencia en las regulaciones de los distintos países europeos es incluir tablas donde se obtiene el

método de evaluación de las transiciones entre barreras de seguridad en función de distintos parámetros:

- Barreras pertenecientes o no a una misma familia.
- Niveles de contención de las barreras a conectar.
- Diferencia de deflexión dinámica entre las barreras a conectar.
- Empleo o no de piezas especiales de conexión.

Es decir, se comparan las características de las barreras a conectar de forma que para aquellas con diseño o comportamiento más parecido es necesario llevar a cabo tareas más sencillas para la evaluación de la idoneidad de su empleo.

En las Figuras 10 y 11 se muestran como ejemplos las tablas incluidas en reglamentaciones de Bélgica y Francia.

Propuesta de procedimiento de evaluación para España

En España, desde el sector de fabricantes se está trabajando en una propuesta de procedimiento de evaluación y certificación de las transiciones, que recoja las tendencias actuales en los países europeos.

La propuesta que se está valorando se basa en los siguientes aspectos:

- La transición puede consistir en la conexión directa entre las barreras, o bien en la instalación entre ambas de elementos o tramos de conexión diseñados para tal efecto. La conexión directa sólo se podrá efectuar en el caso de barreras del mismo tipo de sección. En cualquier otro caso deberá diseñarse un elemento de transición específico.

Product family ⁽¹⁾	Containment level	Example (guideline)	ΔDm TB51 ⁽²⁾	ΔDm TB11 ⁽³⁾	Connecting piece ⁽⁴⁾	Action
Same	Same	H2 W5 on H2 W4	< 0.4 m	/	No	No action
		H2 W6 on H2 W3				
		H2 W5 on H2 W3	> 0.4 m	/	No	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W6 on H2 W4				
	Different ⁽³⁾	H2 W4 on H4b W4	/	< 0.2 m	No	No action
		H1 W4 on H2 W5				
		H2 W6 on H4b W3	/	> 0.2 m	Yes/ No	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W5 on H4b W4				
Different	Same	H2 W5 3-w on H2 W4	< 0.4 m	/	No	No action
		H2 W6 on H2 W3 3-w			Yes	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W5 on H2 W3 3-w	> 0.4 m	/	Yes / No	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W6 on H2 W4				
	Different ⁽³⁾	H1 W4 - H2 W5	/	/	/	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W4 - H4b W4				
		H2 W6 - H4b W4				
		H2 W5 on H4b W4				

Figura 10. Tabla de la PTV 869 (Bélgica)

Famille de produit ¹	Niveau de retenue	Δb^2	Pièce de raccordement spécifique ³	Classes d'évaluation	
Identique	Identique	≤ 50 cm	Non	Pas d'évaluation particulière	A
		> 50 cm	Non	Simulations numériques	B
Identique	Différent (sauf niveau L)	X	Oui / Non	Simulations numériques	B
Différente	Identique	≤ 50 cm	Non	Pas d'évaluation particulière	A
			Oui	Simulations numériques	B
		> 50 cm	Non	Simulations numériques	B
			Oui	1 Crash-test selon la norme ENV 1317-4 + Simulations numériques	C
Différente	Différent (sauf niveau L)	X	Oui / Non	1 Crash-test selon la norme ENV 1317-4 + Simulations numériques	C

Figura 11. Tabla del Anexo Técnico Marca NF (Francia)

- El procedimiento se aplicará al caso de conexión de dos barreras con Marcado CE vigente en el momento de la certificación.
- Los procedimientos a emplear para evaluar el comportamiento de la transición dependerán de las características de las barreras a conectar, y se basarán en los recogidos en el nuevo informe técnico elaborado por CEN, es decir:
 - A. Ensayos de impacto a escala real (UNE ENV 1317-4).
 - B. Simulaciones (UNE EN 16303).
 - C. Reglas de diseño.
- Se diferenciarán los casos de que las barreras a conectar sean o no similares, entendiendo por similares las que tengan:
 - Misma tipología de sección (por ejemplo, barreras de perfil de doble onda)
 - Mismo tipo de materiales (acero, hormigón, mixta madera-acero)

- Mismo mecanismo de trabajo.
- Mismo sistema de anclaje al terreno.
- Para cada caso se incluirá una tabla con los métodos de evaluación a emplear, en función de:
 - Diferencia de nivel de contención entre las barreras a conectar.
 - Nivel de severidad (igual o distinto).
 - Diferencia de deflexión dinámica.

4. Tramos de barrera desmontables.

La Norma Experimental UNE ENV 1317-4 define un tramo de barrera desmontable como la parte de una barrera que puede ser desmontada y montada de nuevo rápidamente, en casos de emergencia en que sea necesario que algunos tramos de la barrera sean abiertos temporalmente.

Estos tramos deben tener un cierto nivel de contención y si su longitud es menor de 40 metros se consideran como unas transiciones especiales.

En la actualidad existen en el mercado barreras desmontables con Marcado CE, pero ensayadas según la Norma UNE EN 1317-2, es decir, con los mismos requisitos que el resto de barreras de seguridad.

Revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TS sobre tramos de barrera desmontables)

En el nuevo documento normativo europeo se indica que el tramo de barrera desmontable debe estar

conectado en ambos extremos a otras barreras de seguridad.

Se introduce el concepto de paso de emergencia, que son secciones más reducidas del tramo desmontable diseñadas para abrirse más rápida y fácilmente que el resto del tramo para permitir el paso de vehículos de emergencia o mantenimiento.

En el documento se revisan criterios como los puntos críticos de ensayo, los parámetros de deformación o la mínima longitud de las barreras conectadas, y se incluyen nuevos apartados referentes a la medición de las fuerzas transmitidas en las conexiones entre el tramo desmontable y las barreras adyacentes, o la definición de una matriz reducida de ensayos para el caso de tramos desmontables modulares de diferente longitud.

Conclusiones

- Los extremos de las barreras de seguridad y su conexión con otros sistemas de contención no deberían ser elementos de riesgo para los usuarios de las carreteras por no estar ejecutados adecuadamente.
- En la medida de lo posible se deberían emplear en estas situaciones productos evaluados mediante ensayos de impacto a escala real, y cuidar la disposición de estos productos para garantizar su correcto funcionamiento.
- En los casos en que lo anterior no sea posible, se deberán seguir criterios de buena práctica para conseguir que el extremo o la conexión aporte el menor riesgo posible.
- Por ejemplo, para el caso de pretilas, si no se dispone de

transición, puede ser recomendable la conexión a barreras del mismo nivel de contención, ya que el tramo de acceso corresponde al tramo de anticipación del riesgo por el que se instala el pretil.

- Las transiciones se deben diseñar de tal forma que la variación del comportamiento sea gradual al pasar de un sistema a otro.
- Al no existir Marcado CE en vigor para terminales ni transiciones, es recomendable definir criterios para la selección de los métodos de evaluación a emplear en cada caso.

Bibliografía

1. UNE EN 1317-1 (2011): Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
2. UNE EN 1317-2 (2011): Sistemas de contención para carreteras. Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretilas. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
3. UNE EN 1317-5 (2008) + A2 (2012): Sistemas de contención para carreteras. Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
4. UNE ENV 1317-4 (2002): Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
5. UNE EN 16303 (2021): Sistemas de contención para carreteras. Proceso de verificación y validación para el uso de ensayos virtuales en ensayos de impacto contra sistemas de contención de vehículos. Asociación Española de Normalización (UNE).
6. Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aceptación de sistemas de contención de vehículos. Ministerio de Fomento.
7. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Parte 7 - Señalización, Balizamiento y Sistemas de Contención de Vehículos. Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre. Ministerio de Fomento.
8. Nota de Servicio 1/2019 sobre instrucciones para la redacción de los proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación. Ministerio de Fomento.
9. Technical Regulation PTV 869 "Road Restraint Systems". CO-PRO (2016).
10. Marque NF. Equipements de la Route. Annexe Technique n°8 au référentiel de certification. Famille de produits Raccordements et extrémités de files performantes des dispositifs de retenue. Association pour la Certification et la Qualification des Equipements de la Route (ASCQUER) (2015). ❖