



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

ADAPTACIÓN DE LOS ACCESOS A CARRETERAS DE TITULARIDAD AUTONÓMICA A LA ORDEN CIRCULAR 35/2014 SOBRE CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

Alumno/a: Angullo Sánchez, María

Tutor/a: Prof. D. Ramón Carpena Morales
D. Pedro Alberto del Pozo Delgado

Dpto: Departamento de Ingeniería Mecánica
y Minera

Octubre, 2.015

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	7
3. ANTECEDENTES.....	8
3.1. INTRODUCCION.....	8
3.2. ORDEN 16 DE DICIEMBRE DE 1997.....	9
3.2.1. ARTICULO 54: LIMITACIONES.....	9
3.2.2. ARTICULO 55: DISPOSICIONES DE LOS ACCESOS.....	11
3.2.3. ARTICULO 56: TRAZADO.....	13
3.2.4. ARTICULO 57: SECCIÓN TRANSVERSAL.....	13
3.2.5. ARTICULO 58: FIRME.....	13
3.2.6. ARTICULO 59: DRENAJE.....	13
3.2.7. ARTICULO 60: SEÑALIZACIÓN.....	14
3.3. NORMATIVA SOBRE CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS ANTERIOR A LA VIGENTE.....	14
3.3.1. ORDEN CIRCULAR 317/91 T Y P "SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS".....	15
3.3.2. ORDEN CIRCULAR 319/91 T Y P "TOLERANCIAS DE ESPESOR EN VALLAS METÁLICAS PARA BARRERAS DE SEGURIDAD CONTINUAS".....	15
3.3.3. ORDEN CIRCULAR 321/95 T Y P "RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS".....	15
3.3.4. ORDEN CIRCULAR 6/2001 "MODIFICACIÓN DE LA O.C. 321/95 T Y P EN LO REFERENTE A BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS PARA SU EMPLEO EN CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA".....	16
3.3.5. ORDEN CIRCULAR 18/2004 "CRITERIOS DE EMPLEO DE SISTEMAS PARA PROTECCIÓN DE MOTOCICLISTAS".....	16
3.3.6. ORDEN CIRCULAR 18BIS/2008 "CRITERIOS DE EMPLEO DE SISTEMAS PARA PROTECCIÓN DE MOTOCICLISTAS".....	17
3.3.7. ORDEN CIRCULAR 23/2008 "CRITERIOS DE APLICACIÓN DE PRETILES METÁLICOS EN CARRETERA".....	17

3.3.8. ORDEN CIRCULAR 28/2009 "CRITERIOS DE APLICACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS".....	17
3.4. ORDEN CIRCULAR 35/2014 2014 "CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS".....	18
3.4.1. CRITERIOS DE INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS.....	19
3.4.2. COMPORTAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE LAS BARRERAS DE SEGURIDAD Y PRETILES.....	20
3.4.3. CRITERIOS DE EMPLEO DE LAS BARRERAS DE SEGURIDAD Y PRETILES.....	22
4. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PARA PASOS SALVACUNETAS.....	28
4.1. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SISTEMAS DE PROTECCIÓN.....	28
4.2. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON ELEMENTOS LONGITUDINALES.....	32
4.2.1. RELACIÓN H:V.....	32
4.2.2. COMPORTAMIENTO ANTE IMPACTO.....	32
4.2.3. FLEXIBILIDAD.....	38
4.2.4. LIMPIEZA.....	39
4.2.5. REPARABILIDAD.....	39
4.2.6. DURABILIDAD.....	40
4.2.7. INSTALACIÓN.....	45
4.2.8. MANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN.....	45
4.2.9. PRESUPUESTO.....	45
4.3. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON RED MALLADA.....	47
4.3.1. RELACIÓN H:V.....	47
4.3.2. MATERIAL.....	47
4.3.3. COMPORTAMIENTO ANTE IMPACTO.....	47
4.3.4. FLEXIBILIDAD.....	47
4.3.5. LIMPIEZA.....	47
4.3.6. REPARABILIDAD.....	48

4.3.7. DURABILIDAD.....	48
4.3.8. INSTALACIÓN.....	48
4.3.9. MANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN.....	48
4.4. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON BIONDA O BARRERA METÁLICA DE DOBLE ONDA.....	50
5. EJEMPLO EXISTENTE.....	51
6. CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54

Adaptación de los accesos a carreteras de titularidad autonómica a la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos

RESUMEN

Este proyecto trata la adaptación de los accesos a carreteras a la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación a sistemas de contención de vehículos. A día de hoy, los accesos de la provincia de Jaén, como los del resto de la comunidad autónoma de Andalucía, están regulados por la Orden del 16 de diciembre de 1997 del Ministerio de Fomento.

Hasta la entrada en vigor de la O. C. 35/2014, materias como barreras metálicas, pretilos y sistemas de protección para motociclistas estaban cubiertos con las normativas anteriores, pero la protección de pasos salvacunetas provistos en aquellos accesos con obras de fábrica para garantizar un buen funcionamiento del drenaje longitudinal, quedaba al descubierto. Por ello, en este trabajo no se ha entrado en detalle en el resto de aspectos mencionados, sino que nos hemos centrado en este nuevo aspecto, los sistemas de protección para los pasos salvacunetas.

El contenido de este trabajo está formado por un breve repaso a la normativa de sistemas de contención de vehículos desde 1991 hasta la actualidad, junto con la orden que regula los accesos; un estudio más detallado de los sistemas de protección de pasos salvacunetas (tipos, elementos que lo componen, ensayos, presupuesto, ...), y en un segundo plano, se han incorporado ejemplos ya existentes en los que se ha adaptado este tipo de dispositivos de protección.

Finalmente se deduce, que la incorporación de estos dispositivos de protección es necesaria, no solo por el cumplimiento de la nueva normativa, sino por los daños tanto personales como materiales que se evitarían.

ABSTRACT

This project is about the adjustment of the accesses to roads to the Circular Order 35/2014 on criteria of application to systems of containment of vehicles. Nowadays, the accesses in the region of Jaen, as those of the rest of the autonomous community of Andalusia, are regulated by the Order of December 16, 1997 of the Ministry of Development.

Up to the entry into force of her O. C. 35/2014, materials like metallic barriers, guardrails and protection systems for motorcyclists were covered with the previous regulations, but the protection provided about the ditch crossing in those accesses with works of factory to guarantee a good functioning of the longitudinal drainage, was exposed. Therefore, in this work it has not been entered in detail on the rest of mentioned aspects, but we have centred on this new one: the protection systems for the ditch crossing.

The content of this work consists of a brief review to the system regulation of containment of vehicles from 1991 up to the current importance, together with the order that regulates the accesses; a more detailed study of the protection systems of ditch crossing (types, elements that it compose, testing, budgeting,...), and in a background, it has already been joined existing examples in which this kind of protection devices have been adapted.

Finally it could be deduced that the incorporation of these protective devices is necessary, not only for the compliance with the new regulation, but by both personal and material damages which would be avoided.

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se titula " ADAPTACIÓN DE LOS ACCESOS A CARRETERAS DE TITULARIDAD AUTONÓMICA A LA ORDEN CIRCULAR 35/2014 SOBRE CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS", el cual consiste en el estudio de dicha normativa, entrando en mayor detalle en aquellos aspectos que sean nuevos en comparación con las normativas anteriores.

Dicho proyecto se ha podido llevar a cabo gracias a los conocimientos adquiridos en el Máster en Ingeniería del Transporte Terrestre y Logística, y posteriormente, al desarrollo de una beca en el servicio de carreteras de la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Jaén, bajo la tutela del Jefe Técnico, Pedro Alberto del Pozo Delgado.

Durante el periodo de prácticas mencionado se ha desarrollado un inventario de accesos de la red de carreteras autonómicas de la provincia de Jaén, en el cual se ha revisado el cumplimiento de la actual orden de accesos, Orden 16 de diciembre de 1997, y a su vez, se ha podido comprobar la ausencia de sistemas de contención de vehículos adaptados a dichos accesos, que cumpla la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos.

2. OBJETIVOS

- Lograr el cumplimiento de la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos.
- Dar varias soluciones que se adapten a las condiciones determinadas de cada acceso.
- Conseguir que la adaptación de los accesos a la Orden Circular 35/2014 interfiera lo menos posible en la circulación existente de las carreteras donde se va a ejecutar.
- Perseguir una disminución de la accidentalidad, cumpliendo los aspectos citados en la normativa.

3. ANTECEDENTES

3.1. INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar con la materia que ocupa el presente trabajo, se ha creído conveniente, dar a conocer los principios y la documentación en la que se ha basado el mismo.

Para ello, se va a comenzar explicando, de forma muy breve, el contenido de la ley de accesos, Orden de 16 de diciembre de 1997.

A continuación, se expondrán brevemente, los cambios incluidos en la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de aplicación de sistemas de Contención de Vehículos, vigente actualmente, frente a las normativas anteriores a esta.

En el presente proyecto se han estudiado accesos de la provincia de Jaén, los cuales están incluidos en la red Autonómica, dependientes de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Debido a que se habla de carreteras incluidas en la red Autonómica, se va a explicar la estructura de la red viaria de forma breve.

En primer lugar en el rango jerárquico nos encontramos con la Red de Carreteras del Estado, cuya competencia corresponde al Estado a través del Ministerio de Fomento. Dicha red está compuesta por las Carreteras Nacionales, como son las Autopistas y Autovías del Estado.

En segundo lugar está la Red Secundaria de Carreteras de España, la cual se compone de carreteras, autovías y autopistas. En función de su titularidad podemos encontrar:

- Red Autonómica: formada por las carreteras de titularidad autonómica, dependientes de la Comunidad Autónoma.
- Red Provincial: formada por el conjunto de carreteras de titularidad provincial, dependientes de la Diputación Provincial.
- Red Municipal: formada por el conjunto de carreteras de titularidad municipal, dependientes del Ayuntamiento correspondiente.

3.2. ORDEN 16 DE DICIEMBRE DE 1997

La normativa vigente encargada de regular los accesos es la "ORDEN DE ACCESOS A LAS CARRETERAS DEL ESTADO (Orden de 16 de diciembre de 1997)" ya que no existe una normativa autonómica.

Dentro de la misma, el apartado que más nos concierne en este trabajo, es el Título III, ACCESOS A LAS CARRETERAS CONVENCIONALES. En él, el Capítulo IV trata los Caminos Agrícolas y otras Vías Públicas *en el que se hace referencia a la conexión con carreteras convencionales existentes de caminos agrícolas, vías pecuarias, caminos vecinales y, en general, de los demás viales destinados al tráfico rodado de vehículos automóviles, que sirvan a una colectividad, y no estén incluidas en una red de carreteras de rango superior a la municipal* (Orden 16 de diciembre de 1997).

Nos hemos centrado en el Capítulo IV ya que al estudiar los accesos de la provincia de Jaén se ha contrastado una presencia mayoritaria de caminos agrícolas, los cuales están destinados primordialmente al acceso a fincas rústicas, siendo el tráfico predominante el de tractores y maquinaria agrícola.

A continuación, se explican brevemente algunos de sus artículos.

3.2.1. Artículo 54: limitaciones.

Por razón de visibilidad: para permitir el giro a la derecha y por tanto, autorizar el acceso, se debe disponer de una visibilidad en la carretera superior a la distancia de parada (formula 1), para el carril y sentido de circulación de la margen en que se sitúa el acceso. Por otro lado, para permitir los giros a la izquierda, tanto de entrada como de salida a la carretera desde el acceso, se debe disponer de una visibilidad superior a la de cruce (formula 2).

Fórmula 1: distancia de parada

$$D_p = [(V * t_p)/3,6] + [V^2/(254 * f_l + i)]$$

Siendo:

- D_p : distancia de parada (m).
- V : velocidad (km/h).
- f_l : coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento (tabla 1).
- i : inclinación de la rasante (en tanto por uno).
- t_p : tiempo de percepción y reacción (s).

Tabla 1: Coeficientes de rozamiento longitudinal rueda-pavimento en función de la velocidad del tramo.

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f _l	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263	0,249

Fuente: Orden 16 de diciembre de 1997

Fórmula 2: distancia de cruce

$$D_c = (V * t_c) / 3,6$$

Siendo: D_c: distancia de cruce (m).
V: velocidad (km/h) de la vía preferente.
t_c: tiempo en segundos que se tarda en realizar la maniobra completa de cruce.

$$t_c = t_p + \left[2 * \frac{(3+l+w)}{9,8} * j \right]^{1/2}$$

Siendo: t_p: tiempo de reacción y percepción del conductor, en segundos.
(t_p= 2s).
l: longitud en metros del vehículo que atraviesa la vía principal.
w: anchura del total de carriles, en metros, de la vía principal.
j: aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en unidades g.

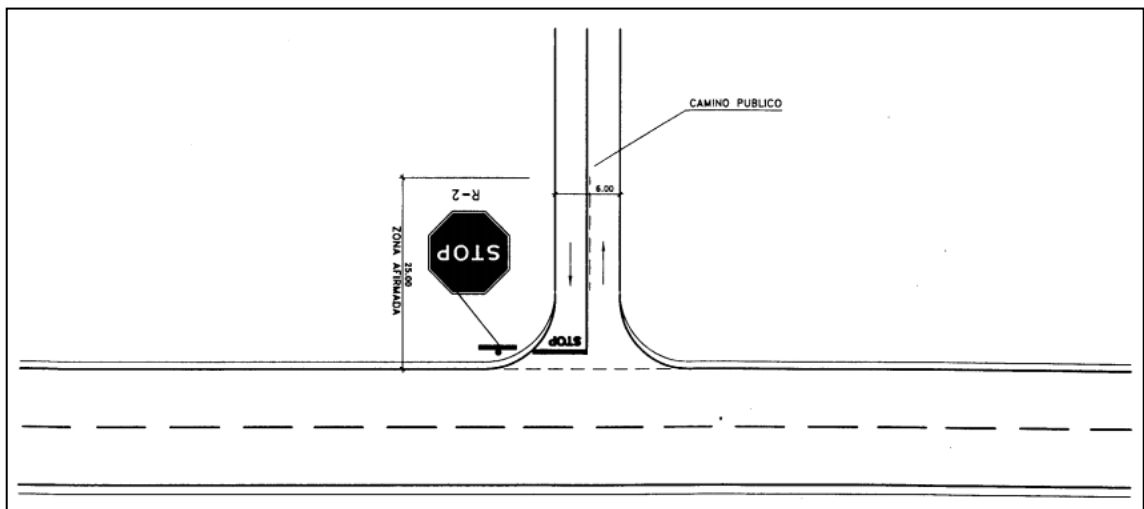
Distancias a otros accesos: de forma general, la distancia entre accesos consecutivos será de doscientos cincuenta metros (250m), como mínimo.

3.2.2. Artículo 55: disposición de los accesos.

En función de la IMD, los accesos serán de tipo A, B, o C, de la siguiente forma:

Acceso tipo A: IMD inferior a 1.500 vehículos. No se necesitan carriles de cambio de velocidad ni ninguna otra disposición específica. Ver figura 1.

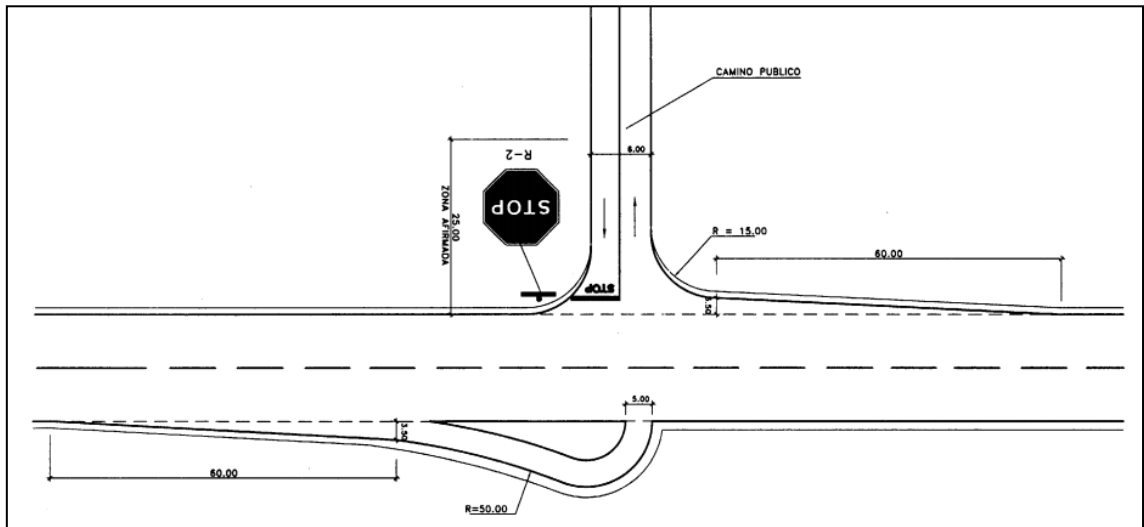
Figura 1: Acceso tipo A



Fuente: Orden 16 de diciembre de 1997

Acceso tipo B: IMD superior a 1.500 vehículos e inferior a 3.000 vehículos. En este caso se necesita una cuña de deceleración de tipo directo, de sesenta metros (60m) de longitud. Ver figura 2.

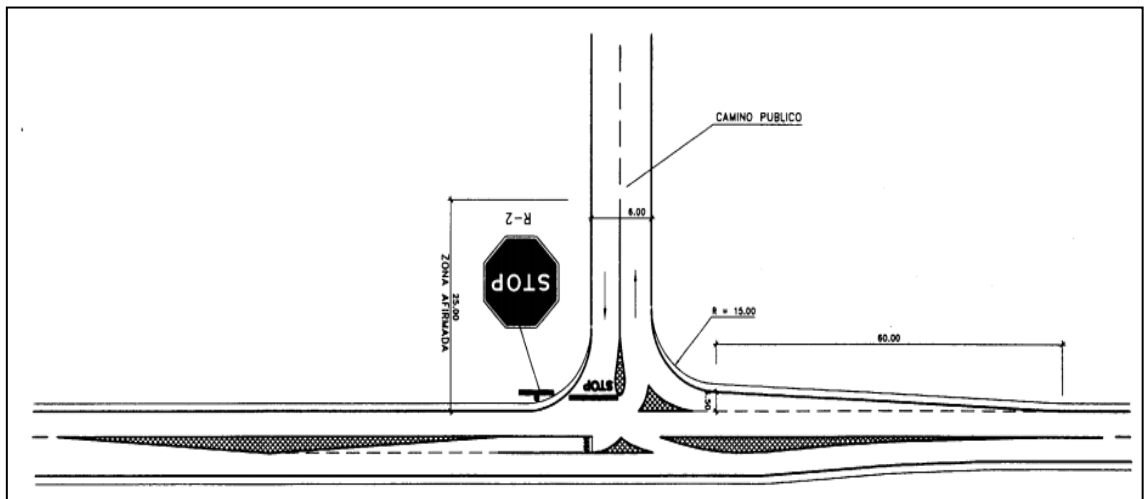
Figura 2: Acceso tipo B



Fuente: Orden 16 de diciembre de 1997

Acceso tipo C: IMD superior a 3.000 e inferior a 5.000 vehículos. Además de una cuña de deceleración de tipo directo como en los accesos tipo B, se necesitará un carril central de espera en el centro de la calzada. Ver figura 3.

Figura 3: Acceso tipo C



Fuente: Orden 16 de diciembre de 1997

Para los casos en los que la IMD es superior a 5.000 vehículos no se permitirá el cruce a nivel de ningún carril de la carretera.

3.2.3. Artículo 56: trazado.

Trazado en planta: dependerá de si el acceso es tipo A, B o C.

Trazado en alzado: si el acceso se encuentra en una zona de desmonte de la carretera, el perfil longitudinal deberá estar diseñado en contrapendiente mínima del cero y medio por ciento (0,5%), para asegurar de forma correcta el drenaje del agua procedente de la escorrentía y evitar que llegue a la calzada de la carretera.

3.2.4. Artículo 57: sección transversal.

La longitud de la vía secundaria no debe ser inferior a los 25 metros (25m) y su anchura debe ser superior a los seis metros (6m).

3.2.5. Artículo 58: firme.

Todos los carriles de acceso se pavimentarán en una longitud mínima de veinticinco metros (25m) con mezcla bituminosa u hormigón según la instrucción 6.1-I.C. y 6.2-I.C. de Secciones de firme de la Dirección General de Carreteras.

3.2.6. Artículo 59: drenaje.

La continuidad del drenaje de la carretera se deberá realizar con una conducción de 60 centímetros (60 cm) como mínimo, además de una arqueta visitable si la longitud fuese superior a quince metros (15 m), así como imbornales o rejillas corridas en los ramales de acceso para evitar la llegada de aguas de escorrentía a la calzada de la carretera.

3.2.7. Artículo 60: señalización.

Para este apartado se seguirá las Normas 8.1-I.C. Señalización vertical y 8.2-I.C. Marcas viales, de la Dirección General de Carreteras. Se dispondrá una señal tipo R-2 de Detención obligatoria siempre que no haya carril de aceleración.

3.3. NORMATIVA SOBRE CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS ANTERIOR A LA VIGENTE

Desde el año 1991 existe normativa referente a sistemas de contención de vehículos, la cual ha ido cambiando continuamente e incorporando nuevos conceptos, adaptándose a los avances tecnológicos tanto de los mismos sistemas de contención, como de sus propios materiales, además de a la normativa exigente correspondiente a cada momento. De esta forma, nos encontramos con las siguientes normativas a lo largo del período citado hasta la actualidad:

- Orden Circular 317/91 T y P. "Sistemas de contención de vehículos".
- Orden Circular 319/91 T y P. "Tolerancias de espesor en vallas metálicas para barreras de seguridad continuas".
- Orden Circular 321/95 T. y P. "Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos".
- Orden Circular 6/2001 "Modificación de la O.C. 321/95 T y P en lo referente a barreras de seguridad metálicas para su empleo en carreteras de calzada única".
- Orden Circular 18/2004 "Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas".
- Orden Circular 18bis/2008 "Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas".
- Orden Circular 23/2008 "Criterios de aplicación de pretiles metálicos en carretera".

- Orden Circular 28/2009 "Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas".
- Orden Circular 35/2014 "Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos".

A continuación se va a comentar brevemente el contenido de cada una de las órdenes circulares.

3.3.1. Orden Circular 317/91 T y P "Sistemas de contención de vehículos"

Esta orden pasó a ser una serie de recomendaciones y no una O. C. en la que se regulaban los diferentes tipos de sistemas de contención de vehículos, entendiendo como tal, todo dispositivo instalado en una carretera, cuya finalidad es proporcionar un cierto nivel de contención de un vehículo fuera de control, de manera que se limiten los daños y lesiones tanto para sus ocupantes como para el resto de los usuarios de la carretera y otras personas u objetos situadas en las proximidades.

En dichas recomendaciones no se incluían las barandillas o sistemas de contención de peatones, que se instalan en los márgenes de carreteras o en los bordes de tableros de obras de paso o estructuras.

3.3.2. Orden Circular 319/91 T y P "Tolerancias de espesor en vallas metálicas para barreras de seguridad continuas"

Debido a una preocupación de la Dirección General de Carreteras, por una incorrecta aplicación de las tolerancias de espesor de las vallas metálicas de las barreras de seguridad continuas, se elabora esta O. C. en la que se especifican los espesores adecuados para dichas vallas metálicas.

3.3.3. Orden Circular 321/95 T y P "Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos"

Durante el tiempo transcurrido desde la anterior normativa hasta esta, se desarrollaron normas tanto UNE como CEN, que configuran un nuevo marco normativo específico para estos sistemas de contención de vehículos.

Por ello, la Dirección General de Carreteras del MOPTMA redactó unas recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos, basadas en las nuevas normas, que configuraron el objeto de la presente Orden Circular, derogando definitivamente a la anterior Orden Circular 317/91 T y P.

3.3.4. Orden Circular 6/2001 "Modificación de la O.C. 321/95 T y P en lo referente a barreras de seguridad metálicas para su empleo en carreteras de calzada única"

En esta orden se pone de manifiesto la conveniencia de efectuar alguna matización respecto de la O.C. 321/95 T y P, y tomar en especial consideración a los usuarios minoritarios de la Red de Carreteras del Estado. Además surge una necesidad de acometer, de forma inmediata, una solución generalizada al problema de la seguridad de los usuarios de vehículos de dos ruedas, mas allá de los tramos de concentración de accidentes con motoristas y las soluciones específicas que ya aporta la anterior orden.

3.3.5. Orden Circular 18/2004 "Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas"

En la Orden Circular 321/95 T y P ya se incluía un anexo acerca de los sistemas de protección para motociclistas en tramos de concentración de accidentes, pero debido al tiempo transcurrido desde su aprobación y a la experiencia adquirida acerca de este conjunto vulnerable y sensible, como son los motociclistas, se consideró conveniente desarrollar algunos criterios más específicos persiguiendo una mayor seguridad de este tipo de usuarios, a la vez de disminuir la gravedad de un posible accidente cuando se haya producido.

La novedad en esta orden, es la clasificación de los sistemas para protección de motociclistas en tipo continuo o tipo puntual. *"Los de tipo continuo son aquellos que garantizan que ninguna parte del motociclista supera la posición del sistemas durante un choque eventual; por otro lado, los de tipo puntual, con un empleo provisional o por razones muy justificadas de explotación, no garantizan que ninguna parte del motociclista no supere la posición del sistemas en aquella situación"* (Orden Circular 18/2004).

3.3.6. Orden circular 18bis/2008 "Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas"

En esta O.C. también se trata el conjunto vulnerable como es el de los motociclistas. Respecto a la orden anterior, es necesario actualizar algunos aspectos debido al creciente aumento del parque de motocicletas, lo cual ha conllevado a un aumento de la accidentalidad de este tipo de vehículos.

La modificación con respecto a la anterior normativa es la incorporación de nuevos tramos de carreteras con geometría menos estricta que la anteriormente exigida, aunque fueran considerados de baja intensidad de tráfico general o de motocicletas. Además, aparecen normas como la UNE-EN 1317 "Sistemas de contención para carreteras" y UNE 135900 "Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretils", y se tienen en cuenta sistemas de contención con dispositivos para protección de motociclistas con diferentes niveles de severidad.

3.3.7. Orden Circular 23/2008 "Criterios de aplicación de pretils metálicos en carretera"

En esta O.C. se trata la aplicación de pretils metálicos como sistemas de contención de vehículos, y se definen los mismos de la siguiente forma: *"los pretils son sistemas de contención de vehículos, funcionalmente análogos a las barreras de seguridad, pero específicamente diseñados para bordes de tableros de puentes y obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento, y obras similares"* (Orden Circular 23/2008).

A los efectos de aplicación de estas recomendaciones se denominan pretils metálicos, *"aquellos cuyo material constituyente principal, al que se confía el adecuado comportamiento del conjunto, es acero"* (Orden Circular 23/2008).

3.3.8. Orden Circular 28/2009 "Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas"

La presente O.C. se centra en las barreras de seguridad metálicas. Está compuesta por los distintos tipos de barreras, su comportamiento y clasificación, así como los criterios de empleo y su disposición tanto longitudinal como transversal, disposición en altura, inclinación, cimentación y un apartado de zonas especiales, como accesos a puentes, viaductos, interrupciones o cambios de alineación entre otros.

En esta orden, se describen las barreras de seguridad metálicas como sistemas de contención de vehículos, como *"aquellos elementos de la carretera cuya función es sustituir un accidente de circulación por otro de consecuencias más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca, ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo"* (Orden Circular 28/2009).

Como puede verse, en ninguno de los artículos anteriores que componen el Capítulo IV de caminos agrícolas, se trata el tema de sistemas de contención de vehículos.

3.4. ORDEN CIRCULAR 35/2014 "CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS"

El principal contenido de esta orden son los criterios a seguir para seleccionar un sistema de contención de vehículos según se trate de barreras, pretilos y otros elementos. Dichos criterios vienen definidos por los ensayos de la norma UNE-EN 1317 "Sistemas de contención para carreteras".

Según la UNE-EN 1317 *"las barreras de seguridad y pretilos, como sistemas de contención de vehículos, son elementos de las carreteras cuya función es mitigar las consecuencias de un accidente de circulación por salida de vía, haciéndolas más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca, ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo"*.

El criterio para colocar barreras de seguridad o pretilos es el lugar donde se van a emplazar. Si estamos en los márgenes y medianas de una carretera se colocarán barreras de seguridad, pero si nos encontramos en bordes de tableros de puentes y obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento, y obras similares, el sistema de contención a utilizar será el de los pretilos.

La necesidad de estos sistemas de contención vendrá dada en las fases iniciales del proyecto, donde se detectará la presencia de obstáculos, desniveles y otros elementos o situaciones de potencial riesgo de accidente por salida de vía. En la norma UNE-EN 1317 se citan algunas de estas situaciones, como pueden ser *"los elementos estructurales de los pasos superiores o los casos de posibilidad de caída a distinto nivel (estructuras, muros laterales, etc)"*, entre otros, definidos en el apartado 2.1 "Consideraciones previas" de dicha norma. Una vez identificadas una de estas situaciones se plantearán soluciones alternativas, como eliminar el obstáculo o desnivel, por ofrecer mayor seguridad vial respecto a la instalación de una barrera de seguridad o pretil. Dichas alternativas también vienen descritas en el anterior apartado citado 2.1.

3.4.1. Criterios de instalación de los sistemas de contención de vehículos

Se instalarán sistemas de contención de vehículos en los siguientes casos:

- Zonas en las que no pudiéndose desarrollar alguna de las soluciones alternativas, se detecte la probabilidad de que se produzca un accidente normal, grave o muy grave, por presencia de obstáculos, desniveles o elementos de riesgo próximos a la calzada.

La determinación de la gravedad del accidente se realizará en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de los daños y lesiones previsibles, tanto para los ocupantes del vehículo como para otras personas o bienes situados en las proximidades, desarrollado en el apartado 2.2 "Criterios de instalación" de la UNE-EN 1317.

En la tabla 2 se recogen los límites de las distancias en metros del borde exterior de la marca vial a un obstáculo o desnivel, para los que se consideraría riesgo de accidente, según la gravedad del mismo (O.C. 35/2014).

Tabla 2: Distancia (m) del borde exterior de la marca vial a un obstáculo o desnivel, por debajo de la cual se considera que existe riesgo de accidente según la gravedad del mismo.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD ^(*) TRANSVERSAL DEL MARGEN ^(**) Horizontal:Vertical	RIESGO DE ACCIDENTE	
			GRAVE O MUY GRAVE	NORMAL
CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	7,5	4,5
		8:1 a 5:1	9	6
		< 5:1	12	8
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	10	6
		8:1 a 5:1	12	8
		< 5:1	14	10
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14

Fuente: O.C. 35/2014

(*)en todo el texto de la UNE-EN 1317 los taludes transversales del margen se expresan mediante la relación H:V.

(**)entre el borde exterior de la marca vial y el obstáculo o desnivel.

- Zonas que no presente obstáculos o desniveles pero que cuenten con medidas correctoras derivadas de una Declaración de Impacto Ambiental.

3.4.2. Comportamiento y clasificación de las barreras de seguridad y pretilas

"Los sistemas de contención de vehículos son elementos que proporcionan un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control y disminuyen la severidad del accidente mediante la absorción de una parte de la energía cinética del vehículo y la reconducción de su trayectoria" (UNE-EN 1317).

La eficacia de estos sistemas de contención a la hora de mitigar el impacto depende de la geometría y las características mecánicas de los elementos individuales que lo forman, así como del conjunto y del tipo de cimentación empleado. Esto conlleva a diferentes sistemas de contención, en función de los efectos y consecuencias causados sobre los ocupantes del vehículo, el mismo y el propio sistema, como consecuencia de un impacto.

Los niveles de contención de estos sistemas vienen definidos por la norma UNE-EN 1317 (tabla 3), en la cual también se recogen las condiciones de los ensayos a realizar y los criterios para ser aceptados (tabla 4). Dichos ensayos consisten en impactos de vehículos contra el sistema de contención de vehículos correspondiente, a diferentes velocidades y bajo distintos ángulos.

Tabla 3: Clases y niveles de contención para sistemas de contención de vehículos.

CLASE DE CONTENCIÓN	NIVEL DE CONTENCIÓN
Normal	N1
	N2
Alta	H1
	H2
	H3
Muy alta	H4a
	H4b

Fuente: UNE-EN 1317

En la siguiente tabla se recogen los distintos niveles de contención y las principales características de los ensayos de impacto que deben superar los sistemas de contención de vehículos.

Tabla 4: Características de los ensayos de impacto.

NIVEL DE CONTENCIÓN	DENOMINACIÓN DE LOS ENSAYOS	TIPO DE VEHÍCULO	CONDICIONES DE LOS ENSAYOS		
			MASA DEL VEHÍCULO (kg)	VELOCIDAD (km/h)	ÁNGULO DE IMPACTO (°)
N1	TB31	Ligero	1 500	80	20
N2	TB32	Ligero	1 500	110	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H1	TB42	Pesado no articulado	10 000	70	15
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H2	TB51	Autobús	13 000	70	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H3	TB61	Pesado no articulado	16 000	80	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H4a	TB71	Pesado no articulado	30 000	65	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H4b	TB81	Pesado articulado	38 000	65	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20

Fuente: O.C. 35/2014

Además del nivel de contención, en los ensayos se estudia el desplazamiento transversal que alcanza el dispositivo durante el impacto, mediante deflexión dinámica y anchura de trabajo.

Para tener en cuenta las consecuencias del impacto sobre los ocupantes del vehículo se utiliza el índice de severidad de impacto, recogido en la UNE-EN 1317, relacionado con indicadores obtenidos de los ensayos con vehículo ligero, el índice de la aceleración (ASÍ) y la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV).

En la siguiente figura se recogen los índices de severidad de impacto y los valores de los indicadores ASÍ y THIV definidos en la norma UNE-EN 1317 para barreras de seguridad y pretils.

Tabla 5: Niveles de severidad del impacto

Nivel de severidad del impacto	Valores de los índices		
A	$ASI \leq 1,0$	y	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$
B	$ASI \leq 1,4$		
C	$ASI \leq 1,9$		

Fuente: UNE 1317

Según se cita en la norma UNE-EN 1317-2 "Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretilos", "El nivel de severidad del impacto A aporta mayor nivel de seguridad a los ocupantes de un vehículo fuera de control que el nivel B, y el nivel B mayor nivel de seguridad que el nivel C".

De esta forma, las barreras de seguridad y pretilos se clasifican en función de su clase y nivel de contención (tabla 3) y por su índice de severidad de impacto (tabla 5).

3.4.3. Criterios de empleo de las barreras de seguridad y pretilos

Selección del nivel de contención

Según el riesgo de accidente detectado se dispondrá un nivel de contención de una barrera de seguridad o pretil u otro. Para ello, se tienen en cuenta parámetros de la carretera como la velocidad del proyecto y la intensidad media de vehículos pesados por sentido para el año de la puesta en servicio. En la siguiente tabla se muestran los niveles de contención recomendados en función del riesgo de accidente y la intensidad media de vehículos pesados.

Tabla 6: Selección del nivel de contención recomendado para sistemas de contención de vehículos, según el riesgo de accidente.

RIESGO DE ACCIDENTE ^(*)	IMD e IMDp POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO	
		BARRERAS	PRETILES
MUY GRAVE	IMDp $\geq$ 5000	H3 – H4b	H4b
	5000 > IMDp $\geq$ 2000	H2 – H3	H4b
	IMDp < 2000	H2	H3
GRAVE	IMD $\geq$ 10000	H1 – H2	H3
	IMDp $\geq$ 2000	H2	H3
	400 $\leq$ IMDp < 2000	H1	H2
	IMDp < 400	N2 – H1	H1 – H2
NORMAL	IMDp $\geq$ 2000	H1	H1 – H2
	400 $\leq$ IMDp < 2000	N2 – H1	H1
	IMDp < 400	N2	N2 – H1
	IMDp < 50 y Vp $\leq$ 80 km/h	N1 – N2	N2

Fuente: O.C. 35/2014

(*)Siendo los riesgos de accidentes los desarrollados en el apartado 2.2 "Criterios de instalación" de la O.C. 35/2014.

Como puede verse en la tabla 6, sólo se dispondrán barreras de seguridad y pretiles con un nivel de contención muy alto (nivel H4), cuando exista riesgo de accidente muy grave y se deberá utilizar con carácter excepcional.

Selección del índice de severidad

Sólo se admitirán índices de severidad A y B para barreras de seguridad y pretiles, siendo preferibles los de índice A sobre los del B. El índice de severidad C se reserva para casos excepcionales justificados adecuadamente y requiriendo autorización expresa por parte de la Dirección General de Carreteras.

Criterios de disposición en márgenes y medianas.

La disposición de barreras de seguridad y pretiles será de tal forma que se evite que el ángulo de impacto supere las distancias determinadas.

En el caso de márgenes exteriores, por norma general, se dispondrán sistemas de contención de vehículos de tipo simple. Empleando sistemas de contención doble cuando existe una calzada paralela al mismo nivel.

En el caso de las medianas, la disposición de los sistemas de contención dependerá del tipo de terreno y de la distancia entre el borde de las superficies pavimentadas y el sistema de contención en cuestión (tablas 7 y 8).

Tabla 7: Disposición de sistemas de contención de vehículos en medianas.

CASO	TERRENO	DISTANCIA	RECOMENDACION
1	Llano	Ancho mediana $\leq$ tabla 9	1 sistema de contención doble
2	Llano	Tabla 9 < ancho mediana $\leq$ 2 veces tabla 9	1 sistema de contención doble, cerca del eje
3	Llano	2 veces tabla 9 < ancho mediana	2 sistemas de contención, simples o dobles
4	No llano	-----	2 sistemas de contención, simples o dobles

Fuente: O.C. 35/2014

Tabla 8: Máxima distancia (m) entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera de seguridad o pretil paralelo a ella.

NÚMERO DE CARRILES POR CALZADA	VELOCIDAD DE PROYECTO V_p (km/h)					
	50	60	70	90	100	120
1	1,5	2,8	4,5	7,5	11,0	16,8
2	0,5	0,5	1,0	4,0	7,5	13,3
3	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	9,8
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3

Fuente: O.C. 35/2014

Una vez determinado el nivel de contención, el índice de severidad de la barrera de seguridad o pretil, la clase, y en su caso, el tipo, simple o doble, se seleccionará el sistema más adecuado en función de las recomendaciones desarrolladas en el apartado 5 "Selección del sistema" de la O.C. 35/2014.

Finalmente, una vez seleccionado el sistema más adecuado a cada caso, la disposición del mismo vendrá determinado por las instrucciones descritas en el apartado 6 "Disposición" de la O.C. 35/2014, donde se desarrolla la disposición del comienzo como de las terminaciones, dentro de la disposición longitudinal; y de igual forma se

determina la disposición transversal y la disposición en altura, la inclinación y la cimentación.

Zonas especiales

La norma O.C. 35/2014 dedica un apartado (apartado 6.6) a las siguientes zonas especiales:

- Accesos a puentes, viaductos, obras de paso o túneles.
- Vías de giro en intersecciones y ramales en nudos.
- "Narices en salidas".
- Comienzos de mediana.
- Interrupciones.
- Transiciones entre diferentes sistemas de contención.

Todas estas excepciones se recogían con exactitud en la anterior O.C. 28/2009 "Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas", al igual que todas las consideraciones anteriormente descritas para las barreras de seguridad y pretiles.

Sin embargo, en la actual orden en vigor, O.C. 35/2014 se recoge un nuevo tipo de zona especial como son los pasos salvacunetas.

Este nuevo concepto trata de impedir el impacto por salida de la vía mediante sistemas de contención debidamente acreditados o dispositivos específicos que eviten dicho impacto, tal y como aparece en la figura 4.

La Orden Circular 35/2014 define los pasos salvacunetas como "las obras a realizar para, manteniendo la continuidad de la cuneta, permitir el acceso de vehículos desde la carretera a las fincas adyacentes o a los caminos que parten de la misma".

Figura 4: Esquemas de dispositivos para la protección de pasos salvacunetas.



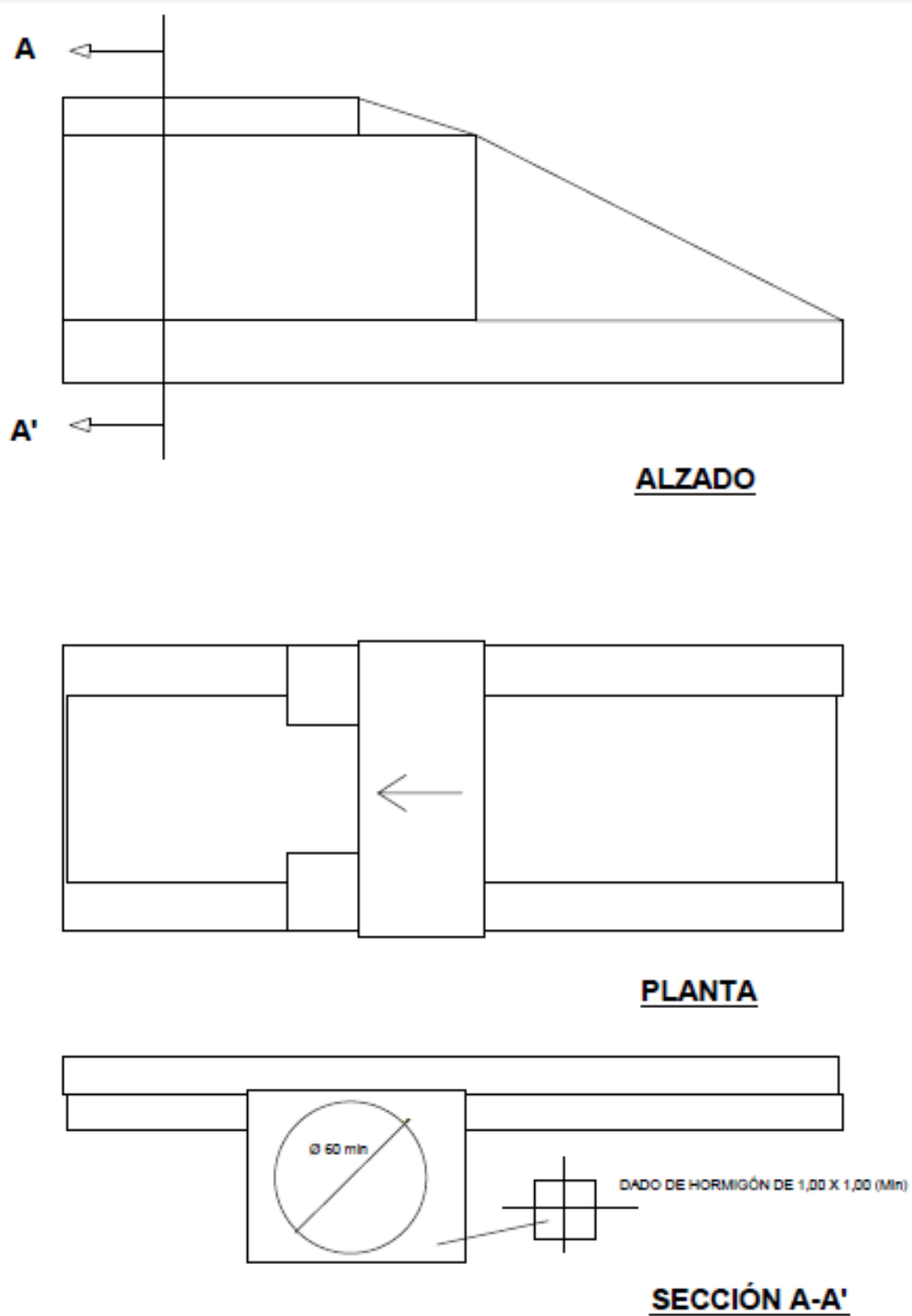
Fuente: O.C. 35/2014

Lo único que exige la normativa al respecto, es que los dispositivos utilizados para ello, deben tener una inclinación no inferior a 4H:1V y contar con un diseño tal que impida la introducción de las ruedas de un vehículo entre los elementos que lo compongan. Además deben soportar el peso de un autobús de 13.000 kg. Finalmente, mediante el diseño se facilitará la limpieza del elemento de drenaje así como el tramo de cuneta afectado.

De esta forma, la normativa no se limita a ningún diseño específico, sino que deja abierto este campo a cualquier posibilidad que cumpla los requisitos mínimos exigidos. Por consiguiente, en este trabajo se van a estudiar dos diseños distintos, uno formado por elementos longitudinales y el otro constará de una red mallada.

La siguiente figura muestra un esquema general que recoge la forma de un dispositivo de protección de pasos salvacunetas.

Figura 5: Esquema general de un dispositivo de protección de pasos salvacunetas.



Fuente: elaboración propia.

4. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PARA PASOS SALVACUNETAS

Se trata de un dispositivo formado por varios elementos estructurales colocados longitudinalmente a la cuneta o en forma de malla, entre otros posibles diseños, el cual debe aguantar los esfuerzos que se originan cuando un vehículo impacta al salirse de la calzada. Estos elementos, longitudinales o transversales, se apoyan en un soporte instalado independiente del tipo de cuneta.

4.1. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

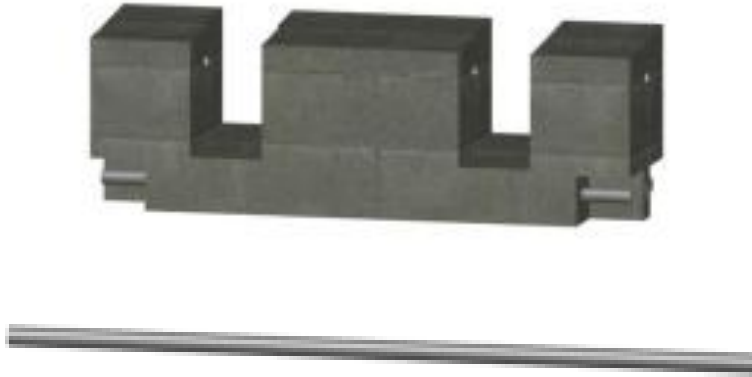
Como se ha comentado anteriormente, este dispositivo no depende de la naturaleza de la cuneta. Para ello, deberá estar formado por distintos módulos, los cuales mediante su unión van a permitir cubrir cunetas de distintas anchuras. De la misma forma, cada modulo estará compuesto por:

- **SOPORTE TRANSVERSAL**

El soporte transversal será el elemento fabricado cuya misión será la de sustentar los elementos longitudinales y/o transversales, fijándolos a él mediante un pasador de unión.

En la figura 6 se puede ver un posible soporte transversal y un pasador de unión.

Figura 6: Soporte transversal y pasador de unión

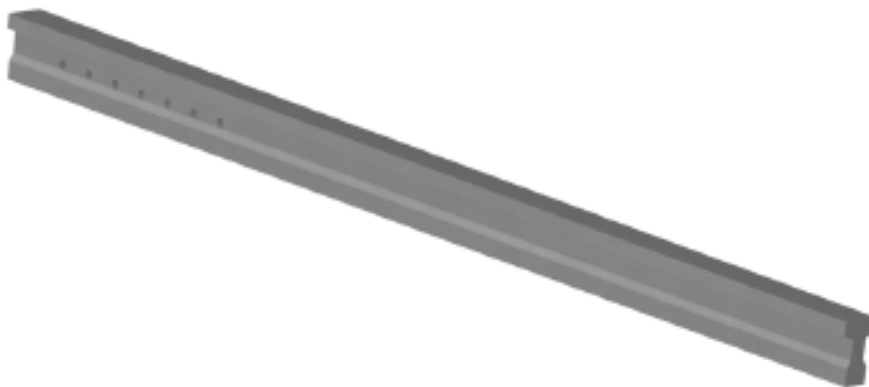


Fuente: Fundación CIDAUT

- **ELEMENTOS LONGITUDINALES**

Los elementos longitudinales (figura 7), tendrán una longitud tal que la inclinación no sea inferior a 4H:1V, como indica la normativa, sin tener en cuenta la profundidad de la cuneta del paso que se va a proteger.

Figura 7: Elemento longitudinal



Fuente: Fundación CIDAUT

- **ELEMENTOS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

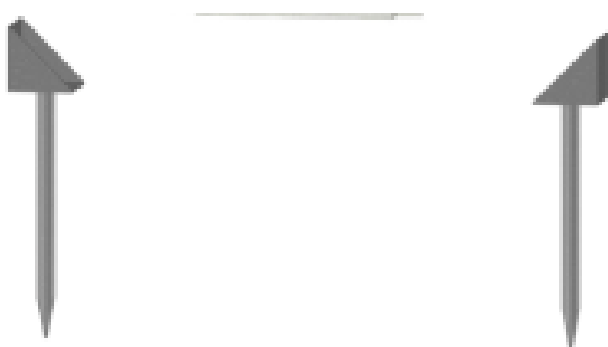
Al igual que en el caso anterior, la red formada por elementos longitudinales y transversales, red mallada, deberá cumplir la inclinación mínima exigida por la normativa, independientemente del tipo de cuneta a proteger.

- **ELEMENTOS DE UNIÓN Y SOPORTE**

Para salvar diferentes anchuras de cunetas los módulos irán unidos mediante la conexión de los correspondientes soportes transversales a través de manguitos de empalme (ver figura 8), de manera que se garantice la transmisión de los esfuerzos cuando un vehículo impacte contra el dispositivo.

Junto con los elementos anteriores debe existir unos soportes laterales que se inserten en el terreno de la cuneta de la formas más adecuada y eficiente posible.

Figura 8: Elementos de unión y soporte.



Fuente: Fundación CIDAUT

De igual forma que los elementos longitudinales van anclados al soporte transversal por uno de sus extremos, el otro será fijado al terreno de la cuneta mediante un anclaje hincado denominado anclaje inferior y enterrados finalmente, por el propio terreno. De esta manera, se impiden o reducen los movimientos transversales y longitudinales de dichos elementos longitudinales. Dicho hincado y recubrimiento quedan representados por la figura 9 y por la figura 10, respectivamente.

Figura 9: Hincado en el terreno.



Fuente: Fundación CIDAUT

Figura 10: Recubrimiento en el terreno.



Fuente: Fundación CIDAUT

En el caso en el que el sistema esté formado, tanto por elementos longitudinales como transversales, ambos irán anclados por soportes transversales en sus extremos.

4.2. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON ELEMENTOS LONGITUDINALES

4.2.1. Relación H:V

Para este dispositivo concreto de protección se ha dispuesto una inclinación máxima del 6:1, la cual cumple con la normativa al ser mayor del 4:1.

En la figura 11 se muestra una sección tipo para este dispositivo de protección.

Figura11 : Vista en sección de un sistema de protección de pasos salvacunetas

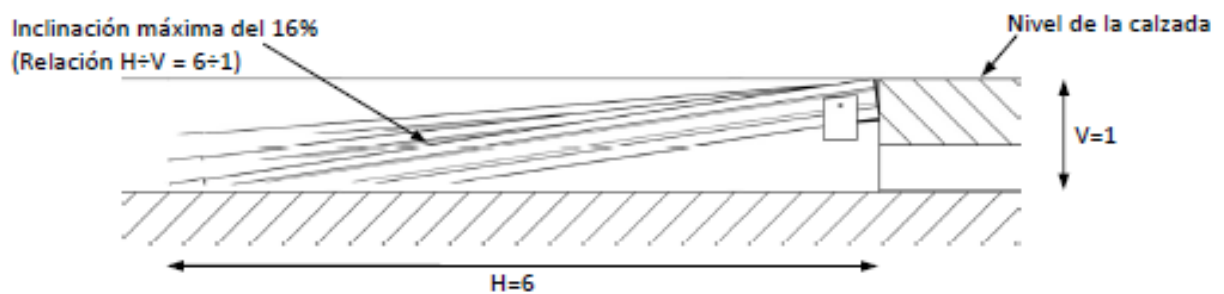


Imagen 13.- Vista en sección de un sistema de protección de pasos salvacunetas

Fuente: Fundación CIDAUT

4.2.2. Comportamiento ante impacto

El principal objetivo de estos dispositivos es el de impedir o reducir al máximo cualquier daño personal y material que pueda ocasionarse como consecuencia de un impacto contra los mismos.

A la hora de estudiar el comportamiento de este tipo de dispositivos de protección se tienen en cuenta dos tipos diferentes de vehículos: turismos y motocicletas. Para ello se han cogido los datos de Cidro, Spin-off de la fundación CIDAUT, dedicada a la investigación, desarrollo, fabricación y comercialización de productos avanzados tecnológicamente para dar soluciones a campos como el de infraestructuras, transporte, movilidad y energía, la cual ha desarrollado un tipo

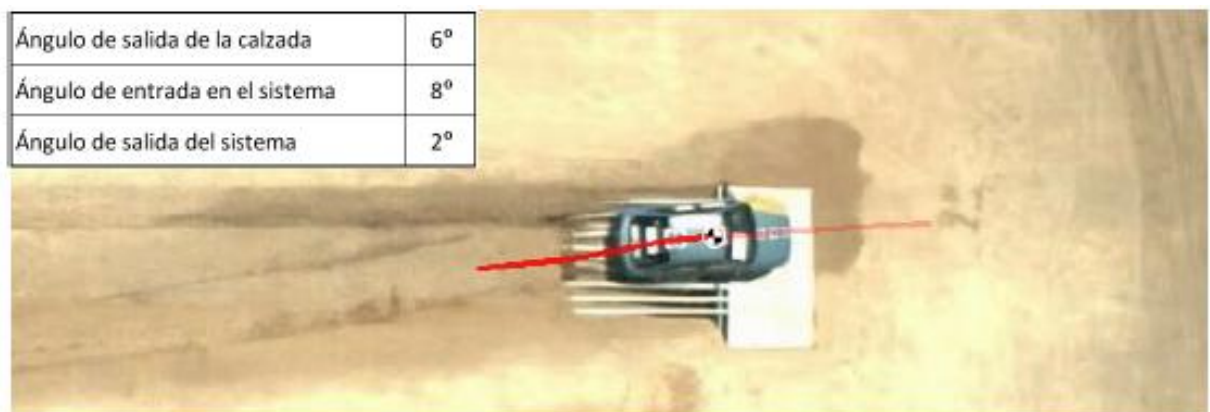
especifico de estos dispositivos bajo la marca Crossafe. Los ensayos fueron realizados en condiciones reales basados en la norma UNE-EN 1317 "Sistemas de contención para carreteras".

Turismos

Para el caso de turismos el ensayo se realizó con un vehículo de masa de 1.500 kg, a velocidades de 100 km/h , variando los ángulos de 0° a 6°, y la tipología de las cunetas.

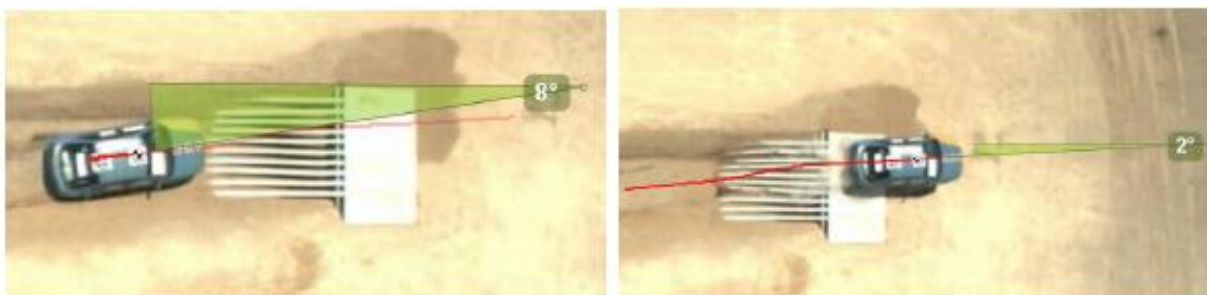
Los ensayos demostraron la capacidad de estos dispositivos para reconducir, en la medida de lo posible, la dirección del vehículo en cuestión (ver figuras 12 y 13), y evitar así, un impacto directo contra el paso salvacunetas. De tal forma, que solo se originarían leves daños materiales, tanto en el vehículo como en el propio dispositivo de protección, lo cual resulta insignificante frente a los posibles daños graves, e incluso mortales, que un impacto puede ocasionar a los integrantes del vehículo a las velocidades citadas. Además, los elementos del sistema son fácilmente reemplazables.

Figura 12: Redireccionamiento de un turismo al impactar contra un sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe



Fuente: Fundación CIDAUT

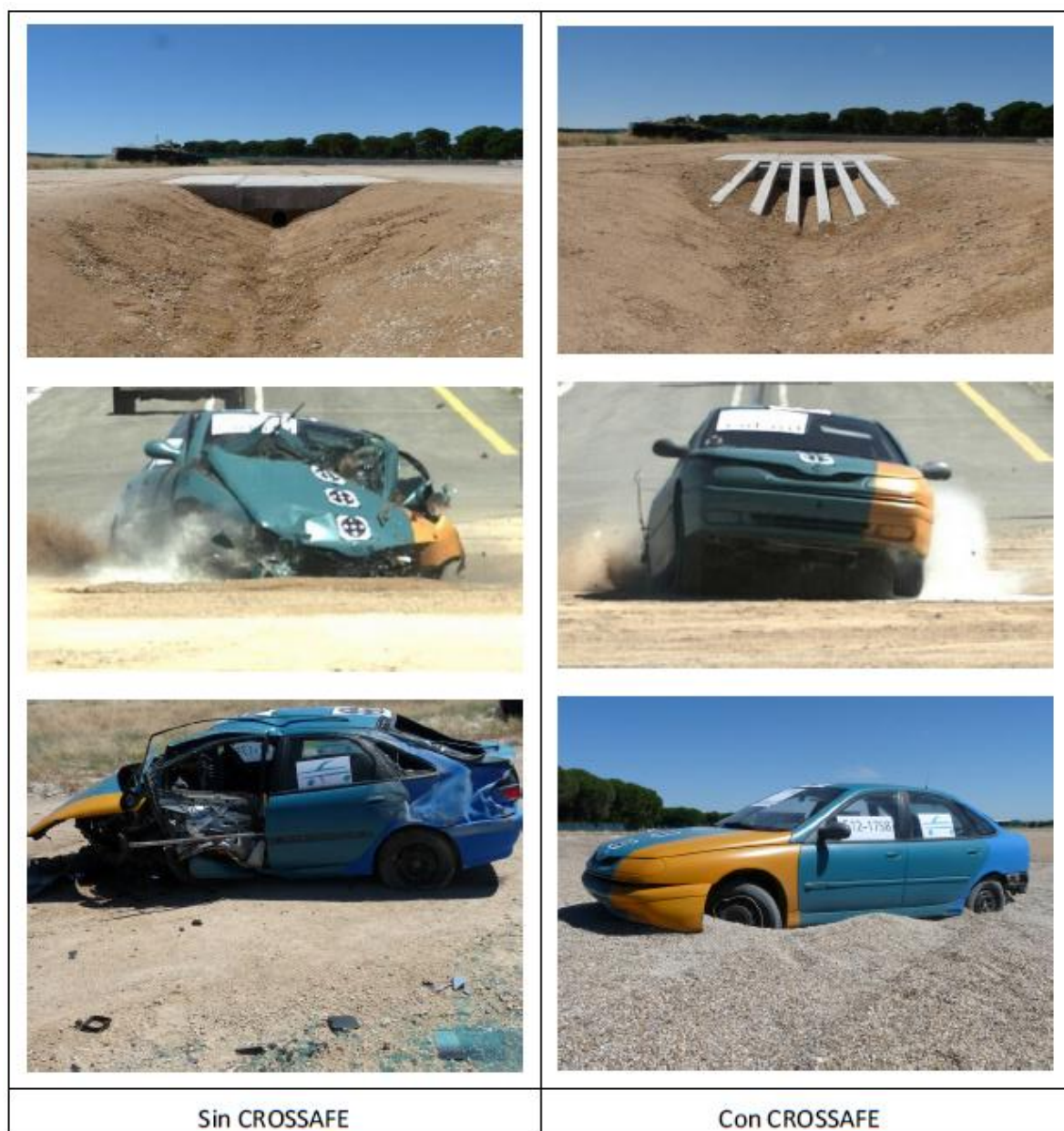
Figura 13: Ángulo de entrada en el sistema de 8° frente a un ángulo de salida de 2°.



Fuente: Fundación CIDAUT

Las siguientes imágenes (figura 14) muestran los resultados obtenidos tras dos ensayos, uno de ellos contra un paso salvacunetas con protección Crossafe y otro sin dicha protección, en igualdad de condiciones, con un vehículo de 1.500 kg y a 100 km/h y con un ángulo de incidencia de 0°.

Figura14 : Ensayos de impacto de turismos, con y sin sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe.



Fuente: Fundación CIDAUT

Los resultados obtenidos aportaron unos índices de severidad del impacto A que corresponden a valores ASÍ (Acceleration Severity Index) inferiores a 1 y de THIV (Theoretical Head Impact Velocity) inferiores a 33 km/h , que al igual que en el caso de las barreras de seguridad y pretilas, equivale a un riesgo reducido de lesiones en los ocupantes del turismo. Además, en los ensayos realizados no se produjeron ni deformaciones ni intrusiones que pusieran en peligro la seguridad de los integrantes del vehículo.

Motocicletas

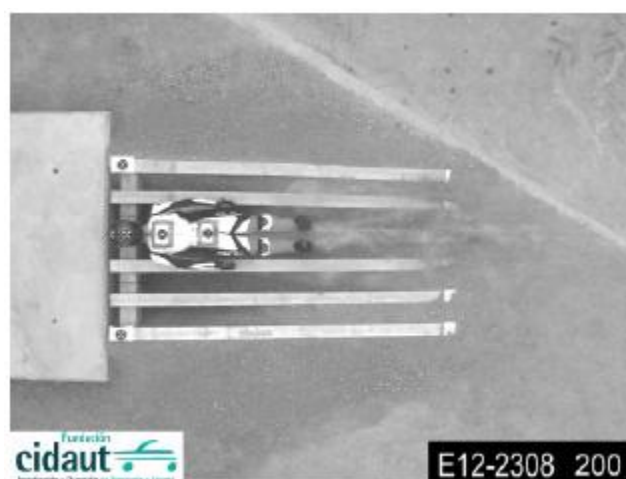
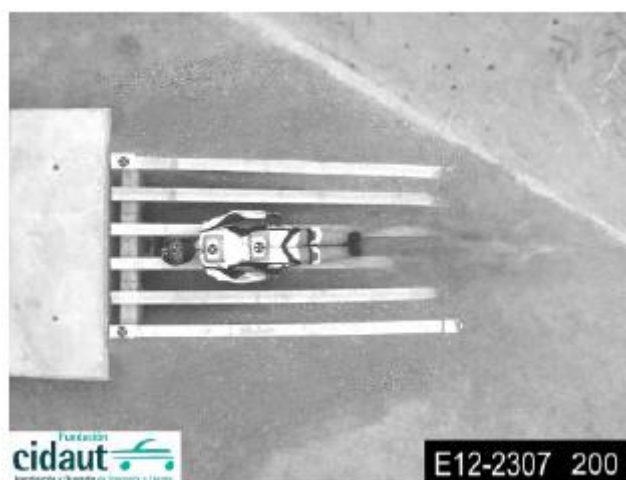
En este tipo de ensayos se ha comprobado la eficacia de los dispositivos Crosssafe basándose en la norma UNE 135900 "Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretilas".

En este caso, los ensayos se realizaron a una velocidad de 60 km/h, variando las trayectorias y los ángulos de aproximación. Los resultados obtenidos mostraron un nivel de severidad de impacto A, al igual que en el ensayo para turismos.

Según se cita en la norma UNE135900 *"El nivel de severidad del impacto A aporta mayor nivel de seguridad a los ocupantes de un vehículo fuera de control que el nivel B, y el nivel B mayor nivel de seguridad que el nivel C"*.

A continuación se muestran una secuencia de imágenes en función de los ensayos realizados (figura 15).

Figura 15: Secuencia de ensayos en función de trayectoria y ángulos de aproximación.



Fuente: Fundación CIDAUT

La secuencia anterior de imágenes se corresponde a tres ensayos diferentes: en el primero el eje longitudinal del maniquí y la trayectoria de aproximación se hacen coincidir con el punto medio del hueco generado entre dos de los elementos longitudinales contiguos que forman el sistema de protección Crossafe; en el segundo, el eje longitudinal del maniquí y la trayectoria de aproximación coinciden con el punto medio de un elemento longitudinal; por último, en el tercer ensayo, el centro de gravedad del maniquí y la trayectoria de aproximación coinciden con el punto medio del hueco generado entre dos elementos longitudinales contiguos.

En los tres ensayos la velocidad es siempre la misma, 60 km/h, y el ángulo de trayectoria y de posición en el primer y segundo ensayo es de 0°, mientras que en el tercer ensayo es de 30°.

Los resultados obtenidos muestran un nivel de severidad de impacto "I", el cual según la norma UNE 135900, es el mínimo. Por lo tanto, al igual que en el caso de los turismos, el riesgo de sufrir lesiones por parte de un usuario de la carretera durante el impacto contra un sistema de protección de pasos salvacunetas es reducido. Además, no se produjeron cortes, roturas o intrusiones en los maniquís contra los dispositivos, a lo largo de los ensayos.

4.2.3. Flexibilidad

El diseño de estos dispositivos es tal que permite adaptarse a cualquier tipo de cuneta y a cualquier anchura. Además, sólo necesita de maquinaria ligera para su traslado hasta su ubicación final, ya que no requiere de hormigonado ni excavación, y el peso máximo de cada modulo es de 250 kilogramos aproximadamente (ver figura 16).

Por otro lado, los módulos y los correspondientes elementos de unión cuentan con la resistencia suficiente para ser manipulado y transportados conjuntamente. De esta forma se facilita la protección del paso salvacunetas en tiempos ínfimos.

Figura 16: Manipulación de un sistema de protección formado por dos módulos.



Fuente: CROSSAFE

4.2.4. Limpieza

Gracias a la separación existente entre los elementos longitudinales, se puede llevar a cabo una limpieza adecuada y el correspondiente mantenimiento de los elementos de drenaje que se protegen.

4.2.5. Reparabilidad

El diseño del dispositivo en módulos individuales permite sustituir con facilidad puntuales elementos dañados como consecuencia de un accidente de un vehículo contra el sistema de protección, lo que conlleva un ahorro frente a la reparación del sistema completo.

4.2.6. Durabilidad

Los elementos que constituyen los diferentes módulos se corresponden con elementos prefabricados de hormigón armado, los cuales, junto con los elementos de unión y soporte de acero galvanizado, dan al conjunto del dispositivo una vida útil superior a 25 años.

Para garantizar dicha durabilidad se siguen las disposiciones de la "Instrucción de hormigón estructural" EHE-08 para las piezas de hormigón armado, y para el caso de las piezas metálicas se sigue la norma UNE-EN ISO 1461 "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero".

Según la EHE-08, en función de la clase de exposición de los elementos de hormigón armado, el tipo de cemento utilizado y la resistencia característica del hormigón, se tienen diferentes espesores de recubrimiento mínimos (mm) de hormigón dependiendo de la vida útil del proyecto o hasta su primer mantenimiento (tablas 9, 10 y 11).

Tabla 9: Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón $[N/mm^2]$	Vida útil de proyecto (t_g), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Fuente: EHE-08

Tabla 10: Recubrimiento mínimo (mm) para las clases generales de exposición III y IV

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t_g) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	*	*
		100	65	*	*	*
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º	50	65	45	*	*
		100	*	*	*	*

Fuente: EHE-08

Tabla 11: Recubrimientos mínimos para las clases específicas de exposición.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _g), (años)	
			50	100
H	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
F	CEM I I/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	35
	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	75
		$f_{ck} \geq 40$	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	40
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
E ⁽¹⁾	Cualquiera	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	80
		$f_{ck} \geq 40$	20	35
Qa	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	-	40	55
	Resto de cementos utilizables	-	*	*
Qb, Qc	Cualquiera	-	(2)	(2)

Fuente: EHE-08

(*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos

(1) Estos valores corresponden a condiciones moderadamente duras de abrasión. En el caso de que se prevea una fuerte abrasión, será necesario realizar un estudio detallado.

(2) El autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate.

Siendo las categorías de ambientes las siguientes:

I = exposición no agresiva

II_x = exposición normal

III_x = exposición marina

IV = exposición con cloruros diferentes del medio marino

Q_x = exposición química marina

H y F = exposición a heladas

E = exposición a erosión

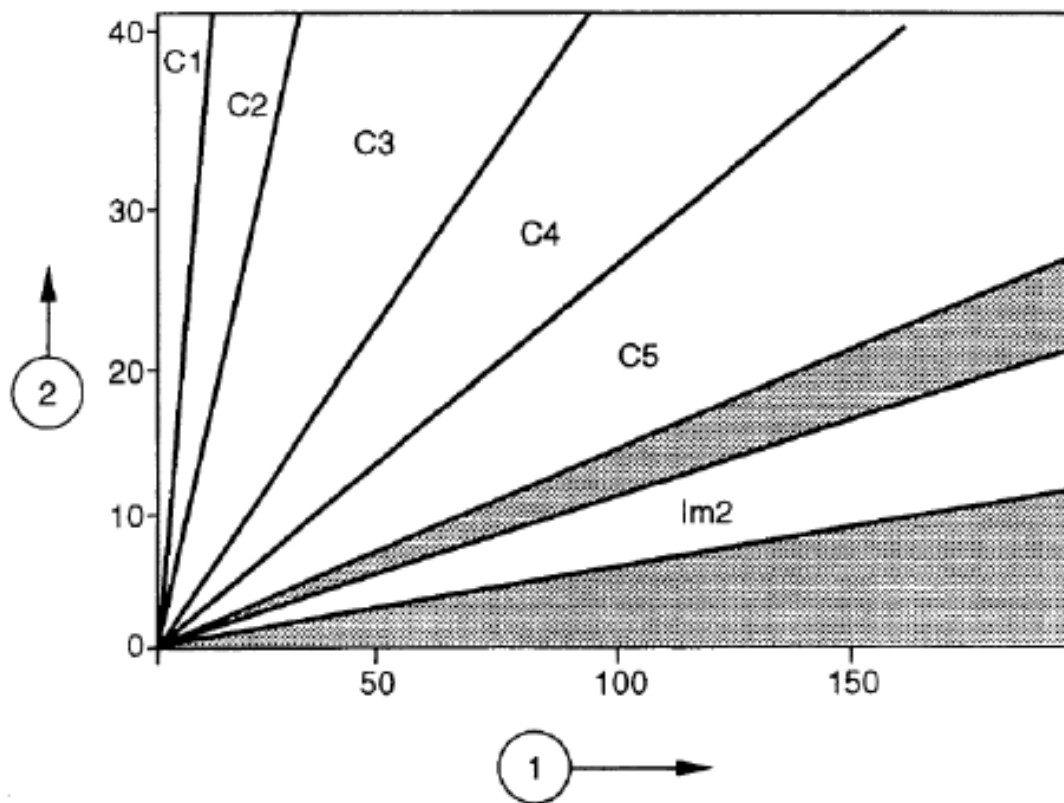
Según la norma UNE-EN ISO 1461 aquellos componentes metálicos que no estén totalmente recubiertos de hormigón, serán galvanizados por inmersión en caliente. En esta norma se establece una masa mínima de recubrimiento galvanizado de las superficies en función de los espesores de acero base superiores utilizados.

De acuerdo a esta norma, el espesor medio mínimo de los componentes del sistema de protección de los pasos salvacunetas, variará entre las 70 µm y las 85 µm, dependiendo del espesor de la pieza, para garantizar una vida útil superior a 25 años en la mayoría de los ambientes.

Otra norma a tener en cuenta para la evaluación de la durabilidad es la UNE-EN ISO 14713 "Protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc y aluminio. Directrices".

En el siguiente diagrama (figura 17) se muestran los espesores requeridos en función de la duración extraído de la norma europea UNE-EN ISO 14713. De esta forma, se puede estimar la duración típica en años hasta el primer mantenimiento de los recubrimientos de cinc en diferentes categorías de ambientes, dependiendo de las velocidades de corrosión típicas.

Figura 17: Espesores de recubrimiento mínimos en función de la duración del recubrimiento.



Fuente: Fundación CIDAUT

Siendo:

- 1: Espesor del recubrimiento de Zinc, en micrómetros (μm).
- 2: Duración del recubrimiento hasta el primer mantenimiento, en años.

Las distintas categorías de ambientes son las siguientes:

- C1: Interior: seco.
- C2: Exterior: exposición rural en el interior del país.
- C3: Exterior: urbano en el interior del país o costero suave.
- C4: Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero.
- C5: Exterior: industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad.
- Im2: agua de mar en regiones templadas.

4.2.7. Instalación

Con el fin de no alterar el tráfico existente en la carretera en la que está ubicado el paso salvacunetas a proteger y agilizar las operaciones de instalación, ésta se llevará a cabo con una primera medición in situ de las dimensiones de la cuneta, mediante la cual se determinarán el número de módulos y la longitud mínima de sus componentes longitudinales, garantizando siempre una pendiente máxima de 6:1.

Dicha medición previa, irá precedida de una limpieza de vegetación existente en la superficie de la cuneta para garantizar su perfecta instalación. A continuación, se hincarán los soportes laterales de la estructura y se colocarán el total de módulos que cubrirán la totalidad de la cuneta sobre los soportes.

Como ya se comentó en las características generales, los elementos longitudinales serán hincados en el terreno en su parte inferior y recubiertos del terreno natural posteriormente. En el caso de tener una cuneta hormigonada, se retirará de forma parcial el hormigón necesario hasta hincar los soportes laterales en el terreno.

4.2.8. Manipulación y conservación

El único mantenimiento que requiere esta clase de dispositivos es la correspondiente sustitución de los elementos dañados en caso de accidente de un vehículo contra el sistema de protección, sin precisar de ningún otro mantenimiento o conservación durante su vida útil, siempre que se den condiciones normales y previsibles.

4.2.9. Presupuesto

El siguiente presupuesto (tabla 12), corresponde a los sistemas de protección de pasos salvacunetas Crossafe obtenido de la Fundación CIDAUT.

Tabla 12: Precio unidad del sistema completo de los dispositivos Crossafe

Precio unidad sistema completo (€)				
Volumen de contratación	Precio modulo (€)	Anchura cuneta hasta 1,2m (~1 módulo)	Anchura cuneta desde 1,2m a 1,8m (~2 módulos)	Anchura cuneta desde 1,9m a 2,7m (~3 módulos)
Hasta 10.000 €	330	330	660	990
De 10.000 a 50.000 €	288,75	288,75	577,50	866,25
De 50.000 a 100.000 €	275	275	550	825
De 100.000 a 200.000€	268,12	268,12	536,25	804,37
Mayor de 200.000 €	261,25	261,25	522,50	783,75

Fuente: Fundación CIDAUT

4.3. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON RED MALLADA

4.3.1. Relación H:V

En este diseño, una posible relación H:V es la 4:1, el mínimo que exige la normativa, ya que al disponer de una mayor densidad de elementos que en el caso de tener un dispositivo formado solamente por elementos longitudinales, se busca minimizar el coste, y una opción es acortar la dimensión.

4.3.2. Material

Para este tipo de diseño no hay un material establecido, no obstante, por norma general en secciones malladas, se usa acero galvanizado, el cual abaratará en mayor medida la estructura en comparación con el uso de elementos prefabricados de hormigón armado.

4.3.3. Comportamiento ante impacto

Para este tipo de dispositivo, no se han realizado ensayos, por lo que se procurará que la estructura sea como mínimo, igual de resistente que la del otro diseño.

4.3.4. Flexibilidad

Su diseño permite el traslado hasta su ubicación final mediante maquinaria ligera, al igual que el diseño alternativa. De la misma manera, se diseñará de tal forma que el peso de cada modulo no supere los 250 kilogramos.

4.3.5. Limpieza

El espacio disponible entre elementos longitudinales y transversales, será tal que impida la entrada de los neumáticos de un vehículo en un posible impacto, pero el suficiente para que se pueda llevar a cabo una cómoda limpieza de los elementos que se protegen.

4.3.6. Reparabilidad

En caso de impacto, el diseño del dispositivo permite reparar los elementos dañados de forma individual sin tener que incurrir en el coste de un nuevo dispositivo de forma integral.

4.3.7. Durabilidad

Al igual que en el diseño anterior, los elementos cuentan con una vida útil no inferior a los 25 años.

Para ello se seguirán las normas UNE-EN ISO 1461, UNE-EN 14713 y EHE-08, al igual que en el caso del dispositivo de protección longitudinal.

4.3.8. Instalación

De la misma manera que en el caso anterior, la instalación irá precedida de una limpieza de la vegetación existente en el elemento de drenaje a proteger, así como una medición previa de la dimensión que tendrá el dispositivo para agilizar en la mayor medida posible su instalación.

4.3.9. Manipulación y conservación

Salvo en condiciones excepcionales, la única conservación de este tipo de dispositivos será la sustitución correspondiente de los elementos que resulten dañados en un posible impacto.

A continuación se muestran algunas imágenes de este tipo de dispositivos (figura 18).

Figura 18: Ejemplos de dispositivos de protección de pasos salvacunetas de sección mallada.



Fuente: Rodríguez, P.A., (2013)

4.4. PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS CON BIONDA O BARRERA METÁLICA DE DOBLE ONDA

Como se ha visto en apartados anteriores, la barrera metálica es un sistema de contención de vehículos que persigue minimizar las consecuencias derivadas de un accidente por salida de la vía.

En la OC 35/2014 se habla de sistemas de protección de pasos salvacunetas y se hace referencia a dispositivos instalados en la propia obra de fabrica, aunque no se especifica la forma ni la composición que estos deben tener. Sin embargo, dicha orden no contempla las barreras de seguridad metálicas como opción para esta protección.

En este trabajo, sí se recoge la posibilidad de instalar bionda o barreras metálicas de seguridad, como una opción más a la protección de pasos salvacunetas. No obstante, hay que señalar que a diferencia de los dispositivos de protección descritos en los apartados anteriores, esta opción no permite el redireccionamiento de un vehículo al salirse de la vía, simplemente actuaría como sistema de contención.

5. EJEMPLO EXISTENTE

Como ya se ha comentado antes, el estudio de este proyecto y las prácticas realizadas se han basado en las carreteras autonómicas de la provincia de Jaén. En dicha provincia, no existe actualmente, ningún acceso que cuente con un sistema de protección para los pasos salvacunetas. Por lo que no se puede poner ningún ejemplo ni hablar de resultados.

Sin embargo, la fundación CIDAUT, la misma de la que se han obtenido los datos de los ensayos realizados para el dispositivo de protección Crossafe, cuenta con la instalación de 58 dispositivos de protección de pasos savacunetas "CROSSAFE" en la Red Regional de Carreteras de la Junta de Castilla y León, concretamente en la carretera autonómica CL-610 entre los puntos kilométricos P.K. 6+280 y P.K. 19+617, excluyendo zona urbana.

En el apéndice I se han incluido las imágenes de estos dispositivos. En cada imagen se señala la localización del mismo (punto kilométrico), el margen en el que se encuentra (derecho o izquierdo, en el sentido creciente del kilometraje), y por último, aparece la expresión "aguas arriba" si el vehículo circula por el lado más cercano del paso o "aguas abajo" en caso contrario.

6. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo y las actuales prácticas en la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda, dentro del Servicio de Carreteras, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El uso de sistemas de contención, como son las barreras de seguridad y pretilas, queda totalmente cubierto con la actual O.C. 35/2014.
- La introducción en la O.C. 35/2014 de nuevos dispositivos de protección para los pasos salvacunetas está totalmente abierta a diferentes diseños y soluciones, siempre que se cumplan las únicas directrices impuestas: rigidez superior a 13.000 kg, inclinación no inferior a 4H:1V y diseño de tal forma que impida que se introduzcan las ruedas de un vehículo en los huecos del dispositivo.
- Hay que distinguir entre sistemas de contención, como son las barreras de seguridad y los pretilas, los cuales no evitan que ocurra un accidente sino que minimizan lo máximo posible las consecuencias, y entre los dispositivos de protección de pasos salvacunetas, cuyo objetivo sí es el de evitar el impacto contra las obras de fábrica.
- En este trabajo se recoge la posibilidad de instalar barreras metálicas en los márgenes de la carretera en cuestión, como sistema de contención para evitar un impacto de un vehículo contra un paso salvacunetas al salirse de la vía. Sin embargo, en la OC 35/2014 sólo se hace referencia a dispositivos instalados en las propias obras de fábrica.
- A día de hoy solo existe un diseño específico de este tipo de sistemas de protección para los pasos salvacunetas instalados en la obra de fábrica, bajo la fundación CIDAUT, por lo que queda abierta una oportunidad profesional en el desarrollo de otros dispositivos.
- El coste y la instalación de los dispositivos de protección para pasos salvacunetas corre a cuenta del propietario del acceso correspondiente, lo cual supone una importante cantidad de dinero, según se vio en el apartado 4.2.9. "Presupuesto" del presente trabajo, la cual si se llevara a cabo un estudio conjunto de todos los accesos de una misma carretera, se vería reducida.
- Se ha demostrado la eficacia de estos sistemas de protección tras un accidente real en un acceso con paso salvacunetas y sistema de protección Crossafe, en la carretera Cl-610, y no sufrir las ocupantes daños graves (figura 19).

- De las carreteras autonómicas de la provincia de Jaén se está realizando un inventario con todos los accesos existentes, teniendo en cuenta aquellos que por presentar pasos salvacunetas necesitan de este tipo de dispositivos de protección. De tal forma, que la siguiente actuación prevista es la de informar a los propietarios de estos accesos en cuestión, de la necesidad de incorporar dichos dispositivos de protección para cumplir con la Orden Circular 35/2014 "Criterios de aplicación de sistemas de contención"

Figura 19: Nota de prensa



Fuente: Sanz, J. (2014)

BIBLIOGRAFÍA

- EHE-08, Instrucción de hormigón estructural, 2008.
- Fundación CIDAUT, Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía. [Disponible en : <http://www.cidaut.es>]
- Orden Circular 317/91 T y P, Sistemas de contención de vehículos, 1991.
- Orden Circular 319/91 T y P, Tolerancias de espesor en vallas metálicas para barreras de seguridad continuas, 1991.
- Orden Circular 321/95 T y P, Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos, 1995.
- Orden Circular 6/2001, Modificación de la O.C. 321/95 T y P en lo referente a barreras de seguridad metálicas para su empleo en carreteras de calzada única, 2001.
- Orden Circular 18/2004, Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas, 2004.
- Orden Circular 18bis/2008, Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas, 2008.
- Orden Circular 23/2008, Criterios de aplicación de pretilas metálicas en carretera, 2008.
- Orden Circular 28/2009, Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas, 2009.
- Orden Circular 35/2014, Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos, 2014.
- Orden de accesos de 16 de diciembre de 1997, Orden de accesos a las carreteras del estado, 1997.
- Rodríguez, P.A., (2013), Innovación en la construcción de las obras públicas: Medidas para mejorar seguridad vial en las carreteras del Gobierno de Extremadura. [Disponible en: http://www.gobex.es/filescms/orsv/uploaded_files/Ponencia_politecnica_junio2013/Ponencia_politecnica_junio2013.pdf]

- Sanz, J. (2014): El Norte de Castilla. [Disponible en: <http://www.elnortedecastilla.es/20140112/local/valladolid/sistema-salvacunetas-demuestra-eficacia-201401111108.html>]
- UNE 135900, Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretilos, 2009.
- UNE-EN ISO 1461, Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero, 2010.
- UNE-EN 14713, Protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc y aluminio. Directrices, 2011.
- UNE-EN 1317, Sistemas de contención para carreteras, 2012.

APÉNDICE 1:

DISPOSITIVOS CROSSAFE EN CL-610

Paso número 1:

PK 6,280 (lado izquierdo- aguas arriba):



Antes-Después

Paso número 2:

PK 6,280 (lado izquierdo- aguas abajo):



Antes-Después

Paso número 3:

PK 6,440 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 4:

PK 6,440 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 5:

PK 6,462 (lado izquierdo- aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 6:

PK 6,462 (lado izquierdo- aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 7:
PK 6,667 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 8:
PK 6,667 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 9:
PK 7,239 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 10:
PK 7,239 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 11:
PK 7,284 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 12:
PK 7,284 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 13:
PK 7,562 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 14:
PK 7,562 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 15:
PK 7,573 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 16:

PK 7,573 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 17:

PK 8,108 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 18:

PK 8,108 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 19:

PK 8,147 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 20:

PK 8,147 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 21:

PK 12,905 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 22:

PK 12,905 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 23:

PK 13,774 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 24:

PK 13,774 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 25:

PK 14,186 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 26:

PK 14,186 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 27:

PK 15,007 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 28:
PK 15,007 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 29:
PK 15,814 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 30:
PK 15,814 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 31:

PK 16,543 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 32:

PK 16,543 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 33:

PK 16,864 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 34:

PK 16,864 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 35:

PK 17,212 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 36:

PK 17,212 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 37:

PK 17,226 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 38:

PK 17,226 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 39:

PK 17,379 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 40:

PK 17,379 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 41:

PK 17,652 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 42:

PK 17,652 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 43:
PK 17,724 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 44:
PK 17,724 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 45:
PK 17,803 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 46:

PK 17,803 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 47:

PK 19,014 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 48:

PK 19,014 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 49:
PK 19,112 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 50:
PK 19,112 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 51:
PK 19,138 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 52:

PK 19,138 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 53:

PK 19,496 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 54:

PK 19,496 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 55:
PK 19,526 (lado izquierdo - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 56:
PK 19,526 (lado izquierdo - aguas abajo)



Antes-Después

Paso número 57:
PK 19,617 (lado derecho - aguas arriba)



Antes-Después

Paso número 58:

PK 19,617 (lado derecho - aguas abajo)



Antes-Después

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.

Fdo: MARÍA ANGULLO SÁNCHEZ