



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA ESCUELA POLITÉCNICA

Grado en Ingeniería Civil: Construcciones Civiles

Trabajo de Fin de Grado

BASES PARA LA REDACCIÓN DE FUTURA NORMA REGULADORA DE ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO DE CARRETERAS.

Autor: Ignacio Sellers Nevado

Tutor: D. Pedro Agustín Rodríguez Izquierdo

Junio, 2019



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA ESCUELA POLITÉCNICA

Grado en Ingeniería Civil: Construcciones Civiles

Trabajo de Fin de Grado

BASES PARA LA REDACCIÓN DE FUTURA NORMA REGULADORA DE ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO DE CARRETERAS.

Autor: Ignacio Sellers Nevado

Tutor: D. Pedro Agustín Rodríguez Izquierdo

Tribunal Calificador

Presidente: D. Miguel Candel Pérez

Secretario: D. Emilio del Pozo Mariño

Vocal: Dña. Montaña Jiménez Espada

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

1. Introducción.	10
2. Objetivos.	14
3. Antecedentes.	19
4. Desarrollo.	
4.0. Introducción elementos de balizamiento.	30
4.1. Hitos de vértice.	34
4.2. Balizas cilíndricas.	48
4.3. Conjunto Hito de vértice + Balizas cilíndricas.	61
4.4. Paneles direccionales.	96
4.5. Captafaros de suelo.	117
4.6. Captafaros de barrera.	135
4.7. Captafaros de muro.	147
4.8. Hitos de arista.	153
4.9. Hitos de arista sobre barrera.	170
4.10. Mangas de viento.	173
4.11. Jalones de nieve.	185
4.12. Conos.	191
4.13. Delimitadores y separadores de carril.	196
4.14. Balizas planas.	201
4.15. Balizas de fin de carril.	212
4.16. Balizas de gálibo.	218
4.17. Balizas antideslumbramiento.	224
4.18. Baliza delimitadora lastrada de plástico.	230
5. Conclusiones.	236
Bibliografía.	239

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.- Graus d'Abalisament.	23
Figura 3.2.- Comparativa autovías europeas.	26
Figura 3.3.- Señalización francesa de curvas.	27
Figura 3.4.- Señalización francesa de curvas.	28
Figura 3.5.- Empleo de monaguillos norma francesa.	28
Figura 3.6.- Norma alemana.	29
Figura 4.1.1.- Croquis ubicación hitos de vértice con espacios. ...	39
Figura 4.1.2.- Croquis ubicación hitos de vértice sin espacios. ...	40
Figura 4.1.3.- Geometría del hito de vértice.	44
Figura 4.1.4.- Uso incorrecto del hito de vértice en N-521.	45
Figura 4.1.5.- Uso incorrecto del hito de vértice en ramal A-66. ...	45
Figura 4.1.6.- Uso incorrecto del hito de vértice en A-66.	46
Figura 4.1.7.- Uso incorrecto del hito de vértice en A-66.	47
Figura 4.2.1.- Figura explicación empleo balizas cilíndricas.	50
Figura 4.2.2.- Empleo monaguillos diverg. ámbito urbano.	54
Figura 4.2.3.- Empleo monaguillos converg. ámbito urbano.	54
Figura 4.2.4.- Geometría balizas cilíndricas.	55
Figura 4.2.5.- Explicación intercambiadores de mediana.	57
Figura 4.2.6.- Explicación intercambiadores de mediana.	58
Figura 4.2.7.- Explicación empleo bal. cilíndricas en tercianas. ...	59
Figura 4.2.8.- Matización sobre tercianas.	59
Figura 4.3.1.- División por partes de carretera.	61
Figura 4.3.2.- Explicación diferencia monaguillo-obispo.	65
Figura 4.3.3.- Tipos de divergencia.	66
Figura 4.3.4.- Uso incorrecto monaguillos-obispo.	66
Figura 4.3.5.- Propuesta corrección figura 4.3.4.	67

Figura 4.3.6.- Situación actual divergencia A-5 (152).	68
Figura 4.3.7.- Propuesta corrección figura 4.3.6.	69
Figura 4.3.8.- Situación actual divergencia A-5.	69
Figura 4.3.9.- Propuesta corrección figura 4.3.8.	70
Figura 4.3.10.- Situación actual convergencia A-5.	70
Figura 4.3.11.- Propuesta corrección figura 4.3.10.	71
Figura 4.3.12.- Situación actual convergencia A-5.	71
Figura 4.3.13.- Propuesta corrección figura 4.3.12.	72
Figura 4.3.14.- Vista general enlace 154 A-5.	73
Figura 4.3.15.- Situación actual enlace 154 A-5.	73
Figura 4.3.16.- Propuesta corrección figura 4.13.15.	74
Figura 4.3.17.- Situación actual enlace 154 A-5.	74
Figura 4.3.18.- Propuesta corrección figura 4.3.17.	75
Figura 4.3.19.- Situación actual enlace 154 A-5.	75
Figura 4.3.20.- Propuesta corrección figura 4.3.19.	75
Figura 4.3.21.- Situación actual divergencia A-5.	76
Figura 4.3.22.- Propuesta corrección figura 4.3.21.	76
Figura 4.3.23.- Justificación propuesta corrección figura 4.3.21. .	77
Figura 4.3.24.- Situación actual divergencia A-5.	78
Figura 4.3.25.- Comparativa ubicación obispo figura 4.3.24.	78
Figura 4.3.26.- Situación actual convergencia A-5.	79
Figura 4.3.27.- Propuesta/Explicación figura 4.3.26.	79
Figura 4.3.28.- Situación actual divergencia A-5.	80
Figura 4.3.29.- Propuesta corrección figura 4.3.28.	80
Figura 4.3.30.- Situación actual convergencia.	81
Figura 4.3.31.- Propuesta corrección figura 4.3.30.	81
Figura 4.3.32.- Situación actual convergencia A-5.	82
Figura 4.3.33.- Propuesta corrección figura 4.3.33.	82
Figura 4.3.34.- Situación actual enlace 27 M-40.	83

Figura 4.3.35.- Situación actual enlace 43 A-5.	83
Figura 4.3.36.- Propuesta corrección figura 4.3.35.	83
Figura 4.3.37.- Situación actual divergencia A-5.	84
Figura 4.3.38.- Propuesta corrección figura 4.3.37.	84
Figura 4.3.39.- Situación actual enlace 123 A-5.	85
Figura 4.3.40.- Propuesta corrección figura 4.3.39.	85
Figura 4.3.41.- Situación actual enlace 123 A-5.	85
Figura 4.3.42.- Propuesta corrección figura 4.3.41.	86
Figura 4.3.43.- Situación actual enlace 348 A-6.	86
Figura 4.3.44.- Situación actual enlace 588 A-7.	87
Figura 4.3.45.- Propuesta corrección figura 4.3.44.	87
Figura 4.3.46.- Situación actual enlace 588 A-7.	88
Figura 4.3.47.- Propuesta corrección figura 4.3.45.	88
Figura 4.3.48.- Situación actual enlace 119 A-8.	89
Figura 4.3.49.- Situación actual enlace 494 A-66.	89
Figura 4.3.50.- Propuesta corrección figura 4.3.49.	90
Figura 4.3.51.- Situación actual enlace 31 AP-9.	90
Figura 4.3.52.- Propuesta corrección figura 4.3.52.	91
Figura 4.3.53.- Situación actual enlace 175 A-5.	92
Figura 4.3.54.- Situación actual enlace 175 A-5.	92
Figura 4.3.55.- Situación actual enlace 568 A-6.	93
Figura 4.3.56.- Situación actual enlace 568 A-6.	93
Figura 4.3.57.- Situación actual enlace 116 A-8.	94
Figura 4.3.58.- Situación actual enlace 648 A-66.	95
Figura 4.3.59.- Situación actual enlace 648 A-66.	95
Figura 4.4.1.- Numero de paneles a instalar según ΔV	99
Figura 4.4.2.- Criterio colocación paneles un carril/sentido.	100
Figura 4.4.3.- Criterio colocación paneles dos carriles/sentido.	101
Figura 4.4.4.- Ejemplo situación actual a evitar.	103

Figura 4.4.5.- Ejemplo situación actual a evitar.	103
Figura 4.4.6.- Propuesta corrección figuras 4.4.4. y 4.4.5.	103
Figura 4.4.7.- Situación actual enlace 101 A-5.	106
Figura 4.4.8.- Propuesta corrección figura 4.4.7.	106
Figura 4.4.9.- Situación actual enlace 101 A-5.	107
Figura 4.4.10.- Situación actual glorieta Cáceres.	108
Figura 4.4.11.- Propuesta corrección figura 4.4.10.	108
Figura 4.4.12.- Geometría paneles direccionales.	110
Figura 4.4.13.- Situación actual salida 16 M-40. Zigzag.	111
Figura 4.4.14.- Configuraciones paneles direccionales.	111
Figura 4.4.15.- Propuesta iluminación paneles.	112
Figura 4.4.16.- Modo iluminación conjunta 1.	113
Figura 4.4.17.- Modo iluminación conjunta 2.	114
Figura 4.4.18.- Modo iluminación conjunta 3.	114
Figura 4.4.19.- Modo iluminación conjunta 4.	115
Figura 4.5.1- Propuesta disposición captafaros intersecc.	120
Figura 4.5.2- Propuesta disposición captafaros enlaces.	121
Figura 4.5.3- Propuesta disposición captafaros glorietas.	124
Figura 4.5.4- Situación actual orientación captafaros.	125
Figura 4.5.5- Propuesta orientación eficiente captafaros.	125
Figura 4.5.6- Situación actual captafaros en transfers.	126
Figura 4.5.7- Anclaje captafaros al pavimento.	127
Figura 4.5.8- Efecto a conseguir con captafaros 1.	130
Figura 4.5.9- Efecto a conseguir con captafaros 2.	130
Figura 4.5.10- Geometría del captafaro suelo.	132
Figura 4.5.11- Geometría del captafaro suelo.	132
Figura 4.5.12- Geometría del captafaro suelo.	132
Figura 4.6.1.- Situación actual captafaros barrera autovías.	137
Figura 4.6.2.- Situación actual captafaros barrera doble.	138

Figura 4.6.3.- Propuesta corrección figura 4.6.2.139

Figura 4.6.4.- Situación actual captafaros barrera doble.139

Figura 4.6.5.- Propuesta corrección figura 4.6.4.139

Figura 4.6.6.- Instalación captafaro en barrera.140

Figura 4.6.7.- Geometría captafaro de barrera.141

Figura 4.6.8.- Geometría captafaro de barrera.141

Figura 4.6.9.- Croquis instalación barreras.142

Figura 4.6.10.- Croquis instalación barreras.143

Figura 4.6.11.- Situación actual captafaros barrera.143

Figura 4.6.12.- Situación actual captafaros barrera.144

Figura 4.6.13.- Coordinación con captafaros muro.145

Figura 4.6.14.- Coordinación con captafaros muro.146

Figura 4.7.1.- Geometría captafaro muro.148

Figura 4.7.2.- Situación actual paso inferior N-521.149

Figura 4.7.3.- Situación actual captafaros muro autovía.150

Figura 4.7.4.- Situación actual captafaros pretil puente.151

Figura 4.7.5.- Modelo captafaro muro 1.151

Figura 4.7.6.- Modelo captafaro muro 2.151

Figura 4.8.1.- Paso Autovía A-5 por Talavera de la Reina.155

Figura 4.8.2.- Propuesta colocación en zona exterior curvas. ..158

Figura 4.8.3.- Geometría hitos de arista.163

Figura 4.8.4.- Propuesta nuevo formato hitos de arista.165

Figura 4.8.5.- Esquema disuasor fauna sobre hito de arista. ...166

Figura 4.8.6.- Geometría hitos de arista.167

Figura 4.10.1.- Componentes manga de viento.177

Figura 4.10.2.- Propuesta iluminación manga de viento.179

Figura 4.10.3.- Sistema eléctrico figura 4.10.2.180

Figura 4.10.4.- Manga de viento río Tajo a 100 m nocturno. ...181

Figura 4.10.5.- Manga de viento río Tajo a 50 m diurno.182

Figura 4.10.6.- Manga de viento río Tajo a 50 m nocturno.	182
Figura 4.10.7.- Manga de viento río Almonte 100 m nocturno. .	183
Figura 4.10.8.- Manga de viento río Almonte a 50 m diurno. ...	183
Figura 4.10.9.- Manga de viento río Almonte a 50 m nocturno.	184
Figura 4.11.1.- Geometría jalones de nieve.	190
Figura 4.12.1.- Cono.	195
Figura 4.13.1.- Protuberancias de guía.	197
Figura 4.13.2.- Separadores de carril usuarios específicos.	198
Figura 4.13.3.- Separadores de carril infranqueable.	198
Figura 4.13.4.- Separadores de carril de obra.	199
Figura 4.13.5.- Separadores para divergencias y especiales. ..	199
Figura 4.13.6.- Separadores banda sonora.	200
Figura 4.14.1.- Situación actual de barrera en transfers.	202
Figura 4.14.2.- Propuesta corrección figura 4.14.1.	203
Figura 4.14.3.- Situación actual transición entre barreras.	203
Figura 4.14.4.- Propuesta corrección figura 4.14.3.	203
Figura 4.14.5.- Distancia trasversal y anchura de trabajo.	204
Figura 4.14.6.- Deflexión dinámica y anchura de trabajo.	204
Figura 4.14.7.- Situación actual paso superior.	205
Figura 4.14.8.- Propuesta corrección figura 4.14.7.	205
Figura 4.14.9.- Situación actual paso inferior.	205
Figura 4.14.10.- Propuesta corrección figura 4.14.9.	206
Figura 4.14.11.- Situación actual comienzo de barrera.	206
Figura 4.14.12.- Propuesta corrección figura 4.14.11.	207
Figura 4.14.13.- Situación actual comienzo de barrera.	207
Figura 4.14.14.- Propuesta de corrección figura 4.14.13.	207
Figura 4.14.15.- Situación actual separadores de carriles.	208
Figura 4.14.16.- Propuesta corrección figura 4.14.15.	208
Figura 4.14.17.- Situación actual barrera en divergencia.	209

Figura 4.14.18.- Propuesta corrección figura 4.14.17.	209
Figura 4.15.1.- Situación actual divergencia campus Cáceres.	213
Figura 4.15.2.- Propuesta corrección figura 4.15.1.	213
Figura 4.15.3.- Propuesta corrección figura 4.15.1.	213
Figura 4.15.4.- Propuesta implantación autovías señal 100m.	214
Figura 4.15.5.- Propuesta implantación autovías.	214
Figura 4.15.6.- Propuesta duplicación señal 200 m.	214
Figura 4.15.7.- Situación actual paneles complementarios.	216
Figura 4.15.8.- Nueva baliza fin de carril.	217
Figura 4.16.1.- Distancia mínima conductores sobre rasante.	219
Figura 4.16.2.- Distancias función de tensión más elevada.	220
Figura 4.16.3.- Situación actual >7 m.	220
Figura 4.16.4.- Pórtico de preaviso de gálibo.	221
Figura 4.16.5.- Pórtico preaviso gálibo túneles Miravete.	221
Figura 4.16.6.- Situación actual pórticos y banderolas.	221
Figura 4.16.7.- Situación actual pórticos y banderolas.	222
Figura 4.16.8.- Geometría de la baliza de gálibo.	223
Figura 4.17.1.- Panel antideslumbramiento entre carreteras.	225
Figura 4.17.2.- Pantallas de vegetación.	225
Figura 4.17.3.- Rangos de alturas entre rasantes.	226
Figura 4.17.4.- Situación grave de reflejos.	228
Figura 4.17.5.- Geometría balizas antideslumbramiento.	229
Figura 4.18.1.- Situación de disposición balizas lastradas 1.	233
Figura 4.18.2.- Situación de disposición balizas lastradas 2.	233
Figura 4.18.3.- Situación de disposición balizas lastradas 3.	234

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.- Comparativa balizamiento en Europa.	25
Tabla 4.5.1.- Separaciones captafaros en intersecciones.	120
Tabla 4.5.2.- Separaciones captafaros en enlaces.	121
Tabla 4.8.1.- Separación hitos arista según relieve.	157
Tabla 4.8.2.- Separación hitos arista según red.velocidad.	158
Tabla 4.9.1.- Separación hitos arista según relieve.	170
Tabla 4.9.2.- Separación hitos arista según red.velocidad.	170

1. INTRODUCCIÓN

El Trabajo de Fin de Grado que a continuación se desarrolla pretende servir de base para la futura redacción de una hipotética norma que regulara el ámbito de aplicación, características, uso y disposición de elementos de balizamiento en carreteras.

El presente Trabajo responde a la estructura de un trabajo monográfico, no debiendo ser considerado como un proyecto técnico, ni de tipología experimental, así como tampoco de investigación. Presentará una primera parte en la que se presenta el Trabajo y se argumenta la motivación que ha llevado a realizarlo, además de explicar la estructura genérica del Trabajo. A continuación, una serie de objetivos y premisas en los que se fundamenta el Trabajo. En el siguiente apartado, antecedentes, en los que, dada la naturaleza del Trabajo y la necesidad de indagar en el estado del arte, se recogerán todas aquellas normativas en la que aparezca de alguna manera mención al balizamiento. Una cuarta parte en la que se producirá el análisis y desarrollo de cada uno de los elementos que serán estudiados. Por último, de ese cuarto capítulo se obtendrán una serie de conclusiones que serán plasmadas en un quinto capítulo del mismo nombre.

¿Cómo se llegó a esta idea?

A raíz de realizar sucesivos viajes, principalmente por autovías españolas, surge la curiosidad de entender por qué los elementos de balizamiento se disponen de la manera en la que se ven. Con la mera observación, cualquier usuario de la vía podría darse cuenta de este extremo, como es la disparidad de criterios en todo lo que atañe al tema central de este Trabajo.

Se inicia así una investigación para intentar localizar la normativa vigente que regula este ámbito de las carreteras e indagar en la justificación de cada uno de los distintos apartados de cada una de ellas.

Tras esta labor de búsqueda se concluye que sólo podemos encontrar ligeras referencias normativas sobre balizamiento en el PG3 (Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes del Ministerio

de Fomento) y en el Reglamento General de Circulación de la Dirección General de Tráfico (DGT). Asimismo, a nivel autonómico, las comunidades de Cataluña y Galicia han publicado unos documentos técnicos en su ámbito territorial, genérico y global en el primer caso y muy puntual en el segundo. Por último, existe un borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento sobre la materia, redactado en 2007, que nunca llegó a entrar en vigor por falta de consenso en su aprobación.

Cuando se redacta una nueva normativa técnica por parte de alguna Administración Pública, ésta lleva detrás un arduo proceso de observación e identificación de problemas y sus variables de entrada, planteamiento de diversas soluciones, análisis multicriterio de la viabilidad de cada una de esas opciones y, por último, propuesta de lo que, a ojos de la comisión encargada de realizar estos trabajos, es la mejor opción.

En este Trabajo de Fin de Grado se llevará a cabo la ejecución de todo ese proceso con alrededor de una veintena de elementos de balizamiento.

¿Cómo se estructura el Trabajo?

Serán 3 los pilares fundamentales en torno a los que, en mayor o menor medida, se trabajará, tanto con la definición como tal de “Balizamiento” como con la de todos y cada uno de los propios elementos que se analizarán, que serán más adelante enunciados. Estos pilares son:

- Definición y ámbito de aplicación de cada uno de los elementos de los estudiados: ¿Está de alguna manera regulado?, ¿dónde se usan?, ¿cómo se usan?, ¿por qué se hace de esa manera?, ...
- Materiales: es probable que sea la faceta que menos se va a desarrollar, ya que la mayoría de las consideraciones vienen recogidas en las correspondientes normas UNE y el citado PG3.
- Criterios generales de disposición y replanteo, color de los elementos, sistemas de anclaje, material retrorreflexivo (en su caso), geometría y luminosidad de cada uno de los elementos estudiados.

Lo que a priori podría parecer una división clara del Trabajo en 2 partes (elementos de balizamiento y elementos de equipamiento vial) no será tal. Se partirá de una revisión del concepto “Balizamiento” que hará que ambos grupos de elementos puedan ser englobados bajo un mismo término.

¿Cuál es la razón de esta propuesta? El equipamiento de una carretera se divide en tres categorías, que son: señalización, balizamiento y defensas. Existen ciertos elementos que son difíciles de clasificar claramente en una de las categorías, como por ejemplo las mangas de viento, las barreras modulares de plástico, ... Con respecto a las primeras surge la duda de si clasificarlas como señalización o como elemento de balizamiento. Con respecto a las comúnmente conocidas como New Jersey (balizas delimitadoras lastradas de plástico) podrían ser consideradas como balizamiento o como elemento de defensa (pese a su escaso o nulo nivel de contención), aunque es importante recalcar que no deben ser empleadas como elemento de defensa, a pesar de que su nombre podría inducir al equívoco. Es por ello que se considera necesario un primer replanteamiento de la definición de Balizamiento que no dé lugar a este tipo de dudas.

Hay que indicar que se ha realizado una labor de investigación de la situación internacional, basada tanto en la búsqueda de normativa de aplicación como en la realización de recorridos virtuales en diversos itinerarios de la red de gran capacidad de 8 países europeos con una cierta afinidad socio-cultural con España, con un nivel económico similar al nuestro. No se ha hecho ninguna comparación con países de África, por la casi inexistencia de información disponible al respecto, ni de Asia, por razones de idioma, y de la misma forma se ha descartado estudiar EEUU por su excesiva lejanía cultural y de costumbres que se puede apreciar claramente, como ejemplo, en los tipos de vehículos tan distintos a uno y otro lado del Océano Atlántico. Del estudio se ha derivado un cuadro comparativo.

Por último, de las conclusiones del Trabajo se derivará la propuesta de borrador de Normativa, que incluye asimismo la propuesta de modificación puntual de otras ya vigentes, como las Instrucciones de Carreteras 8.1 y 8.2

IC, el artículo 703 del PG3, el Reglamento General de Circulación o la norma UNE 135362.

2. OBJETIVOS

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como idea servir como soporte a la redacción en el futuro de una hipotética norma que regulara las características, uso, ámbito de aplicación y disposición de elementos de balizamiento de carreteras.

La justificación radica en que en el año 2007 el Ministerio de Fomento encargó la redacción de un documento de “Recomendaciones sobre Balizamiento de Carreteras” a un grupo de experimentados ingenieros a nivel nacional por sus trabajos en el ámbito de la señalización y el balizamiento. Dicho documento, una vez finalizado en 2011, nunca ha llegado a entrar en vigor, debido a la falta de acuerdo en la fase de consultas y supervisión, por lo que a día de hoy sigue habiendo un vacío normativo en cuanto a la homogeneización de criterios de Balizamiento en carreteras. En ausencia de dicho Documento no existe ninguna otra Normativa General, con la excepción de las citadas Normas de rango autonómico que por su propia naturaleza no tienen ámbito nacional.

Este Trabajo quiere ser la fase previa a la redacción de esa hipotética Norma de ámbito general que regulara dicho Balizamiento, recoger por escrito las fases de investigación y recopilación de lo hasta ahora existente en la materia, análisis de problemáticas y propuesta de modificaciones y mejoras.

El Trabajo está fundamentado sobre 4 objetivos o premisas:

- **PREMISA NÚMERO 1: VALIDEZ.**

Según datos del Ministerio de Fomento, la Red de Carreteras de España tiene, a 31 de diciembre de 2017, 165.686 km, de los cuales 26.393 pertenecen a la Red de Carreteras del Estado (RCE), administradas por el Ministerio de Fomento, 71.325 km están gestionados por las Comunidades Autónomas y 69.968 km por las Diputaciones. Además, los Ayuntamientos tienen a su cargo (según la última medición realizada con carácter oficial,

que data de 1998) 361.517 km de vías no urbanas. Finalmente, existen 11.355 km de viario dependiente de otros organismos.

La intención es que esa nueva Norma, a nivel de borrador, tuviera validez en su ámbito de aplicación tanto en las carreteras de nueva construcción como, no menos importante (si no más) en aquellas otras que ya están construidas y en servicio, con especial grado de atención en las segundas, ya que, al ser más antiguas, sus características no serán tan seguras como aquellas de nueva construcción, debido principalmente a sus parámetros, entre otros, de trazado. Resulta comprensible y fácil de corroborar que las carreteras nuevas presentan mejores condiciones de trazado y seguridad vial, en general, que las antiguas, las cuales contienen anchuras, transiciones, radios, peraltes, visibilidades y elementos que, precisamente por su falta de actualización, es preciso balizar, incidiendo en que con ello se compensará en lo posible el hecho real de que no ofrecen las condiciones de seguridad deseables.

Para la realización de este Trabajo se ha empleado con asiduidad la herramienta "Google Street View".

- **PREMISA NÚMERO 2: CONDICIONES DE ENTORNO.**

La Instrucción de Carreteras 3.1-IC de Trazado considera que las condiciones de diseño de una nueva carretera serán: *"un pavimento mojado y los neumáticos del vehículo en buen estado"*. Por el contrario, este prolegómeno de Norma quiere basarse en unas situaciones de partida diferentes, que contemplen las peores circunstancias posibles, en las que el usuario no tiene capacidad de intervención, es decir: una mala climatología (lluvia intensa, niebla, viento, o varias de ellas dadas simultáneamente) y nula luminosidad (noche). Se considera proponer esto cuando a lo largo de múltiples viajes por la geografía nacional con esas malas condiciones se observa que estas mismas pueden anular por completo la funcionalidad de un elemento de balizamiento, por lo que se propone que a la hora de la planificación se deba contar con dichas malas condiciones como premisa básica de diseño para prevenir esa falta de

eficacia, ya que, en situaciones ideales, el balizamiento se antoja menos influyente en la conducción.

- **PREMISA NÚMERO 3: HOMOGENEIDAD.**

Se pretende que la homogeneidad sea otro de los pilares de este Trabajo de Fin de Grado, principalmente en 2 sentidos: tanto en la unificación de criterios para solventar un determinado problema de la misma forma en lugares distintos, como también para conseguir una homogeneidad local en la disposición geométrica de los elementos de balizamiento, en los sentidos longitudinal y transversal a la dirección de la carretera.

Con esta búsqueda de la homogeneidad se pretendería dotar a la vía de un efecto visual que transmita sensación de seguridad, principalmente porque un usuario de una red de carreteras con unos criterios dispares se encuentra en un nivel de seguridad inferior al que percibiría si toda la red estuviera estandarizada. El efecto visual de la mayor o menor peligrosidad de una curva balizada sólo puede transmitirse, como ejemplo, si los hitos de arista están situados a la misma distancia entre sí y a la misma altura sobre el pavimento, y por supuesto sin que falte ninguno o haya huecos por falta de mantenimiento; de lo contrario, el efecto pudiera ser incluso en contrario. No es imprescindible que esta homogeneidad se repita en todos los puntos de todas las redes de carreteras, pero desde luego sí es imprescindible que lo sea en cada curva individualmente, en cada cambio de rasante, o en cada divergencia, y muy recomendable que lo sea en itinerarios completos.

- **PREMISA NÚMERO 4: SEGURIDAD VIAL.**

Con esta premisa se quiere hacer ver que las actuaciones en materia de Balizamiento no han de ser objeto de merma en gasto, sino más bien todo lo contrario, ya que suelen ser unas medidas de considerable alta eficiencia, es decir, con el empleo de unos recursos no especialmente elevados se pueden llevar a cabo actuaciones muy notorias y con un

impacto muy positivo en la sociedad, lo que se podría identificar con las medidas de bajo coste. No se puede olvidar la importancia que el Balizamiento tiene en el correcto devenir del funcionamiento de las vías, que se recuerda comprometen unas ciertas garantías de confortabilidad y seguridad. Cuanto mejores sean las condiciones en las que se encuentra el Balizamiento de una vía, menor será la probabilidad de incidentes y/o accidentes, lo cual desemboca y es significado de una mayor Seguridad Vial. Es por ello que a la hora de plantear este Trabajo de Fin de Grado se considerará que toda inversión en esta materia (siempre en unos órdenes lógicos de magnitud) será poca, dada la trascendencia que tiene. Y se quiere creer que ese es, o ha de ser, el sentir general de la sociedad española.

CONSIDERACIONES GENERALES

Se pretende fijar criterios de colocación y replanteo. Sin embargo, no se tratará tan profundamente lo referente a los materiales y su control de calidad puesto que esto ya sí está bastante regulado, en algunos casos de forma internacional a nivel europeo o del Convenio de Viena.

La intención es que lo que en este Trabajo de Fin de Grado se proponga, tenga posibilidad de ser aplicado en todo tipo de vía: autopistas, autovías, carreteras multicarril, carreteras convencionales y otras... por lo que se estudiará el mayor número de situaciones posibles, incidiendo en la idea de que los criterios tienen que ser válidos y aplicables a la red de carreteras ya existente, sobre todo, que presenta una amplísima diversidad de casuística a resolver y donde más falta hace, si cabe, un buen balizamiento. Se ha empleado en un número considerable de ocasiones la herramienta "Google Street View". El objetivo ha sido la extracción de imágenes de ciertos elementos que serán propuestos para estudio y propuesta de modificación si procede.

Algunas de las principales vías que han sido recorridas con esta herramienta son:

- A-5: Madrid-Extremadura (este caso en particular ha sido recorrido, además de con la herramienta “Google Street View”, varias veces en persona), España.
- A-66: Gijón-Sevilla (en este caso, al igual que en el de la A-5, la autovía ha sido recorrida igualmente en persona, aunque cabe destacar que no tantas veces como la primera), España.
- A-6: Autoroute du Soleil, Francia.
- A-1: Autoroute du nord, Francia.
- E-40: Bruselas-Gante, Bélgica.
- M-1: Londres-Birmingham, Inglaterra.
- M-8: Edimburgo-Glasgow, Escocia.
- E-26: Berlín-Hamburgo, Alemania.
- A-8: Munich-Stuttgart, Alemania.
- A-4: Milán-Turín, Italia.
- A-1: Autostrada del sole, Italia.
- M-11: San Petersburgo-Moscú, Rusia.
- E-4: Estocolmo-Goteborg, Suecia.
- A-1: Lisboa-Oporto, Portugal.

La utilización de estas imágenes para simular situaciones reales aparenta estar del lado de la seguridad, ya que el punto de vista del visor “Google Street View” está a unos 3 m de altura sobre el suelo, mucho más elevado que la posición estándar del conductor de un vehículo turismo (1,10 m), incluso furgón, lo que le hace perder algo de fidelidad. Por otra parte, se han descartado recorridos por otras autovías, con la excepción de algunos ejemplos puntuales en las autovías A-6, A-7, A-8 o AP-9, y sólo en determinados supuestos, porque en las situaciones en las que el tráfico es muy intenso -en dicha aplicación digital- no se aprecia bien la presencia de elementos de balizamiento que se quieren proponer, modificar, criticar o implantar, ocultos por el propio tráfico. Es por ello que las imágenes seleccionadas responden a la situación de la vía lo más limpia posible de vehículos, para una mejor visualización del efecto deseado con la simulación.

3. ANTECEDENTES

3.1 Introducción.

En el momento en que se empezó a gestar la posibilidad de desarrollar este Trabajo, uno de los motivos que impulsó a hacerlo fue el hecho de que no hubiera una normativa de ámbito nacional claramente definida en materia de Balizamiento.

A la hora de consultar qué normativas regulan el Balizamiento se piensa en principio en recurrir al Ministerio de Fomento, ya que es de su competencia la explotación de la RCE (Red de Carreteras del Estado), y tendría más sentido comenzar a investigar desde la Administración General del Estado (representada en el Ministerio) continuando con Administraciones de ámbito regional, provincial y local que cuenten con vías de suficiente entidad como para poder tener esa hipotética norma que regulara el Balizamiento de éstas.

3.2 Administración General del Estado.

3.2.1 Reglamento General de Circulación.

En el Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobada por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.

Este Reglamento nace en el seno de la Dirección General de Tráfico (DGT), dependiente del Ministerio del Interior.

En su artículo 144: “Señales circunstanciales y de balizamiento” se regula con mayor profundidad la temática central del Trabajo. Dividido en 2 partes

principales, en un primer bloque enuncia y desarrolla los “dispositivos de barrera” que son *“aquellos que prohíben el paso a la parte de la vía que delimitan”*, y son: barrera fija, barrera o semibarrera móviles, panel direccional provisional, banderitas, conos o dispositivos análogos, luces rojas fijas y luces amarillas.

En un segundo bloque son tratados los “dispositivos de guía” que son aquellos que *“tienen por finalidad indicar el borde de la calzada, la presencia de una curva y el sentido de circulación, los límites de obras de fábrica u otros obstáculos”*, y son: hito de vértice, hito de arista, paneles direccionales permanente, captafaros horizontales (también llamados ojos de gato), captafaros de barrera, balizas planas, balizas cilíndricas y barreras laterales.

En este artículo viene especificado que *“la forma, color, diseño, símbolos, significado y dimensiones de las señales de balizamiento se ajustarán a lo que se establece en el Catálogo oficial de señales de circulación”*, publicado por el Ministerio de Fomento.

3.2.2 Norma 8.1-IC Instrucción de Señalización Vertical de Carreteras.

Por orden FOM/534/2014, del Ministerio de Fomento, se aprobó la norma 8.1-IC de señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras, publicada en BOE de 5 de abril de 2014.

En el capítulo 8 se regula la “señalización y balizamiento de curvas”. El artículo únicamente desarrolla el empleo de paneles direccionales en curvas, y exclusivamente en carreteras convencionales, indicando de manera tabulada, en una primera parte, la distancia a la que se deben disponer los paneles direccionales en función de la velocidad de la carretera y la pendiente de esta. Cabe destacar que estos elementos pueden ser colocados individualmente, en grupos de 2 o de 3, siendo el criterio para la elección de cada uno de estos, la magnitud de la reducción de la velocidad de aproximación y la del tramo curvo.

En una segunda parte, el artículo expone una serie de diversos criterios de colocación, disposición y separación de los paneles. Uno de ellos es el geométrico/visual, es decir, se disponen los paneles en función del radio de la curva de tal manera que el conductor siempre vea al menos un número mínimo de ellos. En una última parte se exponen las características geométricas de dichos paneles, y en caso de los múltiples, la separación vertical que han de tener entre uno y otro.

3.2.3 PG3.

En la actualidad se regula por la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre (BOE del 3 de enero de 2015), por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos. El PG3 tiene un carácter más técnico que los citados anteriormente, algunos de los cuales se podrían definir desde un punto de vista más legal-regulatorio. Dicho esto, cabe reseñar que las menciones a elementos de balizamiento quedan bastante restringidas por el hecho de que empieza delimitando el campo de “Balizamiento” a elementos reflexivos, así como también su uso, ya que enuncia que son aquellos que *“tienen la finalidad de reforzar la capacidad de guía óptica que proporcionan los elementos de señalización tradicionales”* teorías que más adelante se propondrán como “revisables”.

A partir de aquí, en este pliego se consideran 5 tipos distintos de elementos de balizamiento: paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice, balizas cilíndricas y captafaros verticales. A lo largo del capítulo 703 se abordan principalmente consideraciones generales de los materiales: del sustrato, dispositivos retrorreflexivos, sistemas de anclaje, características varias, etc. Asimismo, aspectos relacionados con la ejecución, con la calidad de la obra acabada, con el replanteo (escasamente regulado).

3.2.4 Orden Circular recomendaciones de Balizamiento.

El 24 de abril de 2007 se constituyó una Comisión de reconocidos ingenieros de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento con amplia experiencia en señalización y balizamiento. A esta Comisión se le encomendó la tarea de redactar esa hipotética Norma de Balizamiento que nunca llegó a ver la luz, y para la cual este Trabajo de Fin de Grado pretende servir como base.

En efecto, esa norma fue redactada y finalizada en 2011, pero nunca llegó a ser formalmente aprobada (dada la falta de consenso a la hora de recabar las opiniones y propuestas de los sectores implicados), es decir, a entrar en vigor, por lo que existe un vacío normativo de ámbito nacional. Sin embargo, se analizará y criticará su contenido por si hubiera en el mismo, elementos que pudieran ser considerados para el objeto de este Trabajo.

3.3 Administraciones Autonómicas.

3.3.1 Generalitat de Catalunya

La Generalitat de Catalunya cuenta con una normativa propia en materia de Balizamiento de Carreteras. Dentro de ella, el documento principal es “Criteris d’abaliment”, cuya versión en vigor más reciente es de abril de 2017.

Lo primero que cabe destacar de esta norma es que, según la obligatoriedad de cumplimiento, se presentan: normas, directrices, recomendaciones y consideraciones.

La norma en sí tiene una estructura bastante completa, con una serie de consideraciones generales como el color de los elementos, elementos en los proyectos, en las obras, criterios de reposición, ... Cuenta con dos partes diferenciadas: una primera en la que aparecen recogidos aspectos de balizamiento en función del tipo de zona (convergencias, divergencias,

obras de paso, ...), y una segunda parte en la que se centra más propiamente en el elemento de balizamiento en sí mismo.

La característica más destacable es un cuadro general recogido en el anejo nº 1 en el que se definen 6 grados o niveles de balizamiento (del Grau 1, más sencillo, al Grau 6, para situaciones extremas), para a continuación presentar en una sencilla tabla de doble entrada el listado de todos los elementos de balizamiento estudiados (en abscisas) y fijar una distancia de separación o un número concreto y fijo de unidades a implantar (en ordenadas), en función del grado (grau) en el que se encuentre. Por último, ya volviendo al texto, cuando se estudia de forma pormenorizada e individual cada elemento, no se hacen croquis, ni se estudian circunstancias, ni se hacen consideraciones... simplemente se hace un breve apunte del grado (1 al 6) que hay que aplicar en cada caso, y luego yendo al anejo nº 1 ya se definen los detalles. Es un modelo aparentemente muy sencillo de aplicar, pero por otra parte muy generalista, por lo que se ha decidido no aplicarlo en este Trabajo, que pretende estudiar con más detalle las circunstancias particulares, aunque no se duda de la indudable eficacia, por su sencillez, de la norma catalana.

TAULA RESUM DE GRAUS D'ABALISAMENT							
Element d'abaliment	Paràmetre	GA 1	GA 2	GA 3	GA 4	GA 5	GA 6
Balises cilíndriques	Distància entre balises (m)	8	4	2	1	-	-
Balises de neu	Distància entre balises (m)	50	25	15	10	-	-
Balises d'obstacles	Tipologia de panell	Petit	Mitjà	Gran	-	-	-
Balises de vent	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Balises de vora	Distància entre balises (m)	100	50	33	16	8	4
Balises lluminoses	Distància entre balises (m)	16	12	8	4	2	1
Bol·lards direccionals	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Cons	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Elements pintats	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Fites de vèrtex	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Marc de senyals	Contingut del marc	Només marc	Marc amb text	-	-	-	-
Panells direccionals rectangulars	Número de panells superposats	1	2	3	-	-	-
Panells direccionals quadrats	Dimensions (mxm)	0,60x0,60	0,90x0,90	1,20x1,20	-	-	-
Reflectors	Distància entre reflectors (m)	16	12	8	4	2	1
Ressalts en marques viàries	Sense graus	-	-	-	-	-	-
Separadors de trànsit	Sense graus	-	-	-	-	-	-

Figura 3.1.- (Criteris d'abaliment).

3.3.2 Xunta de Galicia

Con la Orden Circular 1/2011, la Dirección General de Infraestructuras de la Xunta de Galicia considera la redacción de un documento que normalice solo las divergencias, salidas y bifurcaciones, exclusivamente, dada la disparidad de criterios al no haber una norma que unifique su disposición en la carretera. No hay más mención a otros elementos.

3.4 Nivel Internacional.

Se han realizado 2 líneas de actuación: análisis somero de la normativa a la que se ha tenido acceso, y realización de itinerarios virtuales vía “Google Street View”.

Como se ha indicado, se ha realizado una ligera investigación para conocer en qué países se cuenta con una normativa reguladora de Elementos de Balizamiento. Los países estudiados han sido: Alemania, Bélgica, Escocia, Francia, Inglaterra, Italia, Portugal, Rusia y Suecia. De esta investigación se ha deducido que solamente Alemania y Francia, y particularmente esta última, cuenta con una Normativa claramente definida acerca del tema central del Trabajo.

Cabe destacar también que muchos kilómetros de las carreteras de dichos países, sobre todo de vías de gran capacidad, han sido recorridos vía “Google Street View” para tomar ideas tanto de cómo se hacen las cosas allí como de alternativas que pudieran resultar interesantes para incorporar a esta propuesta para España. La conclusión que puede adoptarse de dicho estudio es el elevado nivel de equipamiento y de dotación que poseen, por lo general, las vías españolas, a un nivel superior al de las mejores, así como la gran dispersión registrada en la resolución del problema concreto de las divergencias (donde no hay casi dos soluciones iguales a problemas iguales), en comparación con la mucho mayor homogeneidad en otros sistemas utilizados de forma habitual y uniforme, que además son, por lo general, escasamente implantados.

	Francia		Bélgica		Reino Unido		Alemania		Italia		Rusia	Suecia	Portugal
Nombre de la vía	Autoroute du soleil	Autoroute du nord	Bruselas a Gante		Londres a Birmingham	Edimburgo a Glasgow	Berlin a Hamburgo	Munich - Stuttgart	Milan a Turin	Autostrada del sole	S. Petersb - Moscú	Estocolmo - Goteborg	Lisboa a Oporto
Código de la vía	A-6	A-1	E-40		M-1	M-8	E-26	A-8	A-4	A-1	M-11	E-4	A-1
Hitos Arista	No	No	No		No	No	Solo borde derecho	En enlaces	No	Si		Si	Si
Hitos de Vértice	Si	Si	Doble panel direccional		No	Cartel - flecha en vértice	Doble panel direccional	Doble panel direccional	No, amortigu ²³	Doble panel direccional	R-401c en el vértice	Panel direccional vertical	Doble panel direccional
Balizas Cilíndricas	No	En el ramal	No		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Captafaros Suelo	No	No	No		No	No	No	No	Si	No	No	No	Ocasional en enlaces
Capt. Barrera	En mediana	No	No		No	No	No	No	Si	No	Si	Si	No
Capt. Muro	No	No	Si		No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si, hitos
Paneles direccionales	Si	Si	No		No	No	Si	No	No		No	No	Si
Otros		Antideslum ²³											Antideslum ²³

Tabla 3.1.- (Propia).



Figura 3.2.- (Propia-Google).

Soluciones diversas al balizamiento de divergencias en vías europeas.

Por otra parte, se ha hecho un somero análisis de diversas normas de balizamiento a las que se ha tenido acceso a través de buscadores de internet. Se resumen a continuación las ideas fundamentales:

3.4.1 Francia

A pesar de que la bibliografía es extensa, como se describe en el epígrafe correspondiente, realmente es muy antigua y ha sido muy poca la información que se ha considerado útil para su aprovechamiento.

DÉTERMINATION DES CLASSES		
	Différence de vitesses	Signalisation
Classe A 	$V_a - V_d < 8 \text{ km/h}$	Aucune signalisation, ajouter un panneau A1 si la visibilité en approche du virage est mauvaise
Classe B 	$8 \text{ km/h} \leq V_a - V_d < 16 \text{ km/h}$	balises J1 et panneau A1 si la visibilité sur le virage est mauvaise
Classe C 	$16 \text{ km/h} \leq V_a - V_d < 40 \text{ km/h}$	panneau A1 + balises J1 + balise J4 trichevrons
Classe D 	$V_a - V_d \geq 40 \text{ km/h}$	panneau A1 + balises J4 monochevrons dans toute la courbe
Classe E	Situation exceptionnelle nécessitant une étude de sécurité	

Figura 3.3.- (“Comment signaler les virages”. Guide technique SETRA juillet 2002).

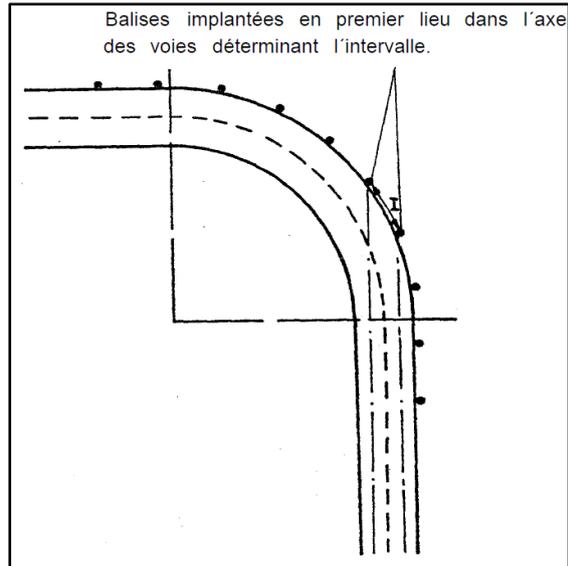


Figura 3.4.- (“Comment signaler les virages”. Guide technique SETRA juillet 2002).

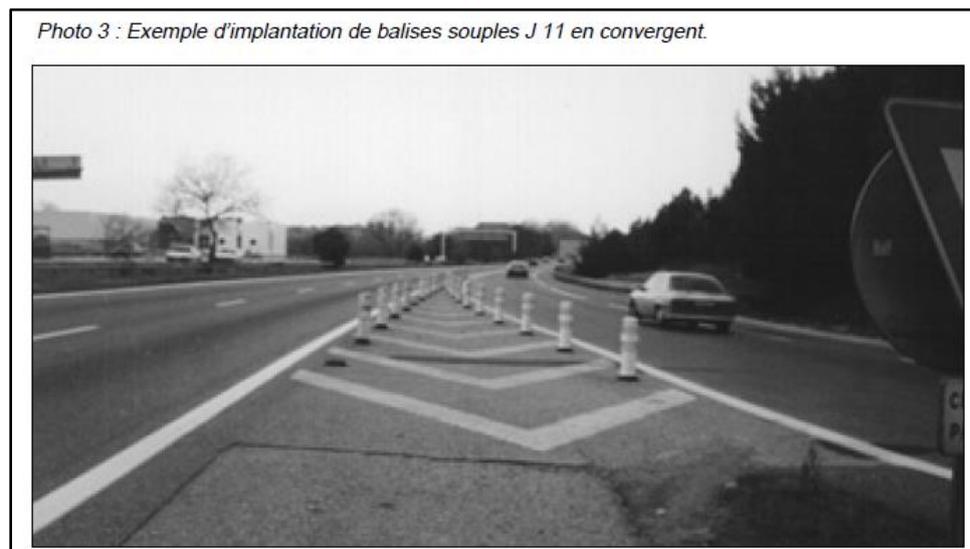


Figura 3.5.- (“Emploi des balises souples J 11 et J 12”. Note d'information 105 SETRA – CSTR décembre 1996).

3.4.2 Alemania.

La normativa presenta fundamentalmente la dificultad de acceso por razones de idioma, si bien se ha conocido que la normativa está disponible en el Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) / Federal Highway Research Institute.

https://www.bast.de/BAST_2017/EN/Home/home_node.html

Sin embargo, del análisis de la documentación a la que se ha tenido acceso, se ha comprobado que existe una amplia regulación del balizamiento en situaciones de obra, pero no así en la implantación de elementos fijos como equipamiento de la carretera, con lo cual se ha desestimado su estudio en profundidad, limitándose el mismo al estudio de los recorridos visuales realizados en Google Street View que aporta datos reales del equipamiento existente, resumidos en la Tabla 3.1.



Figura 3.6.- (Norma alemana).

4.0 INTRODUCCIÓN ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO

A continuación, se realizará un desglose pormenorizado de cada uno de los elementos de balizamiento que se someterán a estudio, así como de la propia definición de “Elemento de Balizamiento”.

El proceso a seguir con cada uno de ellos será el que se muestra a continuación:

- 1) Cita textual de cada una de las normas en las que se hace mención en algún momento al elemento objeto de estudio en los respectivos capítulos.
- 2) Valoración personal de la idoneidad de las definiciones existentes de dichos elementos, incluyendo justificación de ventajas e inconvenientes, y propuesta, si procede, de una nueva definición más completa.
- 3) Análisis de su disposición y localización en carreteras, en todos los sentidos en que es susceptible de estudio su ubicación, es decir, separación longitudinal entre los elementos, separación transversal de la plataforma de la carretera si se encuentran fuera de esta o ubicación dentro de la misma, o interacciones con otros elementos.
- 4) El estudio de una serie de generalidades referentes a los diversos elementos, como son: el color, el sistema de anclaje, el material reflexivo, la geometría, la posibilidad de ser iluminados, ... Igualmente, las respectivas situaciones actuales de cada uno de los anteriormente mencionados factores serán analizados, y en caso de consideración oportuna propuesta de mejoras, así como de novedades que, bajo justificación, se considera que harían optimizar el uso del respectivo elemento.

A continuación, se muestra un listado de todos los elementos de balizamiento que serán objeto de estudio en el presente Trabajo de Fin de Grado:

- Hitos de vértice.
- Balizas cilíndricas.

- Conjunto Hito de vértice + Balizas cilíndricas.
- Paneles direccionales.
- Captafaros de suelo.
- Captafaros de barrera.
- Captafaros de muro.
- Hitos de arista.
- Hitos de arista sobre barrera.
- Mangas de viento.
- Jalones de nieve.
- Conos.
- Delimitadores y separadores de carril.
- Balizas planas.
- Balizas de fin de carril.
- Balizas de gálibo.
- Balizas antideslumbramiento.
- Baliza delimitadora lastrada de plástico.

El primer paso, será el estudio de las definiciones existentes actualmente de “Elemento de Balizamiento”:

- Criteris d’Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

L’abalisament viari comporta la utilització de determinats **elements d’abalisament**, o balises, fàcilment perceptibles pel conductor, amb objecte de reforçar la capacitat de guia òptica i/o acústica que proporcionen els elements de senyalització tradicionals (marques viàries, senyals i cartells verticals) així com advertir dels corrents de circulació possibles.

Segons això, la funció dels elements d’abalisament, és ressaltar la senyalització vertical o horitzontal, però mai substituir, eliminar o obstaculitzar la percepció d’aquesta.

Esta definición puede resultar un tanto incompleta, ya que se limita aquellos que “refuerzan la capacidad de guía óptica”. Con esa definición, elementos como las balizas de viento quedarían excluidas de un listado que respondiera a “elementos de balizamiento”.

- Orde circular 1/2011 de la Xunta de Galicia:

Os elementos de balizamento retrorreflectantes a colocar (fitos de vértice e balizas cilíndricas) en diverxencias, saídas e bifurcacións, teñen como finalidade, reforzar a capacidade de guía óptica que proporcionan os elementos de sinalización tradicionais (marcas viais, sinais e carteis verticais de circulación) e advertir das correntes de circulación posibles ó condutor.

Con esta definición se está igualmente en desacuerdo, por el hecho de que los elementos de balizamiento refuercen la capacidad de guía óptica que proporcionan señales y carteles, ya que se considera que no es ese su papel, sino que son tan importantes como la señalización y se encuentran al mismo nivel de prioridad, no pudiendo supeditarse su empleo al meramente complementario de aquella.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los elementos de balizamiento son dispositivos retrorreflectantes de distintas formas, colores y tamaños, instalados en la plataforma de la carretera, fuera de ella o en los sistemas de contención de vehículos y diseñados específicamente para facilitar el guiado óptico, pudiendo disponer, además, de iluminación propia.

También pueden considerarse elementos de balizamiento las mangas de viento y los dispositivos de barrera que prohíben el paso a la parte de la vía que delimitan (barreras móviles, conos, etc). Estos últimos no son objeto de estas Recomendaciones.

De todas las analizadas, es la definición con la que más de acuerdo se está, ya que es la que, con estricta sujeción a la definición, más elementos engloba. Aunque se le detectan igualmente algunas imperfecciones. Cabe destacar que la función no describe fidedignamente el propósito de los elementos, ya que, aludiendo igualmente a las mangas de viento, no se emplean para el guiado óptico como señala el documento, sino que proporcionan una información acerca de las condiciones externas a la carretera que pueden afectar a la conducción.

- Reglamento General de Circulación:

No aparece como tal una definición de “elemento de balizamiento”. Sí que en numerosas ocasiones alude al balizamiento, pero sin entrar en mayor detalle de sus consideraciones generales, por lo que no se puede llevar a cabo dicho análisis de la definición propuesta.

- PG3:

Los elementos de balizamiento retrorreflectantes son los dispositivos de guía óptica para los usuarios de las carreteras, capaces de reflejar por medio de reflectores, la mayor parte de la luz incidente, procedente generalmente de los faros de los vehículos.

Dichos elementos, que pueden tener distinta forma, color y tamaño, se instalan con carácter permanente sobre la calzada o fuera de la plataforma, sobre otros elementos adyacentes a la misma, como muros o paramentos de túneles, así como sobre otros equipamientos viales, como pretilas y barreras de seguridad.

Tienen la finalidad de reforzar la capacidad de guía óptica que proporcionan los elementos de señalización tradicionales (marcas viales, señales y carteles verticales de circulación) o advertir sobre los posibles sentidos de circulación.

El principal motivo de desacuerdo con la definición propuesta en el PG3 es la limitación de la definición a los elementos retrorreflectantes, existiendo algunos, las balizas antideslumbramiento, que no cuentan con tal tipo de materiales.

Por todos esos motivos y tomando como base las partes que se consideran correctas, se propone que la definición de elemento de balizamiento sea: “Dispositivo de distintas formas, colores, tamaños y características, instalados en la plataforma de la carretera, en sus proximidades o en los sistemas de contención de vehículos, cuyo fin es servir como referencia tanto de la trazada de la carretera como de las condiciones externas a la misma, a los usuarios y/o conductores que transitaran dicha vía.”

4.1 HITOS DE VÉRTICE

4.1.1 Regulación

El hito de vértice, también conocido como baliza divergente o simplemente “obispo”, aparece recogido en las siguientes normas:

- Orde circular 1/2011 de la Xunta de Galicia (publicada exclusivamente para regular los hitos de vértice y balizas cilíndricas en divergencias, no existiendo ninguna para ningún otro elemento de balizamiento):

O Regulamento Xeral de Circulación define fito de vértice como aquel elemento de balizamento en forma semicilíndrica na súa cara frontal provisto de triángulos simétricamente opostos de material retrorreflectante que indica o punto no que se separan dúas correntes de tráfico.

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

L'abalisament d'una divergència de trajectòries haurà d'assolir, segons el cas, alguns o tots els objectius següents:

- a) Fer la divergència visible amb la suficient antelació per permetre un canvi còmode de la trajectòria del vehicle, si s'escau.
- b) Indicar el grau de tancament de les trajectòries divergents que permeti anticipar una disminució de velocitat còmoda i segura, si s'escau, en qualsevulla de les escollides.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los hitos de vértice son elementos de balizamiento utilizados generalmente en divergencias. Tendrán forma cilíndrica en su cara frontal, en la que se dispondrán dos triángulos isósceles iguales de material retrorreflectante (figura 27), pudiendo estar unidos por una franja horizontal, también retrorreflectante, de anchura aproximada un tercio de la longitud del lado mayor de los triángulos.

La función de los hitos de vértice es indicar las dos direcciones de circulación posibles al alcanzar una divergencia, gracias a los triángulos retrorreflectantes que sugieren al conductor la necesidad de tomar una de las dos direcciones indicadas.

Excepcionalmente, en los accesos a los lechos de frenado el hito de vértice deberá disponer de un solo triángulo isósceles retrorreflectante, indicando la dirección del tronco de la carretera.

- PG3:

Hito de vértice: en forma semicilíndrica en su cara frontal, provisto de triángulos simétricamente opuestos de material retrorreflectante indicando una divergencia.

- Reglamento General de Circulación:

1.º Hito de vértice: elemento de balizamiento en forma semicilíndrica en su cara frontal, provisto de triángulos simétricamente opuestos, de material retrorreflectante, que indica el punto en el que se separan dos corrientes de tráfico.

4.1.2 Definición

Con dichas definiciones se está en mayor o menor medida de acuerdo, ya que, empezando por una, con respecto a la norma gallega: ¿Cuál es el “*punto en el que se separan dos corrientes de tráfico*”? Se puede entender que es el punto (entendido como sección transversal) donde se comienza a ensanchar el pavimento, o también que es el punto donde termina la línea discontinua y comienza la continua en la marca vial que separa el carril básico del carril adicional, o igualmente que es el punto donde se separa el pavimento de la vía principal con respecto al del ramal de salida, ... Es una definición muy ambigua que, al no tener una respuesta clara, ni normalizada, puede dar lugar a equívocos, ya que se indica que es en este punto donde debe ubicarse el elemento de balizamiento.

Con la definición de la norma catalana se está, sin embargo, considerablemente de acuerdo, porque hace especial mención a que el conductor cuente con suficiente tiempo para divisar el elemento y tomar la

decisión de abandonar la vía principal para incorporarse al carril de deceleración, o a los dos carriles en el caso de bifurcaciones, y no tanto al lugar físico exacto donde disponerlo.

La definición recogida en el borrador elaborado por el Ministerio de Fomento puede encontrarse en la línea correcta, aunque no se está muy de acuerdo con “*sugieren la necesidad de...*”. Se entiende que la intención debe ser informativa, ya que quien tiene que tomar una salida, debiera saber con bastante antelación que la salida que le interesa está aproximándose porque en principio hay cartelería dispuesta para ese fin. En autovías y autopistas se informa con carteles a falta de 1000 y 500 m, además del de salida inmediata (que suele ser un pórtico o banderola). Asimismo, suele haber paneles del tipo S-26 clases a, b y c. que avisan de la llegada del inicio de la divergencia. Se considera que nadie debiera esperar a tomar la decisión de incorporarse a una salida al ver el hito de vértice, puesto que por lo general ya debe haber tomado la decisión y estar simplemente atento a los elementos que le guían para ese cometido, tanto de señalización como de balizamiento, pudiendo entenderse el hito de vértice como la “última oportunidad” informativa que se presta al conductor porque más allá del mismo existe la propia divergencia, obstáculos, separación de calzadas, o elementos similares. Dicho de otra forma, entendiendo que el hito de vértice es la citada “última oportunidad” visual no se quiere decir que el conductor pueda cambiar de opinión hasta el último momento, y cambiar de carril practicando una arriesgada maniobra de contravolante en la sección transversal en la que se encuentra el citado hito, sino que este elemento permite que tome la decisión lo más pronto que le sea posible, a la mayor distancia posible de la bifurcación y del propio hito, como garantía de que dispone del mayor espacio de tiempo posible para que esa maniobra de cambio de carril (que es en sí misma peligrosa) se realice mediante una transición suave, lo cual será tanto más segura como lo sea la anticipación que se le ofrezca.

Este es uno de los elementos en los que la aplicación de la premisa nº 2 de este Trabajo de Fin de Grado adquiere más relevancia, sobre todo si se tiene en cuenta el caso contrario, esto es, la dificultad que presenta adoptar la decisión cuando no hay hito de vértice y en condiciones extremas de

visibilidad por climatología adversa, deslumbramientos de tráfico y horario nocturno.

Por último, en el Reglamento General de Circulación se presenta una definición similar a la propuesta por la Xunta de Galicia, lo cual induce a pensar que una se ha basado en la otra para la redacción de la correspondiente norma de la primera.

Es por ello que haciendo una selección de entre las ideas con las que se está de acuerdo y valorando aquellas que no parecen estar en la línea correcta se propone como definición de hito de arista: “elemento de balizamiento meramente informativo cuya finalidad es indicar las dos direcciones que se presentan en una divergencia de carriles en el punto más alejado del límite físico de ésta compatible con su propia geometría. Pretende servir al conductor como aviso último del final de la posibilidad de elección anticipada de un carril u otro. Se compone de dos triángulos de adhesivo reflexivo enfrentados y no conectados, que indicarán las direcciones a seguir”.

Se considera totalmente justificado su empleo en todo tipo de bifurcaciones, por la existencia de carriles de deceleración, separación de calzadas o vías de servicio, pero también en circunstancias paralelas como los accesos a áreas de servicio e instalaciones similares, en los cuales no se suelen implantar a pesar de que representan un problema de elección de carril similar al planteado.

Por último, no se considera adecuado el empleo de hitos aligerados tipo “teja”, ya existentes en el mercado, en los que el elemento vertical es independiente de la base, porque la falta de robustez y estabilidad no compensan, en principio, la ventaja de reposición que pudieran ofrecer en caso de impacto sobre el mismo.

4.1.3 Disposición

Según la figura 10.2 de la Instrucción de Trazado 3.1-IC (*delimitación de las zonas de influencia especiales, tales como confluencia, divergencia o trenzado*), se considera que dos carriles ya están separados cuando entre ellos hay una distancia de 1 metro, entendiendo que la línea blanca que delimita el borde de un carril ya está fuera del mismo. Es en esa sección en donde la Instrucción considera que comienza el carril de aceleración o termina el de deceleración, así como el que marca los límites de un carril de trenzado, y a priori podría ser ésta la sección que se indica en las definiciones anteriores como “punto donde se separan las dos corrientes de tráfico”, aunque basta un vistazo a la citada figura 10.2 para comprobar que la separación física de las corrientes se produce en la zona denominada “longitud efectiva de trenzado” (incluida en la “longitud total de trenzado”), en el límite de la cual no es posible disponer hitos de vértice, simplemente por su tamaño.

Se explica sobre una divergencia: en un metro de separación han de entrar los 20 cm de marca vial blanca de la margen derecha del carril básico de la vía principal, los 15 cm de marca vial blanca de la margen izquierda del ramal, y, por ende, los 65 cm restantes de superficie libre. A partir de ese punto se considera la separación de los carriles. Por lo tanto, teniendo en cuenta las dimensiones de comercialización de los hitos de vértice, será necesario disponer el hito una serie de m más adelante de ese punto, con la consideración de que entre el hito de vértice y las balizas cilíndricas (también llamadas “monaguillos”) que lo preceden y suceden, debe existir de igual manera una separación transversal, que posteriormente justificaremos.

Es por ello que se propone que la ubicación que el hito de vértice ocupe, sea aquella en la que el hito esté lo más próximo posible al punto de separación, siempre respetando una serie de distancias transversales mínimas que es preciso mantener entre elementos por seguridad y otra serie de condicionantes que más adelante se explicarán. Esta idea de que el hito de vértice ocupe la posición más cercana posible al punto de separación reflejado en distancias sería la siguiente sobre una vista en planta:

Al final del carril derecho de la vía principal estaría la marca vial blanca de 20 cm de anchura, a continuación, habría 1,5 m de arcén, seguidamente el ancho que ocupan las balizas cilíndricas, que es del orden de 10 a 20 cm. Contíguo a este se dejaría una separación de 0,5 m hasta alcanzar el propio hito de vértice, que tiene una anchura de 1 a 2 m dependiendo del modelo. La siguiente medida serían unos 20 cm hasta la baliza cilíndrica que es ya parte del ramal de salida. Una nueva baliza, otros 10 a 20 cm de diámetro, otros 20 cm hasta el comienzo de la marca vial de la izquierda del carril que en este caso, al no ser la vía prioritaria mide 15 cm. Se adjunta croquis esquemático:

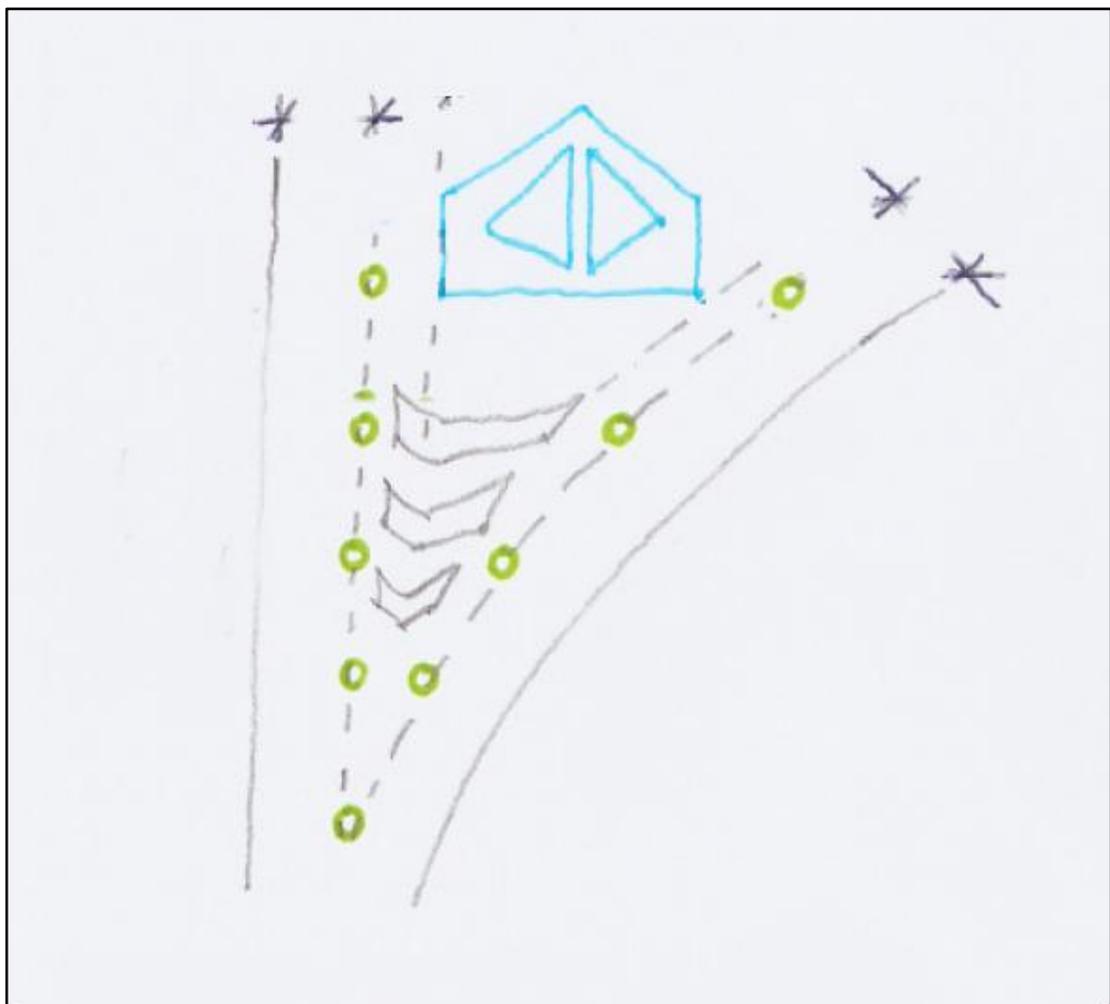


Figura 4.1.1.- (Propia).

La imagen arriba representada quiere describir la situación ideal en la que, debido a la no presencia de una limitación del espacio físico para la colocación

del hito, se puede adoptar la decisión de “proteger” o “retranquear” a éste entre sus balizas.

Puede darse la situación de que no se disponga de ese espacio necesario para este mencionado retranqueo; por lo tanto, los espacios laterales que separan hito de balizas (0,5 cm a la izquierda y 0,2 a la derecha) serán suprimidos. El croquis de dicha situación es el siguiente:

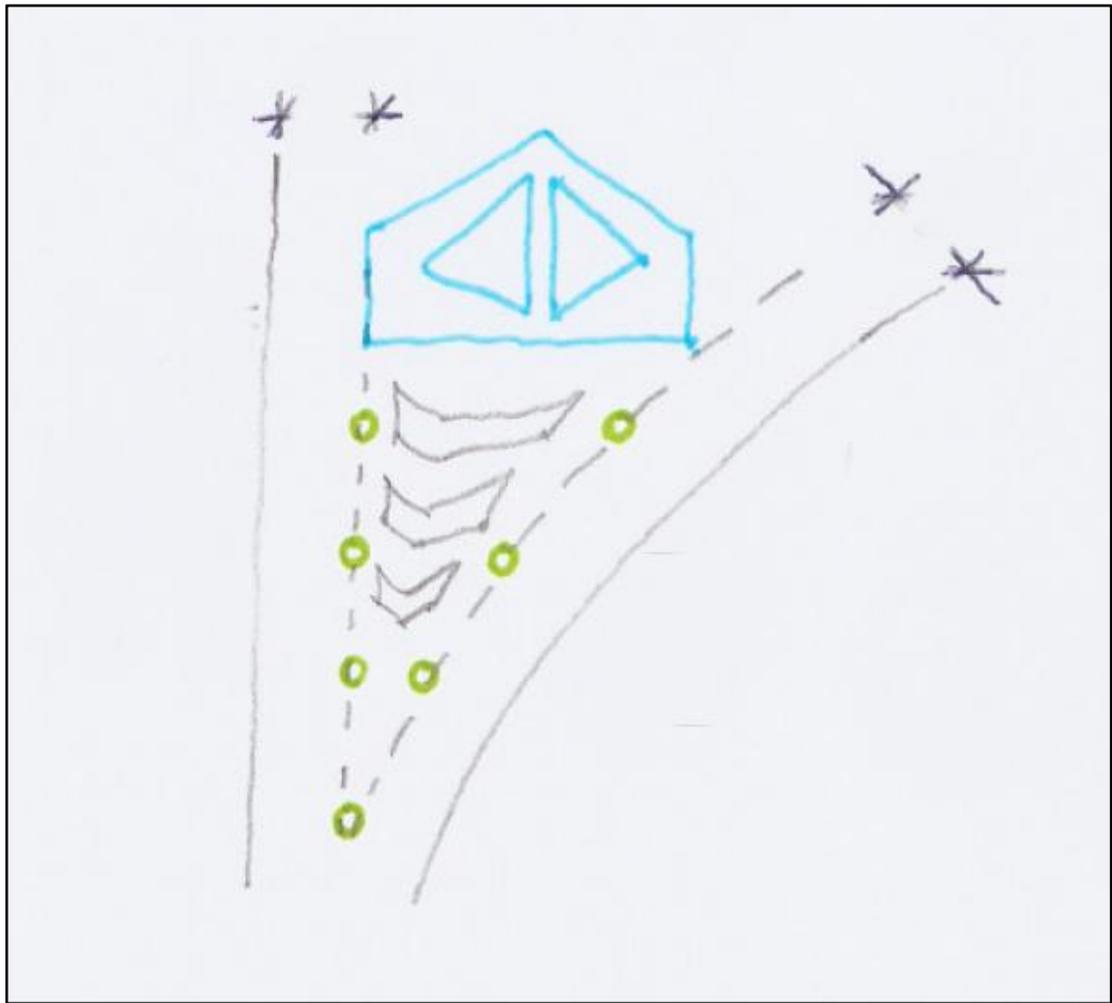


Figura 4.1.2.- (Propia).

Con respecto a la orientación que tiene que tener el hito de vértice, se propone que esta se rija por la hipotética línea que atravesaría perpendicularmente el hito, por el punto medio de la sección transversal del mismo, quedando dicha línea paralela al eje de la carretera. Se considera que es la orientación óptima, ya que, partiendo de la anteriormente mencionada premisa del valor de la temprana visualización del hito, esta orientación es la que antes y en mejores

condiciones puede ser vista desde cualquiera de los dos carriles, tanto del de la vía principal como del del carril de deceleración o bifurcación.

Cabe reseñar que en aquellas situaciones en las que, debido a las dimensiones de la zona de instalación de los hitos, estos no se pudieran disponer con las condiciones de espacios sobrantes necesarias, se podrán instalar en su lugar “barriletes” que pretendan cumplir una función semejante. Estos elementos son asimilables a las balizas cilíndricas, pero con un radio muy superior, y no serán desarrollados en este Trabajo de Fin de Grado.

4.1.4 Generalidades

- **COLOR**

Con respecto al color del elemento, de las 4 normas anteriormente mencionadas (por ser las únicas que incluyen temática de los hitos de vértice) tan sólo se hace mención al color en el borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento y en el Manual de Criteris d’abaliment de la Generalitat de Catalunya. En el primero se propone que el color del elemento tratado sea el verde, y el segundo establece que ha de ser el azul.

Después de una reflexión, se considera que el color de los elementos sea el verde, ya que puede ser más llamativo con respecto al negro del pavimento que el azul. El criterio será válido para todos los tipos de carreteras, sin distinción.

- **MATERIAL DE RELLENO**

Para la elección del material de relleno de los hitos de vértice se parte de la premisa de que dicho relleno no debe convertir al hito en un obstáculo potencialmente letal en caso de impacto, que agrave las consecuencias de un hipotético accidente, tanto por el vehículo que impactara contra el hito como por los usuarios de la carretera que se encontraran de forma súbita con restos en la calzada derivados de proyecciones ocurridas por el choque. Es por ello que se considera la posibilidad de rellenarlo con arena, grava (u otros

materiales granulares similares fijando un tamaño máximo de 60 mm) u hormigón en masa (sólo en casos excepcionales). El lastrado con agua u otros líquidos no tendría sentido por razones obvias de evaporación. El matiz que hará del hito un elemento más o menos peligroso será la cantidad de material de relleno que presente, proponiéndose por tanto que el volumen que se emplee en dicho relleno ha de ser aquel que, con las características secciones y dimensiones de la base, ocupe un 15% de la altura total del hito, excepto en el empleo de hormigón, que sería el 10%. ¿Por qué esa cantidad? Porque se considera que es la suficiente para que el hito repose convenientemente fijado al pavimento y no sea fácilmente desplazable por agentes climatológicos tales como fuertes vientos o tormentas. Además, dicha altura de material le otorgará al elemento una condición de “rebasable” en caso de ser impactado por un vehículo, de manera que, en el citado caso, éste pueda ser “abatido” sobre el plano de la carretera.

- SISTEMA DE ANCLAJE:

Si bien por lo general los hitos de vértice se apoyan en una base plana, no es infrecuente que en vías de una determinada antigüedad exista un escalón o diferencia de cota entre los dos puntos que delimitan el “punto de bifurcación” entre el carril básico y el adicional o divergente. De esta forma es frecuente ver hitos torcidos, debido a dicho escalón, o en su defecto apoyados en cimentaciones o pequeñas peanas (u hornacinas) implantadas a propósito para nivelar su base.

Sin embargo, esto puede constituir un problema de seguridad vial toda vez que cualquier elemento superior a 7 cm de altura debe ser considerado obstáculo a los efectos del peligro que el mismo supone en caso de impacto por un vehículo descontrolado, según la norma de defensas. Por lo indicado, cuando existan diferencias o desniveles en la zona de ubicación del hito, se optará por aplicar las medidas necesarias para que no existan tales obstáculos superiores a 7 cm, entre las que cabrían:

- Fijar la cota del punto central en el punto medio de las cotas de los extremos, sobreelevando uno y excavando (o empotrando en el firme) el otro.

- Implantando apoyos puntuales mediante tornillos roscados, en número no inferior a cinco por cada hito, que permitieran una nivelación individual y personalizada, ya que esto haría factible salvar desniveles superiores a 7 cm de zócalo sin que existieran bases o peanas de fábrica contra las que impactar, siempre que se garantice su funcionalidad y estabilidad. En este caso no estaría permitido su relleno con hormigón.

- REFLEXIVO

Con respecto a lo que concierne al adhesivo, dos serán las cuestiones principales que afrontará este Trabajo: la geometría y la categoría del adhesivo

- Geometría: la parte frontal del hito de vértice estará ocupada por dos triángulos equiláteros iguales enfrentados por uno de sus lados con cada uno apuntando con su vértice hacia la dirección a seguir y separados entre ellos por una horquilla de entre media y una vez la altura del triángulo. ¿Por qué se propone que sean equiláteros? Porque se considera que es mejor que dos triángulos perfectamente definidos indiquen la dirección real. El hecho de sólo especificar isósceles como hace el borrador de Orden Circular y ninguna relación de longitudes podría dar lugar a figuras excesivamente esbeltas que a una gran distancia no fueran bien interpretables. Además, se propone romper con la tendencia que se ha venido aplicando en este elemento durante los últimos años, pese a no ser una medida obligatoria, de unir ambos triángulos con un adhesivo rectangular igualmente reflexivo. De tal manera que las únicas figuras presentes serán los anteriormente mencionados triángulos.
- Nivel del adhesivo: Los adhesivos a emplear en carreteras se clasifican en tres niveles, agrupadas según el nivel de retroreflexión, siendo el nivel RA1 el de más baja intensidad y el nivel RA 3 el de mayor. Se propone que en todas las autovías y autopistas sea de obligado cumplimiento que estos elementos presenten un nivel RA 3. En cambio, en carreteras convencionales se aceptará el empleo de elementos con

nivel RA 2. En las carreteras de ámbito autonómico de mayor entidad (primer y segundo orden) igualmente se emplearía el reflexivo de nivel RA 2, dejando sin uso el nivel RA 1 al considerarse que dada la premisa de que ha de estar iluminado, no se considera su empleo en carreteras, salvo las periurbanas iluminadas.

Esta serie de medidas siguen la misma línea que el nivel de retrorreflexión exigido para la cartelería y señalización vertical.

- TAMAÑO Y FORMA

Con respecto a los criterios para la elección de tamaño, existen dos tamaños estandarizados distintos de este elemento:

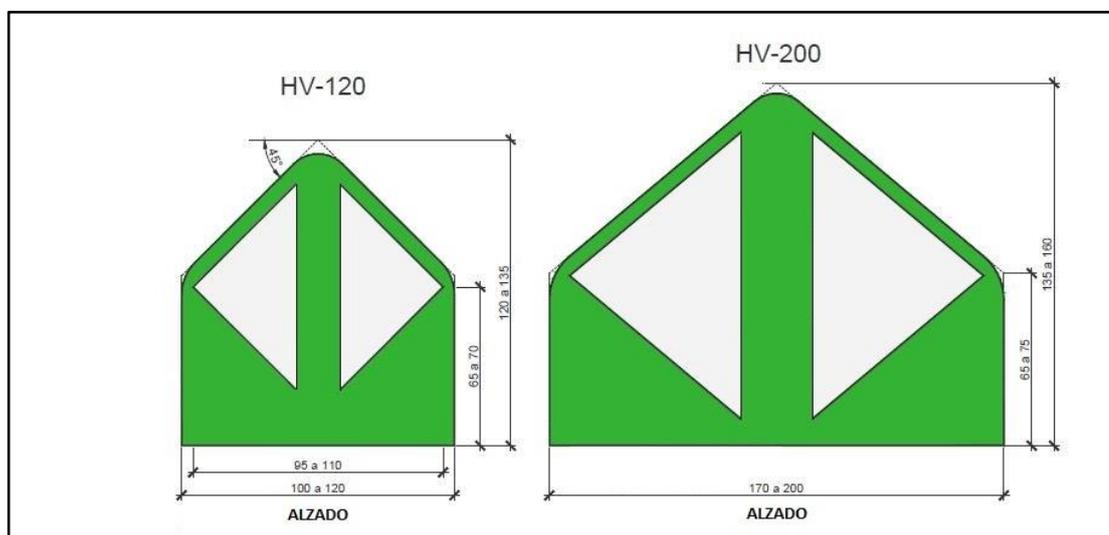


Figura 4.1.3.- Geometría del hito de vértice. (Propia-M.Fomento).

Para la elección de uno u otro tamaño se propone que el criterio sea el mismo que el de empleo de categoría de adhesivo, es decir: para autovías y autopistas se emplearía el HV-200 y, para el resto de carreteras, el HV-120.

Dada la definición que se ha propuesto para este elemento ha de ser empleado única y exclusivamente con la finalidad con la que ha sido diseñado, señalar las 2 posibilidades que se plantean en una divergencia, indicando ambas opciones por igual y respetando el diseño original. En ocasiones se ve por las carreteras españolas que este elemento ha sido empleado para marcar una dirección a seguir habiendo sido eliminado el adhesivo indicativo del lado

contrario, pero este elemento no ha sido diseñado a tal fin. Para ello está la señal R-401a. ¿Por qué se propone esta medida? Primeramente, porque no estaría funcionando como aquello para lo que ha sido diseñado, y segundo por que podría inducir al error a alguien. No parece acertada, por tanto, la excepción que permite el borrador del Ministerio de Fomento en el caso de lechos de frenado.



Figura 4.1.4.- Carretera N-521. Glorieta centro conservación CC-4. (Google).



Figura 4.1.5.- Ramal de enlace a la Autovía A-66 próximo a Mérida. (Google).

En el siguiente ejemplo se pueden contemplar dos de los planteamientos que han sido propuestos como “incorrectos”. Primeramente el hecho de que se disponga adhesivo indicando sólo el carril obligatorio de circulación y además el hecho de que el hito no esté debidamente orientado, aunque en este caso, precisamente por la primera premisa, esta colocación haría del impacto algo tangencial, ya que los vehículos solo circulan por una dirección, y no completamente perpendicular, y tampoco afectaría a aquellos vehículos que vendrían en sentido contrario, ya que a estos igualmente parecerá dispuesto en una posición tangencial.



Figura 4.1.6.- (Google).



Figura 4.1.7.- (Google).

Ambas figuras muestran la carretera N-630 a su paso por el Norte de Mérida, incluso tras una remodelación no del todo afortunada.

4.2 BALIZAS CILÍNDRICAS

4.2.1 Regulación

Las balizas cilíndricas, también llamadas “monaguillos” dado su carácter habitual de acompañamiento a los hitos de vértice (“obispos”) aparecen recogidos en las siguientes normas:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Les balises cilíndriques són elements d'abalisament viari, verticals i deformables de configuració cilíndrica, que es disposen i es fixen generalment a la superfície del paviment en disposició alineada per tal fer més visible l'encaminament del trànsit i evitar que aquest rebassi les marques viàries contínues, com és el cas de convergències, de divergències o de separacions permanents de fluxos de trànsit.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Las balizas H-75 son elementos generalmente cilíndricos, pudiendo ser también planos o curvos, dotados de dos franjas retrorreflectantes que aumentan su visibilidad.

La función principal de las balizas es servir de guía o referencia en zonas singulares de la carretera, especialmente en convergencias, divergencias e intersecciones, creando también un efecto disuasorio de franqueamiento.

- PG3:

Baliza cilíndrica: de geometría generalmente cilíndrica, fijada por su base y fabricada en material flexible con capacidad para recuperar su forma inicial cuando es sometida a esfuerzos. Sus características de masa total y flexibilidad son tales que puede ser franqueada por un vehículo, sin daño notable para éste, permaneciendo en su lugar original tras el paso del mismo.

- Reglamento General de Circulación:

7.º Balizas cilíndricas: refuerzan cualquier medida de seguridad, y no puede franquearse la línea, imaginaria o no, que las une.

4.2.2 Definición

Una vez leídas todas las definiciones existentes, se coincide bastante con las ideas que proponen las Administraciones. Con respecto a los Criteris d'abaliment de la instrucción catalana y el borrador de orden circular de recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento, se está bastante de acuerdo en su concepción general. En cambio, con respecto a la definición propuesta en el Reglamento General de Circulación, se considera que "refuerzan cualquier medida de seguridad" no es la razón de ser de estos elementos, limitándose única y exclusivamente al guiado. Aunque es cierto que en una divergencia se encuentran "envolviendo" la barrera bionda, se estudiarán casos en los que se propone emplear las balizas cilíndricas por ejemplo en accesos a propiedades colindantes a la carretera, como es el caso en considerables carreteras autonómicas en Extremadura, y además sirven para sustituir o complementar a otros elementos, como es el caso que se propondrá posteriormente en los intercambiadores de mediana.

Con respecto a la elección de su forma, existen 3 tipos de balizas cilíndricas: curvas (TH-75), planas (PH-75) y cilíndricas (CH-75). Aunque la designación habitual de la generalidad de estos elementos es H-75, por su altura de 75 cm, existiendo también la modalidad H-50 que considera a aquellas que tan solo miden medio metro de altura.

Se considera que la mejor opción es la de emplear balizas cilíndricas. Las planas no tienen mucho sentido, ya que el ámbito de aplicación de estos elementos son las situaciones en las que hay 2 carriles, es decir, 2 posibles puntos de vista, y teniendo en cuenta que las pegatinas de adhesivo precisan de la incidencia directa del haz de luz para la correcta reflexión de esta, las balizas planas no darían esa posibilidad. Sólo muy ocasionalmente es posible observar ejemplares en las carreteras, y aparentemente en lugares en los que se emplean estos modelos, por su bajo coste, más que por su eficacia.

Con respecto a las curvas, tendría sentido su empleo desde el momento en que en teoría son más baratas que las cilíndricas. Pero existe un problema que se manifiesta en la foto:



Figura 4.2.1.- (Google-Propia).

Al margen del incorrecto uso del hito de vértice (según se describe en el capítulo anterior “4.1 Hitos de Vértice”) si en esa situación en lugar de balizas cilíndricas hubiera balizas curvas, para el vehículo que sigue la trayectoria roja, no habría problema, ya que continuaría viendo de manera frontal los reflexivos. En cambio, para aquel que viniera por la trayectoria azul, sería un problema ya que estos elementos no presentan reflexivo por el reverso.

Por esta serie de motivos es por lo que se propone que las cilíndricas sean las de uso estandarizado.

En lo referente al tema de las propiedades colindantes a la vía, La Junta de Extremadura dispone 2 de estos hitos H-50 (uno a cada lado del acceso) para señalarlos, ya que como es normal, a la altura de esas entradas, en la vía principal no se encuentra barrera bionda. Se propone que se mantenga como norma pues es una medida que puede contribuir a la seguridad vial con muy bajo coste, especialmente a la hora de la utilización de dichos accesos en condiciones desfavorables, evitando frenazos bruscos.

Por lo tanto, la definición que se propone va muy en la línea de las 2 primeras, y es: “elemento de balizamiento generalmente cilíndrico sobre anclaje ocasionalmente abatible, de plástico rígido deformable, dotado de material reflexivo y fijado al pavimento, cuya función es servir de guía de la trazada de la carretera en situaciones especiales tales como convergencias, divergencias, intersecciones y otras”

4.2.3 Disposición

En cuanto a convergencias y divergencias (que son los principales ámbitos de aplicación) se pueden disponer en “V” y en “Y”. A continuación, se explicará el criterio que se propone seguir para elección de un tipo u otro.

En el caso de poder ser dispuestas en “Y”: se puede dar que la vía principal y el carril de auxiliar de deceleración estén separados por una línea blanca de 40 cm (30 cm si no es autovía o autopista) o una zona cebreada de más anchura, pero que ésta sea constante. En el primer caso, disponer unas balizas cilíndricas sobre la línea sería algo poco práctico ya que le sobrarían tan sólo 10 cm a cada lado. En cambio, si tenemos una zona cebreada de en torno a 1 m de anchura, es más factible el hecho de disponer esas balizas. Para este supuesto, sobre el que se ilustran algunos ejemplos en el capítulo 4.3, se propone una doble alineación de captafaros de suelo, o bien la instalación de otras balizas de menor tamaño, algunas de las cuales se estudian en el presente Trabajo.

Esta disposición en “Y” se dará en aquellos carriles que tengan una longitud considerablemente grande. Es por ello, que, en el caso contrario, de carriles que no presenten mucha longitud, se habrá de disponer el modo “V”.

Por otro lado, cuando en un carril de salida de una carretera, sea del tipo que sea, el radio de curvatura es muy pequeño, se propone que estas balizas no cuenten con una gran separación entre ellas, ya que con la proximidad de unas a otras se quiere transmitir la advertencia de peligro ante una curva cerrada. No cabe, por tanto, proponer distancias similares en cualquier curva de la Red de carreteras... en realidad, la importancia de aplicar la adecuada homogeneidad está en que lo sea, de forma completa, en la propia curva, y para eso hay que asegurar que en curvas muy cerradas, e independientemente de que haya otros elementos como paneles direccionales o barrera metálica, el conductor divise no menos de 5-7 elementos en la prolongación recta del carril de deceleración, y que dicha cadencia se mantenga homogénea hasta el lugar en el que ya se garantiza que el vehículo ha advertido la curva y disminuido su velocidad.

Cabe destacar que la aplicación de este principio ha de ser en “la mitad derecha” de la sucesión de balizas que rodean al hito de vértice, es decir, en aquellas que se encuentren en la margen izquierda del carril de salida.

4.2.4 Generalidades

En este capítulo se considerarán ciertos aspectos referentes a las balizas cilíndricas que no pueden ser englobados ni en la definición ni en la disposición, ya que, como tal, no son plenamente ninguno de los 2 aspectos, los cuales son:

- COLOR

Con respecto al color del elemento, la norma catalana manifiesta que el color ha de ser blanco y azul en caso de ser permanente la colocación del elemento, y blanco y rojo en caso de ser provisional. El borrador de recomendaciones del Ministerio de Fomento mantiene que el verde sea el color del elemento en cuestión. Con respecto al Reglamento General de Circulación, se muestran fotos del elemento en blanco, amarillo y verde, pero no aparece como tal escrito cual ha de ser el color que se instaure.

Por lo tanto, se propone que el color que tengan los elementos sea el verde, ya que anteriormente se ha considerado que los hitos de vértice presenten ese mismo, y por el mismo criterio que estos últimos, que es que el verde puede hacer más contraste con respecto al negro del pavimento. En cambio, para la excepción de disponer las balizas en las entradas de las propiedades, dado que esto se dará en carreteras convencionales, se propone que el color sea el azul, que haría más contraste contra un hipotético verde de la fachada de la parcela colindante, y además permitiría distinguir aquellos elementos pequeños que sirven para indicar peligros muy puntuales, de los de tamaño normal que indican peligros lineales.

Por último, se tomará el modelo catalán como base y para cuando el uso de estos elementos sea una cuestión temporal (empleo en obras, desvíos de tráfico, etc...), serán instalados de color rojo.

- SISTEMA DE ANCLAJE

Con respecto al modo de anclar las balizas al pavimento, se podría transcribir el artículo del borrador del Ministerio de Fomento, que dice: *“serán tales que aseguren la fijación permanente de las mismas por su base, de modo que, en caso de arrancamiento, rotura o deformación, no se produzca riesgo para el tráfico rodado, ni por causa de baliza arrancada ni por los elementos de anclaje que pueden permanecer sobre la calzada. No se admitirán arandelas o chapas metálicas.”* Esto consiste en una base convenientemente fijada al pavimento que se une con el hito en si mediante una pieza de plástico que es la que le confiere el carácter abatible, y en caso de impacto de vehículo contra la baliza, esta saldría despedida, la base permanecería perfectamente fijada y la única pieza a reparar sería el tornillo.

- REFLEXIVO

Al igual que la coincidencia en cuanto al criterio del color con respecto a los hitos de vértice, se propone que en este sentido también coincidan, es decir: adhesivo reflexivo blanco y que cumpla que en todas las autovías y autopistas sea de obligado cumplimiento que estos elementos presenten un nivel RA 3. En cambio, en carreteras convencionales se aceptará el empleo de elementos con nivel RA 2. En las carreteras de ámbito autonómico de mayor entidad (primer y segundo orden) igualmente se emplearía el reflexivo de nivel RA 2. Y quedaría un último nivel de retrorreflexión, que sería el RA 1, pero sus condiciones de diseño hacen que trabaje bien en ambientes iluminados artificialmente, esto es, ciudades (tal y como se muestra en las siguientes imágenes), por lo que no se considerará obligatorio su empleo en carreteras urbanas o periurbanas, aunque sí recomendable.



Figura 4.2.2.- (Google).



Figura 4.2.3.- (Google).

- TAMAÑO Y FORMA

Con respecto al tamaño, la normativa catalana considera que estos elementos pueden ser de diferentes medidas, siempre que cumplan una relación de $H=3,75*D$. El borrador de recomendaciones del Ministerio de Fomento indica que han de medir 75 cm de altura y entre 10 y 20 cm de diámetro. Se considera que es un buen criterio por lo que se toma éste como propuesta, siendo prioritario el uso del diámetro mayor salvo causas justificadas.

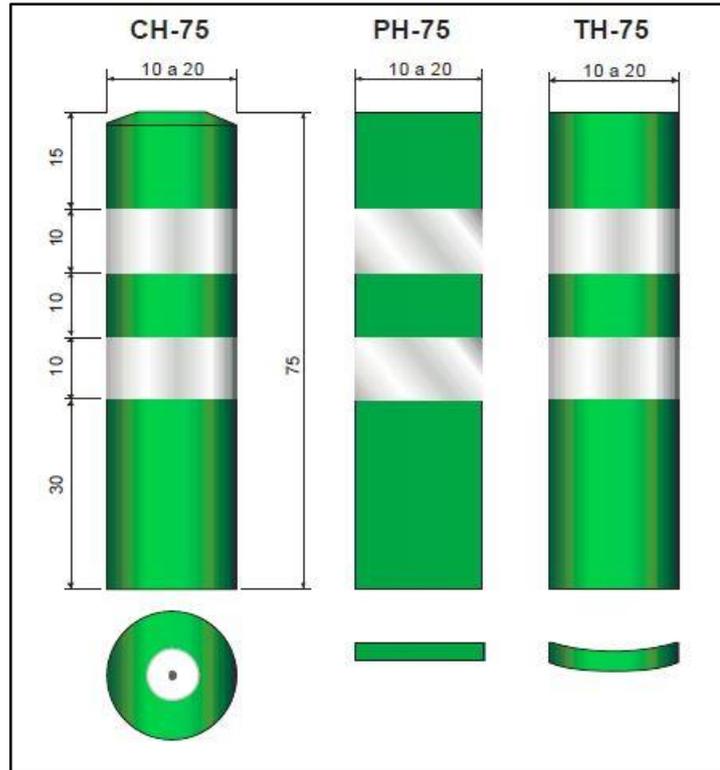


Figura 4.2.4.- Geometría de la baliza cilíndrica (M.Fomento).

4.2.5 Criterios de instalación

El empleo de estas balizas está muy generalizado; sin embargo, no lo está tanto la homogeneidad en cuanto a los criterios de implantación. Se propone su utilización en los siguientes supuestos:

- 1. Divergencias.** Generalmente al final de un carril de deceleración, sea normal o de tipo directo en cuña. Su empleo seguirá los modelos que se definen en el capítulo 4.3 (por tanto, delante de los hitos de vértice), y de los que se concluye que el número de balizas no ha de ser igual a un lado y otro de la “punta de flecha” de la divergencia, sino que puede variar, incidiendo más ejemplares en la zona curva cóncava, y menos en las zonas convexas, o rectas, a razón de 1:3 o incluso hasta 1:5. La separación de las líneas de balizas con respecto a la marca vial puede variar: así, puede ser de hasta 1,5 m en autovías por las que puedan circular ciclistas en el arcén, reduciéndose hasta 0,5 m en los casos en

que esté prohibidos, como las autopistas. En casos extremos donde sea necesario, se puede reducir a 0,3 m. En cuanto a los ramales, esta separación se puede reducir incluso más, pudiendo ser de 0,2 m en curvas cóncavas o rectas. De esta forma, el mayor acercamiento de las 2 alineaciones de balizas hacia la línea blanca que delimita su carril contiguo permite que el primer elemento, el ubicado “en punta”, esté lo más anticipado posible de la divergencia real, completando así con mayor éxito la función que se le asigna de ayudar a tomar la decisión de divergir tan pronto como sea posible.

Es preciso añadir que cuando el carril de la divergencia continúe con una curva fuerte, o con un cambio de rasante (como puede apreciarse en algún ejemplo de dicho capítulo 4.3 en la A-66, enlace 494, o en la AP-9, salida 31), la alineación de balizas debe continuar incluso aún en recta, para favorecer el efecto delimitador, y sin perjuicio de que ya existiera barrera de protección con captafaros, cuyo poder balizador de noche es muy inferior al de las balizas, o que existieran también paneles direccionales, pues ambos tipos de elementos se complementan, pero no se sustituyen.

2. **Convergencias.** Puede hacerse un razonamiento similar. En general se entiende que las convergencias suelen ser cóncavas, por lo que puede mantenerse la separación 0,2 m, en principio hasta como mínimo la prolongación visual del borde derecho del carril, como se ilustra en los ejemplos del capítulo 4.3. Sin embargo, esto no siempre es posible, si esta hipotética prolongación invadiera el carril de 1,5 m libres para los ciclistas que circulen por el arcén... en ese caso, la última baliza marcaría esa separación y ya no se colocarían más, pues estrecharían ese pasillo mínimo.
3. **Isletas y otras zonas cebreadas.** En el capítulo 4.3 se ofrecen algunos ejemplos de implantación, balizando en general el efecto de las puntas de las isletas, e intentando que no existan ejemplares sueltos aislados, sino un número mínimo de 3-5 ud que provoquen el efecto deseado, pues es posible que a pesar de encontrarse ya una vez abandonado el carril de deceleración, o en vías de servicio, los vehículos aún no hayan reducido

su velocidad suficientemente, y no puede confiarse al coloreado de las isletas (cuya altura sobre el pavimento oscila entre 12 y 22 cm) el efecto de advertencia, pues la falta de conservación, o de limitadores de hierbas, o de esferitas en sus repintados, hacen muchas veces invisibles tales isletas hasta que ya es tarde.

4. **Accesos.** Como se ha indicado antes, siguiendo el ejemplo implantado por la Junta de Extremadura en su red con carácter general, es interesante la idea de instalar dos hitos H-50, de color azul, remarcando los bordes de los accesos, como medida adicional de seguridad vial.
5. **Intercambiadores de mediana.** Esta medida es complementaria de las indicadas para los captafaros de barrera en el capítulo 4.5. En los intercambiadores generalmente suele existir una barrera física, que puede presentar las siguientes configuraciones en planta: sobre ruedas, fija hincada, fija desmontable, o con hueco central practicable.

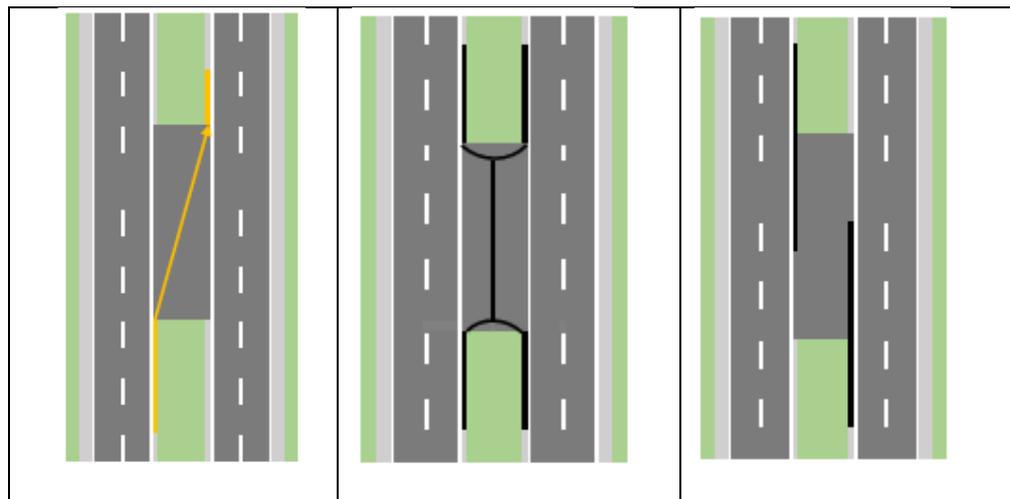


Figura 4.2.5.- (Propia).

Como se indica en el capítulo 4.5, no deben colocarse captafaros de barrera en aquellas que no sigan estrictamente su alineación natural, bien por estar dispuestas en planta en talud, o en separadores de mediana fijos, o en las barreras de mediana a dos caras (prohibidos en la cara más alejada de su propia calzada). En los ejemplos de la figura anterior, el primero responde al intercambiador clásico, por el que ocasionalmente se harán desvíos de tráfico.

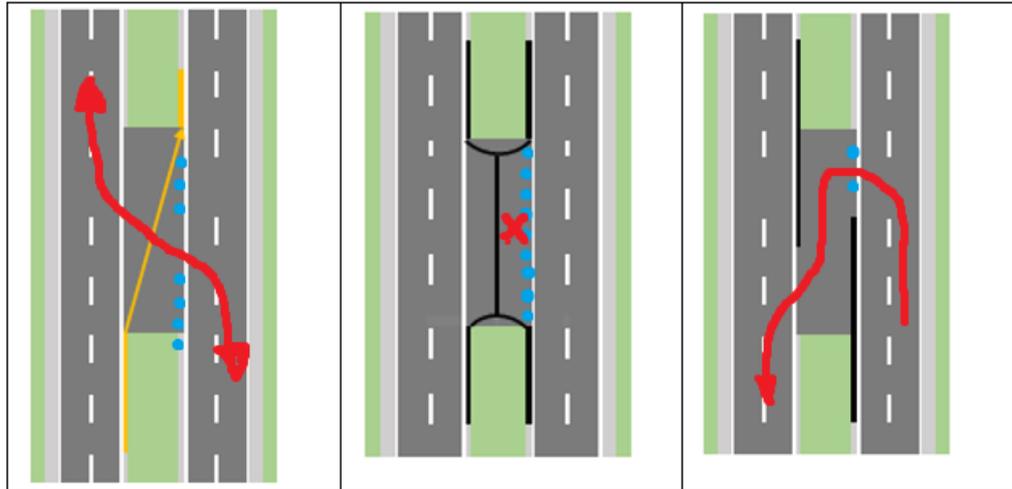


Figura 4.2.6.- (Propia).

Por ello la alineación lateral de balizas cilíndricas tendrá una pequeña discontinuidad donde se suela realizar el desvío, con la anchura mínima suficiente para ello. En el segundo caso, de impermeabilidad total, la línea de balizas será continua y de separación homogénea para evitar ser traspasada, y en el tercero (utilizado sólo para emergencias o cambios de sentido de los vehículos de vialidad invernal, y no para desvíos de tráfico ordinarios, aunque sí desvíos extraordinarios), las balizas permitirán a dichos vehículos el cambio de sentido. Todo esto se complementará manteniendo los captafaros de suelo y eliminando los de barreras, excepto en el tercer caso.

6. **Medianas con vías laterales.** Existen en muchas ocasiones vías laterales separadas por una zona cebreada de anchura constante (también llamada terciaria, incluidos carriles-bici, por no separar calzadas de sentidos contrarios de circulación). Tanto si es divergencia como convergencia, en estas zonas es conveniente colocar una alineación de balizas, pero única y no doble con carácter general, que garantice la separación cuando se cumpla la premisa segunda de la introducción del Trabajo. La alineación podrá ser doble si la terciaria es especialmente ancha.



Figura 4.2.7.- (Google).

En ocasiones, este largo tramo de anchura constante ni siquiera tiene cebreado, sino línea de 40 cm:



Figura 4.2.8.- (Google).

En este caso no es aconsejable la baliza cilíndrica CH-75 si se dispone de otros elementos de menor tamaño, bien sean CH-50, o modelos alternativos también recogidos en el presente Trabajo.

- 7. Zonas cebreadas.** En multitud de ocasiones se observan amplias zonas cebreadas por diversos motivos (por ejemplo, en el inicio y final de carriles de cambio de velocidad en intersecciones de carreteras convencionales) cuyo balizamiento puede ser reforzado instalando balizas cilíndricas que

Bases para futura norma reguladora de balizamiento de carreteras.

4.2. Balizas cilíndricas

faciliten el seguimiento de las ligeras curvas que caracterizan estos ejemplos.

4.3 CONJUNTO HITOS DE VÉRTICE + BALIZA CILÍNDRICA

En el presente capítulo se estudiarán estos 2 elementos de manera conjunta, ya que la mayoría de las ocasiones se encuentran juntos formando un grupo de elementos de balizamiento.

En la imagen que se muestra a continuación se puede ver una divergencia tipo, y sobre ella, se explican una serie de medidas que habrá que tener en cuenta en lo sucesivo en este Trabajo de Fin de Grado.

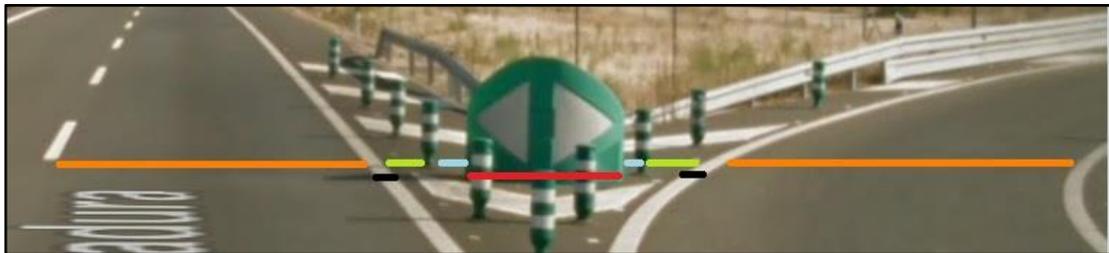


Figura 4.3.1.- (Google-Propia).

En una sección transversal de la carretera realizada unos metros después del punto de separación, se contemplaría: marca vial de eje de la calzada principal (15 cm), marcado en naranja el carril lento de la calzada principal (3,5 m, aunque el realidad son 3,425 m, ya que los 15 cm del eje de la calzada se reparten equitativamente entre ambos carriles), en negro la marca vial del borde derecho del carril (20 cm), en verde el espacio libre entre marca vial y la propia baliza cilíndrica (50 cm), el espacio que ocupe el diámetro de las balizas cilíndricas (10-20 cm), representado en azul el espacio existente entre las balizas cilíndricas y el hito de vértice (50 cm), la línea roja representa la anchura del hito de vértice (de 1 a 2 m dependiendo del modelo), en azul la separación entre el hito de vértice y las balizas cilíndricas (20 cm), a continuación la anchura que representen las balizas cilíndricas (10-20 cm), en verde se define la separación entre la baliza cilíndrica y la marca vial izquierda del ramal de salida (20 cm), en negro se representa dicha marca vial (15 cm) y el naranja representa la anchura del carril del ramal (3,5 m).

En el presente capítulo se van a realizar una serie de propuestas que rebatirán todas las normas actuales en materia de hitos de arista y balizas cilíndricas,

incluido el borrador del Ministerio de Fomento, pues del estudio comparativo de ambas soluciones posibles se desprende un desequilibrio entre las ventajas y los inconvenientes claramente favorable a la alternativa que se propondrá en este Trabajo.

Para constatar la validez de dichas propuestas, se mostrarán una serie de imágenes que demostrarán la validez de las mismas en todas las situaciones en que pudieran darse, cuya variedad intenta reflejarse a continuación, para concluir que siempre es preferible que el primer elemento a disponer sea una baliza cilíndrica y no un hito de arista.

COORDINACIÓN CON BALIZAS CILÍNDRICAS

Dada la especial naturaleza de estos elementos de balizamiento, se considera que su coordinación con las balizas cilíndricas debe ser fundamental, de forma que los enclaves en los que se implanten han de estudiarse de forma conjunta. Para ilustrar esta idea se han seleccionado diversos lugares de autovías repartidas por la geografía nacional, a través de la herramienta virtual GOOGLE EARTH, y se ha realizado un trabajo comparativo de la situación actual y de la situación a la que podría llegarse en aplicación de los criterios que se establecen en este Trabajo de Fin de Grado, mediante simulación gráfica.

Para ello es muy importante justificar uno de los puntos de mayor conflicto en el desarrollo de esta idea, y es la controversia sobre cuál es el elemento que ha de implantarse en primer lugar, como “punta de lanza” del balizamiento en la bifurcación, y las ventajas e inconvenientes que presenta cada alternativa. En general, la figura que tiene el hito HV-200 “en punta” es una simplificación absoluta de un problema más complejo. Con la disposición en planta de muchos enlaces en las autovías actuales, a veces existen en la divergencia largas cuñas cebreadas, precedidas normalmente de una banda continua de 40 cm (que delimita el carril) de una determinada longitud; pues bien, el primer elemento de balizamiento debe aparecer cuanto antes, mejor, porque es el que indicará realmente la divergencia, si aplicamos la definición propuesta; aunque sea el primer elemento, es el último aviso para elegir carril, y la

decisión es irreversible... todas las balizas que estén detrás son sólo de acompañamiento, cuando ya tendría que haber tomado la decisión de seguir por el tronco o tomar el carril de deceleración y tener la seguridad de haber hecho la maniobra correcta. Por su configuración geométrica y dimensional, y por la forma de cuña, en muchas ocasiones la anchura del N-180 / HV-200 más los resguardos a sus 2 lados condicionan a que deba estar situado demasiado atrás (muy lejos del último punto utilizable de la divergencia), donde el cebreado de la cuña tenga ya una anchura considerable como para caber dentro del mismo, mientras que un primer elemento en punta tipo H-75 podría haber sido ubicado muchos, muchos metros antes, por su estrechez. Por lo general, de noche y con lluvia (premisa nº 2, cuando más se necesita un buen balizamiento), en el momento en que uno divisa de forma razonable un hito de vértice y decide tomar uno u otro carril ya es tarde, se ha terminado el tramo discontinuo de anchura 40, y ya no tiene posibilidad de maniobrar si no es con grave peligro de perder el control y pisando donde no deba. Esto se mitiga de forma importantísima permitiendo que sea un hito cilíndrico H-75 “en punta” el primer elemento de balizamiento, visible muchos metros antes, aunque sea más pequeño, cuando aún es posible tomar la decisión. Basta pensar en un trazado ligeramente convexo en alzado, o con una suave curva, condiciones adversas y nocturnidad, y ya se darían todas las condiciones necesarias para que el hito de vértice no se divise en absoluto hasta que no estás casi encima del mismo, ya demasiado tarde para tomar la divergencia.

Resumiendo, se puede concretar la justificación de la siguiente forma:

La implantación del hito de vértice en primer lugar, flanqueado posteriormente con hitos cilíndricos detrás de su ubicación, paralelos a sus respectivas marcas viales, presenta únicamente la ventaja de que la cara vista del hito de vértice se ofrece íntegra al punto de vista del conductor, mientras que, en el caso contrario, los propios “monaguillos” ocultarían parcialmente (en función de su altura) la parte inferior del hito de vértice.

En cambio, la utilización de “monaguillos” en primer lugar ofrece varias ventajas, algunas de ellas muy singulares:

Por su menor anchura, la colocación del “monaguillo” en primer lugar permite que éste se ubique considerablemente antes en la trayectoria de la divergencia, pues es sabido que un hito de vértice precisa zonas cebreadas de no menos de 150 cm de anchura como mínimo para ser instalado (o 250 cm si es el modelo HV-200) por pura geometría, por lo que se pierde mucha capacidad de anticipación, esencial a la hora de cumplir la misión que le ha sido asignada en la definición del elemento.

Otra razón de peso es la seguridad vial: los accidentes que se suelen producir en estas zonas son leves, e implican el impacto de un vehículo contra el primer elemento (sea el que sea) que se encuentran en la divergencia, bien por despiste, malas condiciones climatológicas, deslizamiento, toma de decisión tardía, etc ... Si ese primer elemento es una baliza cilíndrica, normalmente por el impacto saldrá despedido el mismo y quizás algún otro H-75 más, arrancados de su ubicación sin más peligro que el moderado atropello de una de las balizas si ésta acabara en la calzada. Pero si el primer elemento es un hito de vértice HV-200, el impacto será mucho mayor, pudiendo ser muy lesivo para los usuarios del vehículo accidentado por el peso de su lastre y sus dimensiones. Además, si el hito HV-200 acaba siendo despedido y termina en la calzada, de noche y tumbado en el suelo (sin sus reflexivos “a la vista”), puede ocasionar un accidente de grandes dimensiones, en muchos casos por las maniobras de evasión (para evitar el choque con el mismo) que produzcan pérdidas de control, mientras que un H-75 en la calzada puede rodar por el peralte o bombeo, y si no lo hace, siempre ofrece algo de reflexivo a la vista para advertir de su presencia, sea cual sea la posición en la que quede. Además, sin perjuicio del mucho mayor riesgo, la reposición de los elementos en uno y otro caso tendrían costes muchísimo más elevados en el caso del HV-200, y la facilidad de reponer un H-75 por el propio vigilante, in situ y sobre la marcha, no es comparable a la del voluminoso HV-200, que precisa de mucho más tiempo y medios para su sustitución.

Esto tiene asimismo una repercusión menor, aunque importante, como es la económica, ya que la reposición de elementos en punta se entiende que es frecuente (o así lo aparenta cuando se realiza un recorrido habitual por cualquier autovía), y desde luego es mucho menos exigente en el caso del

modelo cilíndrico (unos 34 €/ud PEM) que del de arista (unos 273 €/ud PEM), sin perjuicio de que el coste de mano de obra de su implantación o reposición. Con todos estos condicionantes se realiza a continuación el estudio comparativo que, apoyándose en la hipótesis de que el hito cilíndrico debe ser el primero en ser visto por el conductor, se ratifica dicha hipótesis con multitud de ejemplos que, se considera, confirman que es la solución acertada al problema.

Para ello se plantea esquemáticamente un croquis que ilustra lo antedicho.

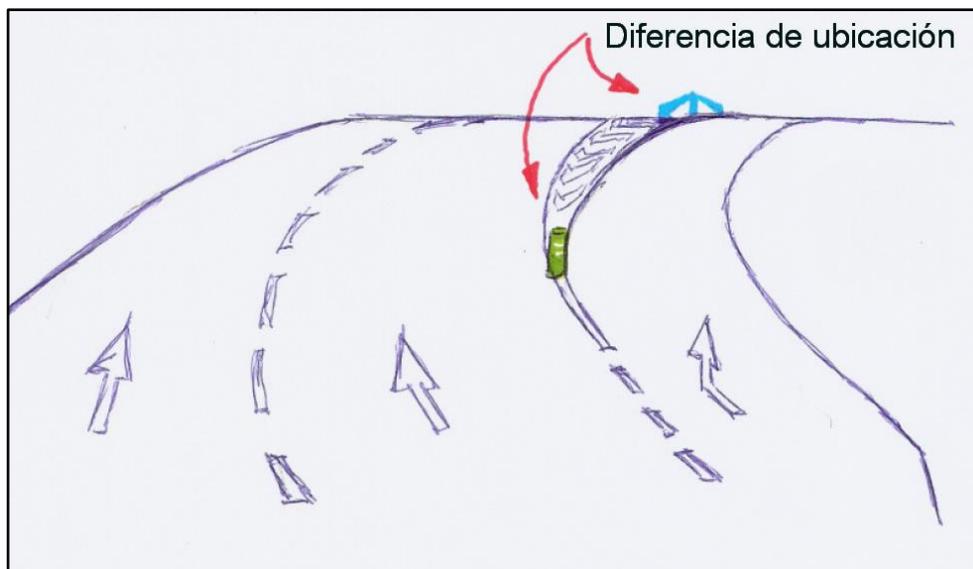


Figura 4.3.2.- (Propia).

En cuanto a su disposición en planta, se sabe que en general se colocan de forma simétrica a lo largo de la “punta de flecha” que representa la bifurcación, con carácter general. Sin embargo, se entiende que existen disposiciones mejores, más funcionales y económicas, que permiten optimizar el número de elementos a emplear, aumentando su eficacia y disminuyendo los costes de conservación. Para ello simplemente hay que tener en cuenta el lado hacia el que discorra la curva, en el caso de que las haya, ya que las balizas cilíndricas se tapan entre ellas de forma inevitable y no es preciso reiterar las que quedan en la parte de atrás, pudiendo colocarse a razón de una “trasera” por cada dos, tres o cuatro “delanteras”. Sólo las que se colocan en la “cara vista” de la punta de flecha tienen una misión realmente efectiva. Se ilustra la idea en el croquis adjunto:



Figura 4.3.3.- (Propia).

En aplicación de todo lo indicado es fácil deducir que el hito de vértice nunca debe sobresalir de la alineación de las balizas, no sólo porque las tapan sino porque eleva la peligrosidad innecesariamente, sin perjuicio de que estrecha el pasillo que lo separa del arcén. En la figura siguiente se comprueba lo que no debiera permitirse de ninguna forma (el hito sobresale de las balizas cilíndricas, que están claramente mal colocadas, y si lo estuvieran bien, adelantarían muchísimo su percepción en circunstancias adversas):

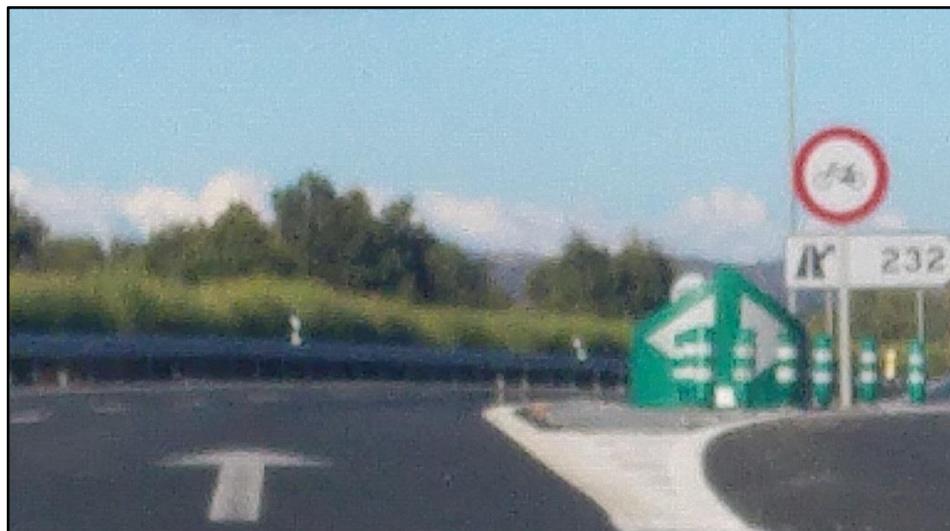


Figura 4.3.4.- (Propia).

Por último, hay que recordar que el pasillo que separa la calzada de las balizas colindantes debe tener una anchura mayor en caso de autovías, si es posible de 1,5 m porque por ellas pueden circular los ciclistas por el arcén (si no está expresamente prohibido). En la figura anterior se comprueba que sí existe esa prohibición, con lo cual no sería necesario garantizar tanta anchura; por tanto, se podría acercar la alineación de las balizas al borde de la calzada principal, y con eso se mejoraría sustancialmente la solución de la divergencia adelantando mucho el primer elemento, como se puede comprobar, volviendo a situar el hito bien colocado sin siquiera tocarlo:

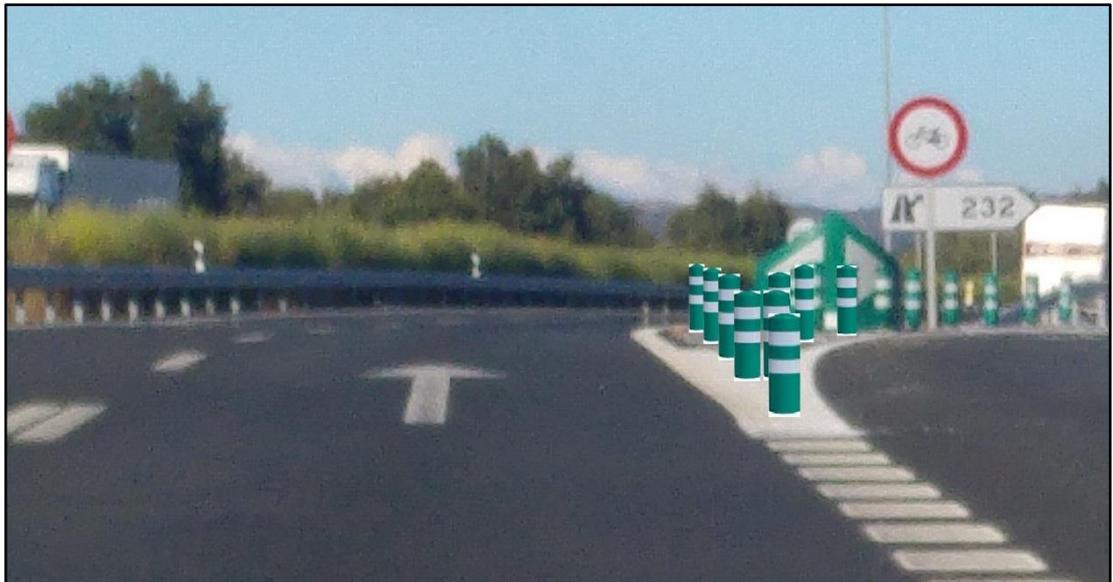


Figura 4.3.5.- (Propia).

Similar razonamiento se puede hacer en las autopistas, donde sí está totalmente prohibida la circulación de ciclistas por el arcén (artículo 38.1 del Reglamento General de Circulación. RD 1428/2003, de 21 de noviembre).

SIMULACIÓN DE EJEMPLOS DE BALIZAMIENTO CONJUNTO.

A continuación, se desarrolla la simulación de diversos ejemplos en muy diferentes circunstancias de los que se deduce la idoneidad de la solución aquí propuesta.

- **A-5 Enlace 152**

Margen izquierda: Primera baliza cilíndrica muy atrasada, lo que significa que hay mucha superficie cebreada sin hitos. Si se acerca más la línea de balizas del ramal a la línea blanca del borde izquierdo del mismo (no hace falta tanto “pasillo” porque por ahí no va a circular nadie) se ganarían muchos metros de avance y más sitio para adelantar el hito de vértice. Además, en el ramal de salida sobran balizas cilíndricas por estar en recta. Basta, en todo caso, con llegar hasta el hito de vértice, pero no más allá.

Margen derecha: Cubrir con hitos la prolongación visual de la alineación del arcén derecho, y es suficiente. No más, para que en el tronco siga habiendo arcén suficiente para los ciclistas.

Planta Salida calzada izquierda y Entrada calzada derecha

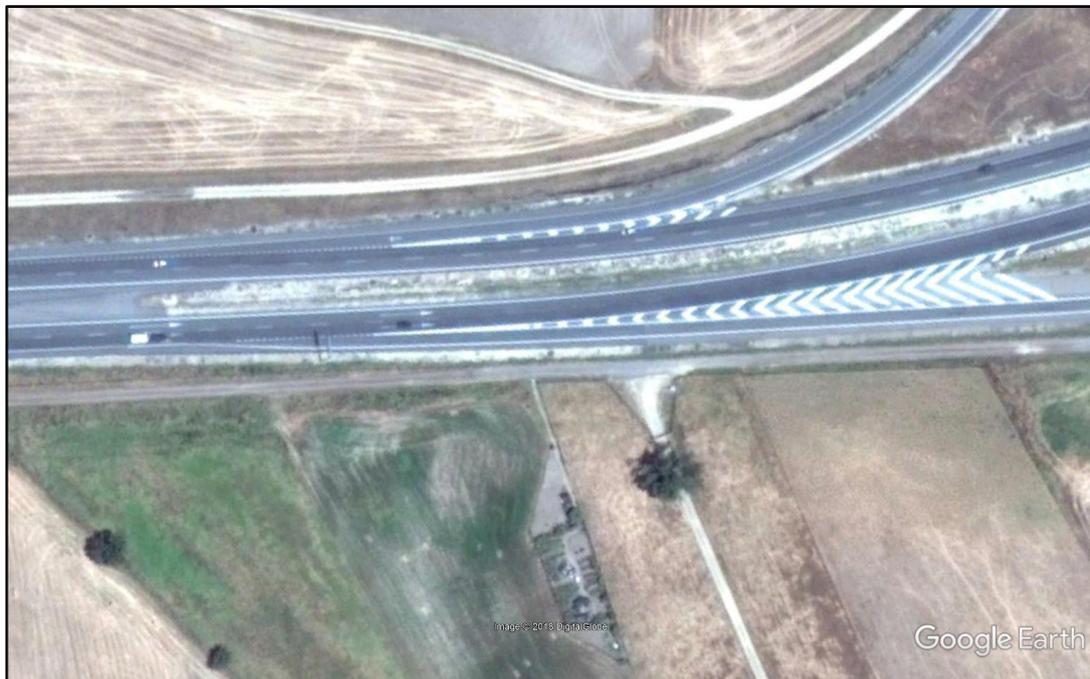


Figura 4.3.6.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.7.- (Google). Situación propuesta en las cuñas de las dos calzadas.



Figura 4.3.8.- (Google). Situación actual calzada izquierda.

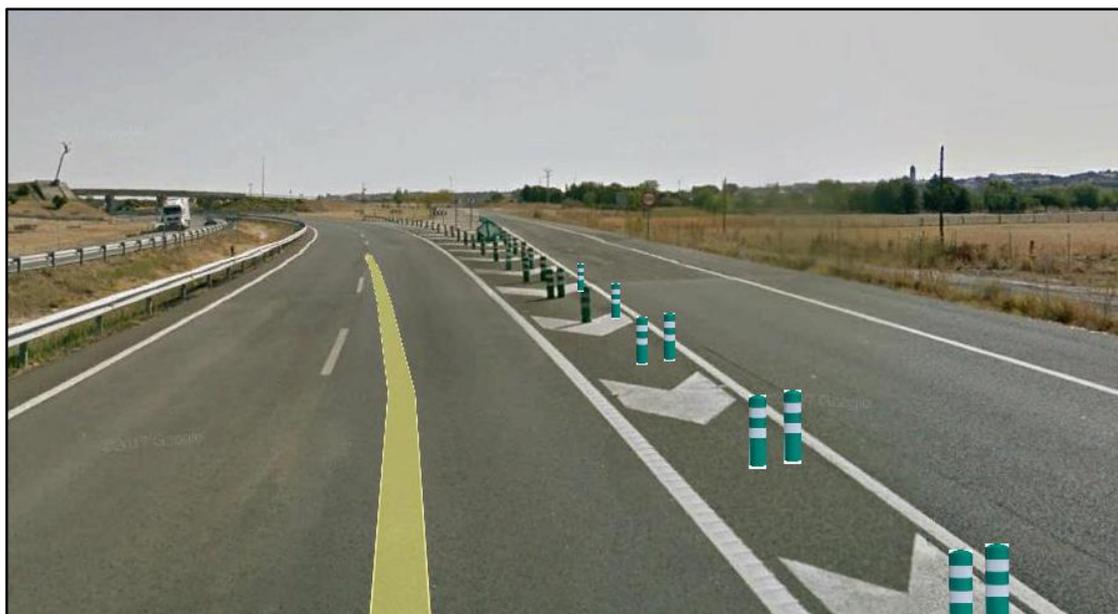


Figura 4.3.9.- (Google-Propia). Situación propuesta.



*Figura 4.3.10.- (Google). Situación actual calzada derecha.
Perspectiva de la prolongación de la línea blanca derecha del carril.*



Figura 4.3.11.- (Google-Propia).

Propuesta: instalación de balizas cilíndricas hasta cubrir esa prolongación visual, pero no más allá porque los ciclistas han de disponer de 1,5 m en el arcén de la calzada principal para seguir pasando por el arcén.



Figura 4.3.12.- (Google). Situación actual.

Misma perspectiva desde la propia calzada principal.



Figura 4.3.13.- (Google-Propia). Situación propuesta.

- **A-5 Enlace 154**

Margen izquierda: Es un caso de vía similar a la colectora-distribuidora. En este caso, la existencia de una mediana cebreada y una isleta hormigonada muy pequeña, longitudinal de anchura casi constante, hacen poco efectiva la instalación de hitos de vértice si el espacio es estrecho... en este ejemplo cabría, pero si es más estrecho sería más lógico usar en el vértice un hito “de barril”; así, estaría complementado el balizamiento con una fila única de balizas cilíndricas, que deben adelantarse mucho con respecto a la imagen, ocupando la mayor longitud de cebreado posible compatible con la anchura para ciclistas en el tronco, que no en el ramal. Y, por el contrario, no hacen falta dos filas en forma de cuña o punta de flecha porque no aportan nada... en todo acaso, poner más densidad de hitos en una fila única...

Margen derecha: Salida: ejemplo similar a la margen contraria, la primera baliza cilíndrica debe adelantarse mucho pero no es posible sin estrechar el arcén del tronco a menos de 1,5 m para que pasen los ciclistas. Además, están en línea recta y no siguen la curva del arcén.

Por otra parte, no hacen falta muchos ejemplares en tronco porque es curva ligera a la derecha. En cuanto al ramal, el arcén izquierdo ya está cubierto con balizas hasta la prolongación visual de la alineación del arcén derecho. El hito de vértice es pequeño y debe estar mejor colocado.

Entrada: Cubrir con balizas cilíndricas la prolongación visual de la alineación del arcén derecho, y es suficiente. No más para que en el tronco siga habiendo arcén suficiente para los ciclistas.

Planta general:



Figura 4.3.14.- (Google).



Figura 4.3.15.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.16.- (Google-Propia).

Propuesta en todas las isletas y cebreado de isletas.



Figura 4.3.17.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.18.- (Google-Propia).



Figura 4.3.19.- (Google). Situación actual. Propuesta Vista 1.



Figura 4.3.20.- (Google-Propia). Propuesta Vista 2.



Figura 4.3.21.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.22.- (Google-Propia). Propuesta Vista 1.



Figura 4.3.23.- (Google-Propia). Propuesta Vista 2: cumple con la prolongación visual de línea blanca arcén derecho cubierta con balizas.

- **A-5 Enlace 163**

Ramal de salida. Hito de vértice pequeño y situado muy atrás en la salida. Se debe adelantar. En cuanto a las balizas cilíndricas del ramal, ajustarlos más a la línea blanca de arcén del ramal, como se propone en el enlace 152, apenas tendría efecto.

Ramal de entrada. No hay balizas cilíndricas en la entrada. Cubrir con balizas la prolongación visual total de la alineación del arcén derecho no es posible, porque no queda más cebreado, así es que basta con colocar las balizas suficientes para que en el tronco siga habiendo arcén válido para los ciclistas.



Figura 4.3.24.- (Google). Situación actual.

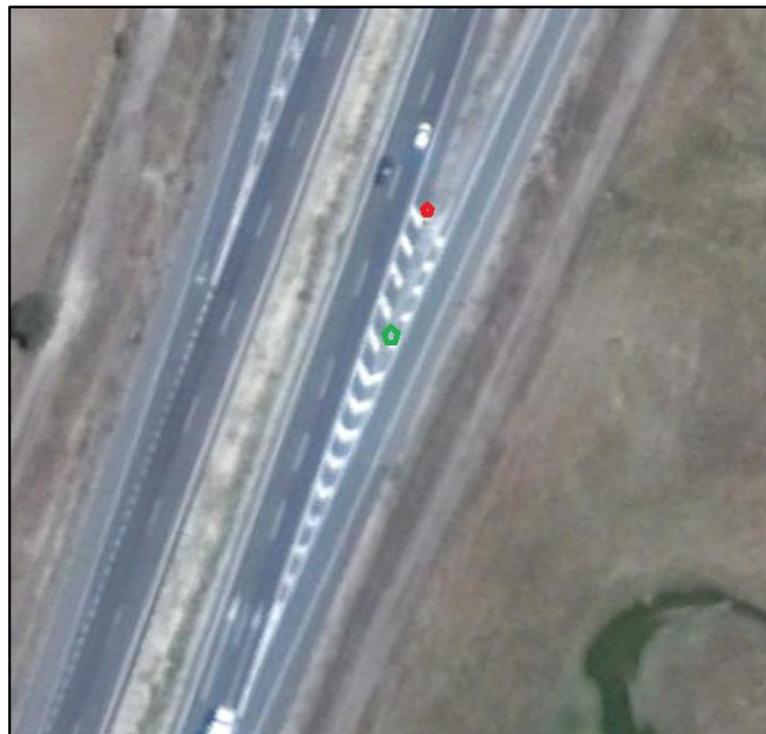


Figura 4.3.25.- (Google-Propia). Comparativa de ubicación del hito de vértice.



Figura 4.3.26.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.27.- (Google-Propia). Prolongación visual de línea blanca de arcén imposible de cumplir con las balizas cilíndricas, pues se condicionaría el tránsito de ciclistas.



Figura 4.3.28.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.29.- (Google-Propia). No es posible razonablemente mejorar las balizas, pero sí el tamaño y ubicación del hito de vértice.



Figura 4.3.30.- (Google-Propia). Situación actual.



Figura 4.3.31.- (Google-Propia). Prolongación visual de línea blanca de arcén imposible de cumplir con las balizas cilíndricas, pues se condicionaría el tránsito de ciclistas.



Figura 4.3.32.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.33.- (Google-Propia). Prolongación visual de línea blanca de arcén imposible de cumplir con las balizas cilíndricas, pues se condicionaría el tránsito de ciclistas.

- **Autopista M-40 Enlace 27**



Figura 4.3.34.- (Google-Propia).

La diferencia de posición entre la primera baliza cilíndrica y el hito de vértice tamaño pequeño más adelantado que sea posible son 205 m. Si fuera un hito HV-200, la distancia aún sería mayor.

- **A-5 ENLACE 43 Margen Izquierda**



Figura 4.3.35.- (Google). Situación actual. Salida calzada izquierda.



Figura 4.3.36.- (Google-Propia). Situación propuesta: la primera baliza cilíndrica avanza 76 m con respecto al primer hito de vértice posible.



Figura 4.3.37.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.38. (Google-Propia). Situación propuesta.

- **A-5 Enlace 123 calzada izquierda**



Figura 4.3.39.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.40.- (Google-Propia). Situación propuesta.



Figura 4.3.41.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.42.- (Google-Propia). Situación propuesta.

- **Autovía del Noroeste A-6 Enlace 348**

Ejemplo de ubicación del hito de vértice en primer lugar, donde se observa la capacidad de anticipación que ofrecería el uso de balizas cilíndricas como primer elemento visual, delante del hito, y no detrás.



Figura 4.3.43.- (Google). Situación actual.

- **Autovía del Mediterráneo A-7 Enlace 588**



Figura 4.3.44.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.45.- (Google-Propia). Situación propuesta.

Propuesta de optimización de instalación de balizas cilíndricas (primero) e hito de vértice grande (después) en lugar del esquema ahora existente, pequeño, y colocado en primera línea de balizamiento.



Figura 4.3.46.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.47.- (Google). Situación propuesta.

- **Autovía del Cantábrico A-8 Enlace 119**

Tramo en el que el cebreado es muy estrecho como para disponer dos filas en punta de flecha, pero sí tiene cabida una fila única de balizas cilíndricas, muy por delante de la mejor ubicación posible del hito de vértice.



Figura 4.3.48.- (Google).

- **A-66 enlace 494**



Figura 4.3.49.- (Google). Situación actual.

Situación actual: la configuración de hitos y balizas parece correcta, pero no permite un pasillo de 1,5 m para ciclistas por el arcén; por otra parte, el cambio de rasante convexo del ramal sugiere continuar con las balizas al menos

durante toda la prolongación visual de la línea blanca de arcén del ramal, y si es posible, más allá, incluso aunque haya captafaros en la barrera, para una mucho mayor seguridad.



Figura 4.3.50.- (Google-Propia). Propuesta.

- **Autopista del Atlántico AP-9 Enlace 31**

Balizamiento muy insuficiente para la presentación de una curva de radio muy reducido y un obstáculo severo (barrera rígida de hormigón)



Figura 4.3.51.- (Google). Situación actual.



Figura 4.3.52.- (Google-Propia). Situación propuesta.

Propuesta. Aquí no importa que no quede un pasillo de 1,5 m para los ciclistas delante de la hilada de balizas H-75 del tronco porque al ser autopista, los ciclistas tienen prohibida la circulación. Las balizas del ramal deben prolongarse al menos hasta la proyección visual de la línea blanca del arcén del carril de deceleración.

- **A-5 Enlace 178**

En enlaces como este no caben las balizas H-75, hace falta poner piezas más pequeñas porque se pierde el carril y el primer elemento casi no se ve, a pesar de que haya captafaros de suelo... habría que pensar en una señal o baliza que en la misma sección transversal significara "aquí finaliza el taqueado de la salida..." Esto complementaría las señales S-26c, S-26b o S-26a (III, II y I del inicio de la salida) ... que en casos como estos deberían estar duplicadas, porque es la única oportunidad que el conductor tiene de obtener esa información...

En este caso el pórtico siempre indica con un cartel blanco dónde está el inicio de la salida, pero no se da información sobre la longitud disponible para tomarla (taqueada con línea discontinua de 40 cm).



Figura 4.3.53.- (Google-Propia).

La distancia desde el inicio de la línea continua de 40 cm (a partir de ahí, no se puede salir ya) y la primera baliza cilíndrica es 164 m y en curva...

Puede estar justificado el empleo de balizas de tamaño inferior u otros elementos similares, además de la doble línea de captafaros de suelo sobre la propia línea blanca de 40 cm.



Figura 4.3.54.- (Google). Situación actual.

- **Autovía del Noroeste A-6 enlace 568**

El tramo de línea continua recta de 40 cm (previo al cebreado de la salida) es muy largo y estrecho, y no cabe en el mismo una alineación de balizas cilíndricas; además, desde el punto donde ya no se puede salir de la autovía, faltan todavía 257 m hasta el hito de vértice, que apenas se ve desde aquí. A

- **Autovía del Cantábrico A-8 Enlace 116**

Antes de la salida existen 367 m de cebreado, y a eso hay que añadir además el tramo de línea continua de 40 cm de ancho... en esta circunstancia, la ubicación del hito de vértice es irrelevante si se pretende que éste sea el primero de los elementos, y parece lógico que haya que disponer elementos de balizamiento distintos de la baliza cilíndrica, más pequeños, para marcar bien el último punto hábil de desvío desde la calzada principal.



Figura 4.3.57.- (Google).

- **A-66 Enlace 648**

Antes de la salida existen 422 m de línea continua de 40 cm de ancho, sin tramo recto cebreado intermedio hasta la salida... en esta circunstancia, la ubicación del hito de vértice es irrelevante si se pretende que éste sea el primero de los elementos, y parece lógico que hay que disponer elementos de balizamiento distintos de la baliza cilíndrica, más pequeños, para marcar bien el último punto hábil de desvío desde la calzada principal, además de la doble línea de captafaros de suelo sobre dicha línea de 40 cm.



Figura 4.3.58.- (Google).



Figura 4.3.59.- (Google).

4.4 PANELES DIRECCIONALES

4.4.1 Regulación

La regulación actual en materia de paneles direccionales es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Els panells direccionals, també coneguts com plafons direccionals o panells de corba, són elements dissenyats per a reforçar la indicació de canvis significatius de l'alineació d'una via, principalment utilitzats per a l'abalisament exterior de corbes, i que també es poden disposar a rotondes i divergències.

Els panells direccionals indiquen, per a un sentit de circulació, la necessitat de reduir la velocitat d'aproximació per a circular amb seguretat i faciliten la percepció del sentit de circulació i del traçat de la via.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los paneles direccionales son elementos de balizamiento de curvas, compuestos por un sustrato rectangular, generalmente de acero galvanizado, con franjas retrorreflectantes en ángulo recto de color blanco (galones) sobre un fondo pintado de color azul oscuro.

La función de los paneles direccionales es la de marcar el trazado de una curva en relación con la reducción de velocidad que se tenga que realizar para circular por ella con mayor seguridad, además de indicar el sentido de la circulación, facilitando al conductor su percepción.

- PG3:

Panel direccional: colocado en curvas para poner de manifiesto el nivel de peligrosidad de la misma en función de la reducción de velocidad que se tenga que efectuar. Podrán tener entre una y cuatro franjas blancas sobre fondo azul para indicar el grado de peligrosidad de la curva.

- Reglamento General de Circulación:

3.º Paneles direccionales permanentes: dispositivos de balizamiento implantados con vistas a guiar y señalar a los usuarios un peligro puntual, mediante el cual se informa sobre el sentido de circulación.

- Norma 8.1-IC:

En el balizamiento de curvas se emplearán paneles de balizamiento de curvas compuestos por una placa con franjas de material retrorreflectante blanco de clase RA2 sobre fondo de color azul clase NR, definido en la norma europea (figura 257).

Excepcionalmente, la regulación de paneles direccionales viene recogida en esta Norma (que es una Instrucción de señalización vertical de carreteras), pese a ser elementos de balizamiento. Sin embargo, la regulación es escasa, parcial (sólo se contemplan carreteras convencionales) y con criterios que serán modificados en este Trabajo de Fin de Grado.

4.4.2 Definición

Con respecto a las definiciones existentes, con las que más de acuerdo se está es con la de “Criteris d’abaliment” de la Generalitat de Catalunya y con la propuesta en el borrador de orden circular del Ministerio de Fomento, ya que son las que más ampliamente describen la funcionalidad del elemento que ocupa este capítulo. Se considera que las otras 2 definiciones propuestas pueden resultar algo escasas. Por lo tanto, la definición que se propone para panel direccional es: “elemento de balizamiento para curvas, circulares o no, cuya finalidad es advertir al conductor del cambio significativo de la dirección de la vía y su magnitud y graduación.”

4.4.3 Disposición y replanteo

Los paneles direccionales se dispondrán de una manera tal que siempre sean visibles con la mayor anticipación posible para el conductor del vehículo, se encuentre éste en la recta previa a la alineación curva o en una curva de transición previa a la misma. En carreteras convencionales, dados los pequeños de radio de curvatura que pueden llegar a presentar, habrá que adoptar las medidas necesarias para que los paneles de un sentido no sean

visibles desde el otro y viceversa, evitando una posible confusión del conductor.

Con respecto a su disposición en planta, la Instrucción 8.1-IC es la base de las otras 2, tanto el borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento de 2011 como de la catalana. Existe sin embargo una diferencia entre la normativa del Estado y la de Cataluña, y es que la primera contempla tan solo carreteras convencionales. La catalana, en cambio, contempla la posibilidad de su colocación en carreteras de calzadas separadas, al igual que el borrador de orden circular. No hay que olvidar que con la aprobación de la Ley 37/2015 de Carreteras del Estado se han creado las carreteras multicarril, que no están reguladas a este respecto y que son un híbrido entre las de calzadas separadas y las convencionales.

Se explican los parámetros a tener en cuenta para la elección del lugar de colocación del primer panel y el número de estos. Los criterios que presentan los 3 documentos de forma coincidente son:

- Con respecto al número de paneles a colocar: el criterio será el incremento negativo de velocidad que se da entre el tramo recto de vía y el tramo curvo (muy similar al modelo francés, mejorándolo):
 - Reducción de 15 Km/h: la curva no se baliza
 - Reducción comprendida entre 15 y 30 Km/h: se dispone un panel simple perpendicular al conductor y con una visibilidad de 100 m.
 - Reducción comprendida entre 30 y 45 Km/h: se colocará un panel doble, perpendicular al conductor y con una visibilidad de 140 m.
 - Reducción mayor a 45 km/h: se colocará un panel triple perpendicular al conductor y con una visibilidad de 170 m.

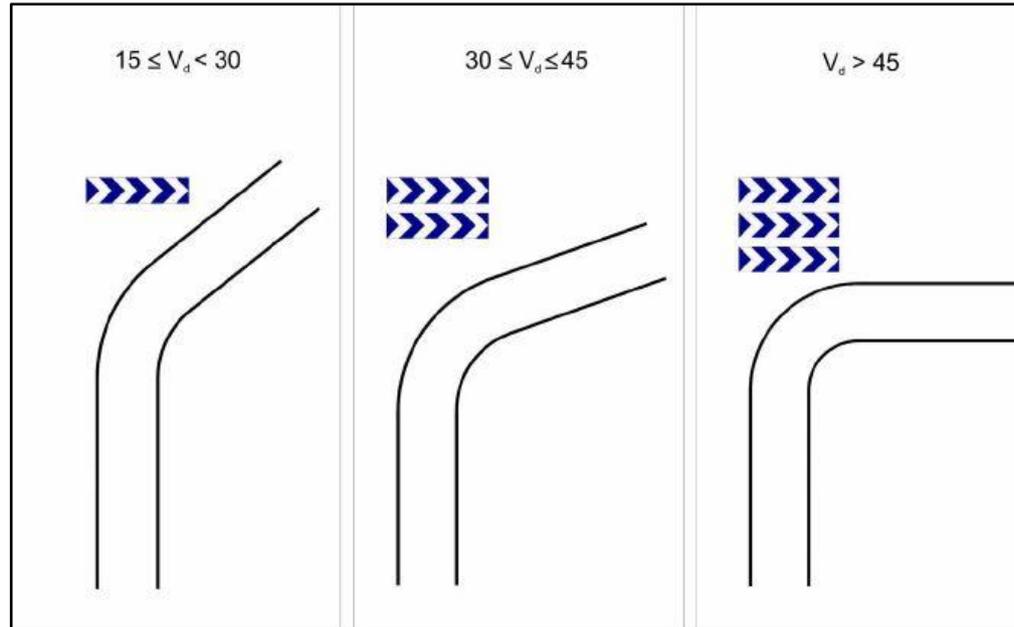


Figura 4.4.1.- (M.Fomento).

Con respecto a la Figura 4.4.1, existe una imagen similar en la norma 8.1-IC con la que no se está del todo de acuerdo, ya que establece la señalización a disponer antes de llegar a la curva en cuestión. Ubica primeramente una señal P-13 de advertencia de peligro por curva peligrosa, seguida de una señal S-7 de velocidad aconsejada. Lo que se propone es que se modifique esta última por una R-301 que limite de manera obligatoria la velocidad que puede llevar un vehículo en la curva. De esta manera y con la complementación entre la señal y los paneles direccionales, se pretende conseguir una reducción de la peligrosidad de las curvas. Este apartado y los siguientes obligarían por tanto a una modificación puntual, pequeña pero significativa, de la citada Instrucción 8.1-IC.

En lo referente al número de paneles que deben ser colocados en primer lugar, los documentos existentes manifiestan que, si la curva requiriera 2 o 3 paneles según los criterios mencionados anteriormente, tan sólo sería el primero de los paneles de la curva el que presentaría dicho número de paneles. No se está muy de acuerdo con ese criterio, ya que, si se ha establecido más de un panel, es por una peligrosidad especial. Lo que se propone por tanto es que, si el primer lote de paneles tiene n paneles, el resto (sin contar el segundo, que también presentará n paneles) contarán con $n-1$.

Este borrador de propuesta de norma hace suyos los criterios establecidos tanto por el Ministerio de Fomento como por la Generalitat de Catalunya en lo relativo a carreteras convencionales y multicarril.

Existen 2 tipos de vías, los ramales de enlace y el troco de autovías y autopistas, que no vienen recogidas en ningún documento y que dada su peculiaridad serán analizados a continuación:

En cuanto a los ramales de enlace, se aplicarán los criterios de carretera convencional exclusivamente en lo referente a los escalones de reducción de velocidad, pero no los criterios de replanteo en planta, porque los ramales pueden presentar radios de curvatura mucho menores que el radio de una carretera.

- Con respecto a dónde colocar el primer panel direccional: en este sentido el Ministerio hace una diferenciación entre carreteras con un carril por sentido o carreteras con 2 carriles por sentido. La norma catalana, al igual que para el número de paneles a colocar, establece lo mismo que la instrucción del Estado.

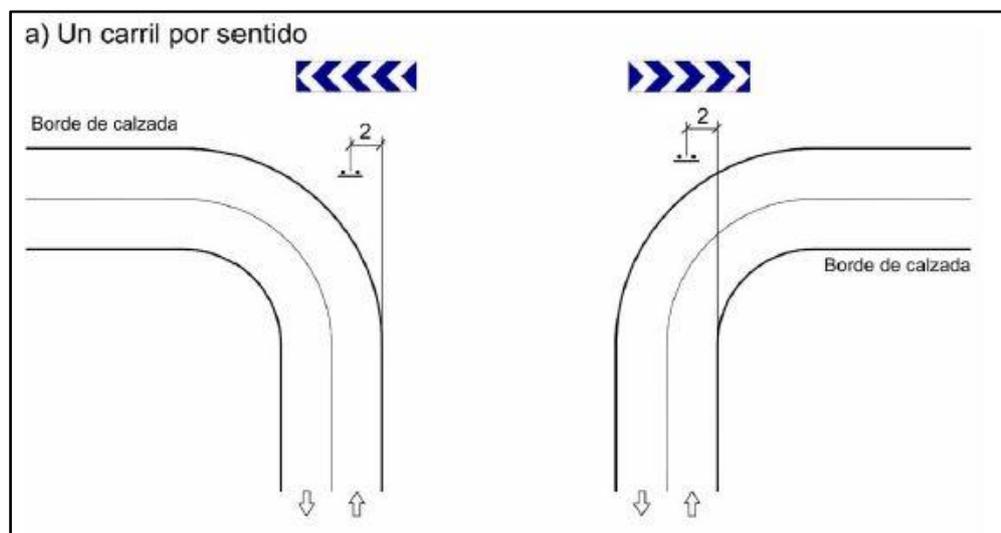


Figura 4.4.2.- (M.Fomento).

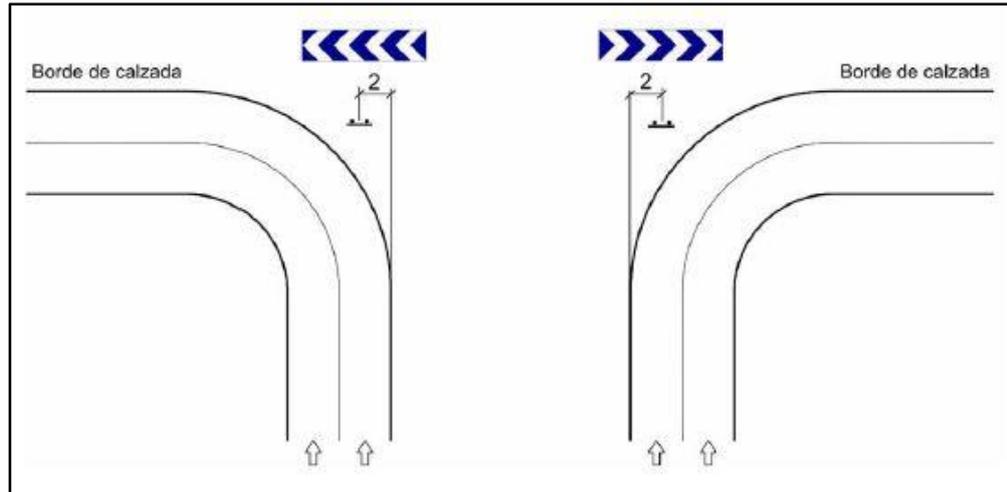


Figura 4.4.3.- (M.Fomento).

La premisa fundamental de las propuestas existentes es desplazar 2 m el centro del panel hacia el eje de la vía, la diferencia entre el primer y el segundo caso es desde dónde medir esos 2 m.

La propuesta que se hace es considerar aceptable todo menos en el supuesto de calzadas separadas y curva a derechas, en el que la separación del anterior esquema debe reducirse a 1,5 m para ajustar mejor la ubicación del panel a la posición del conductor, ya que el conductor no va centrado en el vehículo. Pero hay que insistir en que esa ubicación lo es sólo del primer panel, que el segundo en este caso se colocará como si fuera el caso de carretera bidireccional, y que deben ser acompañados de muchos otros que no vienen reflejados en los esquemas. A partir de fijar la ubicación del primero y el segundo, su separación real será la que marque el resto de separación entre los sucesivos, para así hacer efectivo el principio de homogeneidad de la premisa nº 3, aunque esta distancia sea de aplicación sólo a esa curva en cuestión.

- Disposición en alzado

En ninguna de los 3 documentos que están siendo analizados en este capítulo se hace mención a la altura que debe presentar el panel direccional.

El criterio general de altura debería ser lo más acorde posible con la altura de la visual del conductor, que según establece la Instrucción de trazado 3.1-IC es 1,10 m sobre el suelo. Con este criterio, el centro del panel debería estar situado a esta altura. Sin embargo, no se puede obviar que existen vehículos (furgonetas, furgones o camiones) en los que la altura del conductor es considerablemente superior; dado que es imposible fijar norma que satisfagan de igual manera a los usuarios de todo tipo de vehículo, se fijarán finalmente que sea el borde inferior del panel el que se sitúe, en condiciones normales, a 1,10 m del suelo.

Se plantean 2 posibilidades de altura en función de la presencia de defensas de la carretera. Puede darse o no exista defensa: se mantiene el criterio citado anteriormente.

- Barrera bionda simple, barreras de hormigón o pretilas: dado que la altura de estos elementos fluctúa entre 0,75 m y 1,20 m, se puede mantener el criterio anteriormente planteado.
- Barrera bionda superpuesta: en este caso, la segunda placa bionda taparía los paneles. Por lo tanto, la solución consiste en aumentar la altura sobre el suelo de todos los paneles, tanto los que se verían detrás de la barrera superpuesta como los de la barrera simple precedente, homogeneizando el efecto último que pretenden estos paneles según la premisa nº 3.

Por lo tanto, para solventar este problema se establecerá, en las situaciones que así lo requieran, que la altura de los paneles será tal que el borde inferior del panel sobresalga 10 cm sobre el superior de la placa superior de la bionda superpuesta.

A continuación, se muestra un ejemplo explicativo de la situación que se pretende evitar, ya que la aplicación de la premisa nº 3 de homogeneidad (en planta, alzado y de materiales) y de la nº 2 de condiciones desfavorables describen una situación en la que el incumplimiento de la 3ª puede hacer inútil el cumplimiento de la 2ª.



Figura 4.4.4.- (Google-Propia).



Figura 4.4.5.- (Google-Propia).

En estas imágenes se comprueba la dispersión de alturas que se pretende evitar, proponiéndose como solución la recogida en el siguiente esquema:

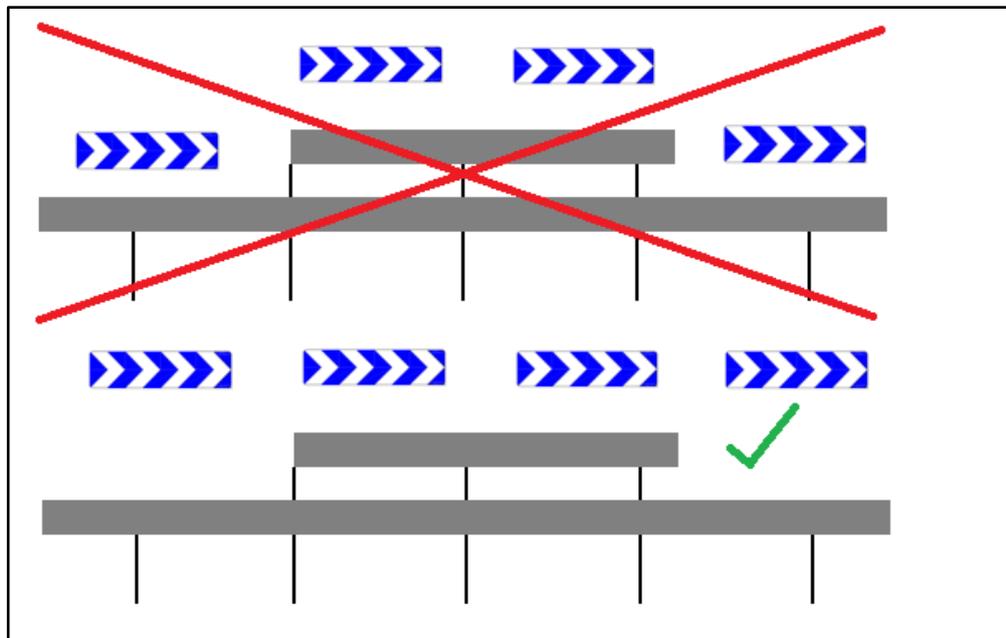


Figura 4.4.6.- (Propia).

- Disposición en planta

Se estudiará la disposición en planta de estos elementos en 4 situaciones: carreteras convencionales y multicarril, autovías y autopistas, ramales de enlace, y glorietas, y se establecerá el criterio oportuno en cada una de ellas.

- Carreteras convencionales

Con la colocación del primer panel de la curva ya explicado anteriormente, tanto el Ministerio de Fomento como la Generalitat fijan la ubicación de la sucesión de paneles no en función del ángulo o del radio, sino en función de la distancia entre elementos sucesivos. Dicha distancia se calcula en función del radio de la curva estableciendo un máximo y un mínimo, y además una condición adicional de carácter visual, y es que siempre, independientemente de la separación impuesta, se ha de ver un mínimo de 3 paneles.

La instrucción del Ministerio manifiesta que serán un máximo de 5 los paneles que el conductor podrá ver. Se propone eliminar esta restricción, ya que no se considera que haya que limitar por exceso el empleo de paneles.

En este apartado de carreteras convencionales, se está de acuerdo con lo existente, que es que la distancia entre 2 paneles consecutivos será aproximadamente la quinta parte del radio de la curva y siempre comprendido entre 10 y 50 m.

En el caso de carreteras multicarril se aplicaría el mismo criterio que en el apartado de autovías y autopistas; sin embargo, la presencia de radios muy reducidos (que en principio no debiera haber en autovías) puede hacer imposible el cumplimiento de la visión simultánea de al menos 3 paneles... En estas circunstancias, se insertaría el tercer panel en la prolongación visual de la línea de separación de los 2 carriles de la misma calzada, lo que dividiría por 2 la separación entre paneles consecutivos.

- Autovías y autopistas

Con respecto a autovías y autopistas, en ninguno de los documentos tratados en este capítulo aparece descripción alguna sobre criterios de ubicación en planta. (únicamente el tamaño y sobre todo la forma (elementos cuadrados), en la norma catalana). En autovía, con carácter general, no se puede suscribir el criterio de disminución de velocidad, dado que cuando esta reducción aparece suele ser por razones de ausencia de visibilidad de parada, por razones medioambientales (ruidos), etc. Por tanto, se propone el criterio de la ubicación en función del radio. Se parte de 3 supuestos: puede no hacer falta el panel, pueden hacer falta y en situaciones extremas, que sean luminosos.

Estos paneles serán obligatorios cuando la curva tenga un radio inferior a 800 m, valor obtenido del análisis comparativo de multitud de casos en la Red de Carreteras a través de la herramienta Google Earth. En ese caso, se colocarán a la distancia deducida de esta situación: el primer panel, ha de estar en la visual del conductor que circulara por el carril rápido encontrándose el centro del mismo a 1,5 m de la línea blanca del arcén izquierdo. El segundo panel de la curva se instalará conforme al mismo criterio que el primero salvo que ubicando la visual del conductor a 2 m desde la línea blanca del arcén derecho. Esa distancia medida sobre la cuerda será la que se mantenga, durante todo el recorrido de la curva, para los siguientes paneles, velando porque siempre sean visibles como mínimo 3, e insertando paneles intermedios cuando por razones de trazado en alzado así se considere aconsejable. De esta forma se evita la problemática que presenta calcular en función del radio de una curva en carreteras que habitualmente tienen curvas de transición (generalmente, la clotoide) que presentan radios variables por su propia naturaleza.

Por último, y una vez analizados multitud de casos en los que están dispuestos en la actualidad, se puede concluir que serán luminosos en aquellas situaciones en las que el radio de la curva sea menor a 600 m, pudiendo por razones económicas reducirse al número de ellos al menos a los primeros que se presenten a la vista del conductor.

Y no hará falta disponer paneles en el resto de los casos.

- Ramales de enlace

En estas situaciones, el problema principal es la brusca disminución de velocidad que el conductor se ve obligado a realizar en determinados enlaces con tipología de lazo, que puede alcanzar hasta los 80 km/h de reducción de manera habitual. Por lo tanto, la opción que se propone ante estas situaciones es que el planteamiento inicial que se mencionaba anteriormente en cuanto a los paneles que debe haber en la prolongación visual del carril, se aumente a 2 paneles visibles desde un primer momento, y 3 en la visual del conductor. Y habrá de coordinarse la ubicación con la de los carteles-flecha de la salida en cuestión para que no se tapen entre ellos.

A continuación, se muestran unas imágenes de la salida 101 de la A-5, margen derecha. La primera muestra la situación actual de dicho enlace. La segunda recoge la propuesta anteriormente descrita:



Figura 4.4.7.- (Google).



Figura 4.4.8.- (Google-Propia).



Figura 4.4.9.- (Google).

De esta forma, el único criterio de replanteo es el visual.

- Glorietas

El empleo de paneles direccionales en glorietas atenderá a un factor fundamental, y es la unión de la pata de la glorieta con la corona de la misma. Si dicha unión tiende a forma de V considerablemente abierta, se dispondrán paneles direccionales tanto en la isleta central que separa los 2 sentidos de circulación como en la glorieta en sí, garantizando en todo momento que la proyección de la visual del conductor de cada uno de los carriles que acceden a la glorieta se va a encontrar enfrente con un panel, acompañado hacia su derecha por tantos otros como sean necesarios hasta llegar a la propia corona circular de forma homogénea. En caso de que la isleta no sea tan abierta y de dimensiones reducidas, tan solo se dispondrán en el interior de la glorieta, siguiendo el citado criterio visual. En ambos casos es importante destacar que el panel debe disponerse de manera perpendicular a la proyección de la visual del conductor, y no paralelo a la línea externa de la isleta central de la glorieta, como es frecuente comprobar.

En la siguiente imagen, tomada en Cáceres, se muestra una situación que ilustra la situación anteriormente descrita.



Figura 4.4.10.- (Google).



Figura 4.4.11.- (Google-Propia).

4.4.4 Generalidades

- COLOR

Con respecto al color, en la normativa catalana y en el borrador de recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento se manifiesta expresamente por escrito que el color de fondo sobre el que se dispone el material adhesivo blanco ha de ser el azul oscuro, siempre y cuando la colocación de este elemento vaya a ser duradera en el tiempo, ya que la norma catalana matiza que, para su colocación temporal, deberán de ser rojas. En el Reglamento General de Circulación y en la instrucción 8.1-IC no

hay constancia escrita sobre el color, si bien es cierto que las imágenes que se muestran lo disponen igualmente en azul oscuro.

Por lo tanto, se propone que el color definitivo sea el azul. Dicha propuesta se basa en un criterio social, es decir: los usuarios de la vía están ya acostumbrados a este sistema de blanco sobre azul, y dado que no se le puede poner ninguna pega por mal funcionamiento, se elige como propuesta. Es importante añadir que el elemento azul no debe ser reflexivo y sí el blanco (con niveles equivalentes a los exigibles por la Instrucción 8.1-IC para la señalización vertical en función del tipo de carretera, como se verá luego), porque en caso contrario podría conllevar confusión.

- SISTEMA DE ANCLAJE

Con respecto al anclaje al suelo, las normas existentes tan solo manifiestan la obligatoriedad de cumplir ciertas normas UNE que hacen referencia a la calidad de los materiales de sustentación. Por ello, no se tratará este aspecto, ya que además se considera que no hay que hacer matización específica alguna por encontrarse estos paneles fuera del pavimento, por lo que las posibilidades de impacto son considerablemente menores que las que puedan presentar el hito de vértice o las balizas cilíndricas.

En general, la conexión con el terreno o sobre el elemento de defensa en cuestión, habrá de ser lo suficientemente estables y funcionales como para que, en una instalación en zonas de viento, los paneles no se vean abatidos sobre el plano horizontal, realizándose con prismas de hormigón en masa.

- REFLEXIVO.

Según se manifiesta en las recomendaciones para el balizamiento del Ministerio de Fomento: *“Las láminas retrorreflectantes empleadas en los paneles direccionales serán de nivel 2, salvo que la iluminación ambiental dificulte su detección, en cuyo caso se empleará el nivel 3”*.

La norma catalana indica que independientemente de la iluminación externa que pueda haber, las franjas blancas (también llamadas galones) tendrán un nivel de retrorreflexión RA 2 y los fondos azul o rojo podrán ser de un nivel RA 1 o RA 2. En la norma 8.1 IC especifica que el nivel de retrorreflexión ha de ser el RA 2 en las franjas blancas y sin nivel el fondo de color azul.

Se propone, por tanto, basándonos en las premisas establecidas en el documento nº 2 “Objetivos”, que el nivel de retrorreflexión sea el RA 3 en autovías y autopistas y carreteras de primer nivel, y no sea menos de RA 2 en el resto de vías, quedando a consideración de la Administración competente el establecimiento del nivel RA 3 en tramos de especial peligrosidad.

- TAMAÑO Y FORMA

En lo referente al tamaño, las medidas generales de los 3 tipos de paneles son las siguientes:

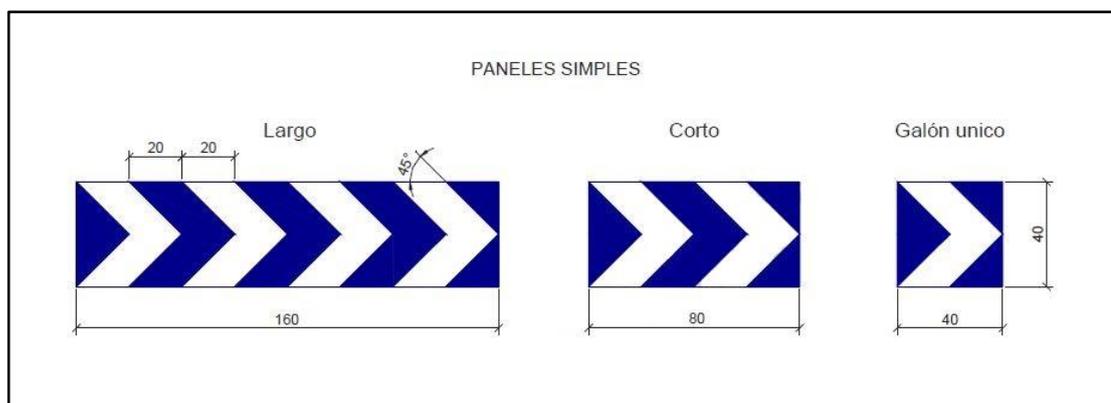


Figura 4.4.12.- (M.Fomento).

En cuanto al empleo de paneles simples, dobles o triples, el motivo radica en una cuestión visual. El planteamiento de base es que, si una curva es muy cerrada, el conductor ha de poder saberlo con la mayor anticipación posible. Por lo tanto, a más cantidad de elementos, más superficie de color, más llamada de atención, por lo que el conductor del vehículo sabe que se encontrará con algo anómalo.

En aquellas situaciones en que se dispongan paneles dobles o triples, se deberán asegurar 15 cm de distancia mínima en vertical entre unos y otros, para evitar que la proximidad de los galones vista desde una distancia lejana pueda crear confusión en el sentido que señalan dichos galones, también conocido como “efecto zigzag”.



Figura 4.4.13.- (Google). Salida 16 de la M-40, sentido Sur.

El borrador del Ministerio de Fomento establece 2 categorías de clasificación de los paneles direccionales. Una primera en función de su longitud donde existen paneles largos cortos y de galón único, y una segunda categoría en función del número de paneles superpuestos que se presenten: simple doble o triple.

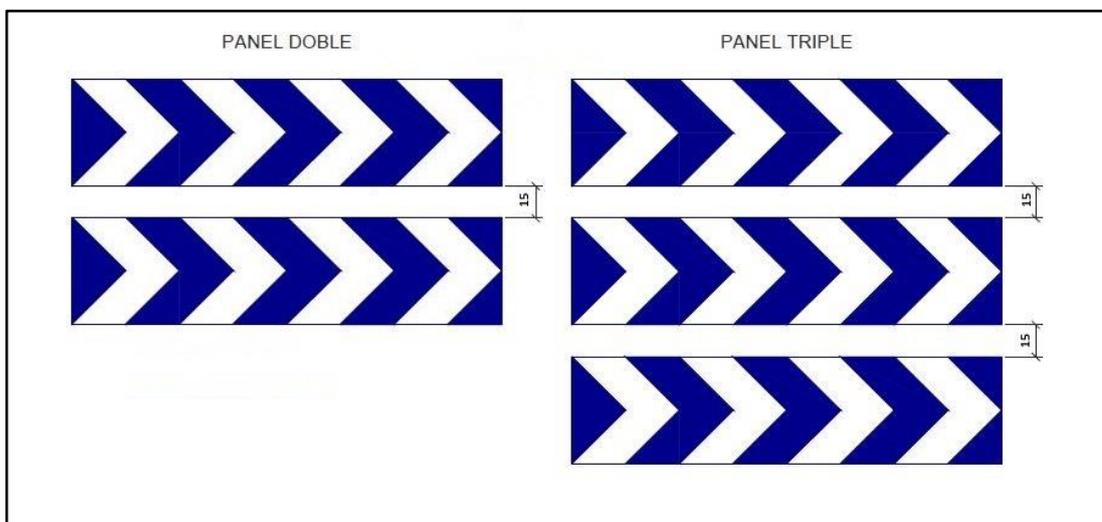


Figura 4.4.14.- (M.Fomento).

La norma catalana establece dos tipos de paneles en función de la vía en que se aplican: cuadrados (para autovías, autopistas, vías preferentes -equivalente a carreteras multicarril- y convencionales de la red básica y comarcal) y rectangulares sólo en la red convencional local.

- LUMINOSIDAD

Son pocos los elementos de balizamiento que se ven reforzados con una luminosidad externa adicional, y los paneles direccionales son unos de ellos. Normalmente, esta iluminación viene en forma de bombillas de LED que se alimentan de la energía que les proveen unos paneles solares. Dichas bombillas se encuentran delimitando las franjas blancas, bien perimetralmente o bien sólo en el lado cóncavo del galón. Habitualmente, todo el galón (cada una de las franjas blancas) va iluminado simultáneamente, aunque puede establecerse una secuencia en el interior de cada panel, y se combinan distintas frecuencias de iluminación de galones y paneles completos en sí para obtener el efecto deseado, que no es otro que esta secuencia acompañe el movimiento natural de la curva. Es importante que este efecto de acompañamiento sea perfectamente conseguido, ya que el efecto contrario podría ser altamente peligroso por la confusión que generaría en el conductor.

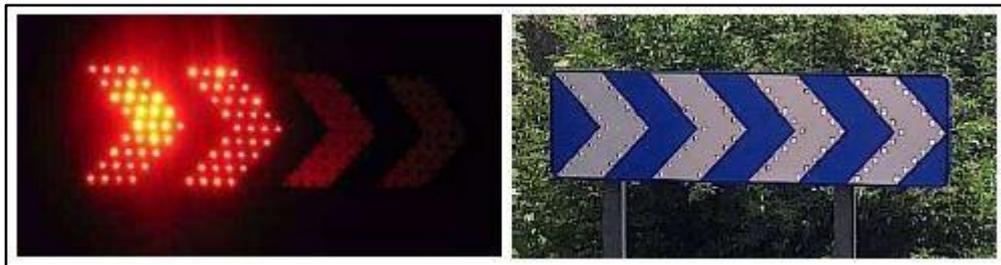


Figura 4.4.15.- (Google-Propia).

Se propone que los paneles funcionen sólo cuando un vehículo se encuentre realizando la curva que balizan. Para ello, se instalaría un sensor de luz en el primero de los paneles, de manera que al incidir sobre éste la luz del vehículo se encienda y comience la cascada, ya que dicho primer panel estaría conectado con el resto de manera que cuando este primero se enciende, el resto comienzan la secuencia. Por la posibilidad de que el vehículo circulase por el carril interior de la curva y el haz de luz que emana de sus focos no incidiera bien sobre los sensores ubicados en el primer panel, se ubicará otro sensor igualmente en el segundo panel de la curva (y tercero si ésta es especialmente cerrada). Si cada uno de los paneles que describen la curva llevara su propio sensor de luz, el descontrol sería manifiesto, ya que no se plasmaría una continuidad. Y en el caso de la presencia simultánea de varios vehículos en la curva, la secuencia de luces, lejos de ayudar, entorpecería la

atención de los conductores. Y se puede pensar en instalar dispositivos basados en células fotoeléctricas que aseguren que los paneles no funcionen en horas diurnas, para garantizar una mayor vida útil de los mismos.

Para el estudio de las 4 alternativas que se proponen se va a partir de un ejemplo de una curva en la que se divisaran 3 paneles y una frecuencia de encendido cada 1,5 décimas de segundo (estos datos son meramente explicativos).

Con respecto a las secuencias propuestas, cabe señalar que al final de cada una se ha de dejar un intervalo de tiempo en el que no se encuentre ningún panel iluminado permaneciendo todos apagados, para que el conductor cuente con el tiempo necesario para darse cuenta de ese reinicio del ciclo.

- MODO 1: Se enciende un único galón.

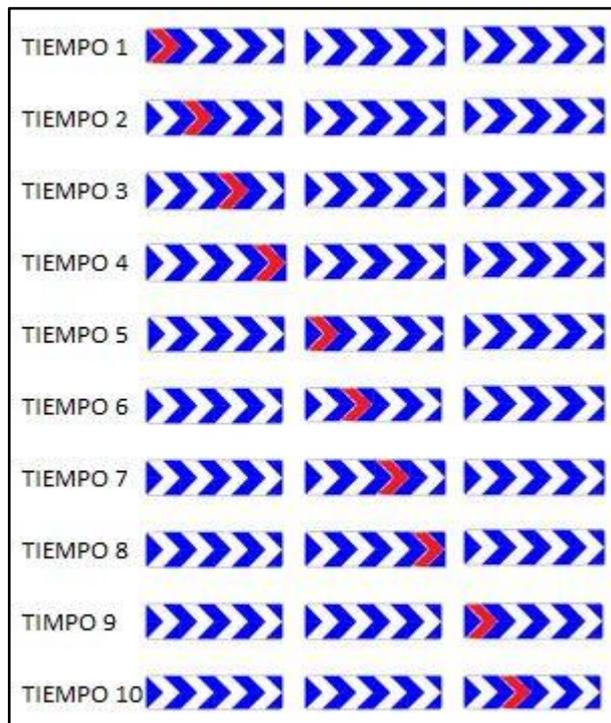


Figura 4.4.16.- (Propia).

- MODO 2: Se encienden los galones 2 a 2, con 6 de éstos de separación entre uno y otro.

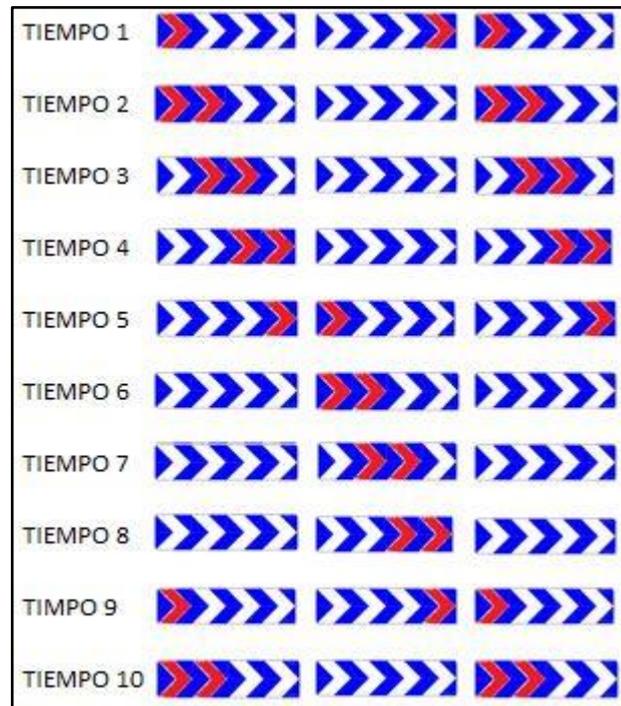


Figura 4.4.17.- (Propia).

- MODO 3: Se encienden simultáneamente los primeros galones de cada panel.

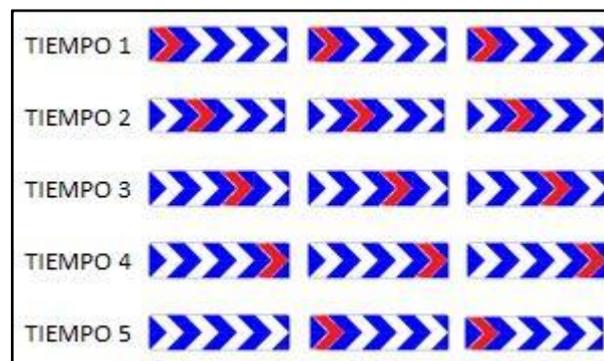


Figura 4.4.18.- (Propia).

- MODO 4: Se encienden los galones 2 a 2, con 4 de éstos de separación entre uno y otro.

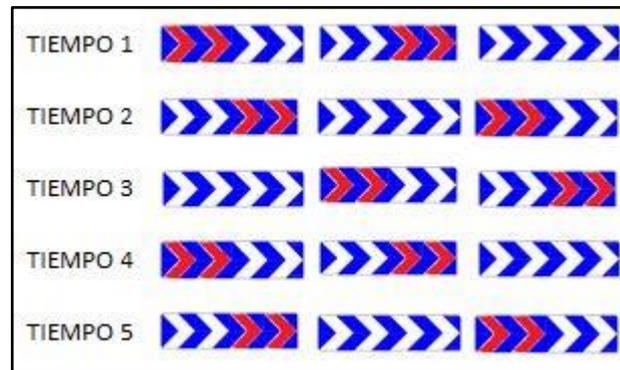


Figura 4.4.19.- (Propia).

Es importante recalcar que los elementos luminosos de los paneles no deben funcionar de forma parpadeante, porque eso perjudica el efecto deseado, en lugar de fomentarlo. También hay que destacar que la no consecución de las cadencias adecuadas puede crear el efecto contrario al deseado, por lo que hay que hacer estudios individualizados para adoptar la solución más conveniente en cada caso.

Además de estas propuestas cabe destacar una última, y es que los paneles se enciendan uno a uno íntegramente (o sea, todos los galones de cada panel, a la vez). El problema que presenta ese planteamiento de cascada es el breve espacio de tiempo que representa, por lo que tardaría muy poco la secuencia en recorrer los paneles, no consiguiendo así el efecto de acompañamiento al movimiento que se plantea.

También con respecto a la iluminación, cabe señalar que podría darse el caso, en curvas de mucha longitud, de que la secuencia de cascada deba ser partida en 2 partes para evitar que pase excesivo tiempo entre una secuencia y otra. Es por ello que se propone que, en curvas de más de 10 paneles, cuando el anteriormente citado detector de luz ubicado en el primer panel comience la cadena debido a la presencia de un vehículo, simultáneamente comiencen a iluminarse aquellos paneles que ocupen la posición tal que sean los múltiplos de 5, exista panel o no para completar un bloque completo de 5. Es decir, en una curva que contara con 13 paneles, al detectar el sensor la llegada de un

vehículo a la curva, se encenderían simultáneamente los paneles 1, 6 y 11, y aunque el último bloque contara con 3 paneles en lugar de 5, estaría programado para permanecer más tiempo en total oscuridad, y reiniciar simultáneamente con el resto de paneles de nuevo la secuencia. Y no hay que olvidar dejar el tiempo “de descanso” en negro para mejorar el efecto visual cuando así sea percibido.

Por ello hay que establecer los circuitos electrónicos de tal forma que no todos los paneles tengan detector fotoeléctrico de arranque automático, sino sólo uno de ellos (normalmente el de prolongación visual del carril lento en curvas a derechas), y que éste sea el que arranque la secuencia de todos los demás. Puede instalarse también en el situado en la prolongación del carril rápido, pero entonces su encendido anulará al del carril lento y la secuencia será la que marque el del carril rápido. Similar razonamiento, pero, al contrario, se establecerá si la curva es a la izquierda.

4.5 CAPTAFAROS DE SUELO

4.5.1 Regulación

La regulación actual en materia de captafaros de suelo es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Els reflectors, també anomenats ulls de gat o "captafars", són dispositius d'abalisament nocturn que actuen com a guia òptica per a facilitar la percepció del traçat de la via i de les marques vials. Es col·loquen com a abalisament d'elements situats en marges de la via, en llocs amb alt potencial de millora de la seguretat viària, en convergències i divergències, a zones de muntanya amb traçats sinuosos i perillosos i a llocs amb una pluviometria important o freqüents boires. Poden ser retrorreflectants o amb il·luminació pròpia.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los captafaros son elementos que se fijan en los sistemas de contención de vehículos de la carretera o en el pavimento y están dotados de elementos retrorreflectantes.

Los captafaros facilitan el guiado óptico del trazado de la carretera, fundamentalmente en condiciones nocturnas o de escasa luminosidad.

- Reglamento General de Circulación:

En el Reglamento General de Circulación, no aparece definición alguna de los captafaros. Se limita a diferenciar entre aquellos que son de suelo, que es el vigente caso, y los de barrera.

4.5.2 Definición

Con lo visto en estos dos documentos con respecto a los también llamados "ojos de gato", se considera que ambas definiciones son adecuadas. Sin embargo, se hace una propuesta de definición más amplia, que sea: "elemento de balizamiento cuya función es la definición del trazado de la vía y las marcas viales en situaciones de visibilidad comprometida. Deberán ser

reflexivos o contar con iluminación propia. Para su instalación, se adhieren al pavimento o se dispondrán con un anclaje al equipamiento o defensa de la carretera. De igual manera cumplen con una función de seguridad, ya que la frecuencia de ellos debe ser significativa de la peligrosidad del tramo de vía.”

4.5.3 Disposición

Los captafaros se dispondrán de una manera específica en función del tipo de carretera. Se hará una distinción entre autovías y autopistas, carreteras convencionales y carreteras multicarril.

Se comienza planteando las autovías y autopistas:

En un primer momento se planteó la posibilidad de disponer los captafaros con un azimut con respecto al eje de la carretera. Para calcular cual sería ese ángulo idóneo se partió de la longitud del haz de luz corta de un vehículo, que es de alrededor de 250 m. Para calcular la posición del conductor con respecto a la posición de los captafaros de suelo se ha considerado una distancia de 2,80 m (cateto pequeño del triángulo rectángulo). Por lo tanto, calculando el arco-tangente de $2,80/250$ se ha obtenido un valor muy aproximado a 0, motivo por el cual se ha decidido establecer la perpendicularidad de los elementos con respecto al eje, por que teóricamente es la posición en que más aprovechados son.

En lo que respecta a las carreteras convencionales, se establecerá el mismo criterio que para las autovías y autopistas, y es disponer los captafaros de una manera tal que el plano del reflexivo se encuentre perpendicular al eje de la vía, por el motivo de que en el citado tipo de vías, el captafaro ha de ser visto de igual manera desde los 2 sentidos, y aunque es lógico pensar que según el trazado de la carretera, esta disposición afectará unas veces a uno más que a otro, se considera que es la óptima.

Por último, en las carreteras multicarril, se opta por dotar a estos elementos de un cierto ángulo con respecto al eje de la carretera hacia el interior de la misma, de entre 10° y 15° . El motivo de esto es que, dada la sinuosidad del tipo de vía, y la poca probabilidad que presentan de que el tráfico hubiera de

ser desplazado a la calzada contraria, se pretende buscar el máximo contacto con el haz de luz proveniente de los vehículos. Para las mencionadas pocas ocasiones en que el tráfico hubiera de ser cambiado de calzada, es cierto que los que estuvieran circulando de manera anómala verían mermada su efectividad, pero para tal efecto se adecúa la velocidad obligatoria temporal.

Hay que tener en cuenta que el ángulo de apertura de dicho haz de luz es considerablemente amplio y que la propia geometría del elemento en sí hace que según se coloca sobre el pavimento, la incidencia de la luz sea considerablemente fácil. Se estudiará la ubicación y emplazamiento de estos elementos desde el punto de vista de 3 localizaciones.

- Planta, longitudinalmente

La longitud que separa longitudinalmente a los captafaros depende del tipo y tramo de vía en el que estén instalados. La documentación existente del Ministerio de Fomento manifiesta que la distancia habrá de ser la mitad de la distancia entre los hitos de arista. La norma catalana alude a la Instrucción 8.2-IC del Ministerio de Fomento alegando que las distancias se ajustarán en los apartados M-1.1 y M-1.2 de la citada Instrucción. En autovías y autopistas lo habitual es que se dispongan a la mitad de la distancia que se implantan los hitos de arista, es decir, si habitualmente éstos últimos se ubican cada 50 m, los captafaros se colocarían cada 25 m. Por tanto, si seguimos la tendencia, la ubicación de los captafaros depende exclusivamente de la distancia a la que se encuentren los hitos de arista. El problema radica en que la distancia que separa a estos últimos no es siempre la misma. Por el motivo que se explica en el capítulo “4.8 Hitos de arista” en relación a la distancia real que representan estos elementos, se propone establecer que la distancia que separe a los captafaros en autovías y autopistas sea siempre de 25 m. Para carreteras convencionales y carreteras multicarril se establecen igualmente 25 m de separación entre captafaros. Como excepción, para tramos de carretera convencional con radios inferiores a 300 m, estructuras, zonas con climatología adversa (zonas de intensas y/o frecuentes nieblas) y zonas de cercanías a intersecciones los

captafaros se dispondrán a 12,5 o incluso 10 m. En las zonas próximas a intersecciones, se dispondrán a las distancias que se muestran en la imagen siguiente:



Figura 4.5.1.- (Google-Propia).

COLOR	DISTANCIA (m)
Rojo	5
Amarillo	4
Azul*	3

Tabla 4.5.1.- (Propia).

*Azul: en dichos tramos, los captafaros se colocarán con 15° hacia el interior de la calzada.

Las zonas moradas representan lugares en los que la orientación de los captafaros ha de ser la de la dirección del carril que llega, en detrimento de los 15° indicados en el párrafo anterior, ya que pretenden destacar al conductor que llega del carril principal con una elevada velocidad, que ahí se encuentra un elemento, y, por ende, que ha de reducir la misma.

A continuación, se muestra una imagen en la que, dada la singularidad de la zona, la ubicación de los captafaros de suelo no se establece cada 25 m, como es lo habitual en autovías, por lo tanto, la leyenda que a continuación se muestra indica las distancias a respetar entre captafaros en las zonas de los respectivos colores:

COLOR	DISTANCIA (m)
Azul	12,5
Rojo	5
Verde	4
Amarillo	3

Tabla 4.5.2.- (Propia).

Cabe realizar alguna matización:

- El color verde se emplea en coronas de glorietas. Cuando dichas glorietas tengan un radio superior a 50 m, la separación entre captafaros pasará a ser de 5 m, por lo tanto, se mostrarían en color rojo.
- El tramo de enlace entre una glorieta y otra, mostrado en rojo, se ha señalado en dicho color para hacer una matización: dado el escaso espacio que supone dicho tramo, no compensaría cambiar la distribución de captafaros, puesto que apenas habría tiempo para percibir el cambio. Será realmente rojo, es decir, con los elementos a 5 m, cuando dicho tramo mida más de 100 m.

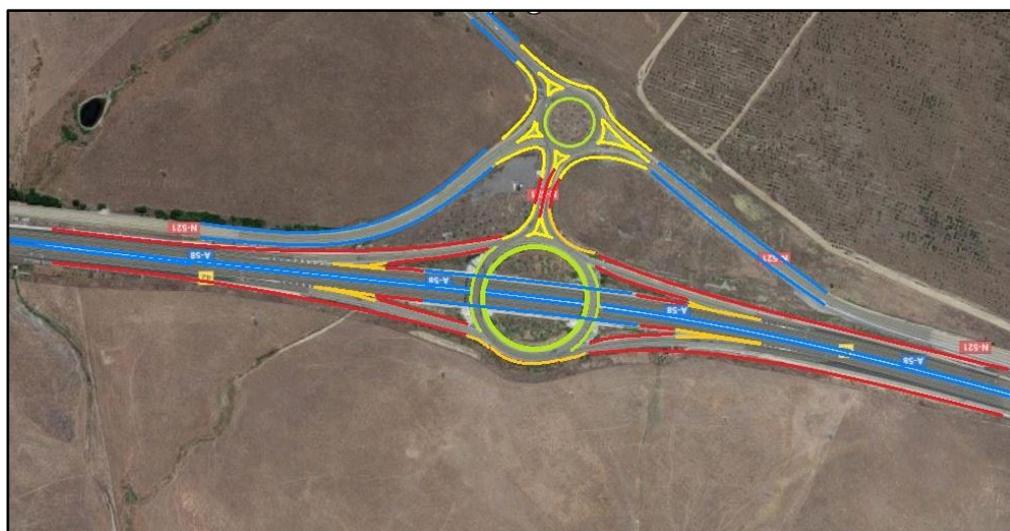


Figura 4.5.2.- (Google-Propia).

Para ambos esquemas se establecerá una zona de transición entre los tramos en los que los captafaros se disponen a 25 m y los tramos en los que se disponen a la pertinente distancia. Dicha zona de transición estará formada por 150 m de captafaros que se dispondrán cada 15 m.

- Alzado, transversalmente

En lo referente a la separación transversal que los captafaros han de tener con respecto a la línea blanca del arcén, el borrador del Ministerio de Fomento especifica que será de 10 a 15 cm, y la normativa catalana, al igual que para la distancia longitudinal, directamente cita a la Instrucción 8.2-IC del Ministerio de Fomento alegando que las distancias acuerden con lo en esa Instrucción especificado. Se plantean 4 posibilidades de ubicación para los captafaros: sobre la línea blanca, ligeramente separado (a unos 10-15 cm de ésta), en mitad del arcén y considerablemente alejado de la línea (borde exterior del arcén). A continuación, se analizarán las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones con ánimo de encontrar la mejor opción.

- Sobre la propia línea blanca del arcén, sería la ubicación idónea en cuanto a referenciar la carretera, ya que es la que más fielmente reproduce los límites de la misma. Por el contrario, esa ubicación implica una incompatibilidad con las bandas rugosas (si aparecen) que se disponen también sobre la propia línea que tiene como fin evitar que los conductores se duerman durante la conducción. Además, conllevaría unos altos gastos de conservación y reposición, ya que es relativamente frecuente que las ruedas de los vehículos circulen sobre la línea en algún momento y durante unos metros, especialmente los vehículos pesados. Estos elementos no están preparados para soportar todo ese tráfico que potencialmente les podría pasar por encima en alguna ocasión, por lo que en las pocas veces que esto sucediera, el captafaro acabaría por arrancarse. Además, cuando se repinte la marca vial, el captafaro quedaría anulado y habría que reponerlo.
- A unos 10-15 cm alejados hacia fuera de la línea blanca del arcén es la ubicación que normalmente ocupan en la actualidad. A favor tiene que es una representación fiable del trazado de la carretera y permite contar con un espacio extra más allá de la línea del arcén que haga que no sea un impedimento disponer las bandas rugosas. Por el

mismo argumento que el expuesto en el párrafo anterior, los gastos en conservación y reposición serían menores con respecto a la primera posibilidad.

- En mitad del arcén. Disponer los captafaros en esta ubicación significa una tremendaafección a los ciclistas para aquellos casos en los que pudieran circular por la pertinente vía. Por lo tanto, y basado exclusivamente en esa premisa, esta opción se derogaría en beneficio de la que dispone los captafaros a 10/15 cm, con mucha menosafección al mencionado colectivo.
- Considerablemente alejado de la línea blanca del arcén / límite de la calzada. Presentan un problema principal, que es su baja representatividad de la calzada, con lo que ello supone, que pueda llevar al conductor a pensar que hasta ese punto está seguro, como así es. El problema radica en que más allá de ese límite no hay superficie alguna, por lo que se daría como mínimo un incidente dependiendo del talud. Otro problema añadido es que perder toda esa distancia, es similar a una pérdida del ángulo de recepción de haz de luz del captafaro, reduciendo su eficacia sustancialmente por unos meros cm de colocación en planta. Sin embargo, la medida es eficaz cuando apenas se dispone de arcén, pudiendo establecerse que, para arcones de anchura inferior a 1 m, esta medida puede ser aceptable en trazados con relativa frecuencia de curvas, como medida mejor para la adecuada conservación de la carretera y optimización de costes.
- Zonas especiales:
 - En los ramales de entrada a una glorieta, se da un momento en el que los captafaros son vistos simultáneamente desde la perspectiva del conductor que se encuentra en el interior de la glorieta y de aquel que se encuentra en el “ceda el paso” que debe haber justamente previo a la entrada a la glorieta. Para que ambos cuenten con captafaros orientados hacia sí, existirán zonas de la corona interior de la glorieta que compartirán 2 orientaciones diferentes de los mismos. Asimismo, cuando el vehículo se encuentra circulando por el interior de la

glorieta, los captafaros se orientarán hacia el interior 15° , para buscar la plenitud de impacto del haz de luz proveniente del vehículo. Hasta y desde un cierto punto de las entradas y salidas de las glorietas respectivamente, se dispondrán los captafaros con una alineación perfectamente perpendicular al eje de la vía.

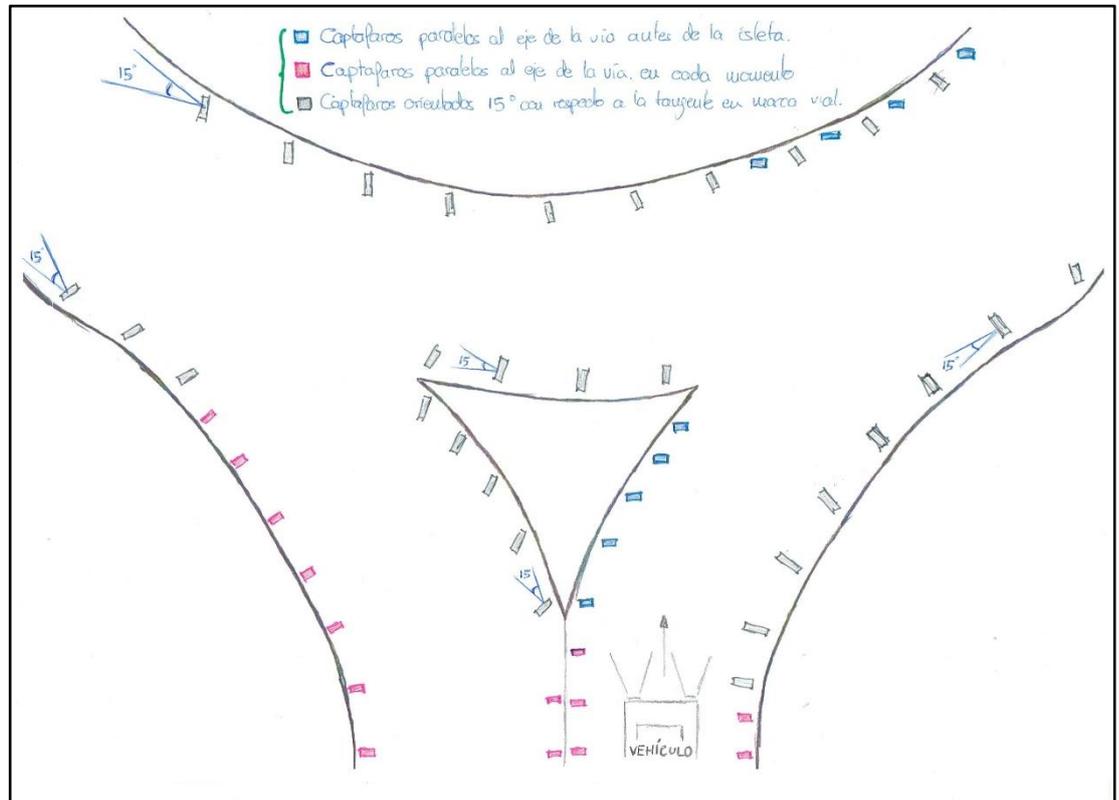


Figura 4.5.3.- (Propia).

- En ramales de enlace que se incorporen directamente, sin tramo paralelo y curva, sean de entrada o de salida, o bien con largos tramos paralelos sin mediana cebreada, separados sólo con línea de 40 cm de gran longitud en autovías y autopistas, normalmente no se pueden disponer las balizas cilíndricas H-75 para balizar el paralelismo o la curva, ya que no caben en el cebreado dispuesto entre los carriles. Es por ello que se propone como obligatorio el empleo, al menos, de estos captafaros para compensar ese efecto “borde” que se ve mermado, en una fila doble de elementos en paralelo.
- En ramales de salida o entrada de radio fuerte (curvas muy cerradas) la orientación del captafaro no debe ser estrictamente paralela a la

línea blanca que marca el arcén, ya que podrían darse situaciones en las que, pese a la gran apertura de ángulo que presentan, los haces de luz provenientes de los vehículos no incidieran sobre ellos de manera suficientemente perpendicular. Por este motivo se dispondrán de manera perpendicular a la visual del conductor en cada momento del desarrollo de la curva.



Figura 4.5.4.- (Propia).

Situación de pérdida de eficiencia del ángulo del captafaro.



Figura 4.5.5.- (Propia). Propuesta de orientación más eficiente.

- Los transfers o intercambiadores de mediana son zonas pavimentadas de las medianas de las autovías y autopistas que se

emplean para situaciones en las que hay que desviar el tráfico desde una calzada a otra por alguna situación especial. Se disponen cada 5 Km normalmente, en ocasiones en los extremos de grandes estructuras o túneles, y suelen presentar elementos de defensa que hagan que pasen desapercibidos y mantengan unas condiciones de seguridad.

En el capítulo 4.6 de “Captafaros de barrera” se ha incidido en la idea de que estas barreras situadas en los intercambiadores de mediana no deben llevar instalado ningún captafaro en las defensas, por las razones que se argumentan en dicho capítulo. Para paliar esta merma de balizamiento se propone incrementar la densidad de captafaros de suelo, potenciando en la idea de que esa zona es “especial” mediante la duplicación (o multiplicación) de la densidad de elementos de suelo, como se aprecia en la imagen.



Figura 4.5.6.- (Google).

De igual forma se propone también el refuerzo del balizamiento aplicando lo indicado en el capítulo 4.2 de “Balizas cilíndricas” en estas mismas zonas.

4.5.4 Generalidades

- **COLOR**

En lo referente al color, la norma catalana establece que el color será el amarillo en aquellos captafaros que se dispongan por el lado derecho de la

vía según sentido de circulación y blanco para aquellos que se ubiquen en el lado izquierdo según sentido de circulación.

El borrador del Ministerio de Fomento manifiesta “...se fijará el elemento *retroreflectante, que será de color blanco...*”

Se propone por tanto que, dado que no es especialmente trascendente, y no es un motivo que esté dando problemas, por facilidad se instaure que el color del elemento en sí sea el blanco.

- SISTEMA DE ANCLAJE

La norma catalana especifica que podrán estar fijados al pavimento mediante adhesivos, incrustaciones y tallos. La propuesta del Ministerio establece que serán unidos mediante adhesivos que cumplan la pertinente norma UNE. Por lo tanto, ante la uniformidad de criterios, se empleará adhesivo químico como sistema de anclaje al pavimento. Hay que insistir en la idea de que el captafaro debe estar inscrito dentro de un círculo de adhesivo, para evitar que, de no ser así, queden zonas sin adherencia que a la menor presión ejercen una función de palanca que convierte en inútil su anclaje y normalmente se pierden incluso sin grandes cargas de vehículos.

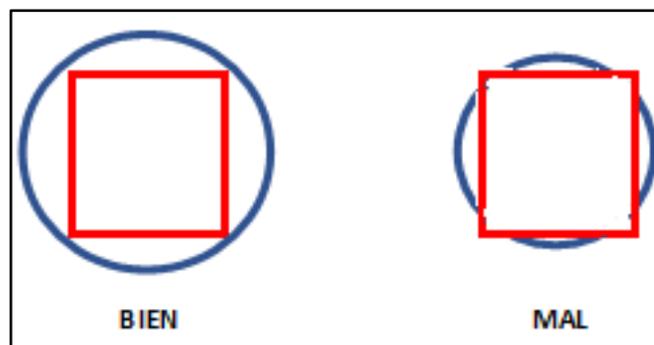


Figura 4.5.7.- (Propia).

- REFLEXIVO

Existen varias tipologías de geometría del reflexivo en estos elementos, pero interesa principalmente la que ofrece la posibilidad de disponer elementos reflexivos en las 2 caras opuestas que se muestran “perpendiculares” al eje de la vía. Para aprovechar esta posibilidad e instalar reflexivos por las 2 caras, se establece que sólo se instalarán captafaros que presenten esa geometría. El fundamento de esta idea es que normalmente los carriles son empleados

en un sentido, pero se pueden dar circunstancias que hagan que el tráfico tenga que recorrer esa misma vía, pero en sentido contrario, como se ha indicado antes, ya sea por tareas de conservación, accidentes, consideración de la autoridad pertinente, eventos extraordinarios, ... Por esa hipotética posibilidad, se dota a los captafaros de material reflexivo por ambas caras, puesto que para el día en que se de la circunstancia de que los vehículos han de circular en el sentido no-habitual de la vía, también tienen que contar con esa ayuda a la conducción.

Existen 2 posibilidades de materiales a colocar en las superficies destinadas a la reflexión (que, según el borrador del Ministerio, no pueden presentar una superficie inferior a los 12 cm²). Dichos materiales son:

- Adhesivo reflectante. En lo referente al nivel de retrorreflexión, la normativa catalana no establece ningún estándar, tan sólo recomienda el uso del nivel RA 3. El borrador del Ministerio en cambio, si que manifiesta que el nivel del reflexivo será el RA 2 o el RA 3, sin especificar en función de qué circunstancia. Para la propuesta que continúa, se hará una diferenciación en función de la carretera en la que serán instalados los captafaros.
 - Para autovías y autopistas, y ramales de enlace de éstas, el nivel del material reflexivo será el RA 3 para la cara expuesta al sentido habitual de circulación de la carretera. La cara opuesta, es decir, aquella que sólo será vista en circunstancias excepcionales de circulación, presentará un nivel mínimo RA 2, ya que, en esas circunstancias especiales, la velocidad a adoptar va acorde con la situación, viéndose reducida con respecto a la velocidad habitual de esos tramos de carretera.
 - Para carreteras nacionales de la Red básica, autonómicas de primer orden, carreteras de especial peligrosidad tales como de fuertes curvas, y para aquellas que se encuentren en zonas de especial singularidad climática (zonas de intensas nieblas) el nivel de retrorreflexión será el RA 3 para todas las caras posibles, tanto las del anverso como las del reverso de cada captafaro, ya que la

seguridad que *per se* presenta este tipo de carreteras tiene que verse incrementada.

Con respecto a las carreteras de fuertes curvas y un trazado sinuoso que hagan infrecuentes las grandes alineaciones rectas (en las que por tanto no funciona bien el nivel RA-3 porque se estaría desaprovechando una visibilidad muy larga cuando no existen tramos rectos tan largos) y aquellas de especial singularidad climática, cabe considerar que son zonas con un peligro potencial de accidente alto, por lo que se considerará excepcionalmente la posibilidad de reducir el nivel de retrorreflexión a RA 2 a cambio de destinar lo ahorrado en dicha reducción a la instalación de más captafaros, y por ende reducir la distancia entre ellos.

- Para el resto de las carreteras, el nivel de reflexivo a emplear será un RA 2 en sus 2 caras.

- Catadióptricos. El empleo de catadióptricos no aparece lo suficientemente considerado en ninguno de los 2 documentos precedentes, tanto en la normativa catalana como en el borrador del Ministerio de Fomento. Tan solo en la primera recomienda su uso... La ventaja que presentan los catadióptricos con respecto a los adhesivos, es que están compuestos de microprismas, por lo tanto, al ser un cuerpo con volumen, presentan mayor superficie y con mayor ángulo de reflexión que un adhesivo plano, por lo tanto, reflejan más la luz que los tradicionales adhesivos.
Se propone por tanto que el uso de catadióptricos se adopte como obligatorio, antes que el empleo de adhesivos convencionales. Si bien es cierto que son más caros, la premisa nº4 de este Trabajo de Fin de Grado era la seguridad, y por ende el empleo de tantos recursos fueran necesarios para alcanzarla.

En lo referente propiamente al color del reflexivo, habrá que hacer una distinción entre carreteras que sean o no bidireccionales.

Para las segundas, autovías y autopistas, carreteras multicarril y demás tramos de carretera en los que la circulación sólo sea posible en un sentido (vías colectoras, calzadas laterales...), el reflexivo de la cara vista por los vehículos en su sentido habitual de circulación será el naranja para la margen derecha de la calzada y el blanco para la izquierda.

Para aquellas carreteras que sobre la misma calzada presenten los 2 sentidos de circulación, los colores serán diferentes en una margen y otra. En la margen derecha según sentido de circulación, los reflexivos han de ser vistos de color naranja, y en la izquierda vista desde el sentido de circulación, reflexivo de color blanco. De manera que un conductor, siempre verá el blanco a su izquierda y el naranja a su derecha, tal y como se muestra en la imagen:



Figura 4.5.8.- (Propia).

Para mantener esa premisa y que el conductor siempre vea esa disposición de colores, por el reverso de cada captafaro, el color ha de ser el contrario al que se disponía en el anverso, de manera que los que por una cara son de color naranja, en su cara opuesta llevarán un adhesivo de color blanco, y viceversa, los que contarán con adhesivo de color blanco, llevarán un adhesivo naranja en su reverso.



Figura 4.5.9.- (Propia).

Lo que las imágenes pretenden mostrar es el efecto a conseguir, y es que se circule en el sentido que se circule, siempre se tendrá el color naranja a la derecha y el blanco a la izquierda.

Además, hay que añadir que con frecuencia se realizan labores de conservación en tramos de autovía que implican la puesta en servicio temporal de un tramo de autovía de forma bidireccional, liberando la otra calzada para hacer esos trabajos. Aunque no sea una cuestión de importancia capital, se considera que es muy recomendable que los captafaros de suelo en autovía lo sean a dos caras, de forma que cuando el tramo funcione bidireccionalmente, por tanto, en circunstancias inusuales, se cuente con un elemento de balizamiento extra que mejore la seguridad en ese tramo. Por todo ello, en autovía los captafaros del borde derecho serían color naranja (cara anterior) y blanco (cara posterior), y los del borde izquierdo, al contrario, como si de una vía bidireccional se tratase.

- TAMAÑO Y FORMA

Los captafaros podrán tener forma trapezoidal o romboidal. El motivo de esto es que un captafaro no refleja más allá de 40°, 20° a cada lado del eje. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la dirección de incidencia del haz de luz del vehículo irá variando conforme éste se acerque al captafaro, la alineación entre el eje de la vía y el eje del elemento no deberá ser superior a 15°, siendo lo normal y primera opción disponerlos de manera perpendicular al eje de la vía, considerando la posibilidad de dotarlo de un cierto ángulo en situaciones excepcionales, a saber: trazado sinuoso en planta o alzado.

Cabe subrayar lo citado en el borrador del Ministerio en cuanto a las aristas de estos elementos: *“todas las aristas que queden por encima del pavimento deberán estar redondeadas”*, y expresa igualmente que *“también podrán redondearse caras paralelas al eje de la carretera y la cara superior”*. Se suscribe completamente excepto por la salvedad de que en la segunda parte manifiesta la posibilidad, cuando se considera que debería imponer obligación, de igual manera que con las aristas, ya que se está hablando de un elemento que es un potencial factor de reventones en neumáticos de vehículos en según qué circunstancias.

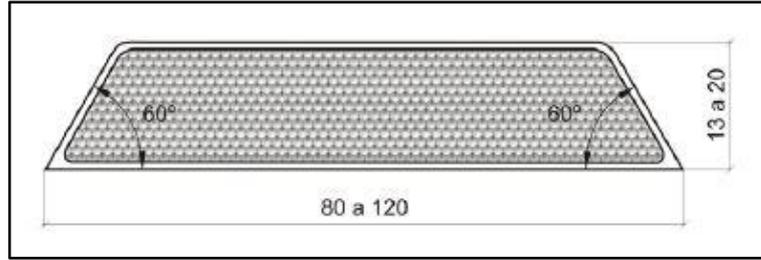


Figura 4.5.10.- (M.Fomento).

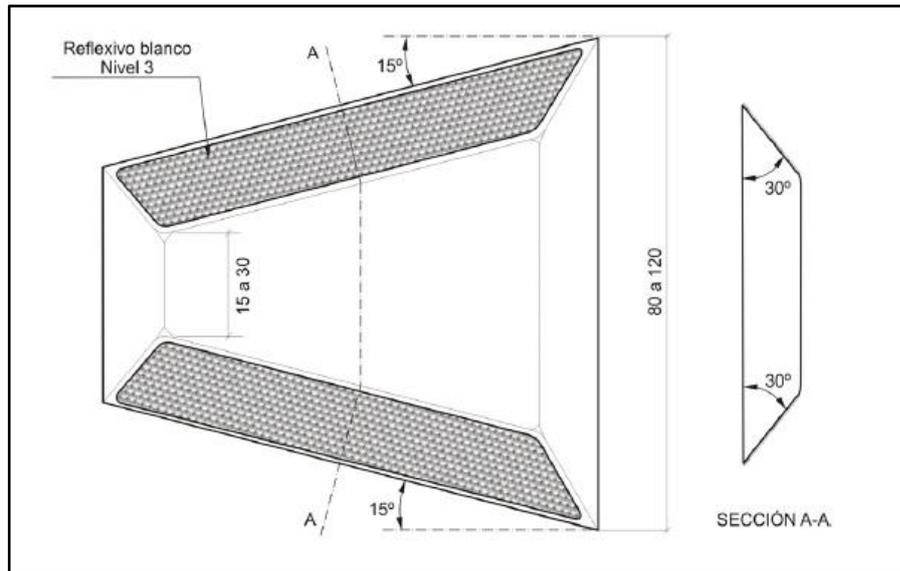


Figura 4.5.11.- (M.Fomento).

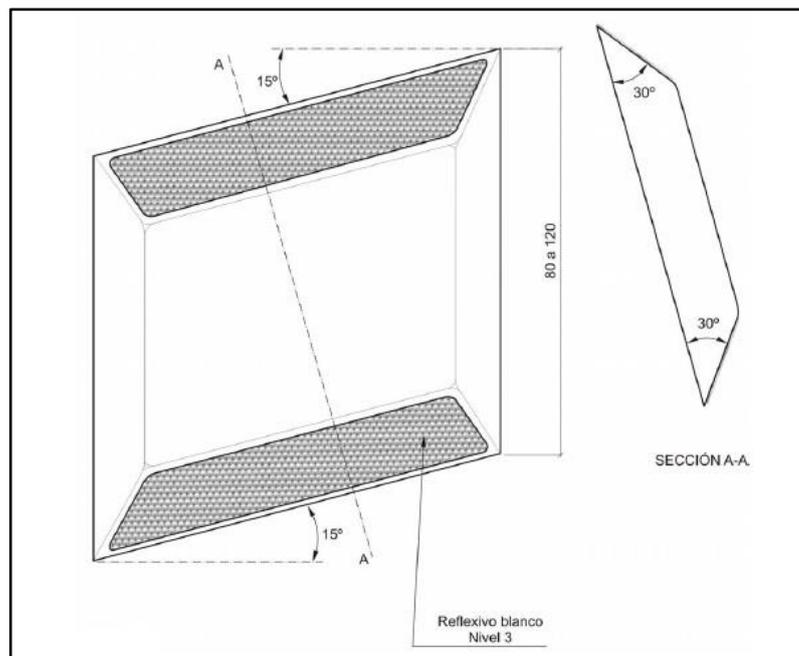


Figura 4.5.12.- (M.Fomento).

- ILUMINACIÓN

Se dan circunstancias en las que estos elementos presentan una iluminación externa para reforzar su función. Un mínimo de un par de bombillas LED alimentadas normalmente por energía solar, o mediante energía de fuente pública en caso de travesías y tramos urbanos, o túneles. Habitualmente, el empleo de estos captafaros con iluminación suele darse en entornos urbanos. La normativa catalana contempla la posibilidad de que estos elementos estén iluminados, y se abastezcan por células fotoeléctricas, baterías o estar conectados directamente a la red eléctrica. El borrador del Ministerio no menciona en ningún momento la posibilidad de que estos elementos se encuentren iluminados.

Por lo tanto, se propone “regular” lo existente: se podrán instalar captafaros que cuenten con iluminación externa, siempre que ésta no suponga la transformación del elemento en un obstáculo y que la iluminación no cree en el conductor una distracción, sino que refuerce la idea de seguridad de la zona en la que está siendo colocado. Por ello, se ha comprobado que los alimentados con energía solar funcionan de forma intermitente, provocando efecto de distracción que no hace fácil identificar el motivo del peligro que se avisa y baliza; ello es debido a la necesidad de ahorro energético y la imposibilidad de acumulación de la energía, pero esta idea no puede volverse en contra de la seguridad, por lo que si no se disponen baterías, al menos se deberán conectar los distintos elementos entre sí, transversalmente, de forma que el parpadeo sea simultáneo entre todos los elementos.

A día de hoy, el empleo en carreteras interurbanas se reserva a túneles, donde, evidentemente dadas las condiciones de luminosidad, se abastecen de la corriente general.

Se ha conocido por profesionales del sector de la conservación que en Extremadura, en un futuro no muy lejano, se instalarán captafaros con iluminación artificial en los puentes de la autovía A66 sobre los ríos Tajo y Almonte, debido principalmente a las densas nieblas que aparecen en esa zona por la mera presencia del río. Esta es una medida que puede generalizarse siempre y cuando se disponga de fuente de alimentación

adecuada y se instalen los dispositivos detectores necesarios para que su puesta en funcionamiento esté vinculada a la presencia de nieblas, bien por un % de humedad predeterminado o por alcanzar el punto de rocío, pero la instalación no debe funcionar cuando no se den estas circunstancias para evitar el efecto común de que el abuso implique la pérdida de información por rutina.

4.6 CAPTAFAROS DE BARRERA

En lo referente a captafaros de barrera, se suscribirá la totalidad de lo dispuesto en el capítulo anterior: “4.5 Captafaros de suelo”, mencionándose en el presente capítulo las diferencias que pudiera haber en los respectivos apartados de uno y otro capítulo.

En materia de regulación, la documentación existente es la misma, con la salvedad de una definición que aparece en el PG3 donde se describen bajo la denominación de “captafaros verticales” a aquellos que se disponen sobre sistemas de contención de vehículos. La definición que aparece es la siguiente:

Captafaro vertical: utilizado como dispositivo de guía y delineación, preferentemente de los bordes de la carretera, aunque también puede emplearse en la mediana. Está compuesto por un cuerpo o soporte, y un dispositivo retrorreflectante, instalándose generalmente sobre sistemas de contención de vehículos o en paramentos verticales, tales como muros o paramentos de túneles. Entre estos dispositivos de balizamiento, a los efectos de este

artículo, se incluyen los hitos de arista instalados sobre barreras de seguridad.

Por lo tanto, se propone que la definición sea: “elemento de balizamiento cuya función es la definición del trazado de la vía y las marcas viales en situaciones de visibilidad comprometida. Podrán ser reflexivos o contar con iluminación propia. Para su instalación, se adhieren al pavimento o se dispondrán con un anclaje al equipamiento o defensa de la carretera. De igual manera cumplen con una función de seguridad, ya que la frecuencia de ellos debe ser significativa de la peligrosidad del tramo de vía.”

Es importante destacar que existen dos tipos de captafaros que no son de suelo: son los de barrera metálica de defensa y los de paramento o sistema de contención tipo pretil o tipo barrera rígida de hormigón. Y hay que partir de la base de que según la propia Orden Circular 35/2014 sobre *criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos*, las barreras son un

obstáculo que produce un accidente (en teoría más leve si la hay que si no la hay, pero el peligro no desaparece, sino que cambia), y por tanto también es conveniente señalar la barrera, función que realiza su balizamiento.

Aunque puedan parecer similares, se analizarán en capítulos diferentes, ocupando el espacio actual los primeros. Por ello no se volverá a mencionar a lo largo del capítulo diferenciación alguna en este sentido.

En cuanto a la disposición, en el presente capítulo cabe centrarse tan solo en su ubicación en planta, longitudinalmente, ya que, al ir sobre la barrera de defensa, la posición que ocupen tanto de altura como de separación de la calzada será la que precisen y marquen dichas barreras. Pese a esto, el borrador de Orden Circular de balizamiento del Ministerio establece su altura en una horquilla entre los 50 y 70 cm.

En cuanto a su disposición en planta, la citada Orden establece que los elementos se ubicarán cada 4 y 8 m, haciéndolos coincidir con la unión de los tramos de barrera.

Por lo tanto, ante la falta de más criterios en distintas documentaciones que ofrecieran una alternativa a la del borrador de Orden Circular, se opta por tomar el criterio de disponer los captafaros de barrera cada 4 y 8 m, aunque sobre este criterio general se van a plantear algunas excepciones.

Existen zonas en que, dada su singularidad, estas medidas serán cambiadas:

- En autovías y autopistas, se establecerán con carácter general cada 12 m, pues dada la velocidad que los vehículos llevan en ese tipo de vía y los trazados por lo general más suaves, si se disponen cada 4 u 8 m, los elementos serían vistos de una manera prácticamente solapada como una alineación luminosa, pudiendo ser innecesariamente excesiva tal densidad de elementos.



Figura 4.6.1.- (Propia).

- En curvas de radio inferior a 100 m, se dispondrán cada 2 m dada la peligrosidad de las mismas, y para que el conductor cuente con el mayor grado de advertencia que desde el punto de vista de estos elementos le puede ser proveído.
- En curvas amplias, por el lado interior de la misma se podría reducir la frecuencia de estos elementos, ya que tanto para los vehículos que van en un sentido como en el contrario, la presencia de esos elementos en dicha curva interior, no son fundamentales, pues la convexidad de la barrera impide que se vean. Para el vehículo que se encuentra más próximo al centro de la curva, la propia barrera esconderá los elementos a partir de una cierta distancia, por lo que no los verá. Para el vehículo alejado del centro de la curva que la va describiendo en sentido contrario al primero, le servirán como referencias los captafaros que lleve a su derecha (en el lado cóncavo de la curva), que son los que le describen la curva. Por lo tanto, se podría pensar que en carreteras convencionales y multicarril, salvo casos o circunstancias especiales, los captafaros se instalen a 8 m, ampliándolo a 12 m en el lado convexo y reduciéndolo a 4 m en el cóncavo, con lo que la medición apenas variará, pero se ganará en funcionalidad y eficiencia de los elementos, sin incremento de coste. Y en autovías y autopistas, la regla de 12 m se puede ampliar hasta los 16 m en el lado convexo de las curvas con barrera y hasta 8 m en el cóncavo, cuando las curvas fueran pronunciadas (radio inferior a 1.000 m),

Se podría pensar asimismo en instalarlos siguiendo la misma frecuencia que los de suelo, pero existe un factor que los diferencia y tiene incidencia directa

en dicha separación: estas barreras de defensa se ubican en zonas en las que hay algún elemento o situación que dispara el potencial riesgo de accidente. Por ello, los captafaros que se ubiquen sobre dicha barrera deben también salirse de lo común para que el conductor vea reforzada su sensación de advertencia ante anomalía.

Cabe destacar también en estos elementos la posibilidad de su instalación en zonas con barrera de defensa superpuesta, en general como anticipo de un pretil posterior, por tanto, protegiendo (y balizando) un peligro grave. En estos casos se produce -con mucha frecuencia- una circunstancia contraria a lo establecido en la premisa nº 3 sobre homogeneidad, y es que aparezcan captafaros a alturas distintas (a veces, hasta tres distintas) en la misma alineación, o discontinuidades repentinas, que pueden producir más confusión que otra cosa.



Figura 4.6.2.- (Propia). Situación actual.

En estas situaciones se seguirá el criterio de replanteo establecido anteriormente y de aplicación similar y simultánea en ambas barreras, resultando como muestra la imagen:



Figura 4.6.3.- (Propia). Propuesta.

De esta manera, el efecto visual en circunstancias de poca luminosidad puede ser contradictorio por la disparidad de elementos distintos y alturas distintas:

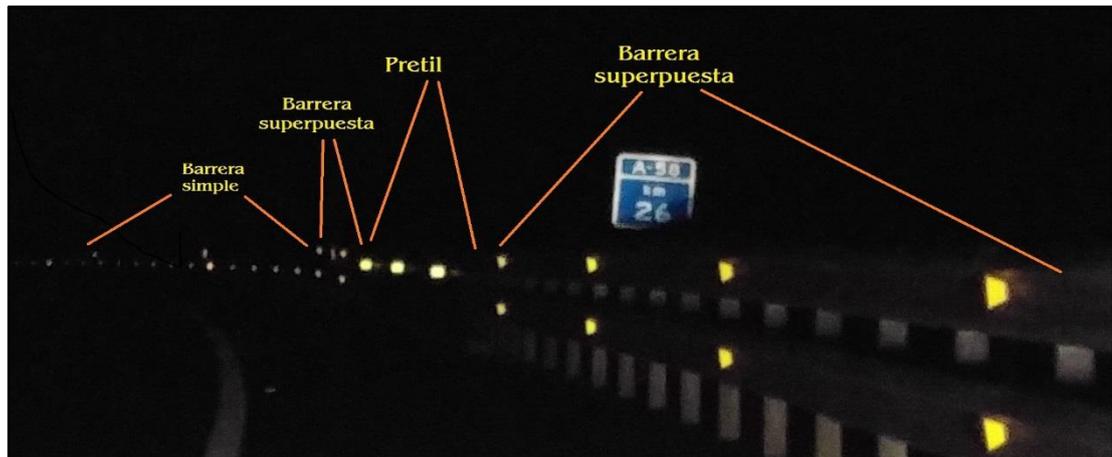


Figura 4.6.4.- (Propia). Situación actual.

Lo cual puede resolverse de forma sencilla duplicando los captafaros:

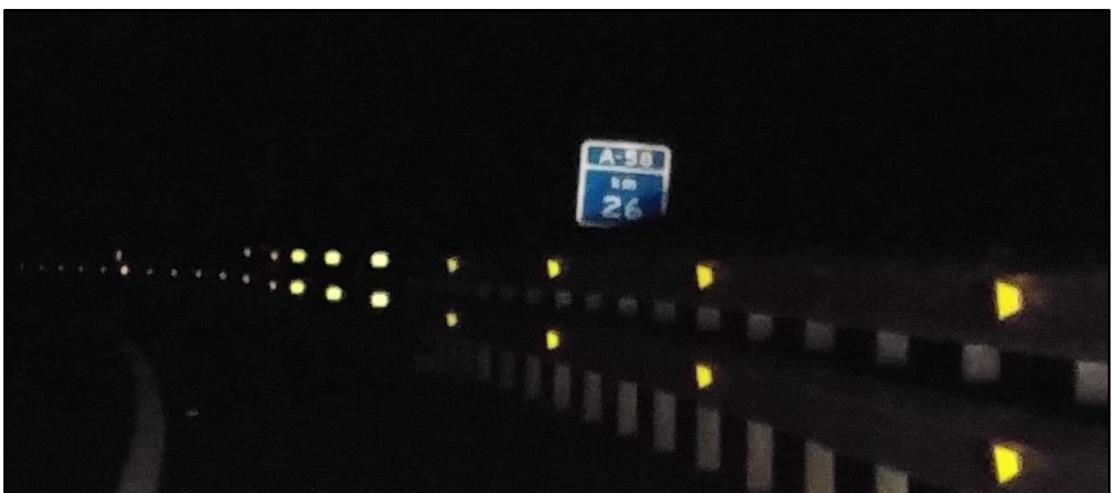
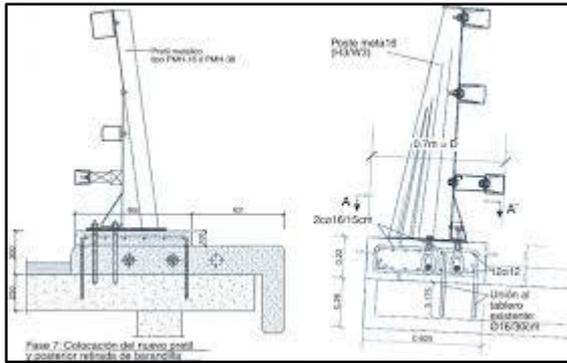


Figura 4.6.5.- (Propia). Propuesta.



Es sabido de la dificultad que tiene esta idea porque no todos los pretils metálicos tienen barras horizontales a la misma altura, pero hay que pensar en la mejor solución posible para garantizar al máximo esa continuidad visual.

Figura 4.6.6.- (Google).

De esta forma, un pretil metálico de tres alturas debería tener los captafaros en el primer y el tercer nivel, si coincide con barrera superpuesta; debieran disponerse en el nivel más bajo si sólo coincide con barrera simple; y hay que hacer propuestas especiales para los casos especiales. La presencia de pretils de hormigón, por el contrario, supone la ventaja de que ofrece más posibilidades a la hora de elegir altura, y el inconveniente de que los paramentos pueden no ser del todo verticales, aunque se asume esa disfunción con tal de que haya continuidad.

En los esquemas que proporciona el borrador de Orden Circular, los planos de las caras que contienen reflexivo, es decir, los visibles desde la carretera, formen entre si un ángulo de 30° , haciendo coincidir la bisectriz del ángulo con una perpendicular al plano de la barrera bionda de defensa. Por lo que estos elementos serán vistos un ángulo de 15° desde cada sentido de circulación.

En cuanto al color de los elementos, mientras que los captafaros de suelo se presentaban en un plástico blanco, estos elementos de barrera suelen ser de acero galvanizado, por lo que el color podría ser un metálico.

En materia de anclaje, la normativa catalana no hace especificación alguna en cuanto a cómo ha de ser el anclaje a la barrera. El borrador de Orden Circular del Ministerio si que expresa, tanto por escrito como en croquis, que será mediante una unión metálica atornillada, *“sin perjuicio de complementar el anclaje con cualquier otro sistema que mejore su durabilidad.”* Por lo tanto,

y dado que se está de acuerdo con lo que enuncia esta norma, se mantendrá el criterio de anclaje mediante atornillado.

En cuanto a los reflexivos dispuestos en el elemento, la norma catalana no hace ninguna especificación por el hecho de ser captafaros sobre barrera. La documentación del Ministerio, en cambio, manifiesta que en una o ambas caras se dispondrá material retrorreflectante de nivel RA 3 y una superficie mínima en cada cara de 50 cm². Los colores que formarán el reflexivo son igualmente el naranja para el lado derecho y el blanco para el izquierdo. Se propone aplicar los mismos criterios que los establecidos en el capítulo anterior “4.5 Captafaros de suelo”.

En lo que concierne a la forma del elemento, la normativa catalana no especifica nada, y el borrador de Orden del Ministerio describe todas sus geometrías y dimensiones con la siguiente imagen:

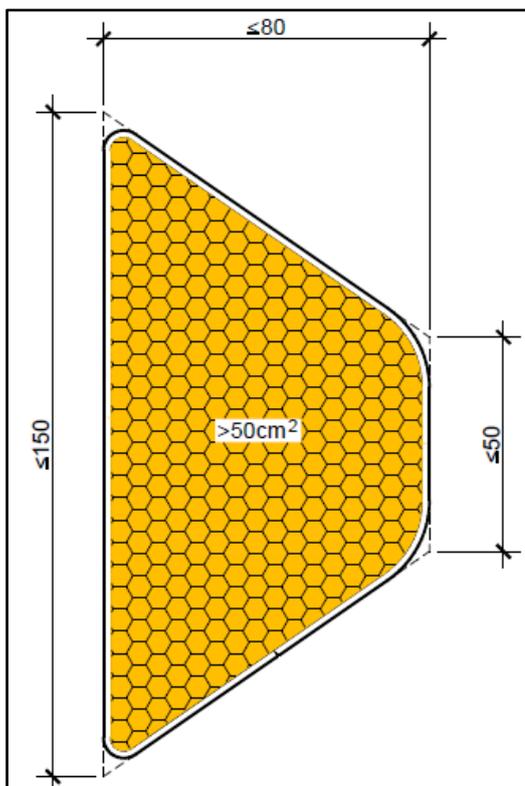


Figura 4.6.7.- (M.Fomento).

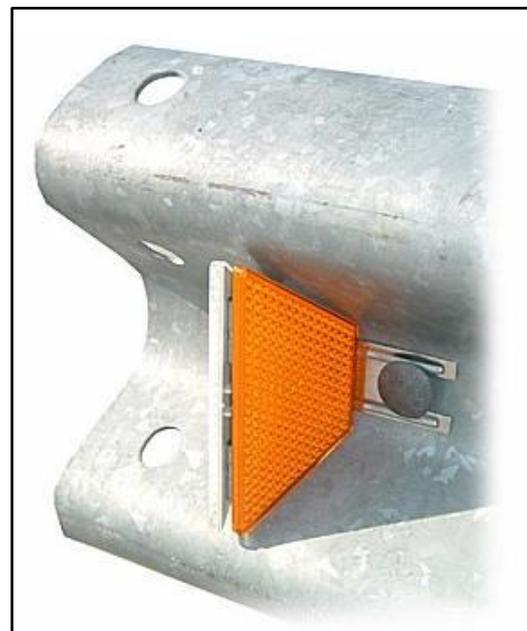


Figura 4.6.8.- (Google).

La imagen de la derecha muestra cómo se hace adaptar la geometría de estos elementos a la de la barrera bionda para quedar completamente integrado en ésta.

Existe otro elemento de discrepancia con respecto a determinadas prácticas que se vienen adoptando en la actualidad y que no viene regulado en ninguna de las normas estudiadas.

Como es sabido, las barreras metálicas deben disponer una transición al principio y final de cada tramo, que suele realizarse mediante un abatimiento. Normalmente estos abatimientos se hacen en el mismo plano vertical de la barrera, con una longitud determinada (12 m a la entrada y 4 a la salida en autovías) desde el suelo hasta que toman ya la altura estándar, lo que exige longitudes de anticipación L_r importantes.

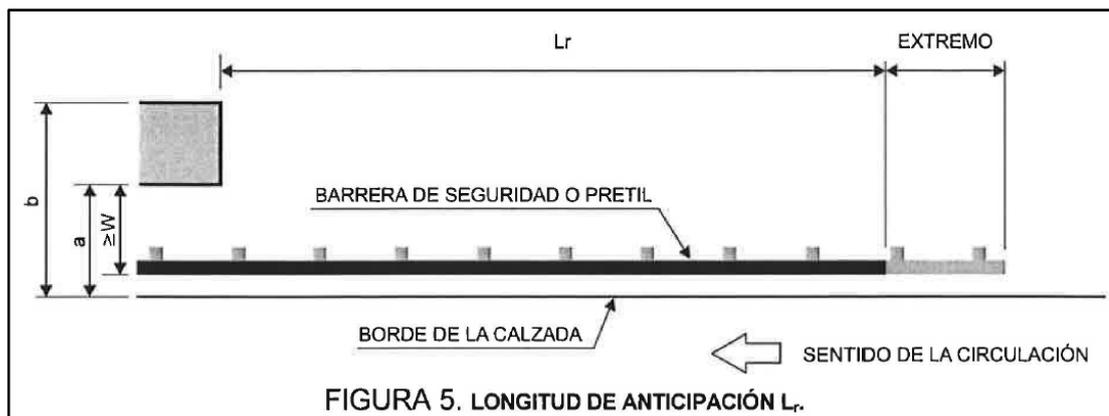


Figura 4.6.9.- (M.Fomento).

Pero ese abatimiento puede hacerse también en planta (y no en alzado), adoptando un talud mínimo 1:20 con respecto al eje de la calzada, normalmente hasta encontrarse con un talud en desmonte o elemento similar, reduciéndose bastante la longitud mínima de anticipación L_a .

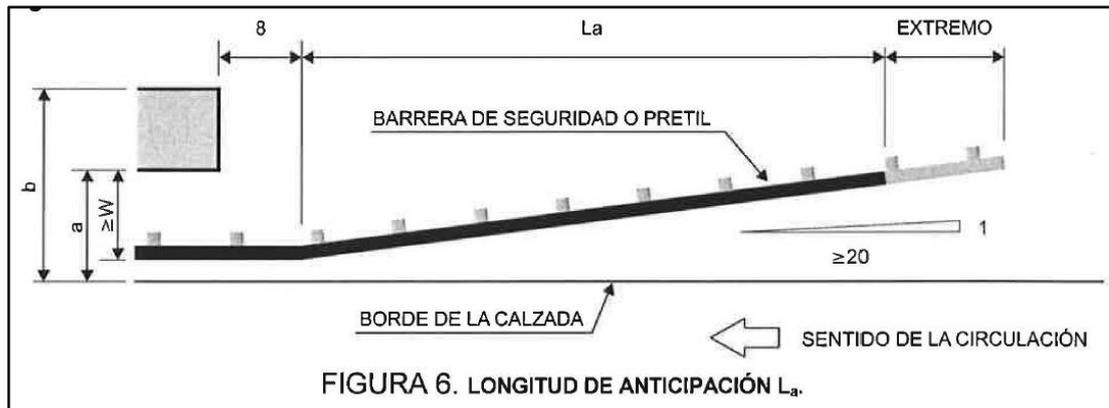


Figura 4.6.10.- (M.Fomento).

A este respecto, la rutina de colocar captafaros en la barrera también en el tramo en “cuña” 1:20 en planta puede producir un error de interpretación en los conductores, como se aprecia en la imagen siguiente:



Figura 4.6.11.- (Propia).

Los usuarios, habituados a que el captafaro de barrera es una referencia fija situada a una anchura más o menos conocida (justo al final del arcén) se pueden encontrar con un sobreecho engañoso que mide tanto como la longitud de la cuña, e incluso pueden pensar que hay un carril adicional que en realidad no existe, teniendo en cuenta que podemos encontrarnos en condiciones climatológicas adversas (premisa nº 2) en las que las marcas viales pueden casi ni percibirse, y asimismo teniendo en cuenta que normalmente los captafaros de barrera, por su posición, se ven mucho mejor que los de suelo y son los que tendemos a seguir intuitivamente en primer lugar:



Figura 4.6.12.- (Propia).

Para evitar esto habría que prohibir que estos tramos en cuña dispongan de captafaros de barrera, los cuales sólo se instalarán cuanto la defensa discorra paralela a la vía a su distancia habitual, sustituyéndose esta pérdida de balizamiento por captafaros de suelo en una densidad del doble de la que pudiera existir en esa zona en condiciones ordinarias. Excepcionalmente, si el riesgo es elevado, podrían instalarse adicionalmente balizas cilíndricas en el borde exterior del arcén.

Esta misma circunstancia engañosa puede darse en otros ejemplos parecidos en los que la barrera no discurre por su sitio habitual, como puede ser:

- Cuando la barrera de mediana es a doble cara y está situada junto a una de las calzadas, por lo que la cara visible desde la calzada opuesta no debe tener captafaros. Asimismo, cuando esta barrera cambia de calzada, deben prohibirse captafaros en las dos caras en el tramo inclinado entre ambas márgenes, por el mismo motivo.
- Cuando esta barrera de mediana discorra centrada y paralela al eje, pero lejos de los dos arcenes.
- Cuando existan intercambiadores de mediana con barrera de transición de entrada y salida, caso en el que ninguna de ellas deberá disponer captafaros, sino ser sustituidos por los de suelo, en densidad al menos doble a la ordinaria del tramo. Excepcionalmente, como se ha indicado en el capítulo 4.2 del Trabajo, también pueden disponerse balizas cilíndricas en el borde exterior del arcén.

OTROS CASOS SINGULARES.

Existe otra casuística muy relacionada con la premisa nº 1 del presente Trabajo, y es la coordinación de todos los elementos de balizamiento cuando se producen transiciones muy cortas de distintos sistemas de defensas, en general modelos ya anticuados, que hay que balizar.

El problema más importante en este caso es la falta de homogeneidad geométrica, que hay que intentar resolver para que el efecto de uniformidad de la premisa nº 3 se siga cumpliendo como base para la eficacia de los elementos implantados.

En casos como el que se ilustra a continuación es necesario instalar captafaros como prolongación natural de la alineación que ya viene desde la barrera metálica simple, y a la misma altura que éstos, aunque en ocasiones se de el caso de que los mismos coincidan en el paramento inclinado del pretil y no en uno vertical.



Figura 4.6.13.- (Google).

La solución en casos como éste pasa por exigir la mayor continuidad posible, aunque los captafaros no coincidan en el lugar idóneo, renunciando a la estética a cambio de la funcionalidad, como se comprueba en la siguiente simulación:



Figura 4.6.14.- (Google).

4.7 CAPTAFAROS DE MURO

4.7.1 Regulación

En lo referente a los captafaros de muro, se suscribirá la totalidad de lo dispuesto en el capítulo “4.5 Captafaros de suelo”, mencionándose en el actual capítulo las diferencias que existieran entre los respectivos apartados de ambos capítulos.

La regulación actual en materia de hitos de arista es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Apenas si hay referencia a este tipo de elementos, limitándose a citarlo como uno más de los tipos de balizas de obstáculos, junto a las balizas planas y las balizas cilíndricas, e indicando que el grado de retrorreflexión será función de la velocidad máxima autorizada en la carretera (el máximo para $V > 120$ km/h y el mínimo para $V < 100$ km/h). No se muestran ejemplos, ni se especifican dimensiones o características, en la norma catalana, más que la altura fija a disponer sobre el suelo, que será de 60 cm.

- Barrera rígida de formigó tipus “New Jersey” o mur lateral vertical:

Es col·locaran sobre la superfície lateral de la barrera o mur, a una alçada de 60 cm.

También se permite que, en arcenes estrechos, para evitar ser dañados, se puedan colocar sobre la barrera, verticalmente, y no en un lateral. Esta opción queda descartada en este Trabajo, salvo que extraordinarias causas de estrechez de la calzada lo justifiquen.

A les barreres tipus “New Jersey”, en casos d'impossibilitat tècnica o bé per una excessiva proximitat de les barreres a la calçada que pugui comprometre la durabilitat dels reflectors als laterals de la barrera, es pot contemplar la seva col·locació al seu pla superior.

- Recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento:

No se hace ninguna distinción en cuanto a este elemento con respecto a los captafaros de barrera, limitándose el borrador de orden circular a describir un esquema con las dimensiones mínimas (75 cm² frente a los 50 cm² de los de

barrera) y el nivel de retrorreflexión RA 3. Asimismo, sólo se contempla un modelo, con un ángulo interior de 30° válido para carreteras convencionales, de chapa de acero galvanizado, pero se excluye cualquier modelo que sea plano, perpendicular al muro, que pueden ser utilizados en autovías, autopistas y carreteras multicarril y no han sido regulados ni normalizados.

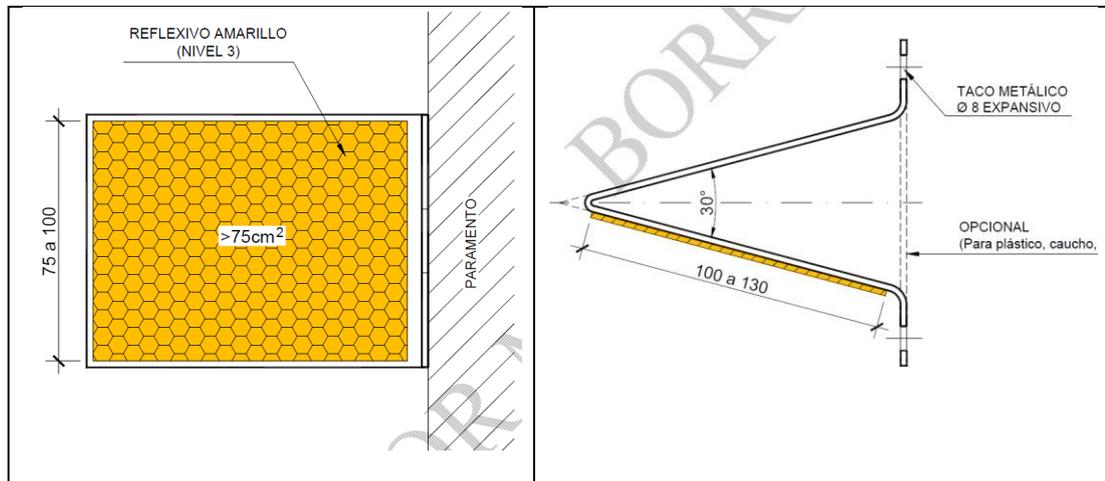


Figura 4.7.1.- (M.Fomento).

4.7.2 Definición

En materia de regulación, la documentación existente es la misma que en los hitos de barrera, ya que no se hace una distinción, más allá de una mención, entre los tipos de captafaros. Por lo tanto, se propone que la definición sea: “elemento de balizamiento cuya función es la definición del trazado de la vía y las marcas viales en situaciones de visibilidad comprometida. Podrán ser reflexivos o contar con iluminación propia. Para su instalación, se dispondrán con un anclaje al equipamiento o defensa de la carretera. De igual manera cumplen con una función de seguridad, ya que la frecuencia de ellos debe ser significativa de la peligrosidad del tramo de vía”.

4.7.3 Disposición y replanteo

En general, los criterios de replanteo de este tipo de elementos debieran ser los mismos que los captafaros de barrera, descritos en el capítulo 4.5. Sin embargo, hay que insistir en que en determinadas ocasiones hay que adoptar medidas especiales de coordinación entre elementos de distintos tipos, como ya también se ha adelantado en dicho capítulo. Y a ello hay que añadir que el hecho de ser de muro significa que o bien hay una defensa con un nivel de contención muy alto (de hormigón, o pretil) porque hay un peligro muy grave, o directamente hay un obstáculo en forma de muro (un paso inferior estrecho, por ejemplo). Por este motivo es conveniente potenciar la presencia de estos elementos tanto como sea necesario, porque habitualmente estas balizas son las únicas que separan al tráfico del obstáculo, si se tiene en cuenta que, como se indica en la orden circular de sistemas de contención, las barreras también son un obstáculo en sí, que permiten que se cambie el tipo de accidente y su gravedad, suavizándola, pero no eliminando el riesgo. Más bien al contrario, no suelen colocarse captafaros de muro cuando más necesaria es su presencia:



Figura 4.7.2.- (Google).

Por ese motivo, los captafaros deben colocarse en general, empleando separaciones de 25 m, de 12,5 m o incluso hasta de 5 m si excepcionalmente estuviera justificado. La altura sería la equivalente a la de los elementos afines sobre barrera, o a doble altura si la barrera es superpuesta.

En cuanto a la coordinación, vale lo indicado con ejemplos en el capítulo 4.5, pues son muchas las posibilidades de coexistencia de pretilas de diversos tipos, barreras de anticipación de diversas formas y tamaños, y todo ello debe ser balizado de forma homogénea y coordinada, y no aplicando criterios individuales. El incremento de densidad de estos captafaros puede ir acompañado del de otros elementos como los de suelo, en función del peligro que haya que balizar.



Figura 4.7.3.- (Google-Propia).

En este fotomontaje, ejemplo de mediana estrecha protegida con barrera tipo “New Jersey” de hormigón, se propone que los captafaros de suelo y de barrera se ubiquen cada 12,5 m (la mitad de la distancia entre hitos de arista en la mediana) en el borde izquierdo, donde se encuentra el peligro extraordinario, mientras que en el borde derecho se mantendrían a 25 m entre captafaros de suelo y 50 m entre hitos de arista.

En el caso de los pretilas, se acompaña un montaje empleando 7,5 m de separación (longitud de tres módulos) y elementos planos como los que se proponen en este Trabajo.



Figura 4.7.4.- (Google-Propia).

4.7.4 Generalidades

Las consideraciones referentes al color, sistema de anclaje y reflexivo son similares a las realizadas en el capítulo de captafaros de barrera, adaptándolas a la geometría de estos elementos sobre muro.



Figura 4.7.5.- (Google).



Figura 4.7.6.- (Propia).

Sí que se aporta una novedad en cuanto al tamaño y forma, ya que se propone se incluya un nuevo elemento que ya es usado con frecuencia y que no figura en los borradores antes mencionados, como es el captafaro plano sobre base de caucho o neopreno, generalmente atornillado, del cual se adjunta modelo, y que tiene la ventaja de una determinada flexibilidad muy útil en determinadas circunstancias.

Las dimensiones mínimas de la placa de apoyo son 14*9 cm, y las de la superficie reflectante 11*7 cm (que garantiza una superficie mínima de 75 cm²), formadas exclusivamente por placas de naturaleza catadióptrica, herméticas, de colores naranja/ambar o blanco, que pueden estar pegadas a la placa o fijadas con remaches.

Existen en el mercado otros tipos de elementos rectangulares de geometría similar a los captafaros denominados “disuasores de fauna”, que manteniendo la funcionalidad de los aquí presentados, se diferencian en que la dimensión mayor queda en posición vertical, para aquellos casos (como la ilustración anterior) en los que se preciso ajustar todo lo posible el escaso margen disponible para que el tráfico no les afecte.

4.8 HITOS DE ARISTA SOBRE SUELO

4.8.1 Regulación

La regulación actual en materia de hitos de arista es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Les balises de vora (també anomenades fites d'aresta) són elements d'abalisament de la carretera, formats per pals amb elements reflectants o amb il·luminació pròpia, que es col·loquen verticalment a intervals regulars a ambdós costats de la plataforma de la via. Serveixen per a l'abalisament diürn de les vores de la carretera i per aquest motiu són blancs amb una franja negra que assenyala l'eix de la calçada; i per a l'abalisament nocturn compten amb uns elements reflectants grocs i blancs.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los hitos de arista son elementos de balizamiento colocados verticalmente en ambas márgenes de la plataforma de la carretera, consistentes en un poste hueco de color blanco, de naturaleza polimérica y con una franja negra en su parte superior inclinada hacia la calzada, en la que se ubican, centrados, uno o dos elementos retrorreflectantes.

Los hitos de arista tienen como función delimitar la plataforma de la carretera para mejorar la percepción del trazado por parte del conductor. También sirven para indicar los hectómetros de la carretera, permitiendo referenciar sus elementos e incidencias.

- PG3:

Hito de arista: instalado verticalmente fuera de la plataforma de la carretera. Está formado por un poste blanco, una franja negra inclinada hacia el eje de la carretera, y una o varias piezas de dispositivos retrorreflectantes colocados sobre la franja negra.

- Orden circular número 309/90 sobre Hitos de arista, del Ministerio de Fomento:

Se define como hito de arista un poste dotado de uno o varios elementos reflexivos que se coloca verticalmente en la margen de la plataforma de una carretera.

Los hitos de arista tienen por objeto primordial balizar los bordes de las carreteras durante las horas nocturnas o de escasa visibilidad.

También balizan el borde de las vías en las horas diurnas, y por ello son de color blanco y llevan una franja negra inclinada hacia el eje de la carretera.

Sirven también para materializar los hectómetros de la vía, circunstancia muy interesante para los estudios de accidentes y otros temas.

4.8.2 Definición

Con respecto a las definiciones existentes se consideran en bastante medida apropiadas. Tan sólo algunas salvedades que más adelante serán propuestas para modificación, pero serán convenientemente indicadas en sus respectivos apartados. Por ello, la definición que se propone es: “elemento de balizamiento dotado de material reflexivo, que se dispone verticalmente en las márgenes de las carreteras (ya sea sobre la barrera de defensa o en la berma) para redundar en la definición de la trazada de éstas y servir como referencia a los usuarios de la vía. “

4.8.3 Disposición y replanteo

Entre las funciones complementarias de los hitos se encuentra la de indicar la numeración de los hectómetros (hm) de la carretera, ya que esta cifra principalmente responde a funciones de auxilio al replanteo para accidentes e incidentes, conservación y explotación.

La normativa catalana en materia de replanteo tan sólo hace mención a su finalidad de marcar los hm.

El borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento de 2011 manifiesta que “se replantearán en primer lugar los coincidentes con los hm de la carretera, décima parte de la distancia entre 2 hitos kilométricos consecutivos” (lo cual sería cierto si los km midieran realmente 1000 m). La Orden Circular

específica de hitos de arista va en una línea muy similar al Borrador del Ministerio, expresando prácticamente la misma idea.

Partiendo de lo descrito en los documentos actuales, la distancia que separará a los hm será la décima parte de la distancia que exista entre 2 hitos kilométricos consecutivos. Puede darse la situación, como así es de hecho en multitud de ocasiones, de que la separación entre 2 hitos kilométricos no represente fidedignamente la distancia de 1 km. Esto sucede cuando sobre una carretera existente (con su kilometraje existente) se realiza algún tipo de obra que le afecte, fundamentalmente variaciones de trazado. Dichas obras consisten en que, sobre una carretera existente a partir de un punto, nace un nuevo trazado en variante que tendrá su longitud determinada, mayor o menor que la del tramo del cual es variante. Dicho nuevo trazado deberá enlazar en algún momento con la antigua carretera, y sus kilometrajes deberán volver a ser coincidentes.

¿Qué fenómeno provoca que, cuando esta situación se da, los km del nuevo trazado no midan realmente 1.000 m? La razón fundamental es que se reparte la distancia existente en km en el trazado antiguo a lo largo del nuevo trazado, única forma posible de garantizar que ambos trazados comienzan y terminan en el mismo punto kilométrico.

Se explica con un ejemplo:

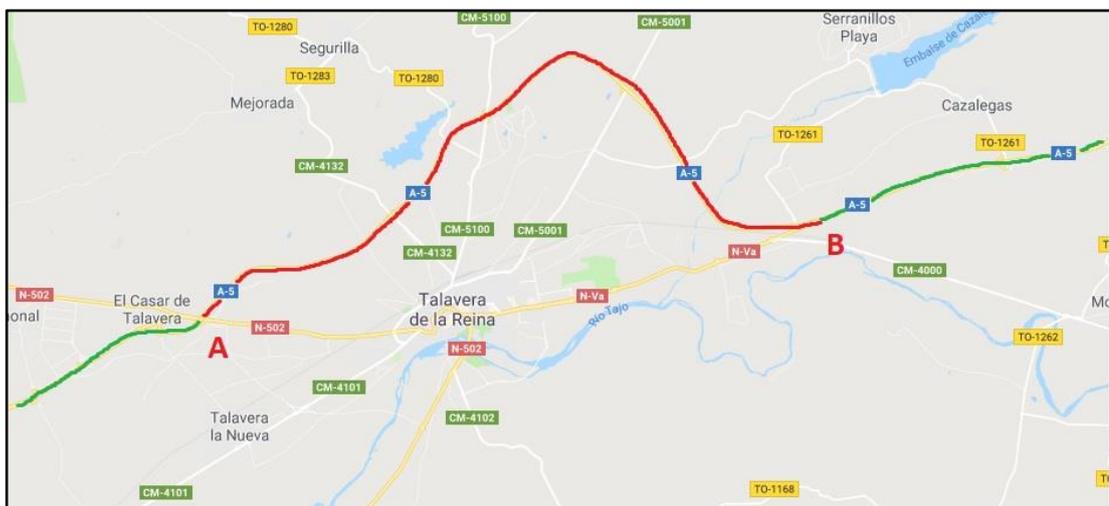


Figura 4.8.1.- (Google-Propia).

En la imagen se puede apreciar una vista cenital de Talavera de la Reina (Toledo) y sus alrededores. La actual A-5 (trazado marcado en verde) nace como una duplicación de la antigua N-V, y su kilometraje nace en Madrid, en

la puerta del Sol. En un determinado momento se decide dotar a Talavera de un tramo en variante para la A-5, produciéndose la separación de trazado con respecto a la existente en los puntos A y B, km 123 y 106 aproximadamente. Por lo tanto, el kilometraje que se da en la “variante” ha de ser concordante con el que ya existe en la antigua N-V/A-5, dado que es evidente que no se va a modificar el kilometraje de toda una carretera radial de 407 km de Madrid a la frontera con Portugal con Badajoz por un tramo en variante de 20 Km, pues esta operación además habría que repetirla cada vez que se construyera un nuevo tramo.

Dicha concordancia se consigue aplicando la repartición explicada anteriormente, que hace que los km medidos sobre el terreno no sean exactamente km de 1000 m.

Lo que este Trabajo de Fin de Grado propone, es que la distancia que representen los hitos de arista sea siempre de 50 m, por lo tanto, que con 2 hitos de arista seguidos se complete un hm perfecto.

Independientemente de que los hitos kilométricos que separan se encuentren a una distancia exacta de 1000 m, los elementos objeto del presente capítulo se ubicarán en perfectos hm para garantizar una máxima representatividad del trazado. Si no se hiciera así, se daría la paradoja de que habría tramos en variante cuyos hitos kilométricos distaran una cantidad diferente en cada tramo, dotados de hm que no miden 100 m, lo que representa enormes problemas a la hora de la explotación de la carretera, referenciación de accidentes e incidentes, inventarios, mediciones, etc... Este problema sería mayor si se trata de hacer replanteos utilizando el último hito con hm y midiendo hacia atrás, lo que haría realmente complicada dicha operación, ya que la posibilidad de tenerlo que medir desde el hm inicial, puede ser, en ocasiones, algo inviable, ... Con la medida propuesta se garantiza que todos los km tienen un número determinado de hm de 100 m, válidos por tanto para el replanteo, y lo único que puede llegar a suceder es que falte algún hm (y se pase del 8+800 al 9+000, por ejemplo) o que sobre otro (y pueda existir el km 9+1100) hechos que, no siendo los ideales, al menos sí presentan una buena solución a los problemas de explotación. De lo contrario, cada km tendría una

longitud distinta, y cada hm sería distinto de su homónimo de otro km, lo cual hace imposible la referenciación de ninguna actividad que precise localizar un punto de la vía en concreto. La otra posibilidad, que es re-kilometrar las carreteras cada vez que se haga una actuación en ellas, resulta inviable de todas las maneras que se estudie.

REPLANTEO LINEAL

En cuanto a su ubicación no desde el punto de vista de la distancia, sino del meramente informativo por seguridad vial, se hará una distinción entre tramos rectos de carretera, tramos en curva y zonas especiales:

- Tramos rectos: se clasificará la distancia a la que se dispondrán los hitos de arista en función del tipo de relieve, dado por la inclinación media, según enuncia la Norma 3.1-IC de Trazado. Sin embargo, a diferencia de ésta, la propuesta que se plantea es que el paso del relieve ondulado al accidentado se fije en el 10%, y además se calculará la media excluyendo los tramos llanos, de forma que esta inclinación media será realmente representativa por tramos parciales.

TIPO DE RELIEVE	INCLINACIÓN MEDIA %	SEPARACIÓN (m)
Llano	$i_t \leq 5$	50
Ondulado	$5 \leq i_t \leq 10$	33
Accidentado	$10 \leq i_t \leq 20$	25
Muy accidentado	$20 \leq i_t$	A demanda

Tabla 4.8.1.- (Propia).

De esta forma se vincula la cadencia de hitos de arista a la mayor o menor ondulación del trazado, pues es de suponer que cuando mayores sean las dificultades y más sinuoso el trazado, más necesario será el balizamiento. Por otra parte, dadas las pendientes que presentan por norma las autovías y autopistas, se incluirían estas en el grupo de relieve llano, por lo que se establecerían cada 50 m exactos.

Estas distancias serán respetadas lo más fidedignamente posible, pero si las condiciones de la carretera obligaran a que tuvieran que ser

modificadas por razones de cualquier tipo, no debería haber ningún tipo de problema siempre que se justifique adecuadamente.

- Tramos curvos: para la elaboración de una propuesta de replanteo de estos elementos en zonas curvas, se empleará un criterio similar al mencionado en capítulos anteriores para el número de paneles direccionales a colocar en una curva, y responde a un criterio de reducciones de velocidad:

REDUCCIÓN VELOCIDAD (km/h)	SEPARACIÓN ENTRE HITOS (m)
$Rv < 15$	50
$15 \leq Rv < 30$	33,33
$30 \leq Rv < 45$	25
$Rv > 45$	10

Tabla 4.8.2.- (Propia).

Estas distancias son medidas a lo largo del eje de la carretera, de donde radialmente al centro de la curva se deducirán las posiciones de los hitos del exterior e interior de la curva, estando estos más alejados y aproximados respectivamente. Por ese motivo, y para compensar ese déficit y dotar de continuidad al exterior de las curvas, se empleará el modelo que propone el borrador del Ministerio de Fomento por el cual en la bisectriz que surge de 2 radios con hitos, se colocará un tercer hito en el carril exterior, tal y como se muestra en la figura:

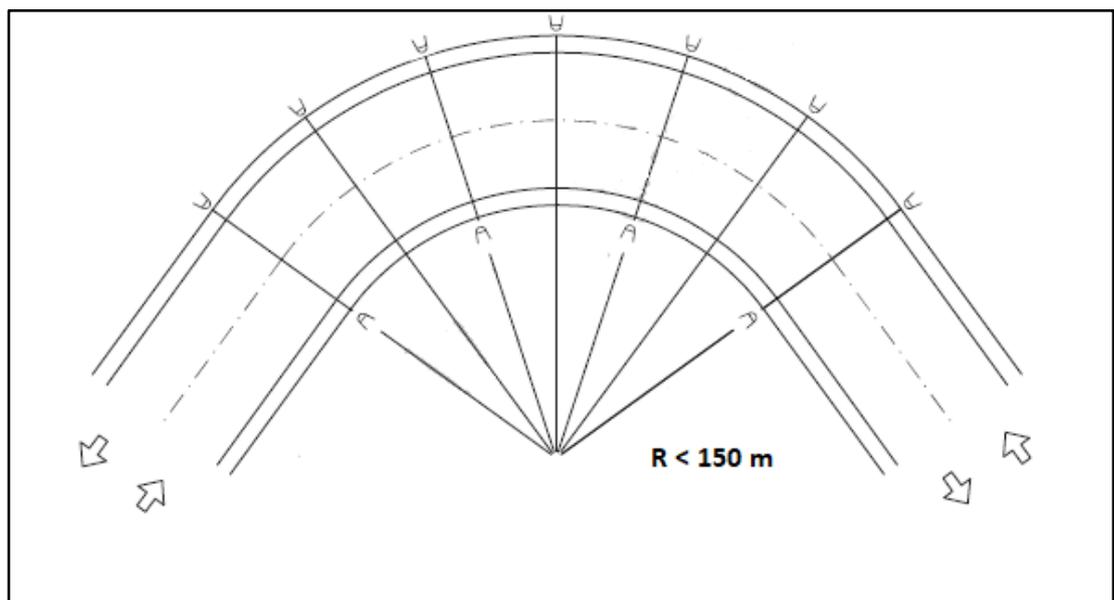


Figura 4.8.2.- (M.Fomento).

Dicho modelo se aplicará en curvas con radio < 150 m

Esta medida sólo debería ser puesta en práctica para los radios indicados, pero ello no impide que pueda hacerse en circunstancias distintas, por razones de seguridad vial en zonas de frecuentes curvas y contracurvas, tramos de concentración de accidentes, etc...

- Zonas especiales: son zonas especiales aquellas que requieran algún tipo de trato especial por razones de siniestralidad, visibilidad, clima, ...

Dado su carácter de excepcionalidad se considera difícil establecer una norma parámetro a aplicar en esas ciertas circunstancias, por lo que se propone que, para cada caso pormenorizado, se elabore un estudio que tienda a reducir la separación entre hitos consecutivos.

A continuación, se estudiará cómo ha de ser su ubicación en el plano transversal con respecto al eje de la carretera. Dicha explicación tan sólo aparece recogida en las 2 normas del Ministerio (una como borrador nunca aprobado), no haciéndolo en la norma catalana. La explicación se realizará haciendo una diferenciación entre carreteras con calzada única o con calzadas separadas.

- Calzada única:

El hito se ubicará 30 cm hacia el exterior de cada lado de la carretera medidos desde el borde exterior del arcén hasta la cara más cercana del hito, y dado que, para este caso, se emplearán hitos abiertos en forma de A, el único criterio de alineación será hacer coincidir la bisectriz de dicha A con el plano perpendicular a la vía pasante por el eje de ésta.

- Calzadas separadas:

El hito se ubicará igualmente a 30 cm hacia el exterior de cada lado de la calzada, y partiendo del empleo de hitos de arista cerrados, se ubicarán estos guardando 15° con respecto al plano perpendicular a la vía que pasara por el eje de ésta.

Se dan situaciones en las que, en una mediana estrecha, ha sido colocada una barrera metálica doble, situándose las placas muy próximas entre

ellas, por ausencia de separador. En dichas situaciones, puede plantearse la posibilidad de disponer un hito de arista en la mitad del hueco que separa las 2 placas o uno por placa, siendo esta segunda opción la correcta, debido principalmente a que la pieza de anclaje del hito sólo es posible situarla en el trasdós de una placa bionda, y no en la cabeza de un apoyo.

4.8.4 Generalidades

- COLOR

En materia de color, los 3 documentos que desarrollan y explican el uso de estos elementos, consideran que el color del material ha de ser el blanco. Considerando que el color blanco cumple convenientemente su función, no se encuentra ninguna objeción al empleo de éste en estos elementos, por lo que la propuesta de este borrador es mantener dicho estándar. Sin embargo, si se considera una objeción en cuanto a la franja negra oblicua, que se desarrollará más adelante.

- SISTEMA DE ANCLAJE

En lo referente a hitos de arista, se crean 2 grupos principales que se diferencian entre ellos por la ubicación. Se presentan los hitos de arista sobre suelo y los hitos de arista sobre barrera de defensa.

A continuación, se desarrolla cómo contemplan los pertinentes documentos que ha de ser el anclaje al suelo.

La normativa catalana no especifica nada a tal efecto. El borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento considera que el anclaje será tal que “asegure su permanencia frente al viento”, y alude a las figuras mostradas en la norma donde especifica una serie de profundidades de soterramiento del hito, así como la posibilidad de instalar bases prefabricadas y/o la inserción de la arista en un cilindro de PVC y relleno de arena.

La Orden Circular 309/90 específica de hitos de arista desarrolla de una manera considerable las condiciones de anclaje al terreno, haciendo una

diferenciación entre su hincado en material terroso o rocoso. Se plantean una serie de longitudes de soterramiento, anclaje a base prefabricada e incluso la posibilidad de emplear unos pasadores.

Lo que este Trabajo de Fin de Grado propone es fijar como sistema de anclaje la base prefabricada de hormigón, es decir: en el momento de la instalación del hito se hará una pequeña excavación en la que se introducirá, convenientemente colocada, una base prefabricada de hormigón con el hueco justo para insertar en ella un hito hasta una cierta profundidad. En circunstancias extraordinarias de fuertes vientos o tráfico pesado importante, es conveniente incluso realizar una pequeña zapata de hormigón en masa alrededor de la pieza prefabricada. A priori este sistema puede resultar ligeramente más costoso, simplemente por la diferencia de tener que adquirir y cimentar unas piezas de hormigón prefabricado, pero a efectos de conservación, dada la alta probabilidad que tienen estos elementos de ser sustituidos debido a impactos, se obtiene un importante ahorro de tiempo y facilidad para los operarios de conservación en su instalación.

- REFLEXIVO

En lo referente al reflexivo, hasta ahora estos elementos presentan un adhesivo. El borrador del Ministerio establece que todos los elementos serán de un nivel de retrorreflexión RA 3, y no considera la instalación de catadióptricos. La Orden Circular 309/90 en cambio sí que establece la posibilidad de colocación de ambos tipos de reflexivo, pero recomienda el uso de los adhesivos por la mala experiencia en términos vandálicos que habían supuesto los catadióptricos. Por el contrario, ésta no hace mención alguna al nivel que han de presentar los retrorreflexivos. La norma catalana acepta el uso tanto de materiales de nivel RA 2 como de RA 3, amparando esto en su uso en zonas de complicada visibilidad.

Las 3 normas coinciden en la geometría del elemento reflexivo. Esta será un rectángulo amarillo de 18 cm de alto y 5 cm de ancho en el lado derecho de la carretera según la visual del conductor. En cambio, para el lado izquierdo de la visual serán 2 círculos blancos superpuestos de 6 cm de diámetro.

La propuesta que se hace es que se instale la obligatoriedad de colocar catadióptricos de nivel RA 3 en autovías y autopistas, sus ramales de enlace, carreteras de la red básica de la Red de Carreteras del Estado y de la Red de primer orden de las autonomías. Excepcionalmente, cuando el trazado de media o alta montaña haga inútil disponer elementos de alto nivel de retrorreflexión que impliquen una gran distancia de visibilidad, de la que normalmente no se dispone, se podrá reducir el nivel de retrorreflexión de los catadióptricos de un RA 3 a RA 2, a cambio de incrementar el número de éstos que se dispongan disminuyendo su distancia de separación.

Para carreteras estatales de la red complementaria, resto de carreteras autonómicas y de cualquier otra titularidad y categoría, incluido el viario anexo, se establece que el nivel de retrorreflexión de los catadióptricos sea el RA 2.

Con respecto al color de los elementos reflexivos, la estructura general de colores que presentan estos elementos consta de 3 capas. Una primera que es el blanco del elemento en sí, el soporte. Sobre el blanco, en la parte superior del elemento, se encuentra una superficie paralelepípedica negra cuyos vértices pretenden marcar la dirección de la vía, por lo que es simétrico respecto al eje de la carretera. La última capa igualmente cambia de un costado a otro de la vía, aunque no de manera simétrica. En el lado derecho de la vía según sentido de avance, se dispondrá en el centro de la superficie negra, un rectángulo amarillo de 18 cm de alto y 5 cm de ancho. En el lado izquierdo, sobre la superficie negra, existen 2 círculos blancos de 6 cm de diámetro, superpuestos y separados a una distancia vertical entre centros de 15 cm. La siguiente imagen muestra cómo son actualmente los hitos de arista, según se describen en el borrador de Orden Circular:

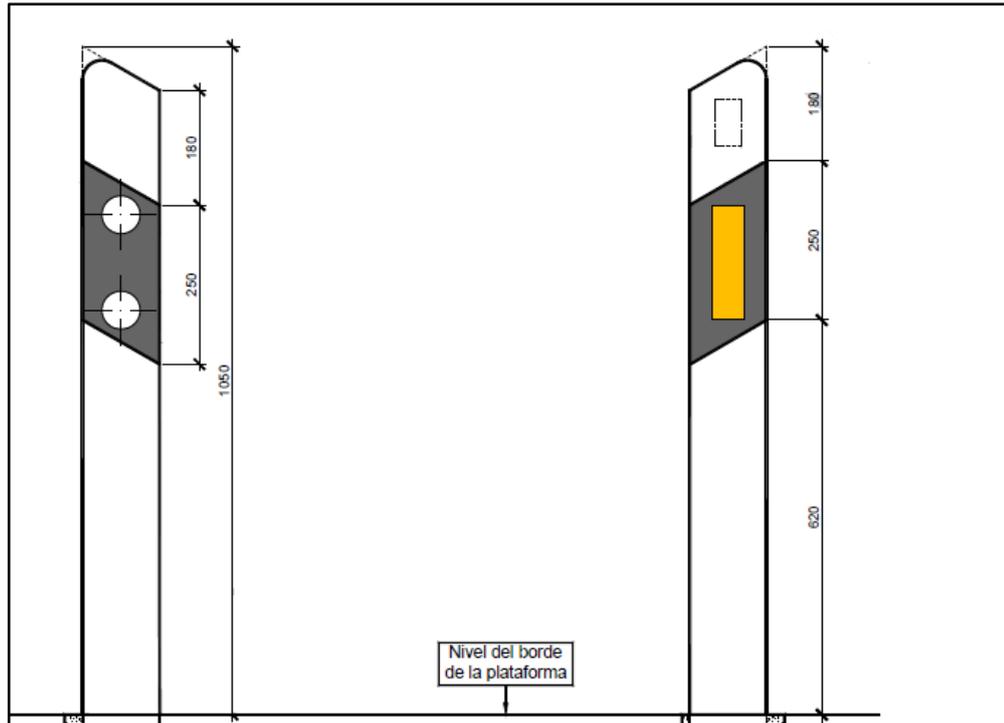


Figura 4.8.3.- (M.Fomento).

(Como excepción, la norma catalana establece la posibilidad de que la zona que habitualmente es naranja sea azul, para advertir de la presencia de algún elemento que no pudiera ser visto con la presencia de nieve, por ejemplo: juntas de dilatación de puentes. Son elementos que se colocan al principio de la campaña de vialidad invernal y se retiran al final de la misma.)

Se propone realizar algunos cambios con respecto a la estructura anteriormente explicada. La superficie de color negro no es elemento reflexivo, se ubica ahí simplemente para hacer contraste con los elementos blanco y amarillo que sí son reflectantes. Con esa disposición, existen esquinas en las que la superficie negra es mínima, por lo que no se dará con tanta facilidad ese contraste. La presencia de esta figura negra dificulta, además, una adecuada colocación del número del hm en los hitos que se colocan sobre barrera (normalmente bajo el reflexivo en hitos normales, sobre el mismo cuando se implantan en barrera). Por ello se propone que los rombos negros se trasformen en rectángulos negros, de manera que la superficie que resta libre entre el elemento reflexivo y el blanco propio del elemento sea en mayor o menor medida constante, aceptando para ello -si es necesario- que

el rectángulo se desplace hacia abajo hasta 5 cm, suficientes para conseguir el objetivo indicado.

Se podría pensar que, de esa manera, las áreas negras no están ya “señalando” la dirección de la vía. Ante este planteamiento, hay que considerar si esas áreas en efecto hacen esa función, si el conductor realmente nota y agradece esa referencia, independientemente de que no exista un efecto de “punta de flecha” que apenas si se aprecia en las circunstancias de la premisa nº 2...

Se plantea otro cambio, referido tan solo a aquellos hitos que se disponen a la izquierda de la vía según sentido de avance. El material reflexivo blanco se coloca para que, cuando un vehículo se encuentre circulando por esa vía en condiciones de poca visibilidad, con la reflexión de las luces del mismo, el elemento balice la trazada. Partiendo de esa base se propone aumentar la superficie destinada a dicha reflexión, ya que la elección de 2 círculos pequeños no implica mayor superficie reflexiva que aumente la visibilidad. Tras realizar el cálculo, la superficie reflexiva de estos 2 círculos es aproximadamente la mitad que la del rectángulo dispuesto en el lado derecho: 0.0056 m^2 VS 0.009 m^2 . Para que tuviera la misma superficie, el radio de un único círculo equivalente debería ser 5.5 cm.

Se propone que sean sustituidos bien por un círculo de radio 5,5 cm (para que el usuario identifique círculo = borde izquierdo, y rectángulo = derecho) o preferiblemente por otro rectángulo igualmente blanco, del nivel de retrorreflexión del catadióptrico que corresponda en cada caso en función del tipo de vía. El aspecto negativo de esta propuesta puede ser el económico, por el hecho de que pueda ser más superficie reflexiva, pero según cita la premisa número 4 de este Trabajo de Fin de Grado, en ningún caso será un problema.

De ser aplicadas, estas propuestas tendrían un impacto visual importante, ya que la sociedad no estaría acostumbrada a estos nuevos modelos, pero se considera que no es un aspecto suficientemente negativo como para no ser aplicado en comparación con el hipotético beneficio que pudiera aportar.

Otra consideración que habría que hacer es que la aceptación de esta propuesta conllevaría la modificación de la norma UNE 135362, hecho que se

considera viable si lo que se busca es una mejora en la eficiencia del elemento y de su funcionalidad.

Similar razonamiento podría hacerse del vértice superior del hito, pues no se encuentra otra razón para ese diseño que no sea acompañar el efecto de “indicación del centro de la calzada” que análogamente se asigna a la banda negra, y que por el mismo motivo podría ser eliminado y que el hito terminara en una línea perpendicular a su fuste. Esto aumentaría además la facilidad para colocar el número del hectómetro en las piezas que van dispuestas sobre barrera metálica, pues el número (de 75x40 mm según la Orden Circular de Fomento de 1990) literalmente no cabe en el pequeño espacio blanco de forma paralelepípedica y de 80 mm de altura situado sobre la banda negra, lo que obliga al final a poner números de tamaño inferior para los hm, que es la solución a la que hay que optar si no se baja la posición del rectángulo negro para crear el espacio necesario ni se elimina el chaflán “en punta de flecha” de la parte superior del hito.

La siguiente imagen muestra un croquis de las propuestas:

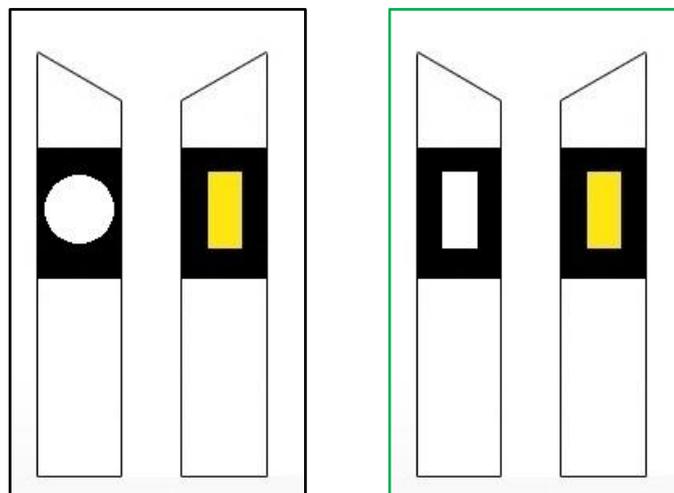


Figura 4.8.4.- (Propia).

Existe la posibilidad de añadir un pequeño dispositivo reflexivo a los hitos de arista colocado en su cara externa con respecto a la calzada. Su finalidad es la disuasión de fauna que pudiera aproximarse a las inmediaciones de la carretera y ser un peligro potencial al existir la posibilidad de que dicho animal entrara en ésta. Consiste en un catadióptrico rojo ubicado en la parte del hito opuesto a la vía. Se dispone en un determinado ángulo que refleja la luz

proveniente de la carretera hacia la zona exterior de servidumbre. De esta manera, cuando los vehículos circulen con las luces encendidas, estarán contribuyendo, sin afección alguna, a la reducción de los posibles atropellos, con las ventajas que eso supone en materia de accidentalidad. Se considera que es una medida bastante positiva ya que con poca inversión se consigue un potencialmente positivo.

El sistema quedaría instalado de la siguiente manera:



Figura 4.8.5.- (Google).

Por último, como cuestión excepcional se propone una medida adicional sobre el catadióptrico del borde izquierdo: en el lugar donde se colocan las placas de hito kilométrico, la del borde derecho es reflexiva, pero la placa del borde izquierdo se ve por detrás, y al no tener ningún elemento reflexivo rompe con la perspectiva de una alineación común en cualquier carretera nacional. Lo que se propone es colocar ese catadióptrico también detrás del poste de sustentación del hito kilométrico para que no se pierda el efecto visual por culpa de esa interrupción, ya que justo en ese punto no hay hitos de arista, por razones obvias.

- TAMAÑO Y FORMA

Las 3 normas coinciden en establecer la existencia de 2 tipos de hitos:

- Tipo I: sección abierta. Sección en forma de A
- Tipo II: sección cerrada. Sección con 2 caras paralelas unidas por los extremos mediante semicircunferencias.

El empleo de una u otra sección suele venir diferenciado por las calzadas que presente la vía, reservando el tipo I para aquellas carreteras con calzada única y el tipo II para aquellas que cuentan con calzadas separadas.

En cuanto a la forma y tamaño de estos elementos, en el vigente capítulo de este Trabajo de Fin de Grado se ha optado por no introducir todos los croquis que aparecen en la Orden Circular del Ministerio (como sí se ha hecho con otros elementos), considerando que, dado el espacio que requieren, se estaría introduciendo una información, a priori, superflua, y que si se quieren consultar, se encuentran disponibles en dicho borrador en la dirección Web del Ministerio de Fomento.

Se muestra el siguiente esquema del borrador como referencia, con la salvedad de que las zonas reflexiva y negra de contraste, aparecen con la geometría que estos elementos presentaban hasta ahora, sin tener en cuenta la propuesta de cambio que se realiza en este capítulo:

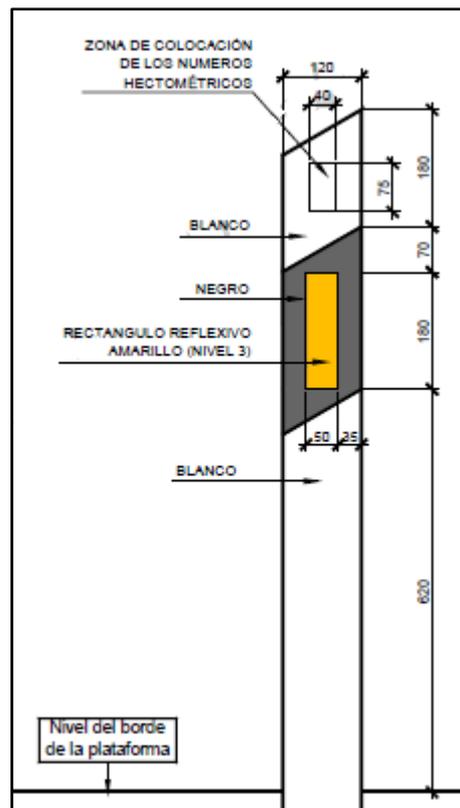


Figura 4.8.6.- (M.Fomento).

Sí que hay una mención especial que hacer, referente a la localización del número del hectómetro, que es un número del 1 al 9 cuya función es indicar

al usuario de la vía el hm preciso dentro del km en que se encuentra; en la vigente OC 309/90 se indica que estarán situados a una altura de 70 cm sobre el punto más bajo del hito, aunque éste se encuentre enterrado; por tanto, quedarán bajo la franja negra; en cambio, en el borrador de orden circular de 2011 se sitúa en la parte superior, por encima del espacio negro del reflexivo, centrado en el hueco resultante, pero esta norma no está en vigor. Además, en ninguno de los 2 casos se tiene en cuenta la posibilidad de que esto coincida con un hito sobre barrera metálica, pudiéndose comprobar que los números de los hectómetros no caben en el hueco blanco de un hito de barrera, ni en el superior ni en el inferior, y se suele resolver implantando números de tamaño más pequeño, por lo que hace más fuerte la idea de que hay que reestructurar el espacio de color negro, como se propone en este Trabajo.

Dada la anteriormente propuesta nueva geometría de la sección en color negro de ocupar sobre el hito una forma rectangular perfectamente perpendicular al mismo, se considera que el número tendría así el suficiente espacio para ser convenientemente visto desde una cierta distancia

Por dicho motivo y por los explicados en su apartado, se considera importante el cambio de geometría del citado paralelepípedo de color negro, y la instalación del número en la parte superior (borrador), y no en la central (orden vigente), que además tiene el inconveniente de poder ser ocultada en caso de que haya algo de hierba en las márgenes. Y, por supuesto, la modificación del tramo negro permitirá instalar hectómetros en la parte superior sin tener que reducir su tamaño

OTROS CRITERIOS DE EMPLEO

Se podría plantear la posibilidad de aplicar el mismo criterio de doble sentido que el establecido en el 4.5 para los captafaros de suelo, esto es, que su implantación en autovías y autopistas también fuera a dos caras, para que puedan ejercer su función balizadora cuando una calzada pueda ser excepcionalmente utilizada como bidireccional en situaciones de desvíos por obras, o provisionales. Sin embargo, el coste de dicha implantación es muy

superior en el caso de los hitos de arista que en el de los captafaros de suelo, por lo que se desestima esta indicación, o al menos con carácter obligatorio, salvo que por razones de importancia (esos desvíos provisionales fueran muy frecuentes) se considere su adopción.

4.9 HITOS DE ARISTA SOBRE BARRERA

En materia de hitos de arista sobre barrera, se suscriben la totalidad de apartados del capítulo anterior: “4.8 Hitos de arista sobre suelo”. Las únicas diferencias se dan en modo de anclaje y tamaño.

En materia de regulación, la documentación existente es la misma, ya que no se hace una distinción, mas allá de una mención, entre los 2 tipos de hitos de arista. Por lo tanto, se propone que la definición sea: “elemento de balizamiento dotado de material reflexivo, que se dispone verticalmente en las márgenes de las carreteras (ya sea sobre la barrera de defensa o en la berma) para redundar en la definición de la trazada de éstas y servir como referencia al conductor y demás usuarios.”

Los criterios que se proponen para su disposición y replanteo son exactamente los mismos que los anteriormente propuestos, que se recuerda se diferencian en función de la instalación en:

- Tramos rectos:

TIPO DE RELIEVE	INCLINACIÓN MEDIA %	SEPARACIÓN (m)
Llano	$i_t \leq 5$	50
Ondulado	$5 \leq i_t \leq 10$	33
Accidentado	$10 \leq i_t \leq 20$	25
Muy accidentado	$20 \leq i_t$	A demanda

Tabla 4.9.1.- (Propia).

- Tramos curvos:

REDUCCIÓN VELOCIDAD Km/h	SEPARACIÓN ENTRE HITOS (m)
$R_v < 15$	50
$15 \leq R_v < 30$	33
$30 \leq R_v < 45$	25
$R_v > 45$	10

Tabla 4.9.2.- (Propia).

- Zonas especiales:

Se estudiará cada caso pormenorizado.

Se aplicarán además los mismos criterios de colocación igualmente explicados y detallados en el capítulo 4.8.

Aunque existe una salvedad con respecto a su colocación, y se da en aquellas situaciones en que, por circunstancias de la vía, como por ejemplo la presencia de la pila de un paso superior, se encuentra una barrera superpuesta fija de defensa. En dichas situaciones se instalarán los hitos sobre la placa superior tal y como se replantearían en una barrera simple, con la única salvedad de aplicar el mismo criterio de homogeneidad de altura propuesto en el apartado 3 del capítulo 4.4 para los paneles direccionales, y evitar el efecto “dientes de sierra” en las alturas de un determinado tramo.

En lo referente al color, queda totalmente suscrito el uso del blanco.

En materia de anclaje llega la gran diferenciación, ya que en aquellos hitos que se sustentan sobre el suelo, se ha propuesto que se fijen al mismo mediante una base de hormigón prefabricado convenientemente introducida en el suelo.

La normativa catalana no especifica nada acerca de la posibilidad de su uso sobre suelo o sobre barrera.

El borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento hace una diferenciación en función del tamaño del elemento en sí, pero en lo que al anclaje concierne, expresa simplemente que ha de ser: *“asegure su permanencia frente al viento”*. Cabe destacar que dicho borrador sí que incluye unos esquemas sobre cómo ha de ser el anclaje a barreras fijas y móviles o paramentos verticales y horizontales.

La Orden Circular específica de hitos, también del Ministerio de Fomento, en su apartado de anclajes tan sólo hace una diferenciación entre hitos hincados en suelos blandos o suelos rocoso, aunque al igual que el documento anterior, incluye una serie de esquemas que describen cómo ha de ser la instalación de estos elementos en barreras y muros.

En lo que concierne a reflexivos, se suscribe íntegramente lo mencionado en el capítulo anterior, tanto el análisis de lo existente como las propuestas que se realizan.

Con respecto al tamaño y la forma de los elementos se presenta otra diferencia en comparación con aquellos que se apoyan sobre el suelo, y es que si los primeros miden del orden de 1,05 m desde su base (sin contar parte soterrada), estos miden 0,55 m.

4.10 MANGAS DE VIENTO

4.10.1 Regulación

La regulación actual en materia de magas de viento es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Una balisa de vent, també anomenada *mànega de vent* o *mànega anemoscòpica*, és un anemoscopi que consta d'una bossa troncocònica de roba resistent i lleugera, habitualment amb faixes blanques i vermelles alternades, oberta pels dos extrems, situada al capdamunt d'un pal, dissenyat per indicar la direcció i la força del vent respecte de la horitzontal, en funció del grau d'inflament i de la inclinació de la bossa.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Las mangas de viento, grímpolas o catavientos son elementos de balizamiento formados por una pieza textil troncocónica abierta en ambos extremos que se sitúa en lo alto de un mástil y que mediante su orientación señala el sentido y la intensidad del viento.

Las mangas de viento tienen la función de complementar la advertencia de peligro indicada por la señal P-29, informando al conductor sobre la existencia, sentido e intensidad de un viento continuo o racheado.

4.10.2 Definición

Como se indica en el borrador del Ministerio, ya son consideradas balizamiento, cuestión que podría estar en duda dada la ausencia de antecedentes sobre el particular.

Comparando con otros lugares donde se ubican mangas de viento (aeropuertos y helipuertos, sobre todo), se llega a la misma conclusión. De hecho, las mangas de viento vienen siendo consideradas como balizamiento en el catálogo de "RENEWA", principal empresa nacional suministradora de

equipamiento de aeropuertos y helipuertos. Por otra parte, la web de la firma “IBASE” de equipamiento aeronáutico llama a todos sus elementos balizas, e incluye en su catálogo cuatro categorías, y específicamente las mangas de viento en el 4º, como “otros elementos” dentro de su catálogo de balizaje de pistas se aeropuertos. Puede concluirse que no hay duda de que son un elemento de balizamiento.

Con todo lo indicado, se propone como definición: “elemento de balizamiento compuesto por un material textil troncocónico y un mástil que le proporciona altura, cuya finalidad es servir como indicador de la dirección, sentido y magnitud de la intensidad del viento.”

4.10.3 Disposición y replanteo

La normativa catalana no especifica en ningún momento dónde se ha de ubicar la manga de viento, así como tampoco aparece dicha indicación en el borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento.

La propuesta de normalización que este Trabajo de Fin de Grado establece es en aquellos tramos de vía en que, por sus condiciones de posible exposición al viento e inducida afección a la conducción, disponer una manga de viento por sentido a la entrada de dicho tramo conflictivo, y de manera que sea fácilmente visto por el conductor asegurando una representatividad real de la magnitud y dirección del viento. Habitualmente su ubicación longitudinal coincide con la entrada y salida de puentes que atraviesen valles o collados con una significativa repetición de vientos fuertes, y también en los extremos de túneles o instalaciones constructivas similares (pasos inferiores, falsos túneles, etc) donde, incluso por simple diferencia de presión, pudiera producirse el mismo fenómeno aún sin vientos intensos.

4.10.4 Generalidades

- COLOR

La norma catalana y el borrador del Ministerio coinciden en indicar que las mangas de viento estarán compuestas por *“un mínimo de 6 franjas de color rojo y blanco alternos, de manera que la franja de menor diámetro sea blanca”*. Se considera que no es necesario proponer cambio alguno a esta disposición de colores, ya que la experiencia propia ha demostrado que el contraste de colores que han de producir estos 2 con todos los elementos de su entorno para ser vistos en óptimas condiciones, se cumple con creces.

- SISTEMA DE ANCLAJE

Al tratarse de una pieza compuesta, se observan 2 zonas críticas de anclaje: una primera del mástil al suelo, y una segunda del mástil a la manga de viento como tal. A continuación, se analizará la primera de ellas:

La norma catalana establece que se anclará al suelo siendo insertado en un bloque de hormigón de 1,2 x 1,2 x 1,2 m, o bien, con perfiles metálicos hincados 2 m en el suelo. Se puede concluir que estas dimensiones serán o no suficientes en función de la zona en la que se ubiquen, la posibilidad de que la cimentación esté enterrada o no, el posible efecto de vuelco, etc... por lo que el cálculo deberá ser individual en cada caso según las circunstancias de entorno.

El borrador de Orden circular del Ministerio no realiza ninguna especificación y alude a normas UNE para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en las sujeciones del elemento.

Con respecto al anclaje de la manga en sí al mástil (que estará dotado de una bayoneta adecuada), en su diámetro mayor, se fijarán a la circunferencia metálica que conserva la forma circular en la manga 3 cables de un material que soporte las tracciones que puedan venir inducidas por la presencia de fuertes vientos, y que, asimismo, contarán con la longitud suficiente para impedir que el anillo metálico pueda llegar a rozar con el mástil en su movimiento. El entronque del conjunto con la punta superior del mástil de

apoyo debe contar con un dispositivo giratorio mediante rodamientos para asegurar que no se producen torsiones repetitivas de las piezas de anclaje. Adicionalmente se propone que en cada una de las secciones de cambio de color, o al menos en una de cada dos y siempre en los extremos, la manga lleve insertas sendas arandelas circulares metálicas (a modo de “costillas” o “armaduras”) de diámetro acorde al de la sección concreta de la manga en ese punto, que eviten que se pierda la sección circular, ya que es frecuente comprobar que en momentos de lluvia y vientos flojos, las paredes de la manga ligeramente mojadas se pegan entre sí por tensión superficial, impidiendo que ejerzan su función adecuadamente.

- REFLEXIVO

El borrador del Ministerio de Fomento expresa que las franjas blancas serán recubiertas con un material textil retrorreflectante de color blanco con un nivel de retrorreflexión como mínimo RA 2.

La normativa catalana no expresa nada acerca del nivel de retrorreflexión que habrían de tener alguna de las franjas.

Por lo tanto, se aplicará el criterio del Ministerio, aunque tras diversas consultas se ha confirmado que existen materiales que pueden ofrecer el mismo nivel para el color rojo, con lo que la exigencia debería hacerse extensiva al conjunto de la pieza, sea de tela o materiales plástico tipo poliéster.

- TAMAÑO Y FORMA

Ambos 2 documentos coinciden en reseñar que será un elemento formado por una pieza textil de cuerpo de cono truncado, de entre 150 y 300 cm de longitud, con un diámetro de base mayor de entre 40 y 60 cm y de base menor de entre 15 y 30 cm, y formado por un mínimo de 6 franjas, cuyo espesor variará en función de la longitud total de la manga, de manera que dichas franjas presenten la misma longitud.

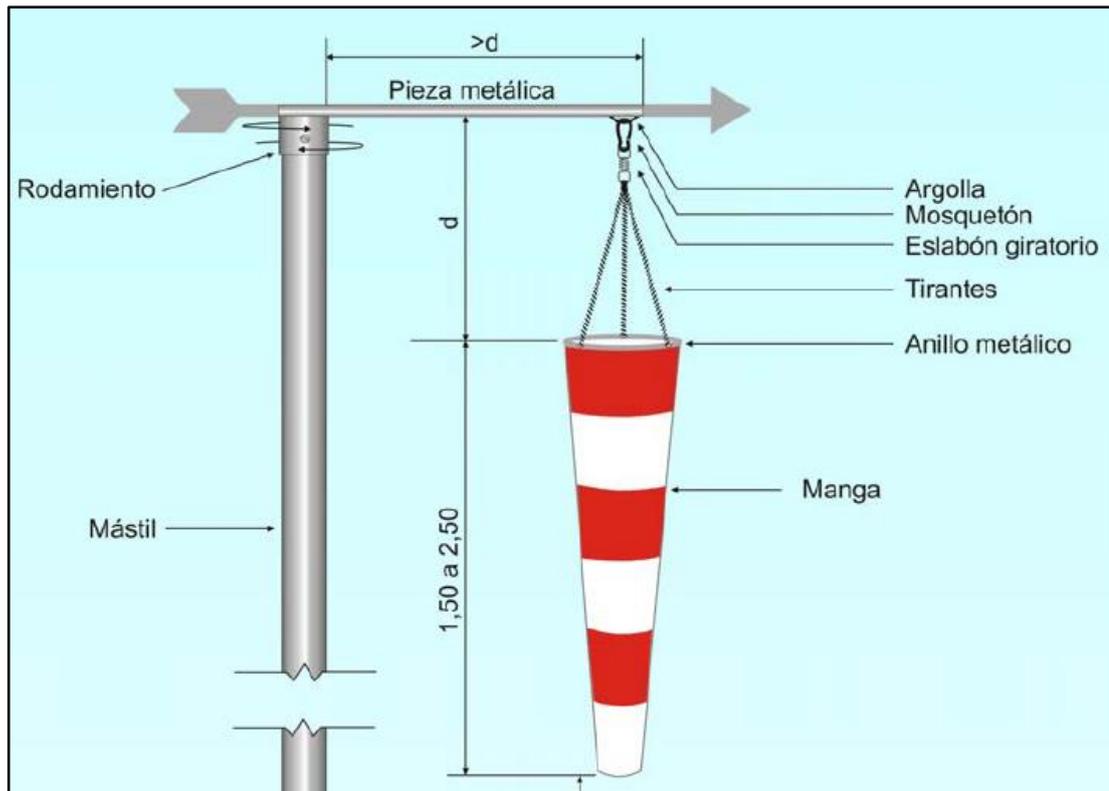


Figura 4.10.1.- (Fomento).

El borrador de Orden Circular del Ministerio propone que la altura libre de la manga en reposo sobre la plataforma de la carretera será superior a 5,50 m, y es una condición que se entiende no siempre debería ser cumplida. No lo debe ser porque se entiende que 5,50 m es la altura de gálibo mínimo cuando el elemento está sobre la calzada (como si fuera una banderola o un paso superior), y las mangas nunca lo van a estar, sino en un lateral, por lo que no es preciso que la altura sea tan elevada si ello va contra la representatividad del viento que se quiere balizar, y sobre todo de noche, ya que el haz de luces de los faros de los vehículos generalmente no llega tan alto. La decisión se tomará in situ siempre, por tanto, coordinando su distancia en planta y su altura, siendo quizás más aconsejable asegurar que la distancia a la calzada sea la suficiente para que en el caso de una hipotética caída provocada por el viento, el poste no llegue a invadir dicha calzada, y siendo también aconsejable dejar un margen de seguridad en dicha separación, o si no es posible, reforzar el poste y el empotramiento mediante dimensiones superiores a las mínimas, o la instalación de tensores o vientos que refuercen su estabilidad.

Debe garantizarse, sobre todo, que la representatividad del viento balizado sea compatible con la visibilidad del elemento, y dada la amplísima casuística, no es posible determinar reglas fijas inamovibles.

- LUMINOSIDAD

En cuanto a la posibilidad de iluminar las mangas de viento, ni la norma catalana ni el borrador del Ministerio de Fomento expresan idea alguna.

Sin embargo, es ya un hecho que estos elementos son iluminados desde fuera, con algún tipo de sistema que reposa sobre el suelo y alimentado normalmente a base de energía solar, o bien en su extremo superior en el caso de utilidad aeronáutica.

Uno de los problemas que presenta este tipo de obtención de energía es que no es acumulable, es decir, ha de ser empleada según se genera. En horas de luminosidad, es relativamente “superfluo” el hecho de que la manga se encuentre iluminada. Aludiendo a la premisa nº2 de este Trabajo de Fin de Grado, hay que tener en cuenta el diseño de un sistema para las condiciones más adversas posibles, es decir, la noche y unas malas condiciones climáticas. Si a ello se le añade una determinada altura (quizás excesiva) sobre el suelo, puede darse el caso frecuente de que simplemente no se vean. En horas nocturnas, las placas solares no se encuentran abasteciendo de electricidad a la manga, por lo que esta se muestra “sin iluminar”, y las baterías existentes son caras, de rendimientos aún bajos, y están sujetas a innegable riesgo de vandalismo; por otra parte, los haces de luz provenientes de los coches no tienen un espectro tan amplio de emisión en la vertical como para iluminar a un elemento que se encuentra descolgado a unos 6-7 m de altura. Se parte de la base de que la razón de ser de estos elementos es la advertencia de fuertes vientos, es decir, si no hay viento, su uso presencial es totalmente prescindible.

Partiendo de esa base, se propone dotar a las mangas de viento de un sistema que produzca energía eléctrica transformando la energía cinética producida por 3 molinillos a modo de veleta dispuestos en planos horizontales distintos que se movieran con el viento.

Esa fuente de luz se ubicaría en el centro de la circunferencia metálica del diámetro mayor, orientada hacia el interior. Para ello se ha realizado una recreación a tamaño real.

El efecto que se propone conseguir es el siguiente:

Hay que considerar que en su instalación en carretera el mecanismo iluminaría con mayor intensidad la manga de viento, ya que esa recreación ha sido realizada empleando una manga de viento real, pero medios de iluminación de escasa-mediana potencia; se han realizado pruebas con diversas fuentes de luz de uso cotidiano y la representatividad no es extraordinariamente elevada (pues los ensayos no se han hecho con una fuente variable como el viento, sino fija), aunque sí lo suficiente como para determinar que ha de tener como mínimo 100 lúmenes. De esta forma, la visibilidad es suficiente para conseguir el efecto deseado.

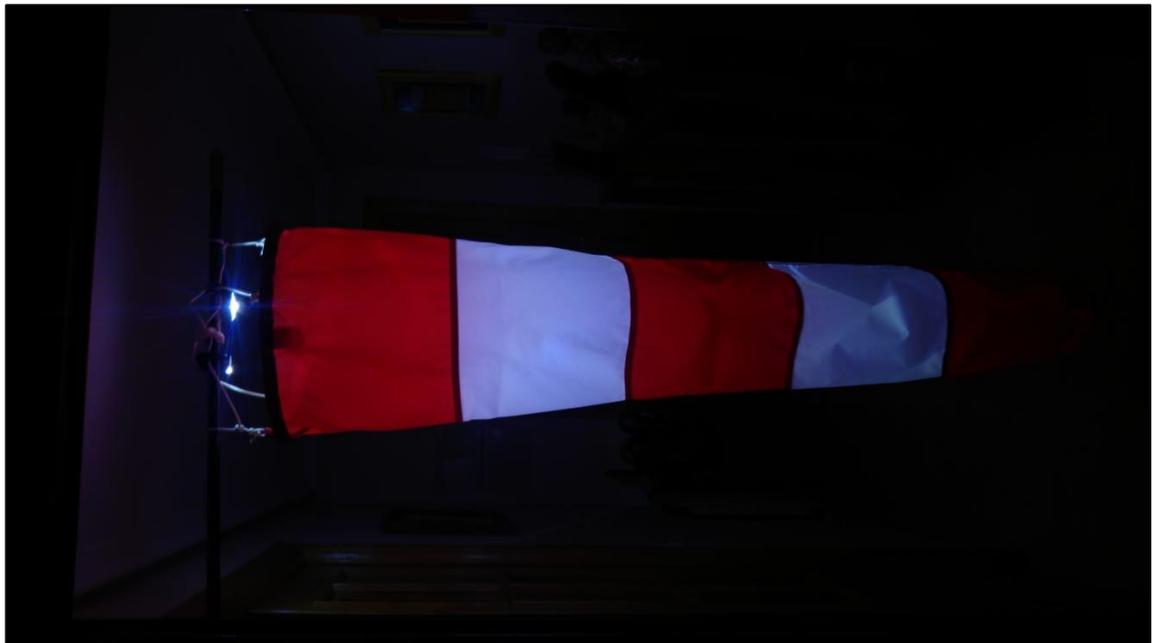


Figura 4.10.2.- (Propia).

El esquema completo del sistema que se propone es el siguiente:

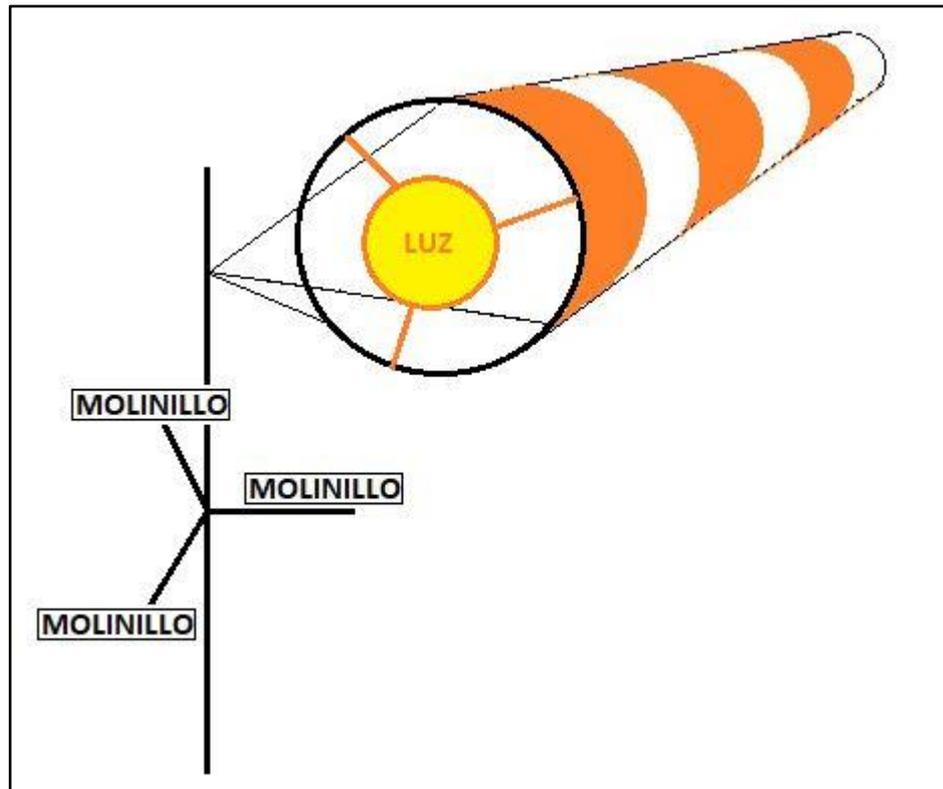


Figura 4.10.3.- (Propia).

Este sistema propuesto ha de buscar la ubicación idónea de los molinillos, que debieran estar anclados al poste orientados 120° entre sí en planta, y a distintas alturas, para asegurar que al menos 2 de ellos funcionen a pleno funcionamiento y no bajen su rendimiento por culpa del efecto desfavorable que pudiera producir el propio poste. Se añadirían los dispositivos necesarios para estabilizar la corriente obtenida y transportarla hasta la fuente lumínica en condiciones óptimas.

Por último, hay que sopesar la posibilidad de implantar también mangas de viento en la mediana de autovías y autopistas, y no sólo en el borde derecho, aunque ello implique incumplir distancias mínimas con respecto a la calzada, si en condiciones de tráfico elevado hacen aconsejable dar esa información de forma clara a los vehículos del carril rápido. En este caso sí habría de cumplirse la altura mínima 5,50 m sobre la calzada en situación de reposo.

Cabe incluso la posibilidad de que el mismo sistema de obtención de energía abasteciera a unas bombillas led dispuestas en las señales P-29 previas a la zona en la que se ubican estas mangas, a las que complementan. Para ellos

habría que planificar, simplemente, la cantidad mínima necesaria de molinillos que resulte necesaria, y los circuitos de alimentación acordes a todo lo indicado.

Para complementar todo lo antedicho e incidir en la problemática expuesta se ha hecho un pequeño estudio fotográfico de los puentes de la Autovía del Suroeste A-5 sobre los ríos Tajo y Almonte:

Las fotos diurnas se han obtenido de la herramienta Google Earth. Las nocturnas se han tomado in situ en las mejores condiciones posibles: vehículo estacionado en el arcén, con las luces largas, en el lado favorable de la curva con respecto al haz de luz de los faros del vehículo y en muy buenas condiciones climatológicas (lo que implica ambiente claro, visibilidad buena, limpiaparabrisas limpio, además de con poco tráfico en contra). El resultado no arroja dudas...



Figura 4.10.4.- (Propia). Río Tajo distancia 100m.



Figura 4.10.5.- (Google). Río Tajo distancia 50m.



Figura 4.10.6.- (Propia). Río Tajo distancia 50m.



Figura 4.10.7.- (Propia). Río Almonte distancia 100m.



Figura 4.10.8.- (Google). Río Almonte distancia 50m.



Figura 4.10.9.- (Propia). Río Almonte distancia 50m.

4.11 JALONES DE NIEVE

4.11.1 Regulación

En lo referente a jalones de nieve, la regulación actual es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Les balises de neu (també anomenades jalons de neu) són elements d'abalisament de la plataforma de la carretera que informen dels seus límits quan aquests no són visibles a causa de la neu que els cobreix.

- Borrador de orden circular sobre recomendaciones de balizamiento del Ministerio de Fomento:

Los jalones de nieve son elementos de balizamiento colocados verticalmente en ambos márgenes de la plataforma de la carretera, consistentes en un poste cilíndrico dotado de franjas horizontales retroreflectantes amarillas y rojas.

La función de los jalones de nieve es delimitar la plataforma de la carretera cuando esta no es visible por encontrarse cubierta de nieve, favoreciendo así el guiado óptico.

También pueden utilizarse aisladamente para marcar la presencia de elementos singulares en la calzada, susceptibles de ser dañados por la acción de la maquinaria empleada en las operaciones de vialidad invernal.

4.11.2 Definición

Con respecto a las definiciones dadas, se está muy de acuerdo con ambas, ya que van en una línea bastante similar o casi idéntica. Por lo tanto, basándose en ellas se propone establecer como definición: "elemento de balizamiento que se dispone en los límites de la plataforma de la carretera para informar de la ubicación de éstos cuando una situación de intensa nevada impide su visualización."

4.11.3 Disposición y replanteo

En cuanto al replanteo y ubicación de estos elementos la normativa catalana enuncia que: *“informan de los límites de la plataforma de la carretera”*, mientras que el borrador del Ministerio manifiesta que: *“se colocarán en ambas márgenes de la carretera en la misma sección transversal, lo más próximos posible al borde exterior del arcén y fuera de él. En caso de existir algún sistema de contención de vehículos, se situarán detrás del mismo”*.

En cuanto a su ubicación en el sentido longitudinal de la vía, la norma catalana establece una tabla de distancias de separación en función del grado de balizamiento (del 1 al 6). El borrador del Ministerio, sin embargo, establece unas separaciones máximas y mínimas para estos elementos, oscilando entre los 50 m de separación máxima y los 10 m de mínima.

Las propuestas que se realizan por tanto son que: en sentido transversal de la vía mantener el criterio propuesto en el borrador de Orden Circular del Ministerio, y que los jalones se dispongan en la berma, en ambas márgenes de la carretera e informando de los márgenes de la plataforma.

En sentido longitudinal de la vía, hay que tener en cuenta que su función no es la misma que la de los hitos de arista. Estos últimos sirven para delimitar los márgenes de la carretera y servir al usuario de la vía para ubicar su posición dentro de la carretera. En cambio, los jalones de nieve son referencias que se disponen en los márgenes de la plataforma para que, cuando se den las circunstancias de nevada intensa, los conductores de maquinaria quitanieves cuenten con unas referencias de trazado y altura de nieve, ya que, en ciertas ocasiones, se puede dar que dichos conductores se encuentren sin referencia alguna del pavimento de la carretera por encontrarse éste completamente cubierto de nieve.

Con dichas referencias de los jalones, los conductores de maquinaria quitanieves adoptarán las medidas necesarias para la consecución de las mejores condiciones posibles, dentro de la vialidad invernal.

Por todo lo indicado, la referencia de separación longitudinal que se propone es lógicamente variable, pero la distancia máxima no debe ser superior a 15 m, porque estas circunstancias se dan normalmente en carreteras de alta

montaña, sin una ayuda a la vialidad de primer nivel, y estas vías normalmente tienen un trazado muy sinuoso que hace que las alineaciones de 50 m parezcan claramente excesivas para conseguir el efecto que se pretende. No hay una referencia clara para la distancia mínima, pero se entiende que en tramos complicados pueda llegar a 5 m si las circunstancias así lo exigen. Por último, no siendo en este caso imprescindible el mantenimiento de la homogeneidad para garantizar una separación constante entre hitos sucesivos, porque no es el radio de la curva lo que se quiere balizar, o tampoco el grado de disminución de la velocidad, sí que es aconsejable mantenerlo para que el trazado pueda adivinarse suficientemente a los destinatarios del elemento estudiado, que como se ha indicado son fundamentalmente los operarios de los equipos de vialidad invernal.

4.11.4 Generalidades

- **COLOR**

La normativa catalana establece que serán de color azul y amarillo, siendo estas últimas franjas de material retrorreflectante. Menciona igualmente que, sobre la última franja amarilla, que habrá de ser la superior, se dispondrá otra roja, de menor anchura.

El borrador de Orden Circular del Ministerio de Fomento establece que serán de color rojo y amarillo fluorescente, velando por que la franja superior sea de este último.

Se considera proponer establecer la combinación rojo-amarillo como estándar para este elemento, ya que el contraste que provocará el rojo con el blanco de la nieve será algo más notable que el que pudiera producir el azul con el blanco. Si bien es cierto que el propio amarillo no es el color que más contraste produce con el blanco, pero se entiende que ha de estar presente en el elemento para potenciar el otro color del mismo.

La secuencia de colores comenzará en la parte superior del elemento con la instalación de una franja de color rojo a partir de la cual comenzará la alternancia con el amarillo.

- SISTEMA DE ANCLAJE

En cuanto al sistema de anclaje, la normativa catalana tan sólo establece que estos elementos habrán de contar con 1 m enterrado, sin hacer mayor especificación en cuanto al sistema en sí, aunque manifiesta la posibilidad de variar 20 cm el enterramiento, haciendo coincidir la parte visible de franjas de colores alternos con el extremo de la plataforma

El borrador del Ministerio de Fomento establece que serán al menos 60 cm de anclaje los que presenten estos elementos, ya sea soterrados en el terreno o anclados a elementos de la carretera.

Se opta por adoptar la normativa catalana en favor de la seguridad y establecer que la distancia de anclaje será de $1\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ en caso de estar el elemento clavado al suelo. Y en caso de sujeción a elemento de la carretera no se puede establecer un prototipo de estandarización ya que son varios los elementos a los que pueden ser fijados.

- REFLEXIVO

En la propuesta de distribución de colores que hace la normativa catalana, se indica que las franjas de color amarillo serán retrorreflectantes, presentando estas un nivel RA 2. El borrador propuesto por el Ministerio de Fomento establece que el nivel de retrorreflexión será el RA 3.

Como criterio de normalización se propone establecer que el nivel de retrorreflexión a fijar en los presentes elementos sea el RA 3, aunque con la salvedad con respecto a los documentos existentes de que sea en las franjas de ambos colores. El aumento en el gasto es evidente, pero se considera que dada la delicadeza de las situaciones en que estos elementos son realmente requeridos, y basando la propuesta en el principio nº 4 de este Trabajo de Fin de Grado, se opta por la mencionada propuesta de la total instalación de reflexivos a lo largo del elemento.

Se podría plantear el empleo de catadióptricos, pero dado el carácter cilíndrico del soporte y el uso que se le supone a estos elementos se considera que no es la solución óptima a adoptar. Por el motivo explicado anteriormente acerca de cómo sirven estos elementos de referencia para la maquinaria quitanieves,

es preciso matizar que estos equipos se encuentran dotados de unos potentes sistemas de iluminación que harían de la diferencia entre adhesivo y catadióptrico algo inapreciable para ellos.

- TAMAÑO Y FORMA

La normativa catalana establece una horquilla de entre 0,07 m y 0,1 m en la que puede oscilar el tamaño del diámetro del elemento. Se compondrá de 4 m de altura de elemento visible y 1 m para servir de anclaje. Los 4 m se compondrán de franjas horizontales de 50 cm, estando la última franja compuesta de 20 cm de material rojo y los 30 restantes de amarillo, momento a partir del cual comienza la alternancia de franjas azules y amarillas de 50 cm.

La orden circular del Ministerio no ofrece una horquilla, sino que estandariza estos elementos en un diámetro exterior aproximado de 6 cm. Establece una altura mínima del elemento sobre la plataforma de 3 m, y en este caso, la anchura de las franjas es de 30 cm.

La propuesta que se realiza es tomar como modelo el catalán y establecer 4 m de altura libre, ya que se considera que 3 m puede resultar corto ante una situación de intensa nevada. El ancho de las franjas se normalizará en 40 cm, de manera que haya 5 franjas de cada color (10 en total), favoreciendo el efecto de contraste con el blanco. En cuanto al diámetro igualmente se tomará como referente el modelo catalán, ya que, a más diámetro, más superficie visible y mayor resistencia del hito al disponer dicha sección de mayor inercia.

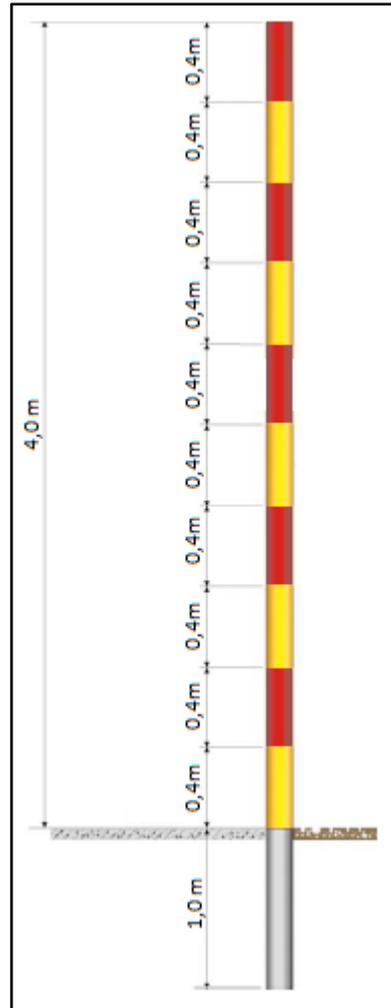


Figura 4.11.1.- (M.Fomento-Propia).

Cabe destacar una última consideración con respecto a los jalones de nieve. Aunque los teóricos beneficiarios principales de su presencia son los conductores de maquinaria quitanieves, una vez dicha maquinaria ha actuado, debido a la expulsión que realizan de dicha nieve hacia el exterior de la carretera, muchos de los hitos de arista se ven abatidos sobre el suelo debido al alcance de ésta procedente a gran velocidad. En dichas situaciones, estos jalones se convierten en fundamentales al ser el único elemento identificativo del trazado presente.

4.12 CONOS

4.12.1 Regulación

La regulación actual en materia de conos es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Els cons de carretera (també anomenats cons de trànsit o cons de seguretat) són balises de forma troncònica, generalment de plàstic i de colors brillants, amb almenys una banda horitzontal reflectant, que es col·loquen aliniadament sobre la calçada, normalment sense fixació, per tal de separar fluxos circulatoris o per delimitar zones a les quals no es pot accedir, en situacions no permanents.

- Nota de servicio 2/2017 del Ministerio de Fomento:

La mencionada Nota de Servicio es la única documentación oficial del Ministerio de Fomento en vigor en la que se hace alguna consideración acerca del empleo de conos, no apareciendo en ella ninguna definición como tal.

4.12.2 Definición

Ante la situación de contar tan solo con una definición en materia de conos, se propone suscribir casi en la totalidad la definición de la normativa catalana, aunque con alguna matización, resultando: “elemento de balizamiento de cuerpo troncocónico dotado de material reflexivo, que se coloca sobre la calzada, normalmente sin mayor fijación que el peso propio, para indicar o delimitar una trazada concreta dentro de la vía diferente a la habitual por algún motivo extraordinario.”

4.12.3 Disposición

En materia de disposición, la normativa catalana no establece ningún parámetro bajo el que disponer estos elementos en la calzada. La Nota de Servicio del Ministerio sí que establece unas distancias de separación entre conos en función de la zona de obras que ocupen, oscilando las distancias entre los 5, 10 y 20 m, aunque esta separación no es de uso frecuente. Igualmente, este documento matiza que las distancias podrán verse reducidas cuando las circunstancias lo hagan aconsejable. La separación de 5 m parece excesivamente baja en el empleo en cuñas y cierres de carril de gran longitud, porque da lugar a manejar muchísimas unidades, lo cual es más peligroso a la vez que puede ralentizar los trabajos innecesariamente.

Lo que este Trabajo de Fin de Grado propone es establecer unas distancias de separación entre conos tal y como hace la Nota de Servicio, dado que sus distintas características geométricas están plenamente implantadas desde hace años. Dichos criterios de separación irán en función de la posición que ocupen en el desvío o situación provisional correspondiente, y son:

- Para los conos que se emplean en las canalizaciones de tráfico previas al grueso de la actuación, ya sean para cuñas de cierre de un carril o para desvío de carriles, o delimitar carriles ya cerrados a la circulación, se dispondrán cada 10 m.
- Para el lado específico en el que se realizan las cuñas de cierre y desvíos de carril en los casos en los que, si los vehículos no cambiasen su trayectoria, invadirían la zona de trabajos: una separación de 3 m.
- Para la línea de conos paralela a la propia zona de actuación y que la delimita lateralmente, se respetará una distancia de entre 15 y 25 m en función de la longitud de aquella. Aunque en este apartado se realizará una excepción, y es que si la actuación tiene una longitud considerable (que puede ser incluso de varios kilómetros) y no hay una presencia importante o significativa de trabajadores en la calzada, no tiene sentido una importante cantidad de metros con dicha frecuencia de conos, por lo que se propone, si la parte paralela a la actuación es superior a 500 m, disponerlos cada 50 m y no cada 25 m, a cambio de instalar una serie de

señales que recuerden periódicamente la prohibición de invadir el carril contiguo, que es el que está cortado. El motivo de esta propuesta radica en 2 factores: el primero es la pérdida de efectividad ante la disposición de elementos en una situación en la que no es necesaria su ubicación. El segundo, es la seguridad de los operarios de conservación de carreteras que se encargan de disponer estos elementos sobre el pavimento.

- La cuña de salida de la actuación estará formada por un mínimo de 3 conos que ocuparán la totalidad del ancho de cada carril cerrado, una vez vuelve a abrirse, y un mínimo de 2 conos que irán sobre la línea blanca del arcén.

4.12.4 Generalidades

- **COLOR**

La norma catalana establece que el color del elemento en sí será el rojo. En cambio, la Nota de Servicio no establece criterio alguno acerca del color del que han de ser estos elementos.

Se propone, por tanto, por concordancia con lo tradicionalmente visto y dado que cumple un buen papel de contraste con el reflexivo blanco, la instauración del naranja como color del elemento.

- **SISTEMA DE ANCLAJE**

En ninguna de las 2 normativas marco de este elemento se hace mención alguna a cuál ha de ser la metodología de anclaje. En la definición se ha especificado que normalmente, la sujeción al pavimento será la acción del peso propio. Pueden darse situaciones en que se vean atornillados al pavimento por motivo de permanencia prolongada en el tiempo en un emplazamiento en el que la acción del viento, natural o inducido por el paso de vehículos pudiera desplazarlos y hacer de ellos un elemento de riesgo para la circulación.

Normalmente un alto porcentaje del peso total del elemento se concentra en la base de caucho. El motivo de esto es dotar al elemento de un centro de

gravedad bajo que permita la ya mencionada “sujeción” al pavimento gracias al peso propio.

- REFLEXIVO

En cuanto al reflexivo de los conos, entre las 2 normas establecen un criterio completo, ya que la catalana establece que el material reflexivo habrá de ser de color blanco y la Nota de Servicio del Ministerio sitúa en un nivel RA 2 el que han de presentar estos elementos. Se opta por establecer estos 2 criterios como normalizados.

Podría plantearse la posibilidad de emplear material reflexivo de nivel RA 3 en los conos, pero este material no resiste grandes deformaciones, por lo que ha de ser instalado preferiblemente sobre superficies algo más planas. Por lo tanto, hasta que esta posibilidad pueda darse, se instalará material RA 2.

En lo referente a la forma del reflexivo, la Nota de Servicio es el único documento que hace una especificación. Esta considera que la distribución que se quiera hacer del reflexivo es libre garantizando que siempre se cuente con, como mínimo, 25 cm de altura total de elemento reflexivo a distribuir entre el número total de franjas que presente el cono, que normalmente será 1 o 2, 3 excepcionalmente.

- TAMAÑO Y FORMA

La normativa catalana plantea una horquilla entre la que se han de encontrar los conos, de entre 30 y 100 cm, estando, hasta 75 cm, compuestos de una única pieza. Aquellos que miden entre 75 y 100 cm estarán compuestos del cuerpo troncocónico como tal y una base de caucho.

La Nota de Servicio tan solo contempla 2 medidas estándar para estos elementos, que son los 75 cm y los 90 para casos en los que la actuación vaya a durar más de 15 horas. Asimismo, establece el factor que diferencia entre conos de una pieza o de 2 en la flexibilidad que presentara la parte superior para en caso de impacto ser abatido con facilidad y no hacer de los restos que pudieran quedar en la calzada un peligro potencial para el resto de los usuarios de la vía.

Se propone, por tanto, que quede instaurado el empleo de conos de 90 cm, ya que se entiende que, a mayor tamaño, mejor funcionalidad. Aunque pueden darse situaciones (por ejemplo, en el interior de túneles, o en desvíos estrechos) en las que, debido a la amplitud de las dimensiones de la base, la colocación de conos de 90 no sea la mejor opción por la pérdida de espacio útil que conllevan, por lo que, para dichas situaciones, se emplearán conos de 75 cm, aumentando la cadencia si es necesario para compensar el efecto perdido.

Por lo demás, cumplirán las disposiciones establecidas en la norma UNE-EN 13422, lo que incluye que tengan asideros en la parte superior. Si la superficie retrorreflectante se divide en dos bandas, estas deberán tener una anchura similar entre ellas y se dispondrán de manera que se mantenga la proporcionalidad entre las zonas con y sin retrorreflectante a lo largo de la altura del cono. En cualquier caso, la superficie retrorreflectante del cono quedará centrada verticalmente en el cuerpo de este tanto si sólo hay una franja como si hay dos.

La estructura del cono será de dos piezas y, en todo caso, con el peso centrado principalmente en la base del cono. Solo se permite el uso de conos de una sola pieza en el caso de que sean flexibles, es decir, que puedan deformarse y recuperar su forma tras el impacto, y nunca cuando sean carreteras de la Red de Carreteras del Estado o autonómicas de primer orden. Cuando se utilicen conos de 90 cm de altura, la anchura mínima del total de la superficie retrorreflectante será de 30 cm.



Figura 4.12.1.- (Google).

4.13 DELIMITADORES Y SEPARADORES DE CARRILES

En el presente capítulo se estudiarán varios elementos simultáneamente dada la similitud de funciones que presentan, aunque con salvedades.

A continuación, se enunciarán y en una segunda parte se desarrollarán.

- Protuberancias de guía.
- Separadores de carril usuarios específicos.
- Separadores de carril infranqueable.
- Separadores de carril de obra.
- Separadores de carril para divergencias y casos especiales.
- Separadores de carril banda sonora.

Todas las anteriormente mencionadas tipologías de elementos comparten entre sí una misma función: la de separar carriles, ya sea para sentidos similares u opuestos. El empleo de uno u otro aparece sujeto a una serie de condicionantes: permeabilidad, reflexión, visibilidad, instalación, temporalidad, ...

La única normativa por parte de una Administración en la que aparece alguna mención acerca de separadores de carriles es Criteris d'abalissament de la Generalitat de Catalunya. Ni en el Reglamento General de Circulación ni en el borrador de Orden Circular de Recomendaciones sobre Balizamiento de Carreteras, ambas del Estado central, aparece mención alguna.

Ante la ausencia de más definiciones y tomando como base la catalana, se propone designar estos elementos como: “elementos de balizamiento con características que le confieren una determinada permeabilidad, cuya función es la separación del tráfico en sentidos similares u opuestos y sirviendo como guía en situaciones transitorias o duraderas en el tiempo.”

Dado el carácter generalista del presente capítulo y la dificultad de establecer patrones, se estudiarán simplemente las situaciones de empleo de cada uno de los anteriormente mencionados elementos:

1. Protuberancias de guía:

Estos elementos aparecen principalmente en el ámbito urbano. Están formados por caucho y su material retrorreflexivo suele ser de nivel RA 2. En este caso, dado su empleo en ámbito urbano, el nivel RA 3 no es pertinente por 2 motivos: primero que el propio adhesivo no se puede adherir en condiciones al soporte por su propia intolerancia a superficies curvas muy rigurosas, y segundo que el elemento se encontrará normalmente iluminado por la iluminación propia de la ciudad, por lo que se considera que con un nivel RA 2 es suficiente. Normalmente se dispone entre las 2 líneas blancas que separan los carriles de sentidos opuestos cuando estos se dan sobre una misma calzada. La separación habitual que se respeta entre uno y otro suele ser de 10 m.



Figura 4.13.1.- (Google).

2. Separadores de carril usuarios específicos:

Estos elementos se disponen en el ámbito urbano cuando se pretende separar un carril específico de los carriles destinados al tráfico normal, y reservar este al paso de vehículos especiales tales como autobuses, taxis, o la pertinente indicación que aparezca en señales horizontales y/o verticales.

Son de un plástico ligero que le confiere, pese a su altura, un carácter de rebasable por el tráfico normal que, aunque no está autorizado, no supondrá un accidente grave porque no tienen una naturaleza rígida que provoque choques con daños graves.



Figura 4.13.2.- (Google).

3. Separadores de carril infranqueable:

Estos elementos se disponen en vías interurbanas y la proximidad entre ellos pretende, a la velocidad de circulación, conseguir un efecto visual de solidez que no deje dudas acerca de la imposibilidad de invadir el sentido contrario.

Normalmente se suministran en bloques de 2 o 3 elementos por bloque.

El nivel del reflexivo suele ser el RA 2 por el motivo ya mencionado de la imposibilidad de disponer nivel RA 3 en elementos curvos forzados, por lo que, a día de hoy, la instalación ha de ser en el nivel RA 2.



Figura 4.13.3.- (Google).

4. Separadores de carril de obra:

Estos elementos consisten en un conjunto de 2 piezas formado por un soporte de caucho y un panel de elementos reflexivos blancos y rojos, con un nivel de retrorreflexión RA 2 normalmente, inclinados a 45° a favor del centro del carril balizado. Se emplean en desvíos causados por obras, para cierre de zonas o carriles y en general en los mismos supuestos previsibles para los conos, pero son más adecuados cuando se precise una mayor fiabilidad y durabilidad, dado que a estos elementos (mucho más estables y duraderos) les es mucho

más fácil adosar puntos de luz tipo TL-2, según se definen estos en el catálogo de elementos de la Instrucción de Carreteras 8.3-IC de señalización de obras. Sin embargo, tienen el inconveniente de que no presentan la característica omnidireccionalidad que sí tienen los conos, por su propia forma, por lo que habrá que estudiar la idoneidad de la elección en cada caso.

La longitud de separación irá en función de la que las necesidades de la obra demanden, aunque si se emplean en lugar de los conos, se pueden aplicar las distintas distancias de separación propuestas en el epígrafe de dichos elementos. Se propone, que, al ir asociados a una zona de especial delicadeza como son las obras, el nivel de retrorreflexión se aumente al RA 3, dado que sus caras son planas.



Figura 4.13.4.- (Google).

5. Separadores de carril casos especiales:

Estos elementos se emplean en las mismas circunstancias que las descritas en el apartado 4.2.5.3. del capítulo 4.2 de este Trabajo, con la salvedad de que, en ciertas situaciones en las que no se cuente con mucho espacio para la instalación de las mencionadas balizas cilíndricas (líneas continuas de anchura paralela tipo M-2.4), la instalación de este tipo de elementos resulta mucho más sencilla a la par que práctica. Es por ello que se propone aplicar los mismos criterios de instalación de las balizas cilíndricas, quedando a consideración de los ingenieros y/o técnicos de cada actuación, la instalación de uno u otro si así lo precisara.



Figura 4.13.5.- (Google).

6. Separadores de carril banda sonora:

Este tipo de separador, no muy visto hasta ahora en España, se considera beneficioso por un motivo fundamental: aporta todo lo bueno de los separadores de carriles y mantiene la función sonora de las bandas rugosas, de importancia para enmendar las posibles distracciones de los conductores. Esto permite disponer estos elementos sobre la línea blanca del carril sin perder la mencionada función. La parte negativa es la instalación y reposición, ya que en caso de arrancamiento se ha de emplear el tiempo de varias personas en dar seguridad al operario que lo retirara y este ha de desatornillar, extraer, introducir y atornillar, añadido al desmontaje del sistema de protección. Análogamente, al estar constituido por elementos individuales que han de ir clavados al terreno, su instalación es lenta y costosa, por lo que sólo estarían justificados para actuaciones de corto recorrido longitudinal y larga duración en el tiempo. Por dichos motivos, se considera que no es un elemento óptimo para su uso salvo circunstancias excepcionales muy justificadas donde otros sistemas ya han fallado.



Figura 4.13.6.- (Criteris d'abalisament).

4.14 BALIZAS PLANAS

4.14.1 Regulación

La regulación actual en materia de balizas planas es la siguiente:

- Criteris d'Abalisament de la Generalitat de Catalunya:

Els obstacles permanents de la via, entesos com aquells elements situats als marges o punts singulars de la via amb un risc potencialment significatiu de ser impactats pels vehicles, requereixen d'abalisament per tal de prevenir i facilitar al conductor la seva percepció i, en conseqüència, incrementar la seguretat viària.

- a) Fer visible amb la suficient antelació la presència de la secció d'entrada, segons el sentit de la marxa, a l'obra de pas.
- b) Indicar els seus límits físics laterals (ampits, murs laterals).

Aparece en la norma una lista de todas las situaciones en que pueden y deben emplearse estos elementos.

- Reglamento General de Circulación:

En el Reglamento General de Circulación no aparece definición alguna de las balizas planas. Se limita a definir su utilización indicando el borde de la calzada, los límites de las obras de fábrica u otros obstáculos de la vía. No hay definición geométrica ni criterios de replanteo. Presenta el inconveniente de que estas balizas no deben definir el borde de la calzada (conjunto de carriles) sino el de la plataforma (que incluye calzada más arcenes más bermas pavimentadas), con lo que la definición es errónea parcialmente si se hace referencia a la calzada.

4.14.2 Definición

Con lo visto en estos documentos, se considera que las definiciones son adecuadas pero parciales e insuficientes. Por ello, se hace una propuesta de definición más amplia, que sea: "elemento de balizamiento cuya función es

delimitar el borde de la plataforma, los límites de las obras de fábrica u otros obstáculos de la vía, cuando la ausencia de elementos de defensa, o la insuficiencia funcional de los ya instalados, puedan conllevar un riesgo de impacto frontal con aquellos. Deberán ser reflexivos.”

4.14.3 Disposición

Las balizas planas se dispondrán de una manera específica en función del tipo de carretera. Se hará una distinción entre autovías y autopistas, carreteras convencionales y carreteras multicarril.

Se comienza planteando las autovías, autopistas y carreteras multicarril:

Aunque pueda parecer que no debieran existir obstáculos en este tipo de vías, de los recorridos virtuales realizados se ha comprobado que tal posibilidad sí existe. En cuanto al tronco propiamente dicho, se han detectado varios posibles problemas a resolver con estos elementos:

1.- En primer lugar, las transiciones entre barreras en mediana de distintas tipologías, y sobre todo si una de ellas es una barrera desmontable o móvil de las que se instalan en los intercambiadores. Como puede comprobarse, la punta de la barrera de hormigón puede comportarse como un auténtico peligro muy grave a pesar de la presencia de su barrera metálica previa, dada la diferencia de cimentación de las dos, por lo que sería preciso advertir dicho peligro con una baliza plana.



Figura 4.14.1.- (Google).



Figura 4.14.2.- (Google-Propia).

2.- Un ejemplo similar se da cuando se discurre sobre un paso inferior que se resuelve con dos estructuras separadas, procedentes de una plataforma única, lo cual agrava el problema del ejemplo anterior porque la separación de los respectivos pretilos, precedido de un sólo elemento centrado, supone un estrechamiento del arcén izquierdo, lo que significa un mayor riesgo de choque frontal contra el mismo por su disposición en “Y”, a pesar de la ayuda que pueda suponer la línea rugosa que delimita el borde del carril y de una barrera metálica simple que aparenta ser claramente insuficiente.



Figura 4.14.3.- (Google).



Figura 4.14.4.- (Google-Propia).

3.- Otro ejemplo de indudable gravedad se observa con la presencia de pilas o muros de obras de fábrica. Normalmente este tipo de obstáculos suelen estar protegidos, pero es cierto que muchas veces, por razones constrictivas, geométricas, o económicas, las protecciones no tienen el grado de rigidez que debieran tener. Para eso es preciso hacer referencia a la anchura de trabajo descrita en la orden circular 35/2014 del Ministerio de Fomento que regula la disposición de elementos de protección, según el esquema siguiente:

DISTANCIA AL OBSTÁCULO, d_o (m)	CLASE DE ANCHURA DE TRABAJO NECESARIA
$d_o \leq 0,6$	W1
$0,6 < d_o \leq 0,8$	W2 a W1
$0,8 < d_o \leq 1,0$	W3 a W1
$1,0 < d_o \leq 1,3$	W4 a W1
$1,3 < d_o \leq 1,7$	W5 a W1
$1,7 < d_o \leq 2,1$	W6 a W1
$2,1 < d_o \leq 2,5$	W7 a W1

Figura 4.14.5.- (M.Fomento).

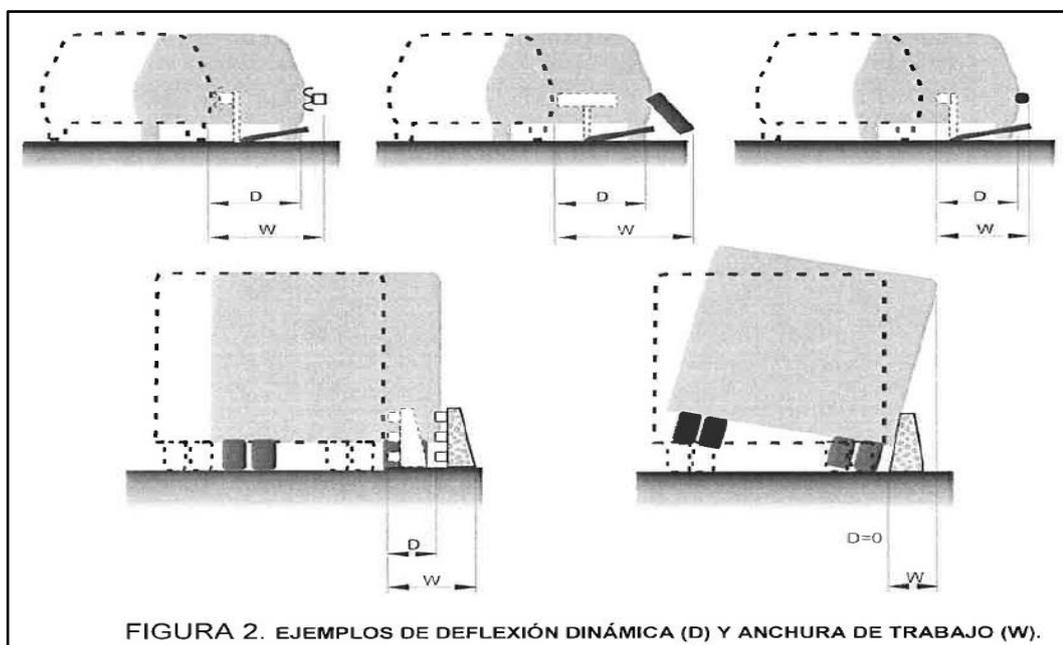


Figura 4.14.6.- (M.Fomento).

Y puede comprobarse que, en multitud de ocasiones, esto no es posible de aplicar: se acompañan diversos ejemplos y la solución propuesta...



Figura 4.14.7.- (Google).



Figura 4.14.8.- (Google-Propia).

Es fácil comprobar que en casos como el siguiente, la presencia de balizas planas sea obligatoria en todas circunstancias, ante la ausencia total de margen de deformación de las barreras existentes, sin perjuicio de que también debieran estar acompañadas de captafaros de muro, no representados aquí.



Figura 4.14.9.- (Google).



Figura 4.14.10.- (Google-Propia).

4.- Existe otra modalidad de obstáculo que se pretende regular en este Trabajo porque, sin perjuicio de que pudiera parecer demasiado ambiciosa, pretende resolver el caso por el cual se producen muchísimos de los accidentes en autovías... se trata de los abatimientos de arranque de las barreras metálicas tipo bionda, que muchas veces son en sí mismos un obstáculo que lanza por el aire al vehículo que los rebasa involuntariamente, y no se puede pensar que la presencia de captafaros en la propia barrera pueda ayudar mucho a balizarla porque, sobre todo en el lado cóncavo de la curva y en caso de radios reducidos, el efecto de estos captafaros es otro, delimitar la propia barrera, pero no su lugar de arranque. Esto cobra especialmente importancia si el trazado es en curva convexa, por ligera que sea.



Figura 4.14.11.- (Google).



Figura 4.14.12.- (Google-Propia).

5.- En cuanto a las carreteras convencionales y otras vías de igual naturaleza, como los ramales de enlace, participan igualmente de casi todos los ejemplos anteriores, si bien algunos de los casos son especialmente significativos.

Por una parte, se propone el balizamiento de los arranques de las barreras metálicas, que en general están mucho más cerca de la calzada por ser carreteras con menor plataforma, debido a su menor arcén, y curvas de radios más reducidos. En estos supuestos, además, en caso de existir captafaros en la barrera, apenas se ven.



Figura 4.14.13.- (Google).



Figura 4.14.14.- (Google-Propia).

Se propone que, en carreteras convencionales, al menos los abatimientos del borde derecho se protejan con este elemento, y como mínimo los que precedan a una curva, fundamentalmente a derechas, ya que los del borde izquierdo están más alejados del trazado natural del carril, si bien se puede pensar en instalarlos igualmente en el lado izquierdo cuanto esté permitido adelantar, en función de la disponibilidad presupuestaria y de la velocidad de la carretera. Similares razonamientos se podrán aplicar a ramales de enlaces, vías colectoras, etc.

6.- Otro supuesto aplicable a muchos tipos de vía es la presencia de abatimientos de barreras rígidas de hormigón, bien como defensas o como separadoras de carriles:



Figura 4.14.15.- (Google).



Figura 4.14.16.- (Google-Propia).

7.- En otros casos, ni siquiera la presencia de grandes elementos de balizamiento (como hitos de vértice) resuelve adecuadamente el problema planteado, pues sus funciones y su percepción por el conductor son distintas.



Figura 4.14.17.- (Google).



Figura 4.14.18.- (Google-Propia).

4.14.4 Generalidades

- COLOR

En lo referente al color, la norma catalana establece que el color será el propio de las indicaciones de peligro, independientemente de que éste sea temporal o permanente. Por tanto, propone el contraste rojo/blanco.

El borrador del Ministerio de Fomento no regula ninguna circunstancia, como se ha indicado, pero es frecuente comprobar que generalmente se instalan de color azul al igual que los paneles direccionales.

Hay que hacer aquí un recordatorio del breve estudio comparativo internacional realizado (recogido en el capítulo de Antecedentes), del que se deduce la enorme dispersión de soluciones existentes, que sugieren el uso de combinaciones amarillo/negro, blanco/azul, blanco/negro o blanco/rojo, con

distintos tamaños y orientaciones de los galones, utilizados a veces en sustitución de los hitos de vértice.

Sin embargo, después de todo lo indicado, se entiende que el tipo de peligro que balizan es muy superior al de los paneles direccionales, por lo que se propone por tanto el empleo de color rojo y blanco en todos los casos.

- SISTEMA DE ANCLAJE

No existe ninguna circunstancia especial que haga a estos elementos distintos de las señales verticales de tráfico, por lo que su cimentación será, por lo general, mediante poste metálico galvanizado de sección suficiente, y base paralelepípedica de hormigón en masa, siendo sus dimensiones proporcionales al empuje de viento que vayan a soportar, al igual que con las citadas señales verticales de código. Excepcionalmente se podrán anclar a pretilas, muros, etc... cuando las circunstancias así lo exijan.

- REFLEXIVO

La normativa catalana establece que el nivel de retrorreflexión será siempre RA 3 en autopistas y autovías y RA 2 en el resto. Excepcionalmente se acepta el RA 1 en zonas iluminadas. Se suscribe dicha regulación como de mínimos, pero es muy recomendable que las carreteras convencionales y multicarril suban a nivel RA 3, dado que balizan peligros muy graves y con muy poco margen de maniobra.

Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda hacer una equiparación similar a la realizada con el tamaño en el apartado correspondiente, por lo que el nivel será RA 3 en los casos 1, 2 y 3 antes descritos, y RA 2 en el resto de los casos. A diferencia de los paneles direccionales, ambos colores serán reflexivos.

Los galones estarán dispuestos a 45°, apuntando en cada caso al centro de la vía, y su anchura será de 20 cm en la proyección de cada galón sobre el eje longitudinal de la baliza.

- TAMAÑO Y FORMA

En general se describen tres tamaños: grande (180*40 cm), mediano (140*40 cm) y pequeño (90*40 cm).

En la norma catalana se identifica que en caso de autopistas y autovías tendrán tamaño grande, en vías preferentes (multicarril) será mediano y en el resto de las vías, tamaño pequeño.

En este trabajo se pretende distribuir el tamaño en función del grado de peligrosidad del obstáculo, y por tanto independientemente del tipo de vía, por lo que se propone aplicar el tamaño grande para los casos 1, 2 y 3 antes descritos, el tamaño mediano para los casos del tipo 4 en autovías y autopistas, y pequeño para el resto de los casos 4, además de todos los tipos 5, 6 y 7, salvo que estudios especiales justifiquen otra solución.

- ILUMINACIÓN

Sólo excepcionalmente se planteará la posibilidad de que las balizas planas dispongan de luces tipo led como las que se instalan en paneles direccionales, alimentadas por placas solares por lo general, pues su generalización implicaría la pérdida de su eficacia porque los conductores se acostumbraran a ella.

4.15 BALIZAS DE FIN DE CARRIL

4.15.1 Regulación

No existe regulación actual en materia balizas de fin de carril, tanto en la norma catalana como en el borrador de Recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento ni en el Reglamento General de Circulación, ya que se trata de un nuevo modelo que se propone en el presente Trabajo para resolver una carencia que se entiende se produce en todas las divergencias, sin que exista ninguna solución hasta la fecha al problema detectado.

4.15.2 Definición

Dado que no existe este elemento en el conjunto normativo estudiado, debe hacerse una definición que no tiene antecedentes; por ello, se hace una propuesta de definición que sea: “elemento de balizamiento cuya función es advertir a los usuarios de la carretera de la finalización del tramo hábil para abandonar una calzada por el carril de deceleración de una divergencia.”

Su propuesta se debe a que ya existen placas tipos S-26a, S-26b o S-26c, las cuales constituyen preavisos de 300 m, 200 m y 100 m de que va a iniciarse un carril de deceleración, lo cual en sí es un punto potencialmente peligroso que es necesario advertir; pero se entiende que es igualmente peligroso, y probablemente más, advertir del último punto (y no el primero) de ese carril de deceleración, a partir del cual la línea discontinua se transforma en continua, que ya impide poder acceder a la divergencia. En no pocas ocasiones se han apreciado accidentes por maniobras sorpresivas realizadas por vehículos cuyos conductores aprecian demasiado tarde que ya se están quedando sin tramo taqueado (discontinuo) para salir por la divergencia, sobre todo en circunstancias desfavorables relativas a la premisa nº 2 de la Introducción del Trabajo. A veces, el propio trazado de la vía impide apreciar

dicho “punto final” hasta que ya es demasiado tarde, en aplicación de la premisa nº 1 del Trabajo.

En la siguiente simulación se muestra un punto que presenta el problema de falta total de balizamiento, y dos montajes donde se sugiere tanto la nueva baliza propuesta en este epígrafe:



Figura 4.15.1.- (Propia).

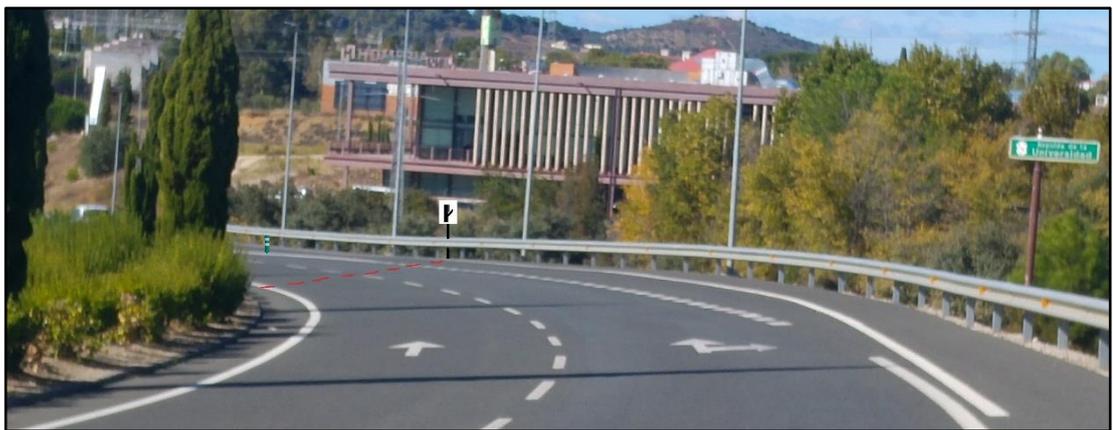


Figura 4.15.2.- (Propia).

...como el efecto de la instalación de hitos de vértice y balizas cilíndricas donde ahora no las hay.



Figura 4.15.3.- (Propia).

Dos ejemplos de implantación en autovía serían los siguientes:



Figura 4.15.4. (Google-Propia).



Figura 4.15.5.- (Google-Propia).

Esta medida debiera ir acompañada de la duplicación de la placa S-26 correspondiente (lo cual ahora no se exige), según se ilustra en la imagen:



Figura 4.15.6.- (Google-Propia).

Y una última medida sería prolongar tanto como fuera posible el tramo discontinuo de 30/40 cm de anchura (según carreteras) de la marca tipo M-1.6 ó M-1.7 respectivamente, para que se dispusiera de la mayor longitud posible de incorporación a la divergencia, una vez que se han adoptado más medidas para ayudar al usuario a tomar la decisión lo más anticipadamente posible. Indirectamente relacionada está la propuesta de que en los carriles de aceleración de las convergencias se aumente la longitud de tramo de línea continua para obligar a los conductores a acelerar en el carril de aceleración, y no incorporarse precipitadamente al tronco, como se ha podido comprobar en no pocas ocasiones.

4.15.3 Disposición

Las balizas de fin de carril, por su propia función, deben implantarse en la sección transversal en la cual la línea discontinua de 30/40 cm -que permite tomar un carril de deceleración- pasa a ser continua, momento en el cual ya no es posible el cambio de carril. En calzadas con dos o más carriles, o en carreteras convencionales donde esté permitido adelantar, las balizas se dispondrán dobles para ser percibidas por todos los vehículos posibles. Transversalmente su ubicación será análoga a la que rige para las placas (que sí existen ya) tipo S-26a, S-26b o S-26c.

4.15.4 Generalidades

- **COLOR**

En lo referente al color, será blanco, reflexivo, como el resto de las superficies blancas de la cartelería, en función del tipo de carretera (RA 3 para autopistas y autovías y RA 2 para el resto). Se ha elegido este color por correspondencia con el color blanco que identifica a las banderolas y carteles de “salida

inmediata”, que igualmente es blanco, e identificativo de este tipo de información.

- SISTEMA DE ANCLAJE

No existe ninguna circunstancia especial que haga a estos elementos distintos de los paneles verticales de tráfico de la serie S-26, por lo que su cimentación será, por lo general, mediante poste metálico galvanizado de sección suficiente, y base paralelepípedica de hormigón en masa, siendo sus dimensiones proporcionales al empuje de viento que vayan a soportar, al igual que con las citadas señales verticales de código citadas. Excepcionalmente se podrán anclar a pretilas, muros, etc... cuando las circunstancias así lo exijan.

- TAMAÑO Y FORMA

En general, el tamaño y forma de las placas normalizadas será el indicado en el catálogo de señales del Ministerio de Fomento para las citadas placas de la serie S-26, esto es, 90*60 cm.

- DENOMINACIÓN Y DISEÑO

Hasta ahora, la única figura similar ya existente son los siguientes “paneles complementarios”:

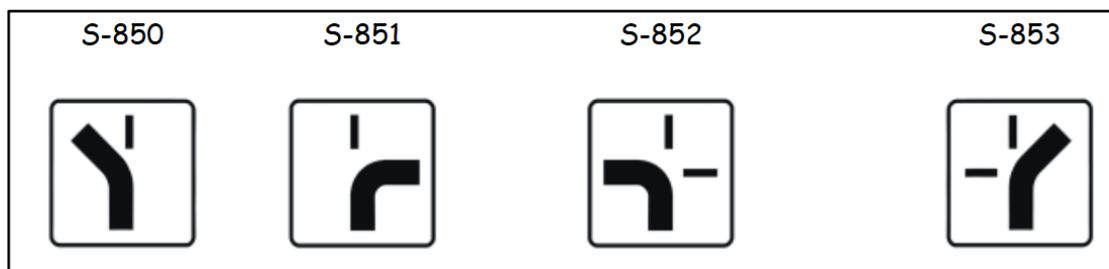


Figura 4.15.7.- (M.Fomento).

Por analogía, la nueva “baliza de fin de carril” debiera llamarse S-854. Cuando la longitud del carril de deceleración lo permita, podrán instalarse cajetines de preaviso de 100 m bajo la baliza propuesta, siendo recomendable el uso del cajetín de 150 m, mejor que el de 100 m, si ello es posible. Su diseño, en ambos casos, será el siguiente:

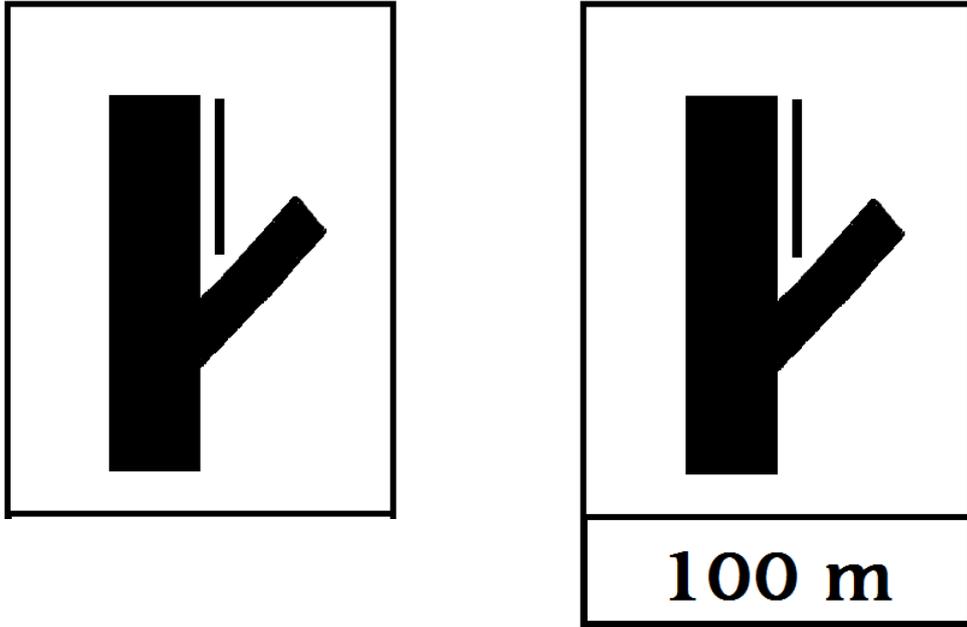


Figura 4.15.8.- (Propia).

4.16 BALIZAS DE GÁLIBO

4.16.1 Regulación

No existe regulación actual en materia balizas de gálibo, tanto en la norma catalana como en el borrador de Recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento ni en el Reglamento General de Circulación

4.16.2 Definición

Dado que no existe este elemento en el conjunto normativo estudiado, debe hacerse una definición que no tiene antecedentes; por ello, se hace una propuesta de definición que sea: “elemento de balizamiento cuya función es advertir a los usuarios de la carretera de un obstáculo cuyo gálibo vertical conocido debe ser tenido en cuenta.”

4.16.3 Disposición

Las balizas de gálibo se dispondrán de una manera específica independientemente del tipo de carretera. Para definir esos parámetros se han de tener en cuenta previamente diversas cuestiones:

- El uso de las placas de gálibo es complementario, ya que los transportes de dimensiones especiales que circulan por las carreteras ya conocen de antemano todos los puntos singulares por los que van a pasar, que están incluidos en su autorización de transporte especial. Incluso así se considera necesario implantar estos elementos para mejorar la seguridad y funcionalidad de la carretera.

- En principio, todos los obstáculos verticales debieran ser señalizados, si bien a continuación se introducirán excepciones.
- En general, las estructuras que supongan pasos sobre la calzada de una carretera deben disponer de un gálibo libre en cualquiera de sus puntos de 5,50 m. Si bien es cierto que esto responde a un criterio nacional y habría que tener en cuenta las hipotéticas normativas que tuvieran las distintas administraciones de carreteras titulares de las mismas, se considera que este es un dato objetivo a partir del cual continuar con el desarrollo.
- Es posible que ya existan estructuras de gálibo inferior, sobre todo en carreteras provinciales de segundo y tercer orden, pasarelas peatonales, etc..., y que por tanto hay que balizar porque no siempre será fácil su reposición a la altura adecuada.
- Existen multitud de cruzamientos de líneas y conducciones sobre las carreteras. Las más peligrosas son las eléctricas, y ello depende a su vez de que conduzcan baja/media tensión, o bien alta tensión. El Reglamento General de Carreteras (R.D. 1812/94) indica que ha de haber el gálibo que fije la administración de carreteras, pero no lo especifica en concreto. Sin embargo, el R.D. 223/2008, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, establece que:

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \text{ en metros,}$$

con una distancia mínima de 7 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 5.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

Siendo: $D_{add} = 7,5$ para líneas de categoría especial.
 $D_{add} = 6,3$ para líneas del resto de categorías.

En el caso de líneas de alta tensión que soporten cables de fibra óptica, al ser éstos dieléctricos, D_{el} se considerará cero y la distancia mínima entre estos cables de fibra óptica y la rasante de la carretera será de 7 m.

Figura 4.16.1.- (R.D. 223/2008).

Dado que el parámetro D_{el} más pequeño puede ser 0,08 m,

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20

Figura 4.16.2.- (R.D. 223/2008).

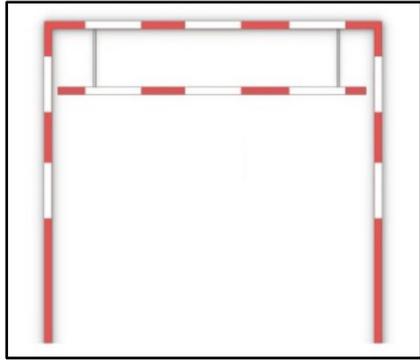
resulta que el gálibo mínimo legal debieran ser 6,38 m, pero también se ha fijado en las condiciones generales una altura mínima de 7 m, por lo que hay que concluir que cualquier línea eléctrica que cruce con una altura inferior debiera ser balizada adecuadamente mediante un pórtico de gálibo con preaviso, al no ser lógico, ni mucho menos eficiente, colgar las placas balizadoras del propio cable.

- Por el mismo motivo, los cruzamientos aéreos superiores a 7 m no deben ser balizados, aunque no es difícil encontrar ejemplos de lo contrario en diversos tipos de obstáculos o estructuras, que carecen de sentido a la vista de su imagen:



Figura 4.16.3.- (Google-Propia).

Aplicando este mismo criterio, se propone que en general no se dispongan placas de gálibo en obstáculos de altura igual o superior a 7 m, y se balicen con dichas placas (ancladas al borde inferior del propio obstáculo)



los de altura inferior, excepto -como se ha indicado- en el caso de que los obstáculos sean líneas de conductores (eléctricos, telefonía, fibra óptica...), en cuyo caso, por su propia naturaleza, se balizarán con pórticos de gálibo con preaviso.

Figura 4.16.4.- (Google).



Figura 4.16.5.- (Google).

- En cuanto a otros elementos que existan sobre las carreteras que puedan suponer un obstáculo vertical, está el propio equipamiento. Por ejemplo, los pórticos y banderolas, según se desprende de las figuras 112 y 196 de la Instrucción de Carreteras 8.1-IC, han de guardar una altura libre de 5,50 m, y si lo hacen no deben ser balizados. En cambio, los paneles de mensaje variable que instala la DGT en las vías de gran capacidad sí que

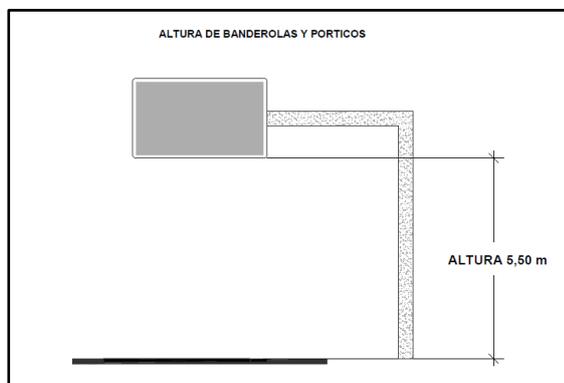


Figura 4.16.6.- (8.1-IC).

llevan instaladas unas pequeñas placas de gálibo en una de sus esquinas, incluso aunque no vuelen exactamente sobre la calzada y superen la altura mínima antedicha.



Figura 4.16.7.- (Google-Propia).

- Lo que se propone, a modo de resumen, es: a) instalar placas en todo el equipamiento que vuele sobre la plataforma, sean pórticos, banderolas o similares, de mensaje fijo o variable; b) instalar pórticos de gálibo con preaviso en las líneas que crucen a menos de 7 m sobre la calzada, y c) específicamente, en cuanto a las estructuras, instalar placas de tamaño grande normalizado que luego se precisará, ancladas al paramento de la viga o losa a salvar, cuando la altura sea inferior a 5,50 m.
- La ubicación de las placas será siempre de una sobre cada carril al que afecta, en aquella parte que se encuentre más cercana al mismo.

4.16.4 Generalidades

- **COLOR**

En lo referente al color, irá acorde con el modelo de placa de gálibo normalizada que se describe a continuación, que en general será blanco, letras negras, y con galones rojos y blancos; y siguiendo con los posibles casos antes descritos, se propone que en el caso de que el gálibo sea inferior

a 5,00 m por razones especiales, el color de la placa (excluidos los galones) sea amarillo fluorescente.

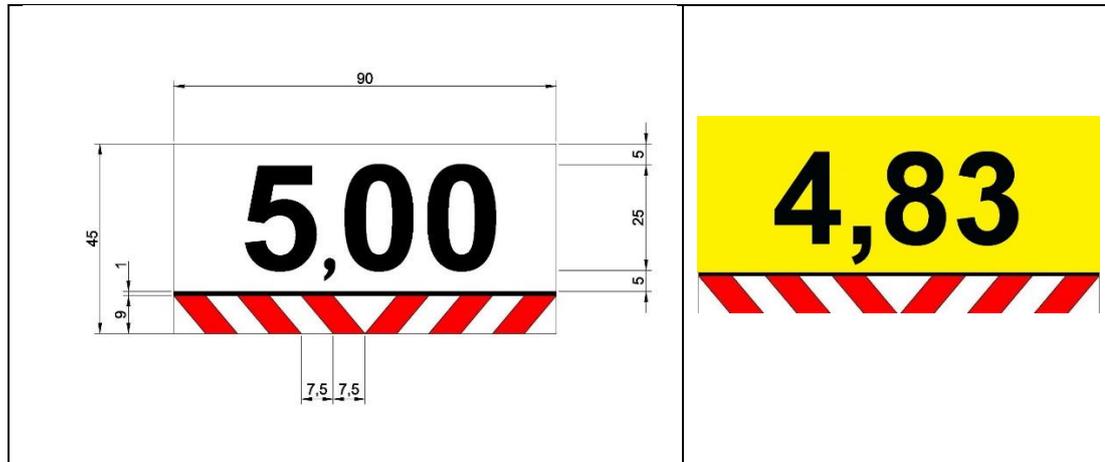


Figura 4.16.8.- (M.Fomento-Propia).

- SISTEMA DE ANCLAJE

No existe ninguna circunstancia especial que haga a estos elementos distintos de otros elementos anclados a paramentos verticales, los cuales se fijarán mediante anclaje con tornillería o remaches, que garanticen su estabilidad funcional y fijeza, pero nunca mediante adhesivo. Las placas serán metálicas galvanizadas.

- TAMAÑO Y FORMA

En general, el tamaño y forma de las placas normalizadas será el indicado en el esquema anterior, con una dimensión total de 90*45 cm. En cuanto a las plaquitas a instalar en pórticos y banderolas, será de 35*20 cm con letras de tamaño 12 cm.

- ILUMINACIÓN

Sólo excepcionalmente (interior de túneles, gálibos anormalmente pequeños...) se planteará la posibilidad de que las balizas de gálibo dispongan de luces tipo led como las que se instalan en paneles direccionales, alimentadas por placas solares por lo general, pues su generalización implicaría la pérdida de su eficacia porque los conductores se acostumbraran a ella.

4.17 BALIZAS ANTIDESLUMBRAMIENTO

4.17.1 Regulación

En materia de balizas antideslumbramiento, tras haber sido estudiadas la normativa catalana (Criteris d'abalissament) y las españolas (borrador de Orden Circular y Reglamento General de Circulación), no se ha encontrado mención alguna a este tipo de elemento.

4.17.2 Definición

Al no contar con referencias previas, se propone establecer como definición de las balizas antideslumbramiento: “elemento de balizamiento dispuesto sobre barreras físicas separadoras de carriles, cuya función principal es evitar los deslumbramientos que pudieran producirse en los conductores como consecuencia de la iluminación de los vehículos circulantes en sentido contrario.”

4.17.3 Disposición

Estos elementos se dispondrán sobre barreras de defensa que separan carriles, ya sean barreras metálicas de tipo bionda o barreras modulares de hormigón tipo New Jersey. Puede darse que separen calzadas de la misma carretera o de carreteras diferentes, habitualmente vías de servicio paralelas, calzadas laterales o vías colectoras-distribuidoras.

La separación longitudinal entre panel y panel será de 1 m, y los paneles se dispondrán a 15° con respecto al plano sección transversal de la calzada, girados a favor de la calzada de la vía principal, de manera que eviten el

deslumbramiento cuando los vehículos se vean enfrentados a una distancia grande y cuando estén considerablemente cerca.

Asimismo, con respecto a las calzadas que separan, pueden darse 2 situaciones: que estén a la misma cota o a diferente:

- A la misma cota: en esta situación, la instalación de los paneles no supondrá problema alguno, se instalarán conforme a lo descrito anteriormente. Puede darse el caso de que ambas calzadas se encuentren separadas por barreras de defensa en un sentido, en ambos, por barreras modulares de hormigón tipo New Jersey o similar o por una mediana física. En este último caso, se suele emplear vegetación frondosa como “paneles antideslumbramiento”.



Figura 4.17.1.- (Google).



Figura 4.17.2.- (Google).

- A diferente cota: esta situación puede darse en tramos de carretera cuyas calzadas vayan constantemente a diferente cota o tramos en los que,

debido a la orografía, las calzadas van variando su posición verticalmente una con respecto a la otra de una manera repetida y se “cruzan” sus rasantes. El problema de la diferencia de cotas es que existen vehículos en los que las alturas de emisión de luz y visión del conductor difieren entre ellas, motivos que “compensan” dicha diferencia de cota y “obligan” a pensar en disponer dichos paneles. Teniendo en cuenta unas alturas aproximadas de las respectivas fuentes de luz de coches y camiones, y las correspondientes alturas de la posición de sus respectivos conductores, se establece que toda calzada separada verticalmente de la otra por hasta 3 m, en uno u otro sentido, habrá de contar con paneles antideslumbramiento. Para diferencias de cota superiores parece razonable no disponerlas, aunque resultaría recomendable hasta los 4,5 m para tener en cuenta que hay camiones que poseen potentes focos en la parte superior de la cabina.

Podría darse que la diferencia de cota en un momento preciso fuera insalvable con el empleo de paneles de este tipo, por lo que el faldón para motociclistas que se dispone en la parte inferior de las barreras de defensa podría realizar dicha función, aunque queda claro que no es su función principal.

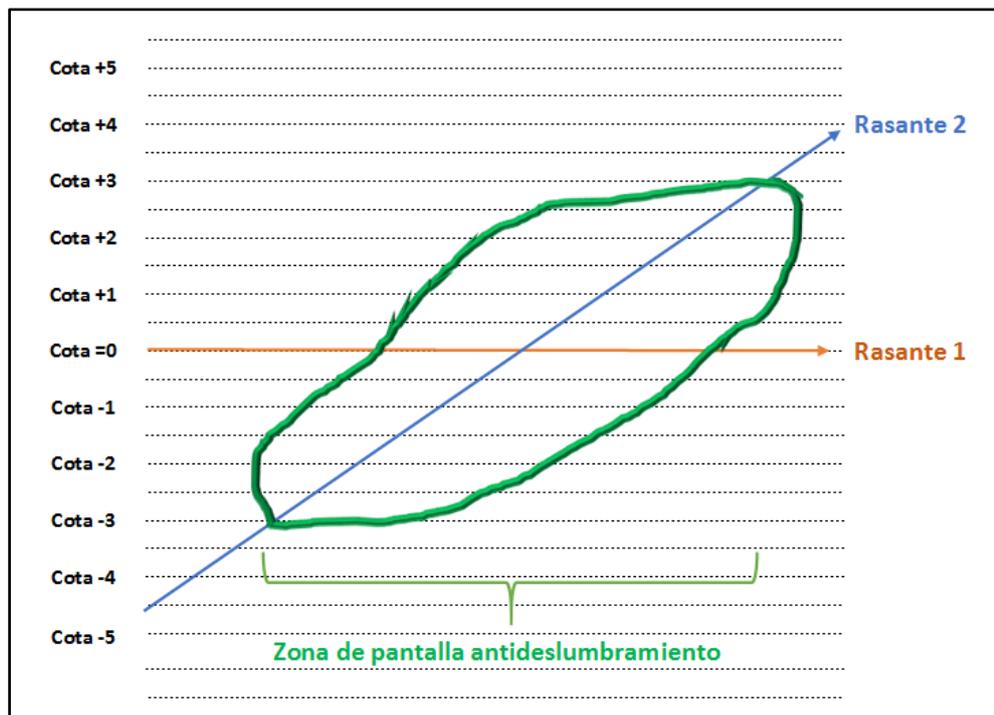


Figura 4.17.3.- (Propia).

Hay que tener en cuenta una situación adicional. Independientemente de la separación vertical de una calzada y otra, pudiera darse una situación en la que, debido a la curvatura en planta del trazado, o a la presencia de acuerdos verticales acompañando a dicha curva en planta, los paneles redujeran considerablemente la visibilidad de parada de la carretera, afectando con ello a la seguridad vial. Por este motivo, ante la situación que se plantearía de elegir disponer paneles o reducir la velocidad del tramo, se ha de tomar la segunda opción, que por otra parte no es tan infrecuente en las autovías de España (por este u otros motivos). Una solución pasa, en el caso de las medianas con barrera de hormigón en secciones estrechas, por disponer las pantallas antideslumbramiento en el lado cóncavo de la barrera de hormigón, y no en la parte superior, lo que permitiría ganar algunos centímetros de anchura que incrementarían la visibilidad de parada. En el caso de que fuese imprescindible disponer dichos elementos, se optaría como caso extremo por reducir localmente la velocidad permitida, para así poder garantizar que la velocidad (ya menor que la general) cumpliera la visibilidad de parada de la que se dispone, aunque esta medida deba ser sólo excepcional.

Existe otro problema con respecto a los deslumbramientos que estos paneles no pueden solucionar. Son aquellas situaciones en que, debido a la orientación de la calzada y a la presencia de algún elemento que refleja la luz del Sol, se dan situaciones de auténtica incomodidad para el conductor. Un ejemplo se da en la provincia de Cáceres, cuando, según la época del año, el nuevo Hospital Universitario produce un reflejo importante en la autovía A-58. Dado que estas situaciones se dan en perpendicular a la visual del conductor, y no de manera oblicua como si los haces de luz de los vehículos, poco se puede hacer contra ellos. Aquí se ilustra otra situación:



Figura 4.17.4.- (Propia).

4.17.4 Generalidades

- **COLOR**

Por homogeneidad con el resto de elementos instalados en el resto de carreteras, y anteriormente desarrollados en este Trabajo de Fin de Grado, se propone que el color de los elementos sea el verde, de acuerdo con todas las consideraciones generales y de normas UNE que, por similitud de elemento, deben cumplir las balizas cilíndricas.

- **SISTEMA DE ANCLAJE**

Estos elementos suelen ir dispuestos sobre elementos de defensa, ya sean metálicos o de hormigón. Por ese motivo, el sistema de anclaje que se emplea es el atornillado, para dotar de la rigidez necesaria para soportar los vientos (naturales o inducidos) a los que puede verse sometido, y que, al ser un plano, se ven agravados.

- **REFLEXIVO**

Estos elementos son excepción dentro de los elementos de balizamiento ya que son de los pocos que no cuentan (ni se entiende que deban contar) con

material reflexivo. Se podría plantear la posibilidad de dotarlos de dicho material para complementar el efecto delineador del balizamiento ya conseguido por otros métodos, pero dado que no es su función principal ser indicadores de la trazada, y el gasto excesivo que supondría, se opta por no dotarlos de elementos retrorrefletantes.

- TAMAÑO Y FORMA

Estos elementos cuentan con una altura de 100 cm y una anchura de 20 cm, siendo una elipse, con una relación eje mayor/eje menor grande, la forma que describe la sección del elemento, aunque no hay que descartar otras secciones paralelepédicas que cumplan la misma función.

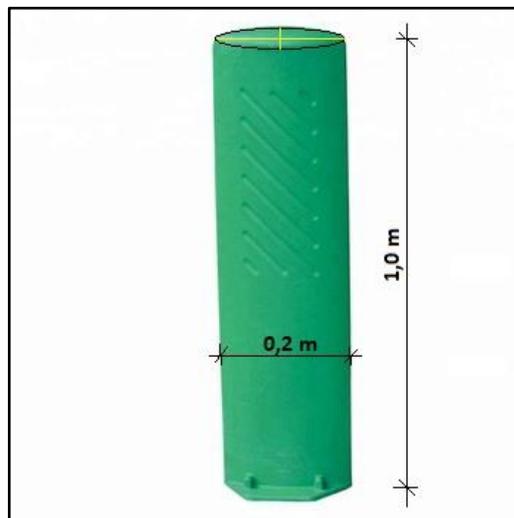


Figura 4.17.5.- (M.Fomento-Propia).

4.18 BALIZAS MODULARES LASTRADAS DE PLÁSTICO

4.18.1 Regulación

En el Reglamento General de Circulación se citan de forma tangencial denominándola “barrera lateral desplazable”, y no hay más desarrollo que una definición no muy afortunada, ya que las engloba -junto con las rígidas y las semirrígidas- en un conjunto denominado “barreras laterales”, al cual asigna la siguiente definición:

8.º Barreras laterales: rígidas, semirrígidas y desplazables. Indican el borde de la plataforma y protegen frente a salidas de la vía.
--

Es cierto que indican el borde, pero de ninguna manera se puede considerar que protegen frente a salidas de vía, por su casi nulo nivel de contención, ya que estrictamente hablando no son sistemas de contención y no deben ser confundidos con éstos.

No existe ninguna otra regulación actual en materia de balizas delimitadoras lastradas, tanto en la norma catalana como en el borrador de Recomendaciones sobre balizamiento del Ministerio de Fomento, ya que se trata de un nuevo concepto -sobre un modelo ya existente- que se propone en el presente Trabajo de Fin de Grado, con la salvedad antes indicada, para resolver una carencia sobre un elemento que se utiliza con mucha asiduidad, sin que exista ninguna regulación clara hasta la fecha.

4.18.2 Definición

Dado que no se está de acuerdo con el vigente Reglamento General de Circulación, debe hacerse una definición más ajustada a la función de estas balizas, y por ello se hace una propuesta que será: “elemento de balizamiento cuya función es advertir a los usuarios de la carretera de la presencia de un tramo o zona vetada a la circulación, mediante piezas modulares lastradas de

plástico, conectadas o no, formando una alineación continua de función exclusivamente delimitadora.”

Su propuesta se debe a que existe un elemento muy utilizado en las obras, coloquialmente conocido como “barreras tipo New Jersey de plástico”, que se entiende no pueden ser calificados como barreras, dado su prácticamente nulo nivel de contención, y cuya función es fundamentalmente delimitadora. Estos elementos huecos suelen lastrarse, normalmente con agua, y de forma alternativa puede ir conectados entre sí mediante enganches machihembrados ya previstos en su propia forma. La alternancia de color (normalmente blanco/rojo) produce el efecto de balizamiento deseado, y su tamaño y forma característicos realizan una función en la que la eficacia obtenida en el cierre de una zona o carril es mayor que empleando elementos más sencillos como los conos, balizas cilíndricas, u otros.

Existen elementos similares, pero ya fabricados de hormigón, mucho más pesados y con una capacidad de contención mucho mayor, aunque no aptos para ser considerados “barreras” porque no se puede decir que tengan “nivel de contención” tal y como figura en la orden circular de sistemas de contención de vehículos, pues si lo fueran habría que aplicarles los requisitos establecidos en dicha normativa, y no superarían las rigurosas características que se le exige a éstas. Sin embargo, por su naturaleza, la dificultad de manipulación (lo que se reduce su utilización sólo a obras de larga duración) y su coste, se ha desestimado considerarlos como una variante de hormigón del nuevo elemento de plástico lastrado que se define en este capítulo.

4.18.3 Disposición

Se puede decir que el número de situaciones en las que se puede utilizar este tipo de balizas es ilimitado. Pueden disponerse cerrando completamente carriles a la circulación, bien de forma continua (conectando todas las piezas entre sí) o balizando alineaciones con elementos sueltos, alternos en cuanto al color, que permiten optimizar la cantidad de unidades empleadas, pero

facilitan huecos por el que se puede desobedecer la prohibición de acceso. Normalmente su uso debe entenderse en situaciones de corta o media duración en el tiempo y cuando no exista un riesgo elevado de accidentalidad en el caso de que un vehículo descontrolado sobrepase la zona de circulación prohibida. En Septiembre de 2018, en Avilés (Asturias) tuvo lugar un importante accidente mortal en el que la mera función delimitadora de la baliza lastrada no pudo contener, lógicamente, el empuje de un autobús fuera de control. El problema es que este tipo de invasiones son imposibles de prevenir, y también de proteger, porque llevando al extremo, todas las zonas vetadas al tráfico debieran estar protegidas con sistemas de contención homologados, y no balizadas con elementos frágiles, y eso no sólo es imposible, sino que, en caso de que pudiera ser viable, serían inabordable desde el punto de vista económico. Por ello deberá realizarse un estudio serio de posibilidades de riesgo e implantar otro tipo de medidas que garanticen la circulación a una velocidad muy reducida antes de llegar a la zona de balizas lastradas, en lugar de permitir velocidades mayores que, en caso de pérdida de control, tienen consecuencias catastróficas.

Esa combinación de balizas lastradas y reducción de velocidad es asimismo aplicable en el caso de proteger obras que precisen escalones laterales, donde ambas medidas deberían ir acompañadas. Dado que su capacidad de contención es casi nula, habría que separar la baliza más del obstáculo cuanto más alto fuera el escalón, y reducir la velocidad, para lo cual se proponen los siguientes esquemas:



Figura 8.18.1.- (Propia).

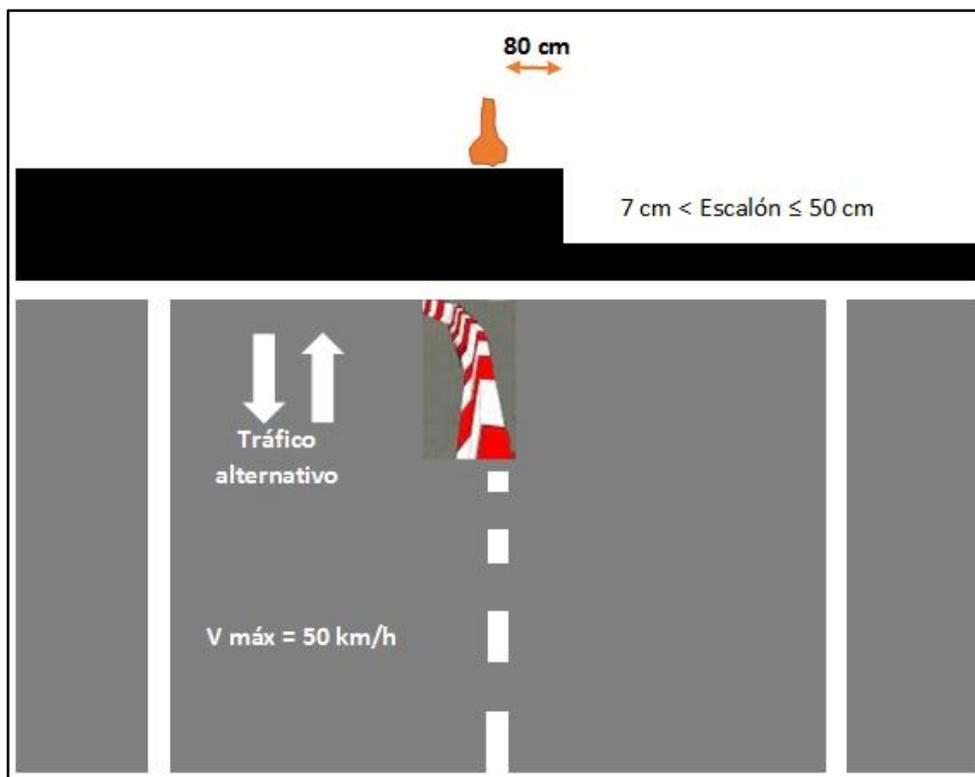


Figura 8.18.2.- (Propia).

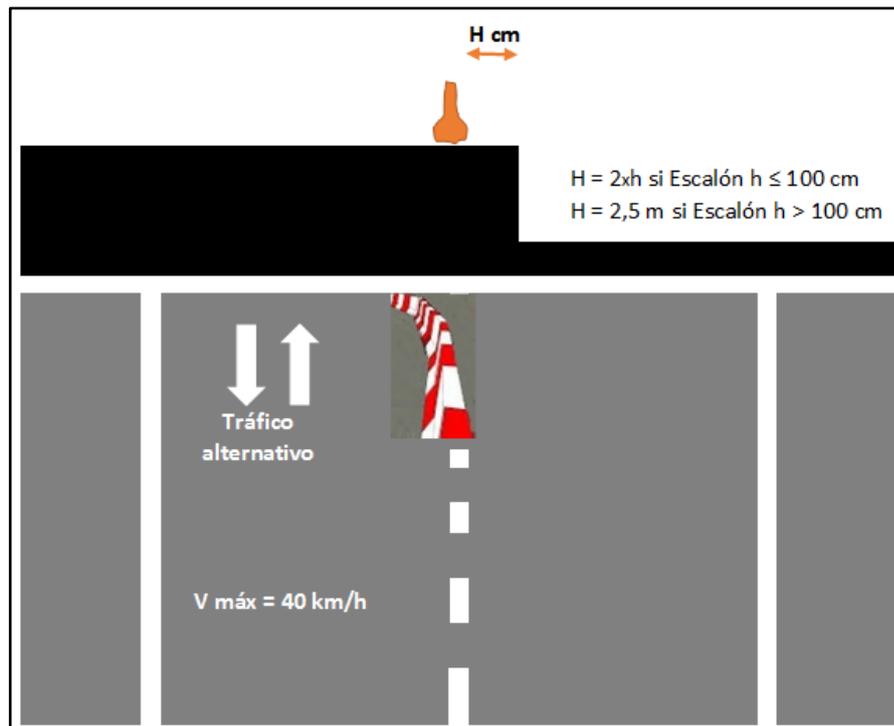


Figura 8.18.3.- (Propia).

En el caso de alturas elevadas propias de trabajos en estructuras no cabría prescindir de barreras al menos de hormigón, o metálicas ancladas al tablero, no siendo por tanto aceptables los modelos lastrados de plástico como sustituto de los elementos de contención.

4.18.4 Generalidades

- COLOR

En lo referente al color, será blanco y rojo en módulos alternos, y si bien el material plástico no puede ser reflexivo, como sí lo son el resto de las superficies de la cartelería o de las balizas planas, sí deberán disponerse al menos captafaros, en función del tipo de carretera (RA 3 para autopistas y autovías y RA 2 para el resto), insertados en los laterales de cada pieza. Adicionalmente se recomienda la instalación de puntos luminosos tipo TL-2 o

TL-7 (recogidos en el anexo de la Instrucción de Señalización de obras 8.3-IC), puntuales o en forma de hilera, pasando a ser obligatorios cuando la afección permanezca por la noche, en la cantidad y luminosidad que se estime adecuada para garantizar la eficacia del balizamiento, aún incluso cuando se tratara de tramos iluminados.

- SISTEMA DE ANCLAJE

No existe ninguna alternativa lógica que permita el anclaje de estos elementos, por su propia naturaleza, al suelo. De hecho, siempre funcionan de forma exclusiva por el rozamiento de su peso propio. Sin embargo, en determinadas circunstancias sí será obligatorio el anclaje de las piezas entre sí, conectándolas con los dispositivos machihembrados que suelen tener al efecto, a criterio del director de los trabajos y en función del tipo de obra y la peligrosidad del entorno.

- TAMAÑO

En general, el tamaño y forma de las balizas oscilará entre los 90-120 cm de altura y 40-60 cm de base, si bien no es posible implantar un modelo uniforme, dada la relativamente menor importancia que tiene este aspecto, comparado con la funcionalidad, que debe ser su principal cualidad. Excepcionalmente se autorizarán bases de anchura inferior para delimitar pasillos peatonales estrechos de forma visual, en aquellas zonas que no estén en contacto directo con el tráfico.

5. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se plasmarán las conclusiones obtenidas de los estudios realizados en capítulos anteriores a los respectivos elementos de balizamiento.

Se han propuesto justificadamente, para un conjunto de 18 elementos o grupos de elementos estudiados, los criterios técnicos que se estima han de ser utilizados en el replanteo de cada uno de los mismos, en función de las distancias y circunstancias de aplicación, y para ello se han realizado los estudios de las alternativas posibles (con las ventajas e inconvenientes que las caractericen) y se ha fijado, para cada caso, la alternativa seleccionada, que sería la que se aceptaría como de obligado cumplimiento en la futura norma sectorial que en su momento se dicte, para la cual este Trabajo sirve de guía justificativa de contenidos y propuestas.

Se han añadido en algunos de los elementos otras circunstancias no geométricas relativas a materiales constitutivos, calidades a emplear, dimensiones y demás aspectos de interés.

De todas las propuestas realizadas se deriva la necesidad de realizar cambios normativos en aquellas disposiciones que actualmente regulan la materia. Concretamente son:

- Modificación del catálogo de señales de circulación del Ministerio de Fomento (Tomo I, características de las señales, y Tomo II, catálogo y significado), para incluir la nueva baliza S-854 (fin de carril) propuesta en el capítulo 4.15. si se considera señal vertical.
- Modificación de la Instrucción de Carreteras 8.1-IC de señalización vertical para incluir las consideraciones establecidas en el capítulo 4.4. sobre paneles direccionales y la duplicación de las señales de la serie S-26 según se propone en el capítulo 4.15.

- Derogación de la Orden Circular 309/90 de hitos de arista, del Ministerio de Fomento, para que esos elementos quedaran únicamente desarrollados en la nueva norma de balizamiento que se publicase.
- Modificación de la Instrucción de Carreteras 8.2-IC de marcas viales para que la marca discontinua tipo M-1.6/ M-1.7 tuviera la mayor longitud posible en carriles de deceleración, y la menor en los de aceleración, para paliar la problemática presentada en el capítulo 4.15.
- Modificación de la norma UNE-135362 para introducir los cambios propuestos en el capítulo 4.8. de hitos de arista.
- Modificación de la Instrucción de Carreteras 8.3-IC de señalización de obras, para incluir en su catálogo los nuevos elementos de balizamiento propuestos, y la adaptación de las características de los existentes. Así mismo modificarlo para incluir la nueva baliza propuesta S-854 (fin de carril) si se considera como tal baliza en lugar de señal vertical.
- Modificación del Reglamento General de Circulación para la introducción de los nuevos elementos de balizamiento estudiados que no figuran en su contenido, y actualización de todas las definiciones afectadas por lo propuesto en el presente Trabajo.
- Modificación del PG3 para adaptar todas las definiciones a las propuestas en el presente Trabajo.

Todos los aspectos básicos del equipamiento de carreteras están ya regulados, excepto el de Balizamiento, por lo que se considera imprescindible, por la significación que tiene dicha materia, abordar la iniciativa propuesta en este Trabajo de Fin de Grado, aclarando su aplicación tan universal como sea posible dentro del reparto de competencias en carreteras constitucionalmente vigente entre las distintas Administraciones.

Sin perjuicio de ello, de análisis comparativo con la situación en países europeos del entorno de España, se comprueba que, a pesar del vacío todavía existente, la práctica habitualmente implantada en la Red de Carreteras del Estado por la fuerza de la costumbre es bastante avanzada en equipamiento, homogeneidad y representatividad en comparación con dichos países.

En definitiva, lo que pretende conseguir con este Trabajo de Fin de Grado es sentar las bases para la redacción de una norma de Balizamiento de carreteras que permita conseguir 2 objetivos:

- Completar un vacío normativo que permita situar a las carreteras españolas a la vanguardia del desarrollo en esta materia en el mundo occidental.
- En base a ello obtener una mayor eficiencia del uso de esas carreteras que redunde en una mejora sustancial de la seguridad viaria.

BIBLIOGRAFÍA

A continuación, se recogerán las distintas fuentes a las que se ha recurrido para obtener cualquier tipo de información que aparezca en este Trabajo de Fin de Grado:

- En el Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, artículo 144. Publicado en BOE número 306 del 23 de diciembre de 2003.
- Orden FOM/534/2014, del Ministerio de Fomento, en la que se aprueba la norma 8.1-IC señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras, capítulo 8. Publicado en BOE número 83 del 5 de abril de 2014.
- Se regula por la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos. Publicado en BOE número 3 del 3 de enero de 2015.
- Orden Circular ***/2011. Ministerio de Fomento. Esta norma es un borrador y nunca llegó a entrar en vigor.

<http://www.carreteros.org/normativa/balizamiento/balizamiento.htm>

- Instrucció DGIM/03/2017 sobre criteris d'abalisament de la Direcció General d'Infraestructures de Movilitat de la Generalitat de Catalunya.

- Orde circular 1/2011 Criterios de balizamiento de diverxencias, saídas e bifurcacións mediante fitos de vértice e balizas cilíndricas de la Dirección Xeral de Infraestructuras de la Xunta de Galicia.
- A continuación, se dedica un apartado exclusivo a las normativas francesas:
 - “Balisage des îlots séparant deux courants de trafic de même sens”. Circulaire n° 77- 142 MEAT du 28 septembre 1977.
 - “Biseaux de rabattement”. Note d’information 115 SETRA – CSTR mars 1988.
 - “Comment signaler les virages”. Guidetechnique SETRA juillet 2002.
 - “Conditions de dépose des délinéateurs (balises J 6)”. Circulaire 2000-71 ME du 9 octobre 2000.
 - “Emploi des balises souples J 11 et J 12”. Note d’information 105 SETRA – CSTR décembre 1996.
 - “Equipement des auto routes non concédées”. Note d’information 96 GT “Signalisation” SETRA juin 1994.
 - “Equipement del route sinterurbaines” Vol. 1 et 2. Guidetechnique SETRA décembre 1998.
 - “Feux de Balisage et d’Alerte pour la Signalisation Routière”. Guidetechnique SETRA mars 1992.
 - “Homologation des balises J 6 (délinéateurs)”. Arrête MT du 22 aout 1978.
 - “Implantation des plots rétroréfléchissants”. Circulaire n° 78-116 MT du 19 septembre 1978.

- “Les obstacles latéraux. Savoirs et savoirfaire”. Savoirs de base en sécurité routière Sétra mars 2006.
 - “Les obstacles latéraux. Savoirs et savoirfaire”. Savoirs de base en sécurité routière Sétra mars 2006.
 - “Lutte contre les prises à contresens. Renforcement de la perception des sens de circulation”. Note d’information 134 Sétra septembre 2009.
 - “Programmation d’implantation des plots rétroréfléchissants”. Circulaire n° 80-85 MT du 3 juillet 1980.
 - “Recommandations sur la signalisation des virages”. Circulaire n° 78-110 MT du 23 août 1978.
 - “Séparateurs modulaires de voies”. Note d’information 121 SETRA/CSTR juillet 2001.
-
- Señales verticales de circulación. Tomo II. Catálogo y significado de las señales. Junio 1992. Ministerio de Fomento.
 - Instrucción 8.2-IC del Ministerio de Fomento.
 - Orden circular número 309/90 del Ministerio de Fomento.
 - Nota de servicio número 2/2017 del Ministerio de Fomento.