UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ETS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANÁLISIS DE ACTUACIONES DE MEJORA DE SEGURIDAD VIAL EN LA A-7, ENTRE EL P.K. 373 Y EL P.K. 376, EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE L'ALCÚDIA Y GUADASSUAR (VALENCIA).

Presentado por

Cioara, Vlad

Para la obtención del

Grado de Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Junio 2019

Tutor: Vicente Melchor Ferrer Pérez

ÍNDICE

ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1 Introducción. 6

2 Condicionantes. 6

2.1 Condicionante técnico. 6

2.2 Condicionante económico. 7

2.3 Condicionante físico. 7

3 Descripción de las alternativas. 8

3.1 Alternativa 1: 8

3.1.1 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC 8

3.1.2 Re peraltar la curva del p.k. 375.3. 9

3.1.3 Iluminación artificial de la curva del p.k. 375.3. 9

3.1.4 Reasfaltar el tramo objeto de estudio. 11

3.1.5 Mejora del equipamiento viario. 11

3.2 Alternativa 2: 17

3.2.1 Rectificar radio curva p.k. 375.3 y adecuar según norma los carriles de cambio de velocidad. 17

3.2.2 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC 22

3.2.3 Adecuación carriles cambio de velocidad 23

3.2.4 Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes. 27

3.2.5 Reasfaltar tramo objeto de estudio. 27

3.2.6 Mejoras de equipamiento viario. 27

4 Alternativa 3: 34

4.1.1 Rectificar radio curva p.k. 375.3 y adecuar según norma los carriles de cambio de velocidad. 34

4.1.2 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC 39

4.1.3 Adecuación carriles cambio de velocidad 40

4.1.4 Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes. 44

4.1.5 Reasfaltar tramo objeto de estudio. 45

4.1.6 Mejoras de equipamiento viario. 45

5 Valoración económica de las alternativas. 52

ÍNDICE FIGURAS:

Figura 1 Situación condicionantes técnicos. Fuente: elaboración propia. 7
Figura 2 Condiciones físicas. Fuente: Instituto geográfico nacional 7
Figura 3 Croquis colocación postes. Fuente OC 36/2015. 10
Figura 4 Datos cimentación punto de luz. Fuente OC 36/2015. 10
Figura 5 Zanja en arcén o zona verde. Fuente: OC 36/2015 10
Figura 6 Colocación luminaria. Fuente Google Maps. 10
Figura 7 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales. 11
Figura 8 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales 11
Figura 9 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales 11
Figura 10 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 12
Figura 11 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 12
Figura 12 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 13
Figura 13 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical 14
Figura 14 Ejemplo salida inmediata. Fuente Google Maps. 14
Figura 15 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1 14
Figura 16 Señalización Curva 375.3 sentido Valencia. Fuente: Norma 8.1 15
Figura 17 Curva p.k. 375.3 15
Figura 18 Colocación de los paneles de balizamiento en la curva. 16
Figura 19 Localización del paso superior. 23
Figura 20 Sección de la carretera. Fuente Norma 3.1 IC 24
Figura 21 Situación carriles de aceleración y desaceleración. Fuente: Elaboración propia. 24
Figura 22 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC 25
Figura 23 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC 25
Figura 24 Carril de aceleración. Fuente: Norma 3.1 IC. 26
Figura 25 Pasos inferiores. 27
Figura 26 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales. 28
Figura 27 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales 28
Figura 28 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales 28
Figura 29 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 28
Figura 30 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 29
Figura 31 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 29
Figura 32 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical 30
Figura 33 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1 31
Figura 34 Captafaro horizontal 31
Figura 35 Captafaro vertical colocado en barrera. 31
Figura 36 Captafaro sobre paramenta vertical 31
Figura 37 Situación de los carriles de cambio de velocidad. 32
Figura 38 Localización del paso superior (Salida 373 L'Alcúdia (Centro) /Alzira. 40
Figura 39 Sección de la carretera. Fuente Norma 3.1 IC 41
Figura 40 Lazo. Fuente: Guía de Nudos. 41
Figura 41 Solución lazo. 41
Figura 42 Situación carriles de aceleración y desaceleración. Fuente: Elaboración propia. 42
Figura 43 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC 42
Figura 44 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC 43
Figura 45 Carril de aceleración. Fuente: Norma 3.1 IC. 43
Figura 46 Pasos inferiores. 44
Figura 47 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales. 45
Figura 48 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales 45
Figura 49 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales 46
Figura 50 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 46
Figura 51 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 46
Figura 52 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales. 47
Figura 53 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical 48
Figura 54 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1 48
Figura 55 Captafaro horizontal 49
Figura 56 Captafaro vertical colocado en barrera. 49
Figura 57 Captafaro sobre paramenta vertical 49
Figura 58 Hito de vértice y balizas. 49
Figura 59 Señalización y balizamiento lazo. 50

ÍNDICE GRÁFICOS:

Gráfico 1 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC 18
Gráfico 2 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC 20
Gráfico 3 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC 35
Gráfico 4 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC 37

ÍNDICE TABLAS:

Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC 9
Tabla 2 Tipos de implantación de puntos de luz. Fuente OC 36/2015. 9
Tabla 3 Recomendación de cimentación poste. Fuente OC 36/2015. 10
Tabla 4 Clase de retrorreflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical. 13
Tabla 5 Pre señalización y salida inmediata. 13
Tabla 6 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC 18
Tabla 7 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC 19
Tabla 8 Resumen tabla de criterios. 19
Tabla 9 Solución parámetros. 20
Tabla 10 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC 21
Tabla 11 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC. 21
Tabla 12 Resumen tabla de criterios. 22
Tabla 13 Solución parámetros. 22
Tabla 14 Longitudes de los carriles de cambio de velocidad 26
Tabla 15 Longitud cuña de transición. Fuente Norma 3.1 IC 26
Tabla 16 Clase de retro reflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical. 30
Tabla 17 Pre señalización y salida inmediata. 30
Tabla 18 Tabla.2 Clases y niveles de contención. Fuente: UNE-EN 1317. 33
Tabla 19 Tabla 3:Características de los ensayos de impacto. Fuente: UNE-EN 1317. 33
Tabla 20 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC 35
Tabla 7 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC 36

Tabla 22 Resumen tabla de criterios. 36
Tabla 23 Solución parámetros....37
Tabla 10 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC 38
Tabla 25 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC 38
Tabla 26 Resumen tabla de criterios. 39
Tabla 27 Solución parámetros....39
Tabla 28 Longitudes de los carriles de cambio de velocidad....43
Tabla 29 Longitud cuña de transición. Fuente Norma 3.1 IC 44
Tabla 16 Clase de retro reflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical. 47
Tabla 17 Pre señalización y salida inmediata....48
Tabla 18 Tabla.2 Clases y niveles de contención. Fuente: UNE-EN 1317. 51
Tabla 19 Tabla 3:Características de los ensayos de impacto. Fuente: UNE-EN 1317....51

ÍNDICE ECUACIONES:

Ecuación 1 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC 18
Ecuación 2 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC 18
Ecuación 3 Curvas de acuerdo. Fuente Norma 3.1 IC 19
Ecuación 4 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC....19
Ecuación 5 Variación longitudinal del peralte. Fuente Norma 3.1 IC 19
Ecuación 6 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 19
Ecuación 7 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 19
Ecuación 8 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC 20
Ecuación 9 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC 21
Ecuación 10 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC....21
Ecuación 11 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 21
Ecuación 12 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 22
Ecuación 13 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC 35
Ecuación 14 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC 35
Ecuación 15 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC 35
Ecuación 16 Curvas de acuerdo. Fuente Norma 3.1 IC 36
Ecuación 17 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC....36
Ecuación 18 Variación longitudinal del peralte. Fuente Norma 3.1 IC 36
Ecuación 19 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 36
Ecuación 20 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 36
Ecuación 21 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC 37
Ecuación 22 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC 38
Ecuación 23 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC....38
Ecuación 24 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 38
Ecuación 25 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC 39

1 Introducción.

Como consecuencia de lo analizado en los anejos anteriores, se han detectado varios problemas a nivel de trazado, accidentalidad y seguridad vial. Tras detectar los problemas en este anejo se estudiará una serie de mejoras orientadas a disminuir la problemática detectada.

En el actual anejo de Estudio de alternativas, en el tramo objeto de estudio, se estudiarán las mejores soluciones en función de los problemas detectados en los anejos anteriores, planteándose tres alternativas de mejora.

Estas alternativas se definirán de menor a mayor grado de complejidad técnica y coste económico. En primer lugar, se analiza detalladamente todos los problemas detectados para poder dar las mejores soluciones. En segundo lugar, se aplica todos los conocimientos adquiridos para definir las alternativas. Con las tres alternativas definidas, para concluir se realiza una valoración económica de cada alternativa para poder establecer un coste aproximado.

Para la redacción de este anejo, se han utilizado las normativas correspondientes como Norma 3.1 IC Trazado, de la Instrucción de carreteras, Norma 6.1 IC Sección de firmes, Norma 6.3 IC Rehabilitación de firme y Orden circular 32/2012 Guía de nudos.

Para la definición gráfica del trazado se ha utilizado un programa de trazado.

2 Condicionantes.

Para la definición de las alternativas es necesario llevar a cabo un análisis de los condicionantes que existen para poder definir cada alternativa.
Estos condicionantes limitan la definición de las alternativas, porque en muchos caso es muy difícil hacer cumplir la normativa.
Los condicionantes que se definirán para la definición de las alternativas son:

- Condicionante técnico.
- Condicionante económico.
- Condicionante físico.

2.1 Condicionante técnico.

En este apartado se hará referencia a los condicionantes técnicos que pueden aparecer en la definición de las alternativas. Conforme se ha comentado en el apartado anterior, para la redacción de este anejo se utilizarán las normativas correspondientes. Pero en muchos casos hay muchos problemas que derivan de lo estipulado en la norma.

La dificultad técnica aparece cuando hay que encajar los parámetros estipulados por la norma en los espacios disponibles.

La dificultad técnica de estas alternativas, es la definición de los radios de la curva del p.k. 375,3, porque esta curva se encuentra encima de una obra de fábrica.

Otro problema técnico importante es la definición del enlace que se propone en una de las alternativas, dado que hay que cuadrar los parámetros en el espacio disponible.

Figura 1 Situación condicionantes técnicos. Fuente: elaboración propia.

2.2 Condicionante económico.

Este aspecto es uno de los más importante al tratarse del coste de la actuación y condiciona la elección de la alternativa correcta. Este coste tiene que tener un equilibrio entre la definición del trabajo y el coste del mismo.

2.3 Condicionante físico.

En primer lugar, hay que destacar que el terreno por el que discurre la carretera es llano, no presentando grandes desniveles. Como se aprecia en la siguiente figura la zona es llana y alrededor de la autovía existen muchísimos campos de cultivos, L'Alcúdia y Guadassuar, siendo dos pueblos de la Comunidad Valenciana que se dedican a la agricultura

La carretera presenta pasos inferiores para la comunicación de los pueblos.

No atraviesa ninguna zona protegida como son los parques naturales, zonas verdes o ZEPA.

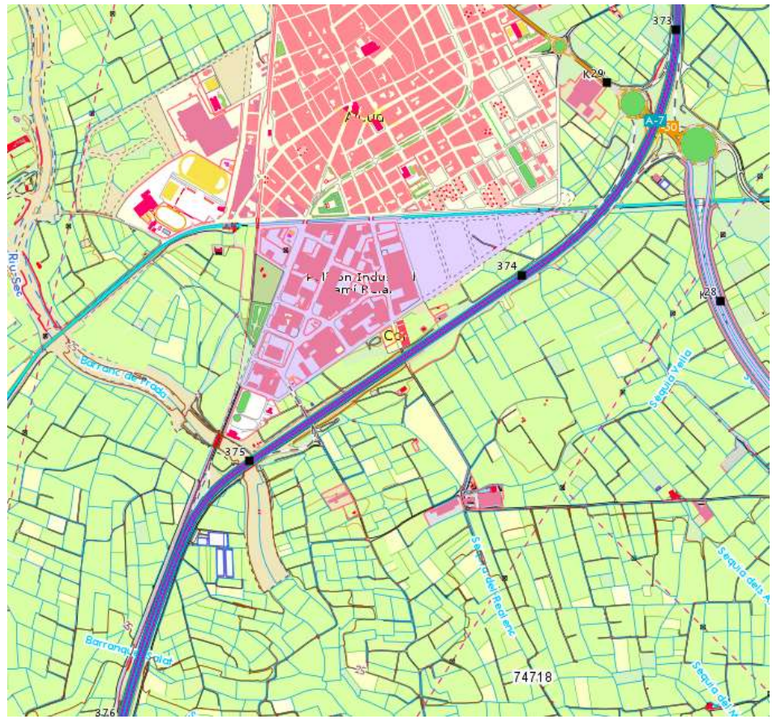


Figura 2 Condiciones físicas. Fuente: Instituto geográfico nacional

3 Descripción de las alternativas.

En base a los análisis realizados en los anejos anteriores y los problemas detectados tanto de trazado como de accidentalidad en el tramo de estudio, se propondrán tres alternativas que irán en orden de la menos ambiciosa tanto técnicamente como económicamente a la más ambiciosa, con un nivel de dificultad técnico más elevado y un valor económico más alto.

Cada alternativa está asociada a los planos correspondientes y una valoración económica para que se pueda valor de la mejor manera la alternativa óptima a implantar.

3.1 Alternativa 1:

En la actual alternativa se estudia la mejora de seguridad vial en el tramo de estudio. Las intervenciones que se van a proponer son las siguientes:

- Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC Trazado de todos los elementos de la vía objeto de estudio actual.
- Re peraltar la curva del p.k. 375,3.
- Iluminación artificial de la curva del p.k. 375,3.
- Reasfaltar el tramo objeto de estudio.
- Mejora de equipamiento viario

3.1.1 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC

Este procedimiento de comprobación del cumplimiento de la Norma 3.1 IC del tramo objeto de estudio actual se realiza para comprobar el cumplimiento de la Norma 3.1 IC Trazado.

Según Norma 3.1 IC para una carretera con una velocidad de proyecto de 100 km/h todas las curvas tienen que tener un radio mínimo de 450 metros. Todas las curvas cumplen esta medida mínima; pero el peralte para este tipo de curva debería ser de 8% y en este caso en la curva del p.k. 375.3 es de un 4%.

En cuanto a la comprobación de longitudes de rectas según Norma 3.1 IC exige las siguientes longitudes:

- **Longitud máxima:**

$$L\,max = 16{,}7 * Vp$$

Siendo:

- L max: longitud máxima de recta.
- Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\,max = 16{,}7 * 100 = \mathbf{1670\,m}$$

- **Longitud mínima en S:**

$$L\ min_S = 1{,}39 * Vp$$

- L min c: longitud mínima curva en S.
- Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_S = 1{,}39 * 100 = \mathbf{139\,m}$$

- **Longitud mínima en C:**

$$L\ min_C = 2{,}78 * Vp$$

- L min c: longitud mínima curva en C.
- Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_c = 2{,}78 * 100 = \mathbf{278\,m}$$

Se cumple todas las restricciones de longitud de rectas máximas y longitud de rectas mínimas en S, en todo el tramo.

3.1.2 Re peraltar la curva del p.k. 375.3.

Conforme se ha comentado en el apartado anterior el peralte de la curva del p.k. 375.3 es de un 4%. El peralte que le corresponde es un 8% para una velocidad de proyecto de 100 km/h.

Modificando este peralte al que indica la norma el rozamiento transversal disminuye y la velocidad específica aumenta.

En la siguiente tabla de la Norma 3.1 IC se muestra, el peralte y el radio correspondiente para cada velocidad de proyecto.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC

3.1.3 Iluminación artificial de la curva del p.k. 375.3.

En este punto se explicará detalladamente según la Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicación en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles.

Los criterios de implantación de iluminación artificial que esta Orden Circular 36/2015 indica para una autovía o autopista tiene que transcurrir por suelo urbano ambos lados o que la IMD del año de puesta en servicio sea igual o superior de 80.000 vehículos día. También se puede implantar cuando la IMD es de 60.000 vehículos por día y se produzcan más de 120 días de lluvia.

En este caso la IMD es menor que la indicada, pero al tratarse de un punto con gran número de accidentes se recomienda su implantación ya que genera mayor seguridad vial y visibilidad en la curva del p.k. 375.3. La iluminación artificial ayudaría durante la noche tener mayor percepción en este caso de la curva y su señalización.

Los elementos que componen la instalación de iluminación es la siguiente:

- Fuente de iluminación.
- Luminarias.
- Columnas y soportes.
- Dispositivo de regulación de flujo luminoso y consumo.
- Distribución eléctrica.

En tramos rectos o curvos de radio mayor de 300 metros existen cuatro tipos de implantación de punto de luz.

Tipo de implantación	Relación anchura de calzada / altura de montaje (A/H)
Unilateral	A < 0,8 H
Bilateral tresbolillo	0,8H < A < 1,2 H
Bilateral pareada	A > 1,2 H
Axial	A < 1,2 H

Tabla 2 Tipos de implantación de puntos de luz. Fuente OC 36/2015.

En este caso se implantará bilateral combinada y la relación anchura/altura será la siguiente:

$$A > 1{,}2\ H$$

Siendo:

- A: el ancho de la sección. En este caso 14 m.
- H: altura del poste. Altura de poste 9 m.

$$14 > 1{,}2 * 9 = 10{,}8$$

Figura 3 Croquis colocación postes. Fuente OC 36/2015.

Para esta altura de poste la Orden circular 36/2015 recomienda las siguientes cimentaciones:

H(m)	Hasta 9	10	11	12	13	14
AxA(m)	0,7x0,7	0,9x0,9	0,9x0,9	0,9x0,9	1,0x1,0	1,0x1,0
B(m)	1	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4

Tabla 3 Recomendación de cimentación poste. Fuente OC 36/2015.

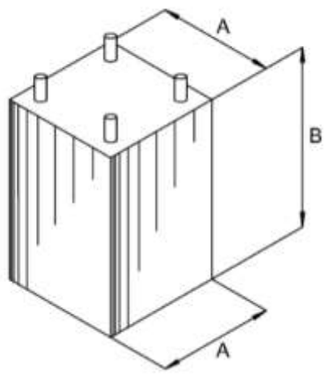


Figura 4 Datos cimentación punto de luz. Fuente OC 36/2015.

Se colocará puntos de luz de 9 metros de altos con una interdistancia entre ellos de 45 metros, con fuente de luz de LED de 115 W.

Las zanjas para la colocación de la instalación la Orden Circular 36/2015, indica que tiene que tener las siguientes características. Tendrá una profundidad de 0,8 metros de esta manera la parte superior de los tubos se encuentra a una profundidad mínima de 0,5 metros con una anchura de 0,4 metros.

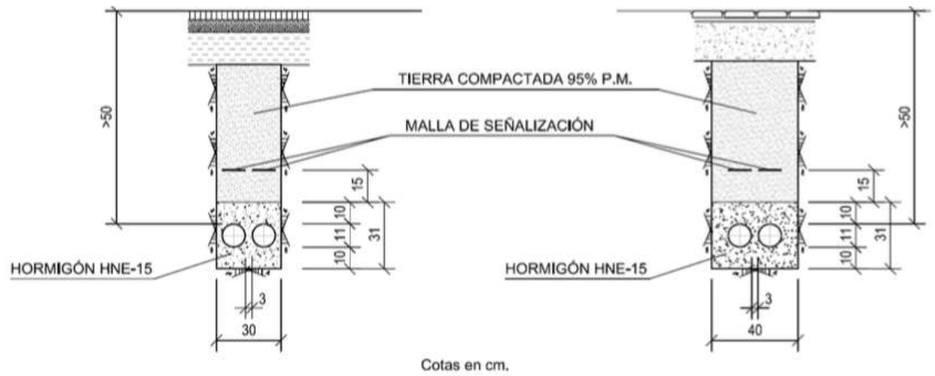


Figura 5 Zanja en arcén o zona verde. Fuente: OC 36/2015

En total se colocarán 22 puntos de luz en cada lado de la calzada. En sentido Valencia se colocan 13 puntos de luz, y en sentido Alicante 9 puntos de luz.

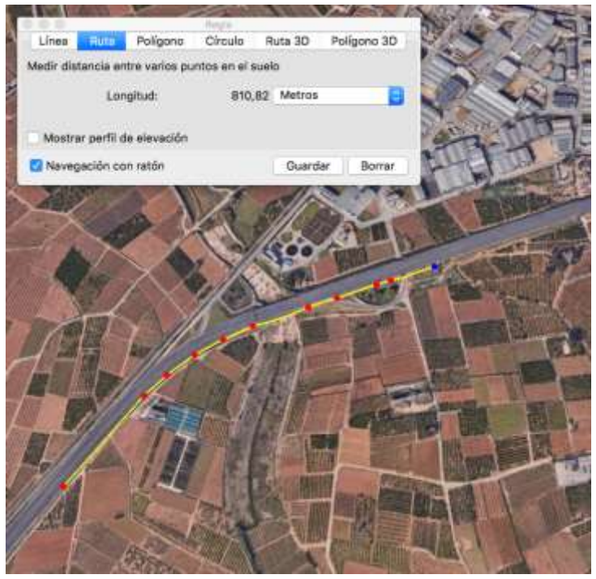


Figura 6 Colocación luminaria. Fuente Google Maps

3.1.4 Reasfaltar el tramo objeto de estudio.

Para disminuir la diferencia de cota entre los ramales y el tronco, se reasfalta todo el tramo objeto de estudio en los dos sentidos. Se coloca una capa de 10 cm de asfalto en todo el tramo.

Esta actuación mejora el rozamiento transversal de la vía, este parámetro determina la resistencia al derrape en sentido transversal del pavimento en contacto con la rueda del vehículo.
También es un factor muy importante en las curvas, al aumentar la velocidad considerada el coeficiente de rozamiento disminuye.

3.1.5 Mejora del equipamiento viario.

En este aparatado se reúne los criterios y normativas para la definir la señalización vertical, señalización horizontal y balizamiento.

El objetivo es señalizar y balizar toda la zona actuación según la normativa vigente. Se volverá a pintar las marcas viales (señalización horizontal), ya que se reasfalta el tramo objeto de estudio. Es necesario señalizar y balizar la curva objeto de estudio del p.k. 375.3. No se cambian las barreras metálicas y los pretiles existentes, pero en la curva como se re peralta hay que elevarlas a las alturas estipuladas en la norma.

Para la redacción de este punto, se han utilizado las normativas correspondientes como Norma de Carretera 8.1 Señalización vertical, Norma de Carretera 8.2 Señalización horizontal y Orden circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

3.1.5.1 Señalización horizontal.

En primer lugar se colocarán las marcas longitudinales del tramo objeto de estudio encima de nuevo de la capa de rodadura.

- **Separación de carriles.**

Estas marcas delimitan la separación entre los carriles del mismo sentido. Como la velocidad de proyecto de la vía objeto de estudio es 100 km/h, entonces las marcas que le corresponde es la M - 1.1. son las marcas que se emplean en las autovías. Estas marcas son discontinuas que permiten el adelantamiento, compuestas de trazos de 5 metros y vanos vacíos de 12 metros y un espesor de 0,1 metro.

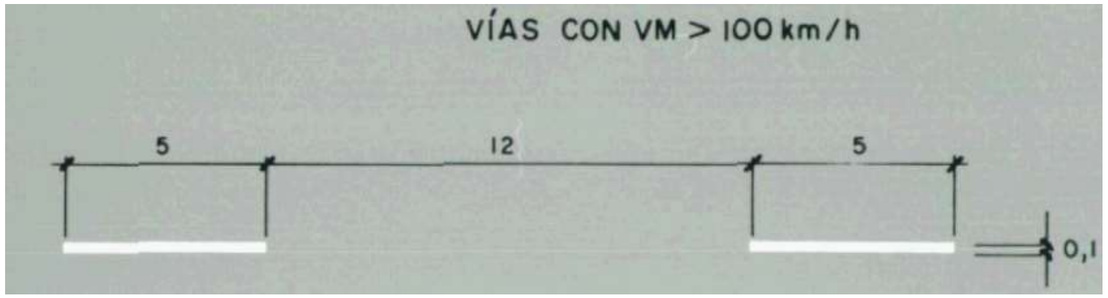


Figura 7 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales.

Para delimitar los carriles de cambio de velocidad con el tronco de la autovía se emplean marcas viales discontinuas M – 1.6., que esta compuesta de un trazo de 1 metros y vanos vacíos de 1 metro y un espesor de la marca de 0,40 metros.

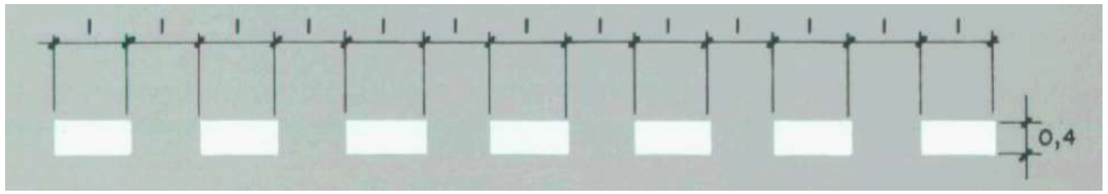


Figura 8 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Marcas longitudinales continuas.**

Según la Norma 8.2 Marcas viales, indica que en autovías con velocidades de 100 km/h o mayores la marca longitudinal que le corresponde es la siguientes. M – 2.6 que tiene un espesor de 0,20 m.

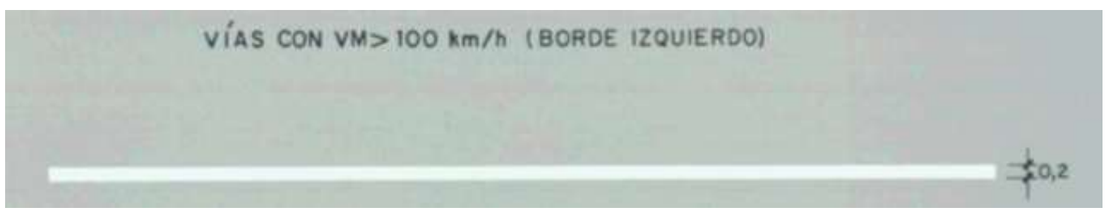


Figura 9 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Flechas de dirección o de selección de carriles.**

Para este tipo de vía la norma indica que las fechas de dirección o de selección de carriles, que le corresponde es la M – 5.1 que tiene una longitud de 7,5 metros y una superficie de 1,80 m^2.

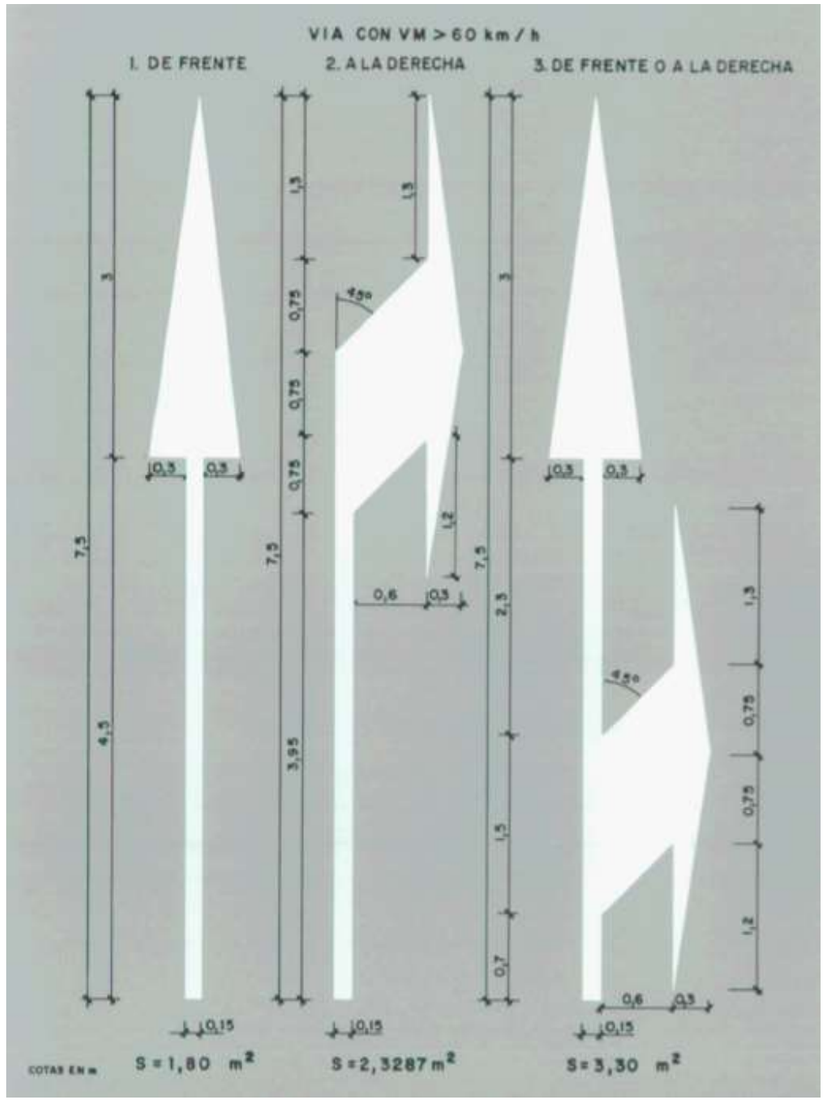


Figura 10 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Flechas de fin de carril.**

La función de esta fecha es indicar que el carril se acaba y es necesario abandonarlo. Su colocación es al final del carril de aceleración, y su marca es M-54, con una superficie de 4,185 m^2.

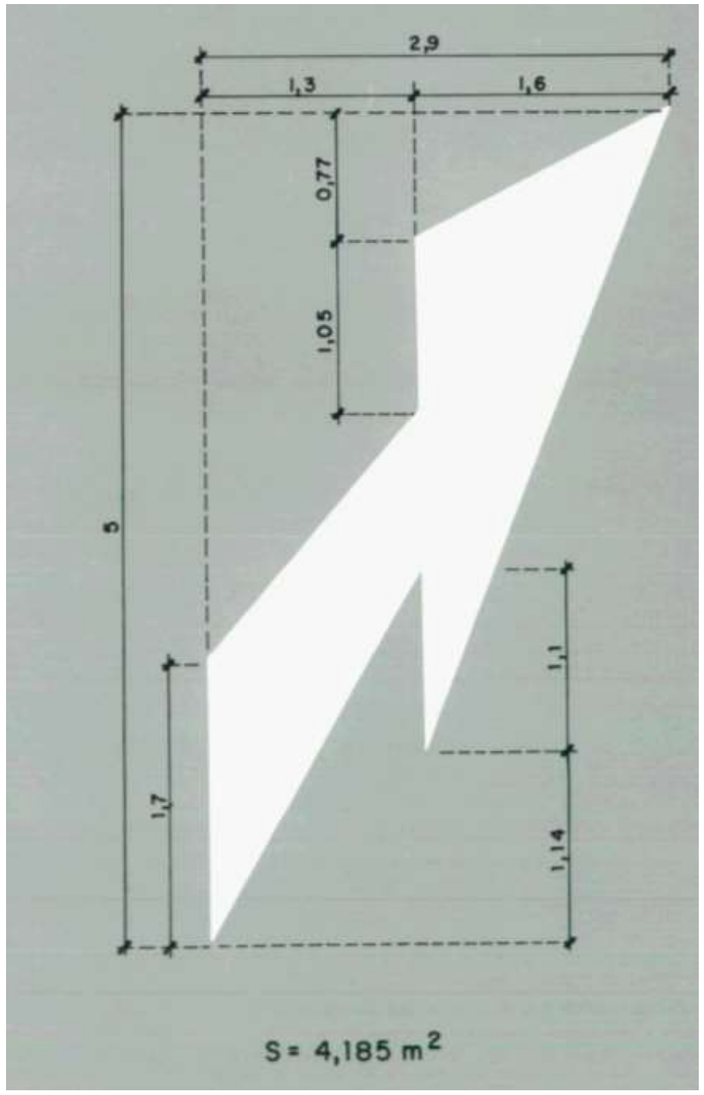


Figura 11 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Ceda el paso.**

En los carriles de desaceleración esta señal se coloca en las intersecciones de los ramales de salida de la autovía con otra vía o en las entradas de las rotondas. En cambio, en los carriles de aceleración esta señal se coloca al principio del carril de aceleración, advirtiendo al conductor que no tiene preferencia y tiene que ceder el paso. Su marca correspondiente es M-6.5, con una superficie de 1,434 m^2.

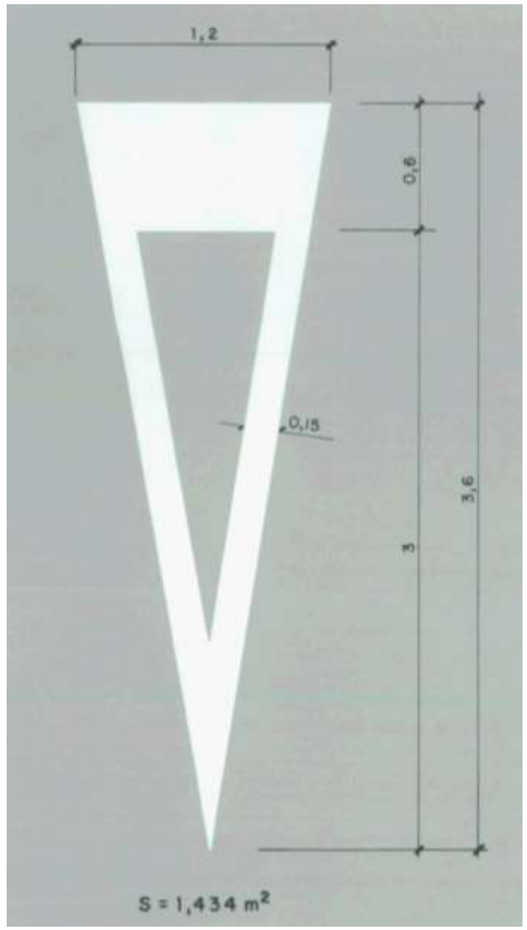


Figura 12 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

3.1.5.2 Señalización vertical.

En primer lugar, para la elección de la señalización vertical es necesario definir la clase de retrorreflexión según la tabla 1 de Norma 8.1 de señalización vertical.

Como la vía objeto de estudio es una autovía, la clase que le corresponde para las señales de contenido fijo es RA2 y para carteles es RA3, según se puede comprobar en la siguiente tabla.

Tabla 4 Clase de retrorreflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical.

TABLA 1. CLASE DE DE RETRORREFLEXIÓN MÍNIMA EN SEÑALES Y CARTELES

TIPO DE SEÑAL O CARTEL	ENTORNO DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL O CARTEL		
	ZONA PERIURBANA (Travesías, circunvalaciones…)	AUTOPISTA AUTOVÍA Y ANTIGUAS VÍAS RÁPIDAS	CARRETERA CONVENCIONAL
SEÑALES DE CONTENIDO FIJO	Clase RA2	Clase RA2	Clase RA2
CARTELES	Clase RA3	Clase RA3	Clase RA2

Tras realizar un análisis de la señalización vertical del tramo objeto de estudio, se comprueba que cumple la Norma 8.1 de señalización vertical.

Se comprueba que también cumpla con la cartelería a emplear en pre señalización y salida inmediata según muestra la siguiente tabla de la norma.

Tabla 5 Pre señalización y salida inmediata.

TABLA 2. CARTELES A EMPLEAR EN PRESEÑALIZACIÓN Y SALIDA INMEDIATA

	Preseñalización a 1.000 m	Preseñalización a 500 m	Salida inmediata
Suma de poblaciones destino ≥ 500.000 habitantes o nivel de servicio D, E o F.	Pórtico	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 100.000 y < 500.000 habitantes o nivel de servicio C.	Banderola	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 10.000 y < 100.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Banderola	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 5.000 y < 10.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Pórtico
Suma de poblaciones destino < 5.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Banderola

Tras realizar el análisis se comprueba que la pre señalización y salida inmediata cumple en todo el tramo objeto de estudio.

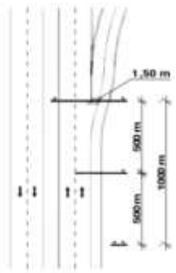
CASO	POSICIÓN DE LAS SEÑALES	
1. Preseñalización y salida inmediata en enlace con carril de deceleración.	El cartel de salida inmediata se colocará en el punto en el que el carril de deceleración alcanza una anchura de 1,5 m.	

Figura 13 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical

Conforme se puede apreciar en la siguiente foto que es una foto del trazado de unas de las salida, este criterio que la Norma 8.1 señala, lo cumple.

Figura 14 Ejemplo salida inmediata. Fuente Google Maps.

Las señales verticales no es necesario actuar sobre ellas, porque en esta alternativa no se realiza ningún cambio sobre el trazado, y se comprueba el día de visita que todas las señales son visibles y leíbles, se pueden observar en el Anejo 1 Reportaje fotográfico.

También se comprueba según Norma 8.1 Señalización vertical, en el apartado de autovía que estas señales cumplen las medidas y tienen un adecuado emplazamiento.

En el tramo objeto de estudio, están implantadas señales de los siguientes tipos:

- Señales de advertencia.
- Señales de reglamentación.
- Señales de indicación.

Las medidas que exige la Norma 8.1 Señalización vertical para estos tipos de señales es la siguiente:

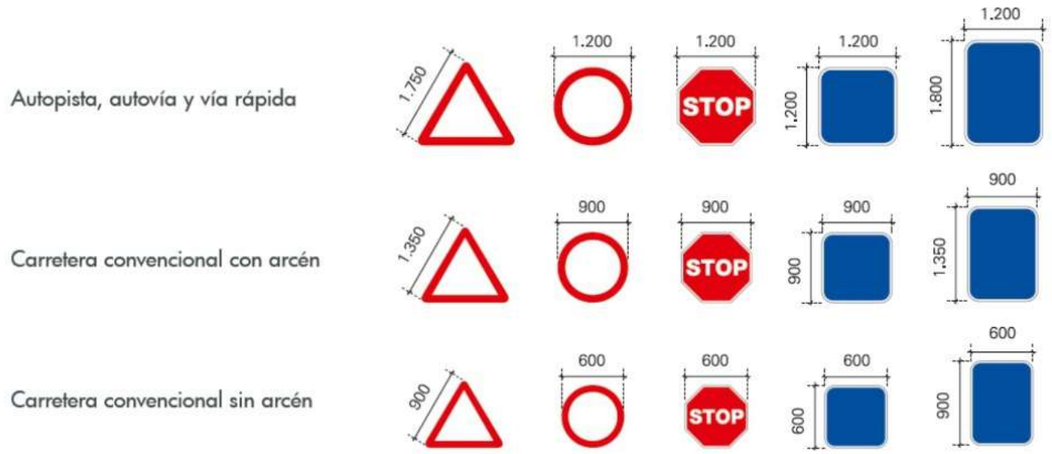


Figura 15 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1

Se comprueba la señalización de la curva del P.K. 375.3, al ser el punto conflictivo del trazado en sentido decreciente de los p.k., dirección Valencia, se comprueba que la señalización no es la adecuada, según marca la Norma 8.1 Señalización vertical.

La norma exige la siguiente señalización para este tipo de curva, es necesario señalizar la curva con una señal de advertencia de peligro tipo P-13a, curva peligrosa hacia la derecha.

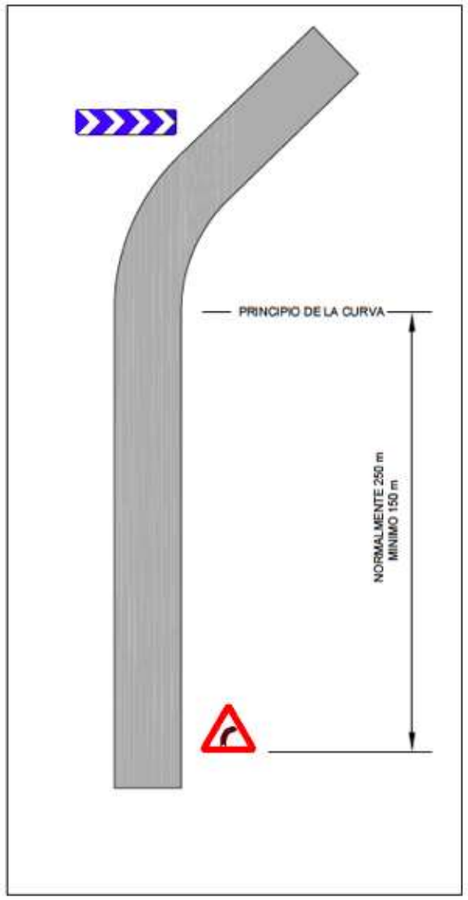


Figura 16 Señalización Curva 375.3 sentido Valencia. Fuente: Norma 8.1

3.1.5.3 Balizamiento y defensa.

- **Visibilidad, percepción y estado del balizamiento.**

En este punto se analiza el balizamiento del tramo de estudio, según la Orden Circular Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras.

En balizamiento en todo el tramo objeto de estudio se encuentra en muy buen estado, excepto en la curva objeto de estudio del p.k. 375,3. Se aprecia en la siguiente figura como dispone de un escaso balizamiento. Este tramo de poca visibilidad es muy peligroso porque no advierte al conductor de lo que se puede encontrar durante la curva.

Figura 17 Curva p.k. 375.3

Actualmente en la curva existen unos paneles anti deslumbramiento.

La solución propuesta es:

Los paneles de balizamiento de las curvas se disponen siempre perpendiculares al conductor. Cuando se dispone de un panel doble o triple, se separarán entre sí 15 cm. Los paneles se disponen a lo largo de la curva de forma que su separación será aproximadamente R/10 R radio de la curva, de modo que el conductor que recorra la curva pueda ver siempre un mínima de tres paneles y un máximo de cinco, para

una visión angular de 20 como máximo. Además, esta separación debe estar comprendida entre un mínimo de 6 m y un máximo de 40 m.

En este caso como la mediana esa muy estrecha se colocan paneles direccionales cortos y galones únicos.

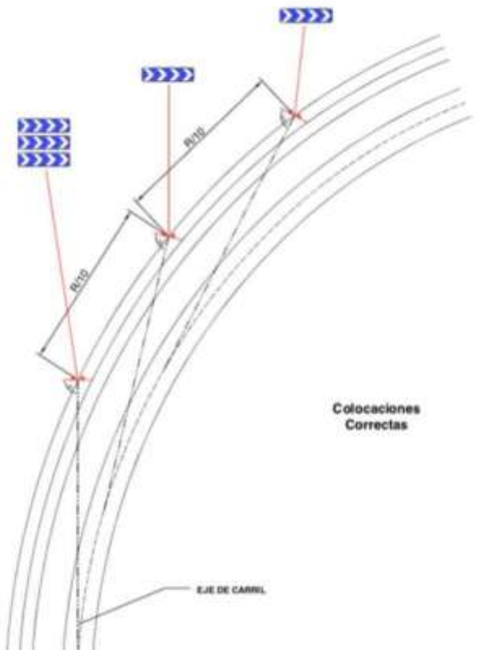


Figura 18 Colocación de los paneles de balizamiento en la curva.

3.1.5.4 Hitos y captafaros

Tras el análisis se detecta que hay montados hitos en todo el tramo según normativa, pero se detecta la falta de captafaros horizontales colocados en la calzada. Existen los captafaros verticales montados.

Los captafaros verticales se colocan en el seno del perfil de la barrera entre 4 y 8 metros

Para concluir este apartado de balizamiento, tras el análisis y las comprobaciones realizadas solo se actúa sobre los elementos nombrados. No se actúa sobre ningún sistema de contención porque los que están colocados en la actualidad cumple y se encuentran en muy buen estado, y no es necesaria cambiarla ya que no varía el trazado actual.

3.2 Alternativa 2:

La segunda alternativa propuesta, trata de modificar sustancialmente el trazado, las actuaciones que se realizarán serán las siguientes:

- Modificar el radio de la curva del p.k. 375.3 de los dos sentidos de la autovía y el peralte correspondiente.
- Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC, rectas, radios y peraltes.
- Adecuar los carriles de cambio de velocidad a las nuevas medidas según normativa.
- Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes.
- Reasfaltar toda la zona objeto de actuación para salvar las diferencias de cota existentes en el actual trazado.
- Mejora de equipamiento viario.

3.2.1 Rectificar radio curva p.k. 375.3 y adecuar según norma los carriles de cambio de velocidad.

En esta segunda alternativa, se actúa sobre la rectificación de la curva de p.k. 375.3, se proyecta una mejora de la curva actual de radio 470 m, ya que, se trata de un radio que cumple para una velocidad de proyecto de 100 km/h, pero en ese punto es donde se producen muchísimos accidentes.

Los parámetros de diseño de la nueva curva según la Norma 3.1 IC son los siguientes:

- Sentido ascendente: Radio de 600 metros cumpliendo para una velocidad especifica de 114 km/h.

- Sentido descendente: Radio de 700 m cumpliendo para una velocidad específica de 120 km/h.

El tramo objeto de estudio forma parte de una autovía de primera generación, estas autovías fueron construidas en los años 80, aprovechando las carreteras existentes como una de las calzadas de la autovía. En este caso, el espacio que se dispone en sus alrededores es muy limitado y hay infraestructuras construidas a escasos metros.

La solución propuesta es de dos radios diferentes de la curva para cada sentido, porque tiene que encajar los parámetros estipulados en la Norma 3.1 IC en los espacios disponibles.

El condicionante que exige proyectar dos radios diferentes en la curva del p.k. 375.3, es la red ferroviaria del Metrovalencia que afecta a la parte derecha en sentido ascendente a la altura del final de la curva.
Por esa razón, se proyecta un radio de 600 m en sentido ascendente, porque los valores del parámetro mínimo y máximo son inferiores a los valores de los parámetros de las clotoides del radio de 700 m, eso ayuda ajustarse mejor a los espacios disponibles.

Estos datos se han seleccionado de la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, en la tabla nombrada anteriormente se puede apreciar los radios mínimos en función de la velocidad de proyecto, así como el peralte correspondiente.

Con el fin de dar cumplimiento a la Norma, esta actuación conlleva, a su vez, un reperaltado al 8% de ambas calzadas.

A continuación, se realiza el cálculo de las Clotoides para los dos radios propuestos según Norma 3.1 IC Trazado. Los datos de partida para realizar el cálculo son:

- Velocidad de proyecto.
- Ancho de carril.
- Peralte.
- Radio de la curva.

<u>En primer lugar se calcula los parámetros de la curva de R=700 en sentido decreciente de los p.k. dirección Valencia.</u>

Para realizar el cálculo del parámetro de la clotoides hay que definir que la vía objeto de estudio es de grupo 2 según se muestra en la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, al tratarse de una autovía A-100. Con los datos nombrados en el anterior punto se calcula las limitaciones de las clotoides.

Para ver cuál es el criterio determinante para un radio R=700 metros, podemos consultar los gráficos que nos proporciona la Instrucción, no obstante, estos gráficos son solo orientativos y a veces y a veces hay duda entre varios criterios de clotoide mínima. En caso de duda entre varios criterios, es necesario realizar los cálculos mediante formulaciones y acabar de decidir cuál es el más restrictivo según resultados.

En este caso, el gráfico es:

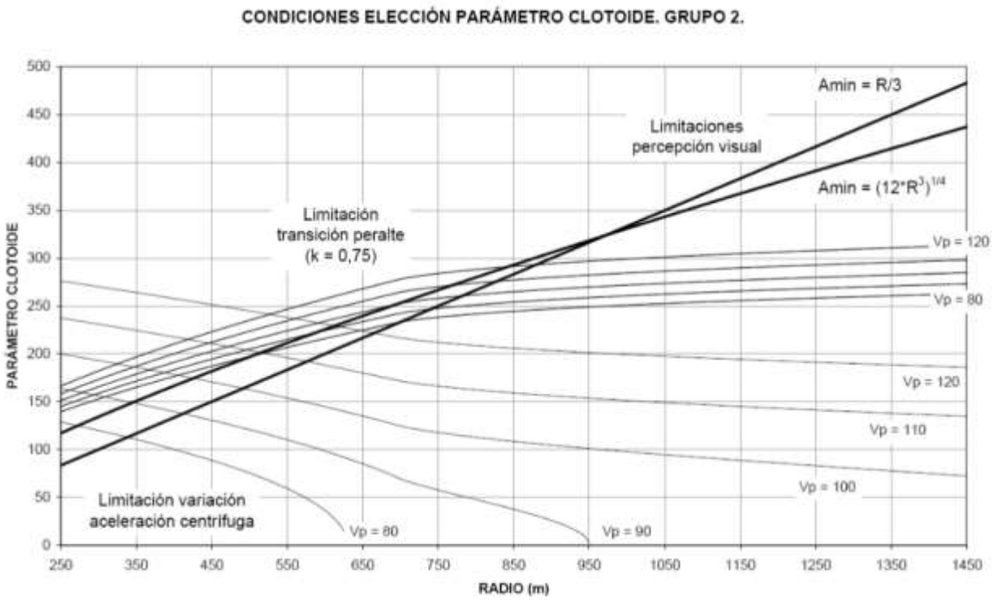


Gráfico 1 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC

En este caso la gráfica muestra dudas entre los criterios, para mayor seguridad se calculan los 3 criterios.

- **<u>Criterio I.</u>**

Ecuación 1 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right)$$

Siendo:

- V_e = Velocidad específica de la curva.
- J = Variación de la aceleración centrifuga (m/s3).
- R_0 = Radio de curva. R=700 m.
- P = Peralte. P =8%.

Para calcular la velocidad especifica se aplica la siguiente formula:

$$V^2 = 127 * R * (f_t + \frac{p}{100})$$

Siendo:

R = Radio de la curva.

P= peralte.

ft = factor de rozamiento transversal.

Tabla 6 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL MÁXIMO MOVILIZADO (f_{tMAX}).

V_e (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_{tMAX}	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069

Aplicando la fórmula de velocidad especifica de la curva, iterando varias veces empezando por 100 km/h que le corresponde un coeficiente de rozamiento de 0,104, se obtiene el siguiente resultado:

Ecuación 2 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC

$$V^2 = 127 * R * \left(f_t + \frac{p}{100}\right) = \mathbf{120{,}7\ km/h}$$

Para obtener el valor de J se saca de la siguiente tabla.

Tabla 7 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$80 \leq V_e < 100$	$100 \leq V_e < 120$	$V_e \geq 120$
(J) (m/s³)	0,5	0,4	0,4	0,4
($J_{máx}$) (m/s³)	0,7	0,6	0,5	0,4

El siguiente paso es aplicar la formula de criterio 1 y se obtiene el siguiente resultado:

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right) = \mathbf{68{,}967\ m}$$

Parámetro criterio 1:

Ecuación 3 Curvas de acuerdo. Fuente Norma 3.1 IC

$$A^2 = R * L = \mathbf{219{,}72}$$

- **Criterio II**

Ecuación 4 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k$$

Siendo:

- p_f = Peralte final en este caso 8%.
- p_i = Peralte inicial en este caso 0%.
- B= Ancho de carril 3,5 m.
- K= Número de carriles que giran.

Ecuación 5 Variación longitudinal del peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$\forall ip = 0{,}86 - 0{,}004 * V_p$$

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k = \mathbf{60{,}870\ m}$$

Parámetro criterio II:

$$A^2 = R * L = \mathbf{206{,}419\ m}$$

- **Criterio III – 1.**

Ecuación 6 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{R_O}{9}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = \frac{R_O}{9} = \mathbf{77{,}778\ m}$$

Parámetro criterio III - 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{233{,}33\ m}$$

- **Criterio III – 2.**

Ecuación 7 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O} = \mathbf{91{,}652\ m}$$

Parámetro criterio III - 2:

$$A^2 = R * L = \mathbf{253{,}290\ m}$$

Tabla 8 Resumen tabla de criterios.

Resumen tabla de criterios		
Criterios	**Longitudes mínimas (m)**	**Parámetros mínimos (m)**
I	**68,96**	**219,72**
II	**60,87**	**206,41**
III-1	**77,77**	**233,33**
III-2	**91,65**	**253,29**

Tras realizar el cálculo de cada criterio se elige la mayor longitud limitada, que es la que cumple todos los otros criterios. En este caso en Criterio que predomina es III-2 L_{min} =91,65 m con un parámetro de A_{min} =253,29 m.

Para calcular el parámetro máximo se realiza la siguiente operación.

$$L_{max} = L_{min} * 1,5 = 91,65*1,5=\mathbf{137,475\ m}$$

Repitiendo la misma operación se obtiene el parámetro máximo.

$$A^2 = R * L = \mathbf{310,21\ m}$$

Tabla 9 Solución parámetros.

Parámetro mínimo y máximo	
A_{min}	**253,29 m**
A_{max}	**310,21 m**

Estos valores se introducirán en el programa de trazado para definir la curva.

<u>En segundo lugar se calcula los parámetros de la curva de R=600 en sentido ascendentes de los p.k. dirección Alicante.</u>

Para realizar el cálculo del parámetro de la clotoides hay que definir que la vía objeto de estudio es de grupo 2 según se muestra en la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, al tratarse de una autovía A-100. Con los datos nombrados en el anterior punto se calcula las limitaciones de las clotoides.

Para ver cuál es el criterio determinante para un radio R=600 metros, podemos consultar los gráficos que nos proporciona la Instrucción, no obstante, estos gráficos son solo orientativos y a veces y a veces hay duda entre varios criterios de clotoide mínima. En caso de duda entre varios criterios, es necesario realizar los cálculos mediante formulaciones y acabar de decidir cuál es el más restrictivo según resultados.

En este caso, el gráfico es:

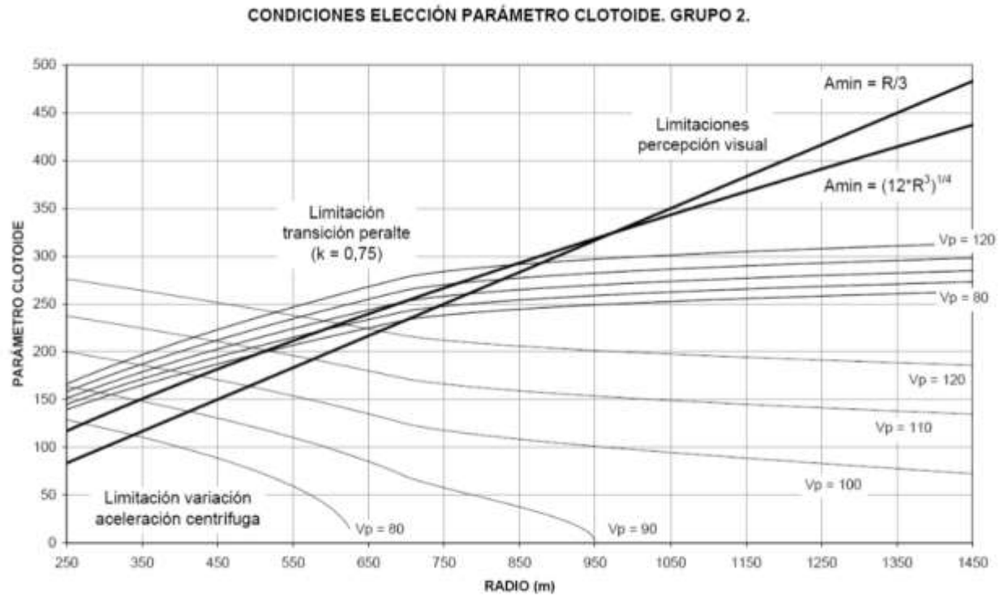


Gráfico 2 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC

En este caso la gráfica muestra dudas entre los criterios, para mayor seguridad se calculan los 3 criterios.

- **<u>Criterio I.</u>**

Ecuación 8 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{V_e}{46,656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1,27 * p\right)$$

Siendo:

- V_e = Velocidad específica de la curva.
- J = Variación de la aceleración centrifuga (m/s3).
- R_0 = Radio de curva. R=600 m.
- P = Peralte. P =8%.

Para calcular la velocidad especifica se aplica la siguiente formula:

Ecuación 9 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC

$$V^2 = 127 * R * (f_t + \frac{p}{100})$$

Siendo:

R = Radio de la curva.

P= peralte.

ft = factor de rozamiento transversal.

Tabla 10 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL MÁXIMO MOVILIZADO (f_{tMAX}).

V_e (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_{tMAX}	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069

Aplicando la formula de velocidad especifica de la curva, iterando varias veces empezando por 100 km/h que le corresponde un coeficiente de rozamiento de 0,104, se obtiene el siguiente resultado:

$$V^2 = 127 * R * \left(f_t + \frac{p}{100}\right) = \mathbf{114\ km/h}$$

Para obtener el valor de J se saca de la siguiente tabla.

Tabla 11 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$80 \leq V_e < 100$	$100 \leq V_e < 120$	$V_e \geq 120$
(J) (m/s³)	0,5	0,4	0,4	0,4
($J_{máx}$) (m/s³)	0,7	0,6	0,5	0,4

El siguiente paso es aplicar la fórmula de criterio 1 y se obtiene el siguiente resultado:

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right) = \mathbf{69{,}83\ m}$$

Parámetro criterio 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{204{,}69\ m}$$

- **Criterio II**

Ecuación 10 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k$$

Siendo:

- p_f = Peralte final en este caso 8%.
- p_i = Peralte inicial en este caso 0%.
- B= Ancho de carril 3,5 m.
- K= Número de carriles que giran.

$$\forall ip = 0{,}86 - 0{,}004 * V_p$$

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k = \mathbf{60{,}870\ m}$$

Parámetro criterio II:

$$A^2 = R * L = \mathbf{191{,}102\ m}$$

- **Criterio III – 1.**

Ecuación 11 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{R_O}{9}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = \frac{R_O}{9} = 66{,}66\ \boldsymbol{m}$$

Parámetro criterio III - 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{200\ m}$$

- **Criterio III – 2.**

Ecuación 12 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O}$$

Siendo:

– Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O} = \mathbf{84,85\ m}$$

Parámetro criterio III - 2:

$$A^2 = R * L = \mathbf{225,636\ m}$$

Tabla 12 Resumen tabla de criterios.

Resumen tabla de criterios		
Criterios	**Longitudes mínimas (m)**	**Parámetros mínimos (m)**
I	**69,83**	**204,69**
II	**60,87**	**191,10**
III-1	**66,66**	**200**
III-2	**84,85**	**225,63**

Tras realizar el cálculo de cada criterios se elige la mayor longitud limitada, que es la que cumple todos los otros criterios. En este caso en Criterio que predomina es III-2 L_{min} = 84,85 m con un parámetro de A_{min} = 225,63 m.

Para calcular el parámetro máximo se realiza la siguiente operación.

$L_{max} = L_{min} * 1,5 = 84,85*1,5=$**127,27 m**

Repitiendo la misma operación se obtiene el parámetro máximo.

$$A^2 * R = \mathbf{276,34\ m}$$

Tabla 13 Solución parámetros.

Parámetro mínimo y máximo	
A_{min}	**225,63 m**
A_{max}	**276,34 m**

Estos valores se introducirán en el programa de trazado para definir la curva.

3.2.2 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC

Tras realizar las modificaciones de los radios de la curva del p.k. 375.3 se realiza la siguiente comprobación para asegurar el cumplimiento de las longitudes mínimas y máximas de rectas, así como el radio mínimo y el peralte que le corresponde para esta velocidad de proyecto.

Según Norma 3.1 IC para una carretera con una velocidad de proyecto de 100 km/h todas las curvas tienes que tener un radio mínimo de 450 metros. Todas las curvas cumplen esta medida mínima, el peralte para este tipo de curva debería ser de 8% y en este caso en la curva del p.k. 375.3 es de un 4%.

En cuanto a la comprobación de longitudes de rectas según Norma 3.1 IC exige las siguientes longitudes:

- **Longitud máxima:**

$$L\ max = 16,7 * Vp$$

Siendo:

– L max: longitud máxima de recta.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ max = 16,7 * 100 = \mathbf{1670\ m}$$

– **Longitud mínima en S:**

$$L\ min_S = 1{,}39 * Vp$$

– L min c: longitud mínima curva en S.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_S = 1{,}39 * 100 = \mathbf{139\ m}$$

– **Longitud mínima en C:**

$$L\ min_C = 2{,}78 * Vp$$

– L min c: longitud mínima curva en C.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_c = 2{,}78 * 100 = \mathbf{278\ m}$$

Se cumple todas las restricciones de longitud de rectas máximas y longitud de rectas mínimas en S ya que curva en C no existen en el tramo, así como el radio y el peralte requerido por la Norma 3.1 IC Trazado.

3.2.3 Adecuación carriles cambio de velocidad

Para mejorar el problema de la longitud del carril de deceleración en sentido Valencia hacia la localidad L'Alcúdia en la salida de la autovía 375, se proyecta la ampliación del actual carril de desaceleración ampliando el tablero del puente existente en el p.k. 375 para dar continuidad al arcén de 2,5 m del lado derecho. También se realiza la ampliación del tablero en sentido Alicante, para dar continuidad al arcén exterior.

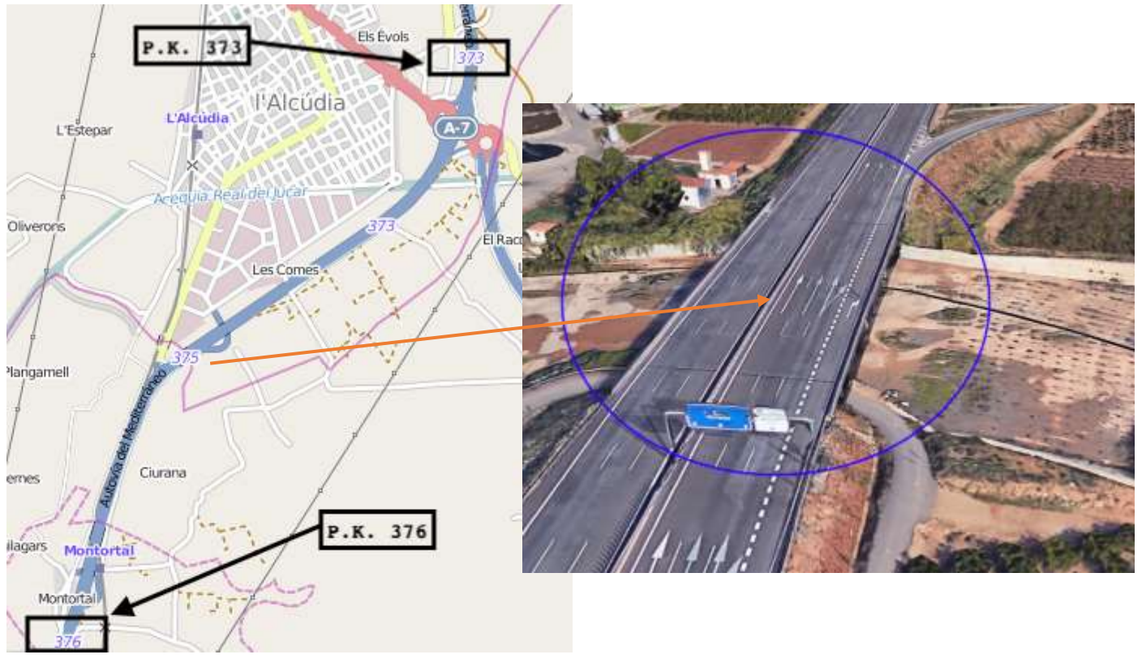


Figura 19 Localización del paso superior.

Según la tabla 7.2 de la Norma 3.1 IC de Trazado se recomienda que sección de la plataforma sea de 1,0/4x3,5/2,5=17,50 metros de anchos en cada lado.

TABLA 7.2.

CLASE DE CARRETERA		SECCIÓN DE LA PLATAFORMA (m)	
		FUERA DE LOS TÚNELES SOTERRAMIENTOS Y CUBRIMIENTOS	EN LOS TÚNELES, SOTERRAMIENTOS Y CUBRIMIENTOS (*)
CALZADAS SEPARADAS	2 Carriles por calzada sin previsión de ampliación	1,0/2x3,5/2,5=10,50	1,0/2x3,5/2,5=10,50 Excepción 0,5/2x3,5/1,0=8,50
	2 Carriles por calzada con previsión de ampliación a 3 carriles	1,0/2x3,5/2,5=10,50 1,0/3x3,5/2,5=14,00 Ampliada	1,0/2x3,5/2,5/2,0=12,50 1,0/3x3,5/1,0=12,50 Ampliada
	3 Carriles por calzada sin previsión de ampliación	1,0/3x3,5/2,5=14,00	1,0/3x3,5/1,0=12,50
	3 Carriles por calzada con previsión de ampliación a 4 carriles	1,0/3x3,5/2,5=14,00 1,0/4x3,5/2,5=17,50 Ampliada	1,0/3x3,5/2,5/2,0=16,00 1,0/4x3,5/1,0=16,00 Ampliada
	4 Carriles por calzada	1,0/4x3,5/2,5=17,50	1,0/4x3,5/1,0=16,00

Figura 20 Sección de la carretera. Fuente Norma 3.1 IC

Se proyecta un nuevo carril de deceleración, para hacer cumplir la medida es necesario alargar el carril de deceleración en sentido de los p.k. crecientes en dirección Alicante. Para realizar esto será necesario ampliar la calzada construyendo la explanada y el paquete de firme nuevo. Esta actuación se podrá apreciar en los planos correspondientes a esta alternativa, donde estarán definidas todas las actuaciones propuestas en esta alternativa.

La explanada y el paquete de firme se ha calculado en el *Anejo 6 Pavimentos y firmes*, conforme el tráfico existente, haciendo coincidir con la explanada y el paquete de firme para dar continuidad. La explanada solo será necesaria construirla en el nuevo carril de desaceleración.

La modificación del radio de curvatura en planta de la calzada ascendente, implica la modificación del camino existente en el margen derecho de la calzada. Por ello se contempla en las actuaciones propuestas la reposición de 400 metros de camino.

Figura 21 Situación carriles de aceleración y desaceleración. Fuente: Elaboración propia.

- **Carril deceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro) / Alzira.**

La longitud del carril de desaceleración correspondiente a la salida de la autovía 373 en dirección L'Alcúdia (Centro) / Alzira, no cumple las medidas mínimas marcadas por la Norma 3.1 IC.

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 98,50 metros.
- Cuña de transición = 93,60 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 100 km/h y la velocidad final de 40 km/h:

- Longitud del carril = 170 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

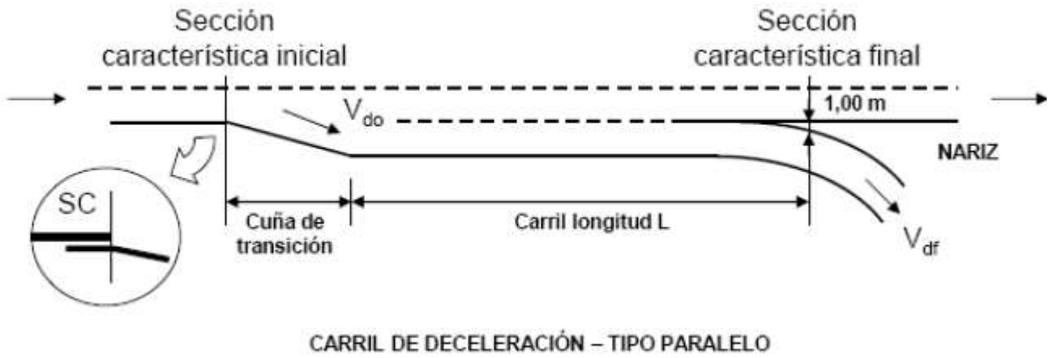


Figura 22 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC

- **Carril deceleración Salida 375 L'Alcúdia Sur.**

La longitud del carril de desaceleración correspondiente a la salida de la autovía 375 en dirección L'Alcúdia Sur, no cumple las medidas mínimas marcadas por la Norma 3.1 IC.

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 133 metros.
- Cuña de transición = 74,5 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 100 km/h y la velocidad final de 40 km/h:

- Longitud del carril = 170 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

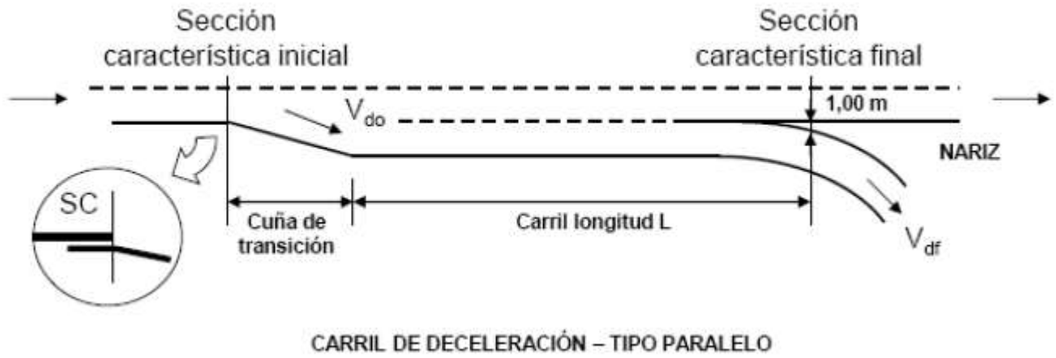


Figura 23 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC

- **Carril aceleración P.K. 375.2.**

En cuanto al carril de aceleración en sentido crecientes de los p.k., situado en el p.k. 375.2 dirección Alicante, tiene exactamente los mismos problemas descritos anteriormente al no cumplir las medidas estipuladas en la Norma 3.1 IC. En este caso

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 94.43 metros.
- Cuña de transición = 70.15 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 60 km/h y la velocidad final de 100 km/h:

- Longitud del carril = 135 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

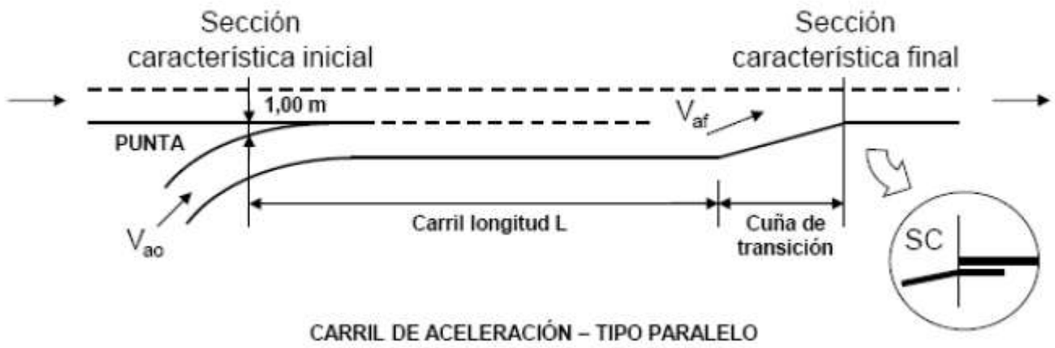


Figura 24 Carril de aceleración. Fuente: Norma 3.1 IC.

Los datos de la longitud de los carriles de cambio de velocidad son definidos en función de la velocidad inicial, velocidad final y la inclinación de la rasante. Todos estos datos se definen en función de la Norma 3.1 IC.

Tabla 14 Longitudes de los carriles de cambio de velocidad

Inclinación de la rasante: $-2\,\% \leq i \leq +2\,\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	**60**	**80**	**100**	**120**	**140**
Velocidad inicial/ (km/h)	**40**	20	35	85	175	320	615
	60	40	30	50	135	285	580
	80	95	55	40	85	235	530
	100	170	130	70	55	150	445
	120	250	215	160	90	75	295
	140	360	320	265	190	105	95

Tabla 15 Longitud cuña de transición. Fuente Norma 3.1 IC

TABLA 8.1.

LONGITUD (m) DE LAS CUÑAS DE TRANSICIÓN.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	LONGITUD DE LAS CUÑAS DE TRANSICIÓN (m)
140 y 130	V_p (km/h) + 10
120	135
110	130
100	125
90	115
80	100
70	80
60	60
50	40
40	25

3.2.4 Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes.

A su vez se procede a la ampliación del Paso Inferior del p.k. 374.85 . Se proporciona continuidad al arcén de 2,5 m en el margen sentido descendente del paso inferior que comunica el ramal de salida de la A-7 con la Calle de Tejedors.

Figura 25 Pasos inferiores.

Para cumplir las medidas específicas en la Norma 3.1 IC se necesita realizar una ampliación del Paso Inferior del p.k. 374.05: ampliación en los dos márgenes del paso inferior del Camí de Viejo de Alzira, con el fin de dar continuidad a los arcenes en todo el tramo de estudio.

3.2.5 Reasfaltar tramo objeto de estudio.

Para solucionar el problema de la diferencia de cota entre el ramal divergente en sentido ascendente y los ramales de acceso a la A-7 en ambos sentidos, con el tronco de la A-7. Para igualar esta diferencia de cotas se extenderá un refuerzo de firme hasta la cota de la capa de rodadura.

Se colocará una capa de 10 cm para poder disminuir la diferencia de cota entre el ramal divergente en sentido ascendente y los ramales de acceso a la A-7 en ambos sentidos, con el tronco de la A-7. En primer lugar, se tiene que fresar una capa del asfalto actual, aplicando un riego de adherencia y después la capa de rodadura.

Esta actuación mejora el rozamiento transversal de la vía, este parámetro determina la resistencia al derrape en sentido transversal del pavimento en contacto con la rueda del vehículo.
También es un factor muy importante en las curvas, al aumentar la velocidad considerada el coeficiente de rozamiento disminuye.

3.2.6 Mejoras de equipamiento viario.

En este punto se reúne los criterios y normativas para definir la señalización vertical, señalización horizontal y balizamiento.

El objetivo es señalizar y balizar toda la zona de actuación según la normativa vigente. Se volverá a pintar las marcas viales (señalización horizontal), ya que se reasfalta el tramo objeto de estudio entre los p.k. 373 y 375. También es necesario cambiar los pretiles y las barreras de contención en los tramos donde se ha modificado el trazado.

Para la redacción de este punto, se han utilizado las normativas correspondientes como: Norma de Carretera 8.1 Señalización vertical, Norma de Carretera 8.2 Señalización horizontal y Orden circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

3.2.6.1 Señalización horizontal.

En primer lugar, se pintan las marcas longitudinales del tramo objeto de estudio encima de nuevo de la capa de rodadura.

- **Separación de carriles.**

Estas marcas delimitan la separación entre los carriles del mismo sentido. Como la velocidad media de la vía objeto de estudio es mayor a 100 km/h, entonces las marcas que le corresponde es la M - 1.1. son las marcas que se emplean en las autovías. Estas marcas son discontinuas que permiten el adelantamiento, compuestas de trazos de 5 metros y vanos vacíos de 12 metros y un espesor de 0,1 metro.

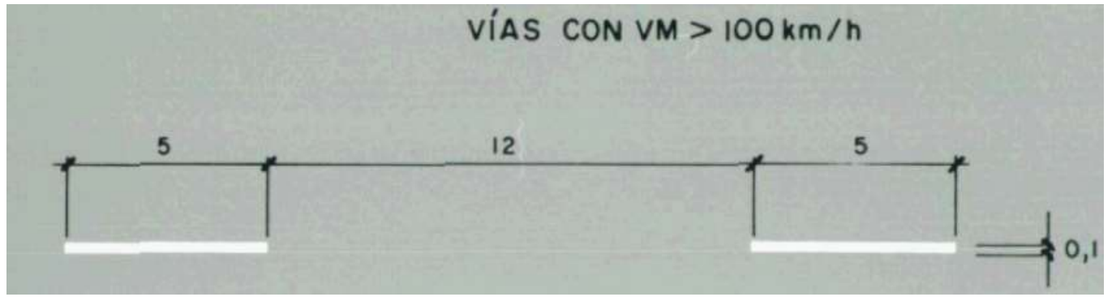


Figura 26 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales.

Para delimitar los carriles de cambio de velocidad con el tronco de la autovía se emplean marcas viales discontinuas M – 1.6., que esta compuesta de un trazo de 1 metros y vanos vacíos de 1 metro y un espesor de la marca de 0,40 metros.

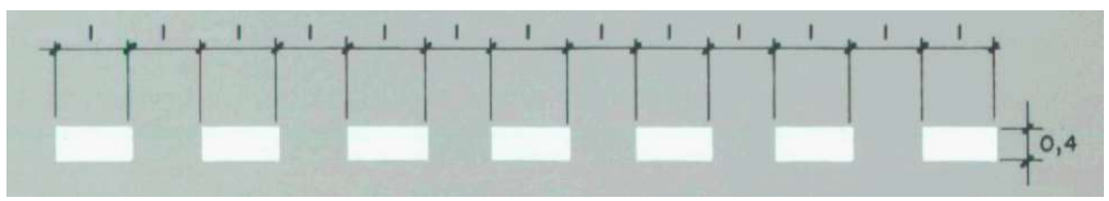


Figura 27 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Marcas longitudinales continuas.**

Según la Norma 8.2 Marcas viales, indica que en autovías con velocidades de 100 km/h o mayores la marca longitudinal que le corresponde es la siguientes. M – 2.6 que tiene un espesor de 0,20 m.

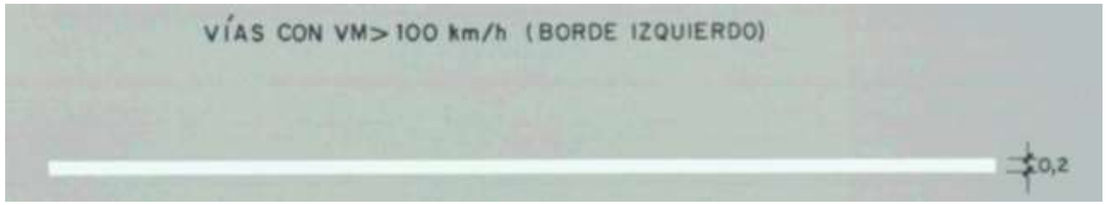


Figura 28 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Flechas de dirección o de selección de carriles.**

Para este tipo de vía la norma indica que las fechas de dirección o de selección de carriles, que le corresponde es la M – 5.1 que tiene una longitud de 7,5 metros y una superficie de 1,80 m^2.

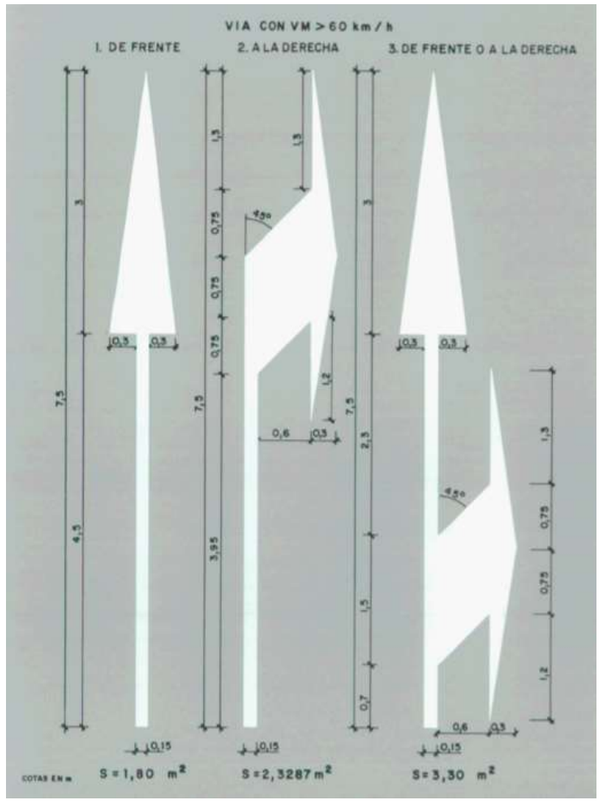


Figura 29 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Flechas de fin de carril.**

La función de esta fecha es indicar que el carril se acaba y es necesario abandonarlo. Su colocación es al final del carril de aceleración, y su marca es M-54, con una superficie de 4,185 m^2.

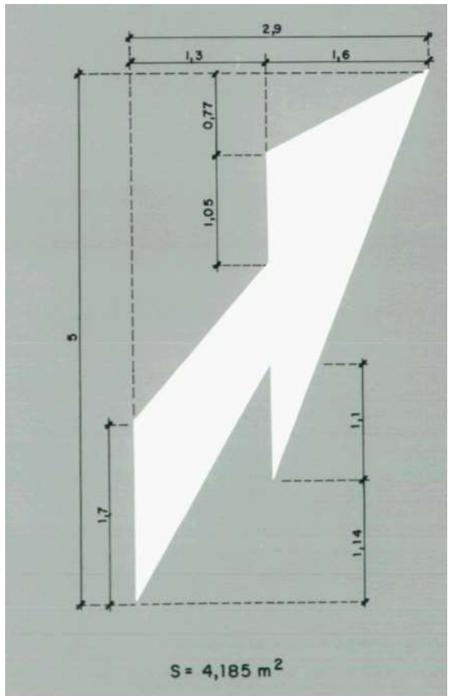


Figura 30 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Ceda el paso.**

En los carriles de desaceleración esta señal se coloca en las intersecciones de los ramales de salida de la autovía con otra vía o en las entradas de las rotondas. En cambio, en los carriles de aceleración esta señal se coloca al principio del carril de aceleración, advirtiendo al conductor que no tiene preferencia y tiene que ceder el paso. Su marca correspondiente es M-6.5, con una superficie de 1,434 m^2.

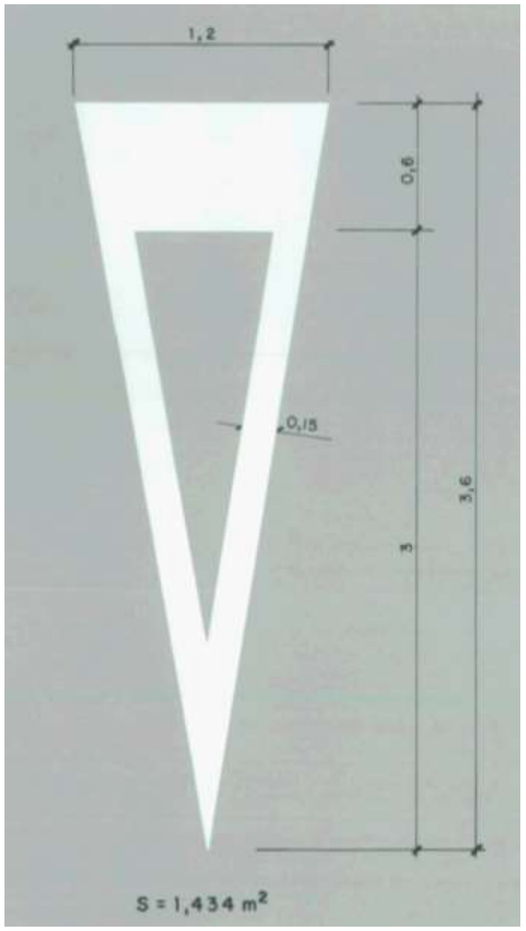


Figura 31 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

3.2.6.2 Señalización vertical.

En primer lugar, para la elección de la señalización vertical es necesario definir la clase de retrorreflexión según la tabla 1 de Norma 8.1 de señalización vertical.

Como la vía objeto de estudio es una autovía, la clase que le corresponde para las señales de contenido fijo es RA2 y para carteles es RA3, según se puede comprobar en la siguiente tabla.

Tabla 16 Clase de retro reflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical.

TABLA 1. CLASE DE DE RETRORREFLEXIÓN MÍNIMA EN SEÑALES Y CARTELES

TIPO DE SEÑAL O CARTEL	ENTORNO DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL O CARTEL		
	ZONA PERIURBANA (Travesías, circunvalaciones…)	AUTOPISTA AUTOVÍA Y ANTIGUAS VÍAS RÁPIDAS	CARRETERA CONVENCIONAL
SEÑALES DE CONTENIDO FIJO	Clase RA2	Clase RA2	Clase RA2
CARTELES	Clase RA3	Clase RA3	Clase RA2

Tras realizar un análisis de la señalización vertical del tramo objeto de estudio, se comprueba que cumple la Norma 8.1 de señalización vertical.

Tras realizar la modificación del carril de desaceleración de la salida 375 L'Alcúdia Sur es necesario la recolocación de cartelería a emplear en la pre señalización y salida inmediata según muestra la siguiente tabla de Norma 8.1 Señalización vertical.

Tabla 17 Pre señalización y salida inmediata.

TABLA 2. CARTELES A EMPLEAR EN PRESEÑALIZACIÓN Y SALIDA INMEDIATA

	Preseñalización a 1.000 m	Preseñalización a 500 m	Salida inmediata
Suma de poblaciones destino ≥ 500.000 habitantes o nivel de servicio D, E o F.	Pórtico	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 100.000 y < 500.000 habitantes o nivel de servicio C.	Banderola	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 10.000 y < 100.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Banderola	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 5.000 y < 10.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Pórtico
Suma de poblaciones destino < 5.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Banderola

Tras realizar el análisis se comprueba que la pre señalización y salida inmediata cumple en el resto del tramo objeto de estudio.

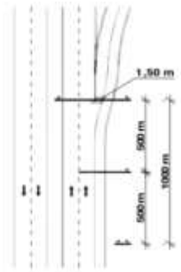
CASO	POSICIÓN DE LAS SEÑALES	
1. Preseñalización y salida inmediata en enlace con carril de deceleración.	El cartel de salida inmediata se colocará en el punto en el que el carril de deceleración alcanza una anchura de 1,5 m.	

Figura 32 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical

Las señales verticales no es necesario actuar sobre ellas en todo el tramo. Solo será necesario la colocación de nueva señalización en los carriles de cambio de velocidad, y se reutilizarán las mismas señales reubicándolas del sitio, ya que se ha comprobado que todas las señales son visibles y leíbles, se pueden observar en el *Anejo 1, Reportaje fotográfico*.

También se comprueba según Norma 8.1 Señalización vertical, en el apartado de autovía que estas señales cumplen las medidas y tienen un adecuado emplazamiento.

En el tramo objeto de estudio, están implantadas señales de los siguientes tipos:

- Señales de advertencia (Señal tipo "P").
- Señales de reglamentación (Señal tipo "R")..
- Señales de indicación (Señal tipo "S").

La nueva señalización vertical que se coloca en el tramo de actuación de la curva del p.k. 375.3, se recoge en los planos de la actual alternativa. En el resto de tramo se deja la señalización existe porque se encuentra en muy buen estado conforme se explica en alternativa 1.

Las medidas que exige la Norma 8.1 Señalización vertical para estos tipos de señales es la siguiente:

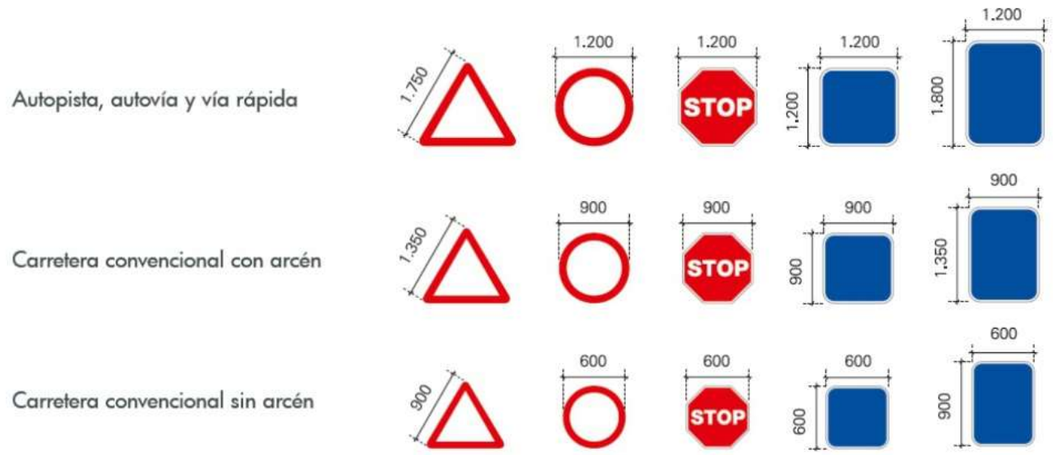


Figura 33 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1

En cuanto a la colocación de las nuevas señales, se ha procurado su colocación uniforme y sencilla, fundamentalmente en la salida 375.3, donde el tráfico se incorpora o sale, con el objetivo de que el tráfico sea fluido y seguro.

No se modifica las dimensiones de los carteles de señalización, tampoco es necesario nuevos carteles, porque se reubica los existentes. Porque no se proyecta ninguna salida o incorporación nueva.

3.2.6.3 Balizamiento.

- **Hitos de arista**

En este punto se analiza el balizamiento del tramo de estudio, según la Orden Circular Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras.

Como se modifica el radio de la curva del p.k. 375.3 en los pasos superiores de los p.k. 374.05 y p.k. 374.85 es necesario volver a colocar los hitos de arista en ambos lados de la cazada de los dos sentidos.
Para una calzada separada como es este caso se coloca un Tipo II, formado por una sección cerrada con una altura de 1,05 metros.

El anclaje en la parte izquierda se coloca sobre la barrera New Jersey, que se coloca a una altura de 1,05 metros y el anclaje en la parte derecha se realiza mediante empotramiento a 0,5 metros según Orden circular 309/90.

- **Captafaros**

Según la Orden Circular **/2011 Recomendación sobre balizamiento de carreteras, se coloca captafaros horizontales y verticales.
Existen colocados en todo el tramo captafaros verticales montados, se colocan en el seno del perfil de la barrera entre 4 y 8 metros.
Como se realiza el reasfaltado de todo el tramo se coloca captafaros horizontales fuera de los carriles y de las marcas viales.

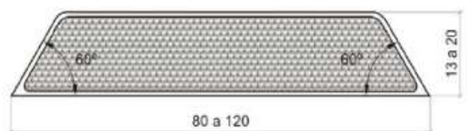


Figura 34 Captafaro horizontal

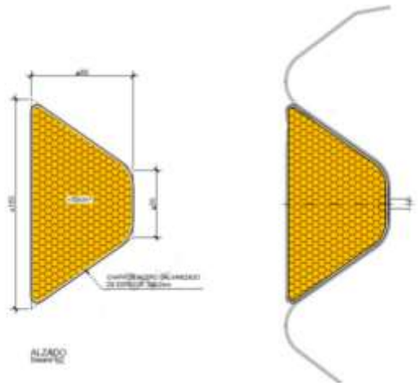


Figura 35 Captafaro vertical colocado en barrera.

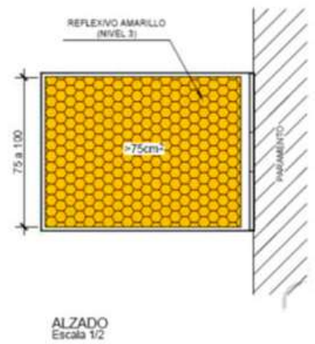


Figura 36 Captafaro sobre paramenta vertical

- **Hitos de vértice y balizas H-75.**

Se coloca en los carriles de desaceleración, al final de ellos indicando las dos direcciones de circulación posibles. Los hitos de vértice se colocan en primero y seguido las balizas H-75 dentro de la isleta. Se utilizan los mismos hitos de vértice y balizas existentes, porque se encuentran en muy buen estado.

3.2.6.4 Defensa.

Las defensas que dispone el tramo objeto de estudio, para diferentes aplicaciones son:

- Barreras de seguridad.
- Pretiles metálicos.

Para la redacción de este punto se ha seguido la Orden Circular 35/2014 Sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

No se cambiarán todas las barreras y los pretiles en todo el tramo objeto de estudio. Solo se realizará la actuación en los tramos donde se realice modificaciones sobre el trazado. Esos puntos serán los siguientes:

- **Barreras de seguridad.**

- Se cambia la barrera metálica en el carril de desaceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro), / Alzira. dirección Alicante, porque al realizarse la ampliación del carril a las medidas indicadas en la Norma 3.1 IC, es necesario colocar barreras metálicas en ese tramo, haciendo la conexione de las barreras del tronco con la nueva que se coloca en el carril de desaceleración hasta la glorieta.

- Tras la modificación de las medidas del carril de aceleración en sentido Alicante en el p.k. 375.3, será necesario la recolocación de la barrera de hormigón simple, que existe en la parte derecha de la vía. En este tramo se ha colocado una barrera de hormigón simple porque la vía de metro se encuentra a escasos metros.

- En el carril de desaceleración de la salida 375 L'Alcúdia Sur, al modificar las medidas adecuándolas a la Norma 3.1 IC, es necesario colocar barreras metálicas en ese tramo, haciendo la conexione de las barreras del tronco con la nueva que se coloca en el carril de desaceleración hasta la llegado al paso superior donde se colocará un pretil, seguido al paso superior se coloca barrera metálica al lado derecho del ramal hasta la intersección. En el lado izquierdo no es necesaria colocar barrare porque se trata de una zona llano, donde no hay peligro.

Figura 37 Situación de los carriles de cambio de velocidad.

- **Pretiles.**

- Tras la modificación del radio de la curva del p.k. 375 en el paso superior, es necesario la colocación del pretil a ambos lados, porque al ser un radio de 700 metro y otro de 600 metros, las dos calzadas se separan y desaparece la barrera New Jersey, que será sustituida por un pretil en el marguen derecho e izquierdo de la calzada tanto en sentido de ida como de vuelta. Para la colocación del nuevo pretil será necesario realizar un refuerzo del tablero del puente para poder colocar el nuevo pretil.

– En esta segunda alternativa se realiza una ampliación de los pasos inferiores en los p.k. 374.05 y 374.85, tras realizar esta ampliación será necesario realizar un refuerzo del tablero para la colocación de nuevo pretil.

La selección de la clase y nivel de contención se hace en función del riesgo de accidente en cada caso. De esta forma se emplean barreras de seguridad de contención normal nivel (N2 - H1) cuando el riesgo de accidente detectado es normal. Para seleccionar el nivel de contención más adecuado para cada clase de contención se han consultado las siguientes tablas, basadas en la norma UN N 1317.

Tabla 18 Tabla.2 Clases y niveles de contención. Fuente: UNE-EN 1317.

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

Según lo dispuesto en la tabla 6 de la Orden Circular 35/2014, en los casos de riesgo de accidente normal para el tramo objeto de estudio se deberá considerar una barrera de seguridad metálico con un nivel de contención tipo H1, puesto que la IMDp es de 12.554 veh/día en por cada sentido.

Tabla 19 Tabla 3:Características de los ensayos de impacto. Fuente: UNE-EN 1317.

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

En función de la IMDp 12.554 veh/día, el tipo de pretil que le corresponde es con un nivel de contención H2.

Para concluir este apartado, todos los sistemas de contención serán reflejado en los plano asi como en la valoración económica. Para que pueda ser fácil su localización.

Con estas intervenciones se ha mejorado la seguridad vial de todo el tramo objeto de estudio.

4 Alternativa 3:

La tercera alternativa propuesta, trata de modificar sustancialmente el trazado, las actuaciones que se realizarán serán las siguientes:

- Modificar el radio de la curva del p.k. 375.3 de los dos sentidos de la autovía y el peralte correspondiente igual que en la segunda alternativa.
- Adecuar los carriles de cambio de velocidad a las nuevas medidas según normativa, proyectando un nuevo carril de desaceleración en la salida 375 mediante un lazo.
- Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes.
- Reasfaltar toda la zona objeto de actuación para salvar las diferencias de cota existentes en el actual trazado.
- Mejora de equipamiento viario.

4.1.1 Rectificar radio curva p.k. 375.3 y adecuar según norma los carriles de cambio de velocidad.

En esta segunda alternativa, se actúa sobre la rectificación de la curva de p.k. 375.3, se proyecta una mejora de la curva actual de radio 470 m, ya que, se trata de un radio que cumple para una velocidad de proyecto de 100 km/h, pero en ese punto es donde se producen muchísimos accidentes.

Los parámetros de diseño de la nueva curva según la Norma 3.1 IC son los siguientes:

- Sentido ascendente: Radio de 600 metros cumpliendo para una velocidad especifica de 114 km/h.

- Sentido descendente: Radio de 700 m cumpliendo para una velocidad específica de 120 km/h.

El tramo objeto de estudio forma parte de una autovía de primera generación, estas autovías fueron construidas en los años 80, aprovechando las carreteras existentes como una de las calzadas de la autovía. En este caso, el espacio que se dispone en sus alrededores es muy limitado y hay infraestructuras construidas a escasos metros.

La solución propuesta es de dos radios diferentes de la curva para cada sentido, porque tiene que encajar los parámetros estipulados en la Norma 3.1 IC en los espacios disponibles.

El condicionante que exige proyectar dos radios diferentes en la curva del p.k. 375.3, es la red ferroviaria del Metrovalencia que afecta a la parte derecha en sentido ascendente a la altura del final de la curva.
Por esa razón, se proyecta un radio de 600 m en sentido ascendente, porque los valores del parámetro mínimo y máximo son inferiores a los valores de los parámetros de las clotoides del radio de 700 m, eso ayuda ajustarse mejor a los espacios disponibles.

Estos datos se han seleccionado de la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, en la tabla nombrada anteriormente se puede apreciar los radios mínimos en función de la velocidad de proyecto, así como el peralte correspondiente.

Estos datos se han seleccionado de la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, en la tabla nombrada anteriormente se puede apreciar los radios mínimos en función de la velocidad de proyecto, así como el peralte correspondiente.

Con el fin de dar cumplimiento a la Norma 3.1 IC, esta actuación conlleva, a su vez, un reperaltado al 8% de ambas calzadas.

A continuación, se realiza el cálculo de las Clotoides para los dos radios propuestos según Norma 3.1 IC Trazado. Los datos de partida para realizar el cálculo son:

- Velocidad de proyecto.
- Ancho de carril.
- Peralte.
- Radio de la curva.

<u>En primer lugar se calcula los parámetros de la curva del p.k. 375.3 de R=700 en sentido decreciente de los p.k. dirección Valencia.</u>

Para realizar el cálculo del parámetro de la clotoides hay que definir que la vía objeto de estudio es de grupo 2 según se muestra en la Tabla *1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, al tratarse de una autovía A-100. Con los datos nombrados en el anterior punto se calcula las limitaciones de las clotoides.

Para ver cuál es el criterio determinante para un radio R=700 metros, podemos consultar los gráficos que nos proporciona la Instrucción, no obstante, estos gráficos son solo orientativos y a veces y a veces hay duda entre varios criterios de clotoide mínima. En caso de duda entre varios criterios, es necesario realizar los cálculos mediante formulaciones y acabar de decidir cuál es el más restrictivo según resultados.

En este caso, el gráfico es:

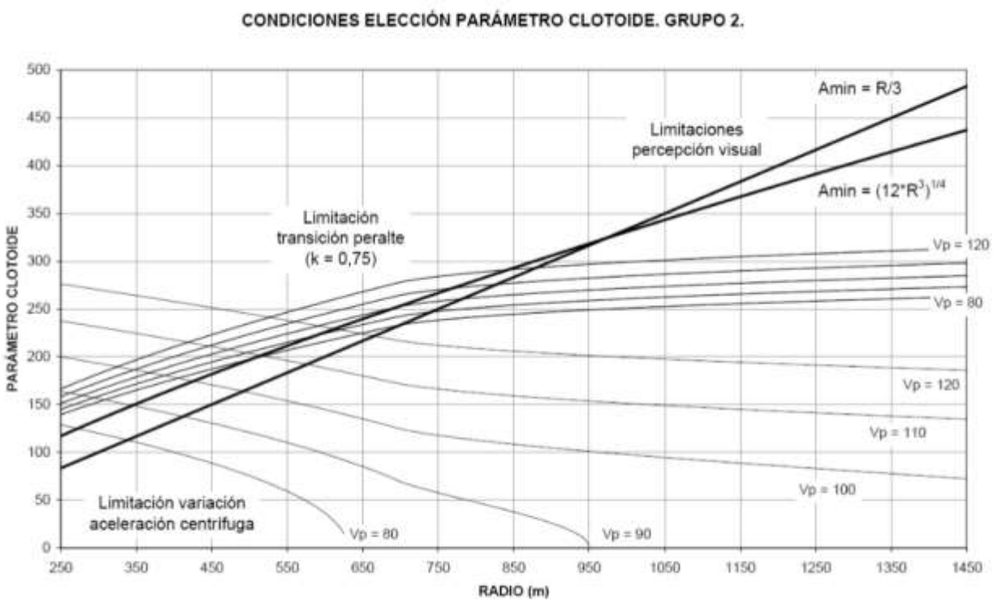


Gráfico 3 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC

En este caso la gráfica muestra dudas entre los criterios, para mayor seguridad se calculan los 3 criterios.

- **<u>Criterio I.</u>**

Ecuación 13 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right)$$

Siendo:

- V_e = Velocidad específica de la curva.
- J = Variación de la aceleración centrifuga (m/s3).
- R_0 = Radio de curva. R=700 m.
- P = Peralte. P =8%.

Para calcular la velocidad especifica se aplica la siguiente formula:

Ecuación 14 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC

$$V^2 = 127 * R * (f_t + \frac{p}{100})$$

Siendo:

R = Radio de la curva.

P= peralte.

ft = factor de rozamiento transversal.

Tabla 20 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL MÁXIMO MOVILIZADO (f_{tMAX}).

V_e (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_{tMAX}	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069

Aplicando la fórmula de velocidad especifica de la curva, iterando varias veces empezando por 100 km/h que le corresponde un coeficiente de rozamiento de 0,104, se obtiene el siguiente resultado:

Ecuación 15 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC

$$V^2 = 127 * R * \left(f_t + \frac{p}{100}\right) = \mathbf{120{,}7\ km/h}$$

Para obtener el valor de J se saca de la siguiente tabla.

Tabla 21 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$80 \leq V_e < 100$	$100 \leq V_e < 120$	$V_e \geq 120$
(J) (m/s³)	0,5	0,4	0,4	0,4
($J_{máx}$) (m/s³)	0,7	0,6	0,5	0,4

El siguiente paso es aplicar la fórmula de criterio 1 y se obtiene el siguiente resultado:

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right) = \mathbf{68{,}967\ m}$$

Parámetro criterio 1:

Ecuación 16 Curvas de acuerdo. Fuente Norma 3.1 IC

$$A^2 = R * L = \mathbf{219{,}72}$$

- **Criterio II**

Ecuación 17 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k$$

Siendo:

- p_f = Peralte final en este caso 8%.
- p_i = Peralte inicial en este caso 0%.
- B= Ancho de carril 3,5 m.
- K= Número de carriles que giran.

Ecuación 18 Variación longitudinal del peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$\forall ip = 0{,}86 - 0{,}004 * V_p$$

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k = \mathbf{60{,}870\ m}$$

Parámetro criterio II:

$$A^2 = R * L = \mathbf{206{,}419\ m}$$

- **Criterio III – 1.**

Ecuación 19 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{R_O}{9}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = \frac{R_O}{9} = \mathbf{77{,}778\ m}$$

Parámetro criterio III - 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{233{,}33\ m}$$

- **Criterio III – 2.**

Ecuación 20 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O} = \mathbf{91{,}652\ m}$$

Parámetro criterio III - 2:

$$A^2 = R * L = \mathbf{253{,}290\ m}$$

Tabla 22 Resumen tabla de criterios.

Resumen tabla de criterios		
Criterios	**Longitudes mínimas (m)**	**Parámetros mínimos (m)**
I	**68,96**	**219,72**
II	**60,87**	**206,41**
III-1	**77,77**	**233,33**
III-2	**91,65**	**253,29**

Tras realizar el cálculo de cada criterio se elige la mayor longitud limitada, que es la que cumple todos los otros criterios. En este caso en Criterio que predomina es III-2 L_{min} =91,65 m con un parámetro de A_{min} =253,29 m.

Para calcular el parámetro máximo se realiza la siguiente operación.

$$L_{max} = L_{min} * 1,5 = 91,65*1,5=\mathbf{137,475\ m}$$

Repitiendo la misma operación se obtiene el parámetro máximo.

$$A^2 = R * L = \mathbf{310,21\ m}$$

Tabla 23 Solución parámetros.

Parámetro mínimo y máximo	
A_{min}	**253,29 m**
A_{max}	**310,21 m**

Estos valores se introducirán en el programa de trazado para definir la curva.

<u>En segundo lugar se calcula los parámetros de la curva de R=600 en sentido ascendentes de los p.k. dirección Alicante.</u>

Para realizar el cálculo del parámetro de la clotoides hay que definir que la vía objeto de estudio es de grupo 2 según se muestra en la *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, al tratarse de una autovía A-100. Con los datos nombrados en el anterior punto se calcula las limitaciones de las clotoides.

Para ver cuál es el criterio determinante para un radio R=600 metros, podemos consultar los gráficos que nos proporciona la Instrucción, no obstante, estos gráficos son solo orientativos y a veces y a veces hay duda entre varios criterios de clotoide mínima. En caso de duda entre varios criterios, es necesario realizar los cálculos mediante formulaciones y acabar de decidir cuál es el más restrictivo según resultados.

En este caso, el gráfico es:

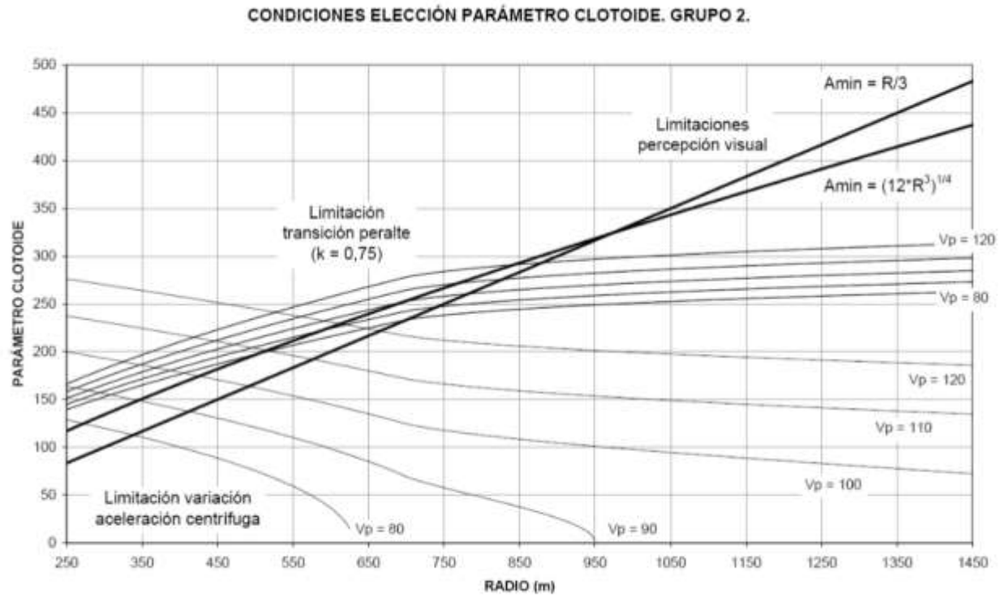


Gráfico 4 Parámetro clotoide Grupo 2. Fuente: Norma 3.1 IC

En este caso la gráfica muestra dudas entre los criterios, para mayor seguridad se calculan los 3 criterios.

- **<u>Criterio I.</u>**

Ecuación 21 Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. Fuente: Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{V_e}{46,656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1,27 * p\right)$$

Siendo:

- V_e = Velocidad específica de la curva.
- J = Variación de la aceleración centrifuga (m/s3).
- R_0 = Radio de curva. R=600 m.
- P = Peralte. P =8%.

Para calcular la velocidad especifica se aplica la siguiente formula:

Ecuación 22 Velocidad específica. Fuente Norma 3.1 IC

$$V^2 = 127 * R * (f_t + \frac{p}{100})$$

Siendo:

R = Radio de la curva.

P= peralte.

ft = factor de rozamiento transversal.

Tabla 24 Coeficiente de rozamiento transversal. Fuente Norma 3.1 IC

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL MÁXIMO MOVILIZADO (f_{tMAX}).

V_e (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_{tMAX}	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069

Aplicando la fórmula de velocidad especifica de la curva, iterando varias veces empezando por 100 km/h que le corresponde un coeficiente de rozamiento de 0,104, se obtiene el siguiente resultado:

$$V^2 = 127 * R * \left(f_t + \frac{p}{100}\right) = \mathbf{114\ km/h}$$

Para obtener el valor de J se saca de la siguiente tabla.

Tabla 25 Variación de aceleración centrífuga. Fuente: Norma 3.1 IC

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$80 \leq V_e < 100$	$100 \leq V_e < 120$	$V_e \geq 120$
(J) (m/s³)	0,5	0,4	0,4	0,4
($J_{máx}$) (m/s³)	0,7	0,6	0,5	0,4

El siguiente paso es aplicar la fórmula de criterio 1 y se obtiene el siguiente resultado:

$$L_{min} = \frac{V_e}{46{,}656 * J} * \left(\frac{V_e}{R_o} - 1{,}27 * p\right) = \mathbf{69{,}83\ m}$$

Parámetro criterio 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{204{,}69\ m}$$

- **Criterio II**

Ecuación 23 Limitación por transición de peralte. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k$$

Siendo:

- p_f = Peralte final en este caso 8%.
- p_i = Peralte inicial en este caso 0%.
- B= Ancho de carril 3,5 m.
- K= Número de carriles que giran.

$$\forall ip = 0{,}86 - 0{,}004 * V_p$$

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\forall ip} * B * k = \mathbf{60{,}870\ m}$$

Parámetro criterio II:

$$A^2 = R * L = \mathbf{191{,}102\ m}$$

- **Criterio III – 1.**

Ecuación 24 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = \frac{R_O}{9}$$

Siendo:

- Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = \frac{R_O}{9} = 66{,}66\ \boldsymbol{m}$$

Parámetro criterio III - 1:

$$A^2 = R * L = \mathbf{200\ m}$$

- **Criterio III – 2.**

Ecuación 25 Limitaciones por condiciones de percepción visual. Fuente Norma 3.1 IC

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O}$$

Siendo:

– Ro= Radio de la curva 700 m.

$$L_{min} = 2 * \sqrt{3 * R_O} = \mathbf{84,85\ m}$$

Parámetro criterio III - 2:

$$A^2 = R * L = \mathbf{225,636\ m}$$

Tabla 26 Resumen tabla de criterios.

Resumen tabla de criterios		
Criterios	**Longitudes mínimas (m)**	**Parámetros mínimos (m)**
I	**69,83**	**204,69**
II	**60,87**	**191,10**
III-1	**66,66**	**200**
III-2	**84,85**	**225,63**

Tras realizar el cálculo de cada criterio se elige la mayor longitud limitada, que es la que cumple todos los otros criterios. En este caso en Criterio que predomina es III-2 L_{min} = 84,85 m con un parámetro de A_{min} = 225,63 m.

Para calcular el parámetro máximo se realiza la siguiente operación.

$L_{max} = L_{min} * 1,5 = 84,85*1,5=$**127,27 m**

Repitiendo la misma operación se obtiene el parámetro máximo.

$$A^2 * R = \mathbf{276,34\ m}$$

Tabla 27 Solución parámetros.

Parámetro mínimo y máximo	
A_{min}	**225,63 m**
A_{max}	**276,34 m**

Estos valores se introducirán en el programa de trazado para definir la curva.

4.1.2 Comprobación cumplimiento Norma 3.1 IC

Tras realizar las modificaciones de los radios de la curva del p.k. 375.3 se realiza la siguiente comprobación para asegurar el cumplimiento de las longitudes mínimas y máximas de rectas, así como el radio mínimo y el peralte que le corresponde para esta velocidad de proyecto.

Según Norma 3.1 IC para una carretera con una velocidad de proyecto de 100 km/h todas las curvas tienes que tener un radio mínimo de 450 metros. Todas las curvas cumplen esta medida mínima, el peralte para este tipo de curva debería ser de 8% y en este caso en la curva del p.k. 375.3 es de un 4%.

En cuanto a la comprobación de longitudes de rectas según Norma 3.1 IC exige las siguientes longitudes:

- **Longitud máxima:**

$$L\ max = 16,7 * Vp$$

Siendo:

– L max: longitud máxima de recta.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ max = 16,7 * 100 = \mathbf{1670\ m}$$

– **Longitud mínima en S:**

$$L\ \ min_S = 1,39 * Vp$$

– L min c: longitud mínima curva en S.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_S = 1{,}39 * 100 = \mathbf{139\ m}$$

– **Longitud mínima en C:**

$$L\ min_C = 2{,}78 * Vp$$

– L min_c: longitud mínima curva en C.

– Vp: velocidad de proyecto. En este caso 100 km/h.

$$L\ min_c = 2{,}78 * 100 = \mathbf{278\ m}$$

Se cumple todas las restricciones de longitud de rectas máximas y longitud de rectas mínimas en S ya que curva en C no existen en el tramo, así como el radio y el peralte requerido por la Norma 3.1 IC Trazado.

4.1.3 Adecuación carriles cambio de velocidad

Para mejorar el problema de la longitud del carril de deceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro) / Alzira, se proyecta la ampliación del actual carril de deceleración ampliando el tablero del puente existente en el p.k. 375 para dar continuidad al arcén de 2,5 m del lado derecho. También se realiza la ampliación del tablero en sentido Alicante, para dar continuidad al arcén exterior.

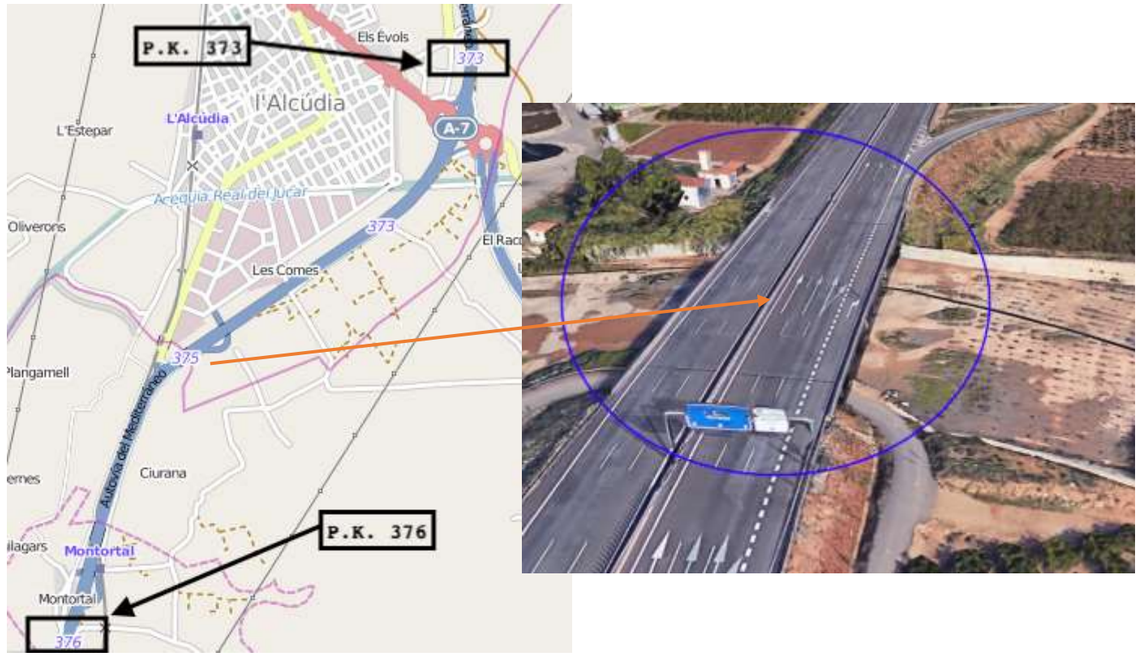


Figura 38 Localización del paso superior (Salida 373 L'Alcúdia (Centro) /Alzira.

Según la tabla 7.2 de la Norma 3.1 IC de Trazado se recomienda que sección de la plataforma sea de 1,0/4x3,5/2,5=17,50 metros de anchos en cada lado.

TABLA 7.2.

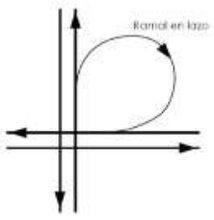
CLASE DE CARRETERA		SECCIÓN DE LA PLATAFORMA (m)	
		FUERA DE LOS TÚNELES SOTERRAMIENTOS Y CUBRIMIENTOS	EN LOS TÚNELES, SOTERRAMIENTOS Y CUBRIMIENTOS (*)
CALZADAS SEPARADAS	2 Carriles por calzada sin previsión de ampliación	1,0/2x3,5/2,5=10,50	1,0/2x3,5/2,5=10,50 Excepción 0,5/2x3,5/1,0=8,50
	2 Carriles por calzada con previsión de ampliación a 3 carriles	1,0/2x3,5/2,5=10,50 1,0/3x3,5/2,5=14,00 Ampliada	1,0/2x3,5/2,5/2,0=12,50 1,0/3x3,5/1,0=12,50 Ampliada
	3 Carriles por calzada sin previsión de ampliación	1,0/3x3,5/2,5=14,00	1,0/3x3,5/1,0=12,50
	3 Carriles por calzada con previsión de ampliación a 4 carriles	1,0/3x3,5/2,5=14,00 1,0/4x3,5/2,5=17,50 Ampliada	1,0/3x3,5/2,5/2,0=16,00 1,0/4x3,5/1,0=16,00 Ampliada
	4 Carriles por calzada	1,0/4x3,5/2,5=17,50	1,0/4x3,5/1,0=16,00

Figura 39 Sección de la carretera. Fuente Norma 3.1 IC

Para cumplir las medidas requeridas para el carril desaceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro) / Alzira, se diseña según Norma 3.1 IC y la Orden Circular 32/2012 Guía de Nudos Viarios, un nuevo ramal de salida desde A-7 sentido Valencia hacia la localidad de L'Alcúdia Sur.

Se proyecta un carril de deceleración que posteriormente por medio de un lazo da acceso por la calle Tejedors a L'Alcúdia. El radio del enlace es de R=50 metros según tabla de *Tabla 1 Radio mín.,peralte. Fuente Norma 3.1 IC*, este radio corresponde para una velocidad de proyecto Vp = 40 km/h y un peralte del 7%. Al proyectar el nuevo ramal por medio de un lazo, se amplía directamente el paso inferior de calle Tejedors a L'Alcúdia, dando continuidad al arcén de 2,5 metros.

Figura 40 Lazo. Fuente: Guía de Nudos.



A su vez, en la intersección del ramal del enlace con la calle Tejedors a L'Alcúdia, se proyecta una pequeña intersección que da prioridad a los vehículos que circulan por el ramal, y un ceda el paso a los vehículos que circulan por calle Tejedors.

La sección del ramal es un ancho del carril de 3,5 metros con un arcén derecho de 2,5 metros para dar continuidad al arcén, y un arcén izquierdo de 1 metro.

La explanada y el paquete de firme necesario para el enlace, se ha calculado en el *Anejo 6, Pavimentos y firmes*, conforme al tráfico existente.

Todos estos datos se introducen en el programa de trazado para poder diseñar la solución propuesta. El programa de trazado permite calcular el volumen de movimiento de tierra necesario para la construcción del ramal así como el paquete de firme y la explanada.

Figura 41 Solución lazo.

Todos los detalles del trazado del nuevo ramal de desaceleración mediante el lazo, se pueden observar en el apartado de planos.

La modificación del radio de curvatura en planta de la calzada ascendente, implica la modificación del camino existente en el margen derecho de la calzada. Por ello se contempla en las actuaciones propuestas la reposición de 400 metros de camino. La sección está definida en el Anejo 6 Pavimentos y firmes.

Figura 42 Situación carriles de aceleración y desaceleración. Fuente: Elaboración propia.

- **Carril deceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro) / Alzira.**

La longitud del carril de deceleración correspondiente a la salida de la autovía 373 en dirección L'Alcúdia (Centro) / Alzira, no cumple las medidas mínimas marcadas por la Norma 3.1 IC. Para realizar esta intervención es necesario ampliar la explanada y el paquete de firme según los cálculos realizados en el *Anejo 6 Pavimentos y firmes*. Todos estos detalles se aprecian en los planos de esta alternativa.

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 98,50 metros.
- Cuña de transición = 93,60 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 100 km/h y la velocidad final de 40 km/h:

- Longitud del carril = 170 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

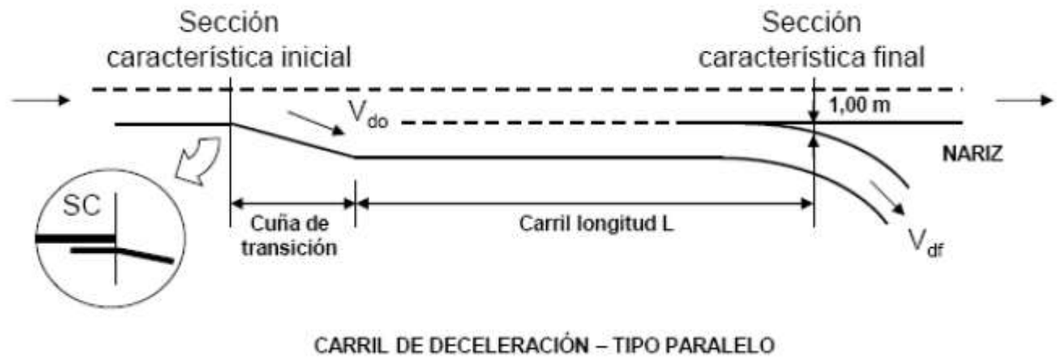


Figura 43 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC

- **Carril deceleración Salida 375 L'Alcúdia Sur.**

La longitud del carril de deceleración correspondiente a la salida de la autovía 375 en dirección L'Alcúdia Sur, no cumple las medidas mínimas marcadas por la Norma 3.1 IC.

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 133 metros.
- Cuña de transición = 74,5 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 100 km/h y la velocidad final de 40 km/h:

- Longitud del carril = 170 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

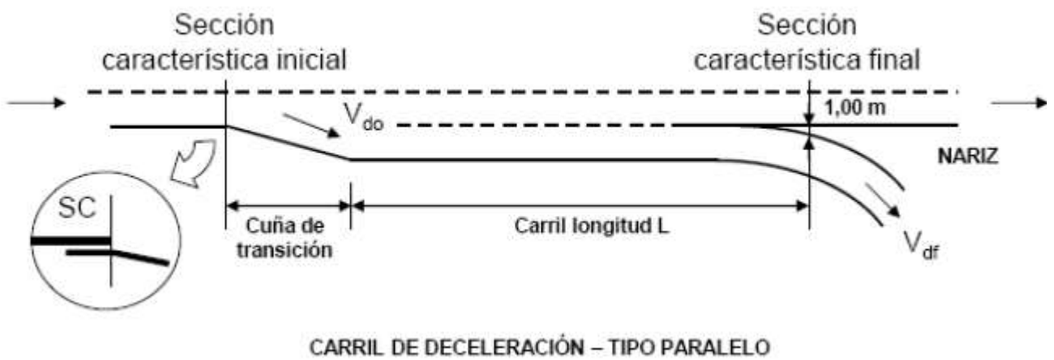


Figura 44 Carril de deceleración. Fuente: Norma 3.1 IC

- **Carril aceleración P.K. 375.2.**

En cuanto al carril de aceleración en sentido crecientes de los p.k., situado en el p.k. 375.2 dirección Alicante, tiene exactamente los mismos problemas descritos anteriormente al no cumplir las medidas estipuladas en la Norma 3.1 IC. En este caso

Las medidas actuales correspondientes a esta salida son las siguientes:

- Longitud del carril = 94.43 metros.
- Cuña de transición = 70.15 metros.

Las medidas que tiene que cumplir en función de la Norma 3.1 IC para una velocidad del tronco de 100 km/h se necesita las siguientes medidas, al ser la velocidad inicial de 60 km/h y la velocidad final de 100 km/h:

- Longitud del carril = 135 metros.

Según tabla 8.1 de la Norma 3.1 IC la longitud de la cuña de transición para una velocidad de proyecto de 100km/h es:

- Cuña de transición = 125 metros.

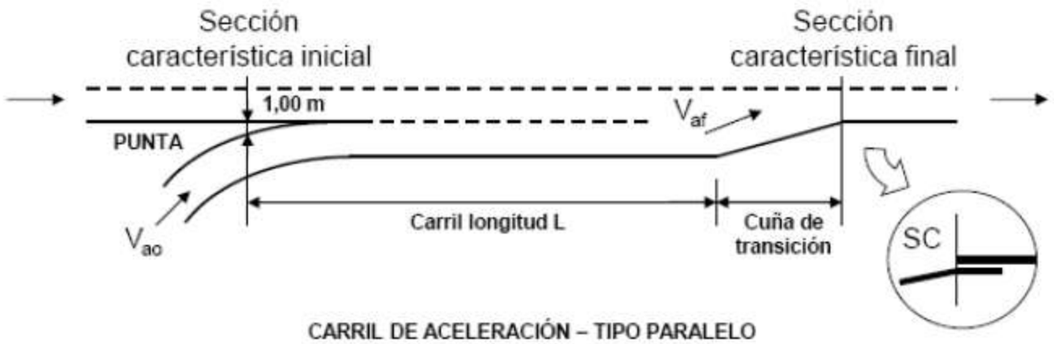


Figura 45 Carril de aceleración. Fuente: Norma 3.1 IC.

Los datos de la longitud de lo carriles de cambio de velocidad son definidos en función de la velocidad inicial, velocidad final y la inclinación de la rasante. Todos estos datos se definen en función de la Norma 3.1 IC.

Tabla 28 Longitudes de los carriles de cambio de velocidad

Inclinación de la rasante: $-2\,\% \leq i \leq +2\,\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial/ (km/h)	40	20	35	85	175	320	615
	60	40	30	50	135	285	580
	80	95	55	40	85	235	530
	100	170	130	70	55	150	445
	120	250	215	160	90	75	295
	140	360	320	265	190	105	95

Tabla 29 Longitud cuña de transición. Fuente Norma 3.1 IC

TABLA 8.1.

LONGITUD (m) DE LAS CUÑAS DE TRANSICIÓN.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	LONGITUD DE LAS CUÑAS DE TRANSICIÓN (m)
140 y 130	V_p (km/h) + 10
120	135
110	130
100	125
90	115
80	100
70	80
60	60
50	40
40	25

4.1.4 Ampliación de los pasos inferiores que limitan la continuidad de los arcenes.

Para cumplir las medidas específicas en la Norma 3.1 IC se necesita realizar una ampliación del Paso Inferior del p.k. 374.05: ampliación en los dos márgenes del paso inferior del Camí de Viejo de Alzira, con el fin de dar continuidad a los arcenes en todo el tramo de estudio.

Figura 46 Pasos inferiores.

En esta alternativa, el paso inferior de calle de Tejedors a L'Alcúdia, se amplía en el momento que se realiza la actuación de construcción del carril de desaceleración mediante un lazo. La ampliación se realiza en ambos lados de la plataforma, tanto en dirección Valencia como Alicante.

4.1.5 Reasfaltar tramo objeto de estudio.

Para solucionar el problema de la diferencia de cota entre el ramal divergente en sentido ascendente y los ramales de acceso a la A-7 en ambos sentidos, con el tronco de la A-7. Para igualar esta diferencia de cotas se extenderá un refuerzo de firme hasta la cota de la capa de rodadura.

Se colocará una capa de 10 cm para poder disminuir la diferencia de cota entre el ramal divergente en sentido ascendente y los ramales de acceso a la A-7 en ambos sentidos, con el tronco de la A-7. En primer lugar, se tiene que fresar una capa del asfalto actual, aplicando un riego de adherencia y después la capa de rodadura.

Esta actuación mejora el rozamiento transversal de la vía, este parámetro determina la resistencia al derrape en sentido transversal del pavimento en contacto con la rueda del vehículo.
También es un factor muy importante en las curvas, al aumentar la velocidad considerada el coeficiente de rozamiento disminuye.

4.1.6 Mejoras de equipamiento viario.

En este punto se reúne los criterios y normativas para la definir la señalización vertical, señalización horizontal y balizamiento.

El objetivo es señalizar y balizar toda la zona actuación según la normativa vigente. Se volverá a pintar las marcas viales (señalización horizontal), ya que se reasfalta el tramo objeto de estudio entre los p.k. 373 y 375. También es necesario cambiar los pretiles y las barreras de contención en los tramos donde se ha modificado el trazado.

Para la redacción de este punto, se han utilizado las normativas correspondientes como Norma de Carretera 8.1 Señalización vertical, Norma de Carretera 8.2 Señalización horizontal y Orden circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

4.1.6.1 Señalización horizontal.

En primer lugar, se pintan las marcas longitudinales del tramo objeto de estudio encima de nuevo de la capa de rodadura.

- **Separación de carriles.**

Estas marcas delimitan la separación entre los carriles del mismo sentido. Como la velocidad media de la vía objeto de estudio es mayor a 100 km/h, entonces las marcas que le corresponde es la M - 1.1. son las marcas que se emplean en las autovías. Estas marcas son discontinuas que permiten el adelantamiento, compuestas de trazos de 5 metros y vanos vacíos de 12 metros y un espesor de 0,1 metro.

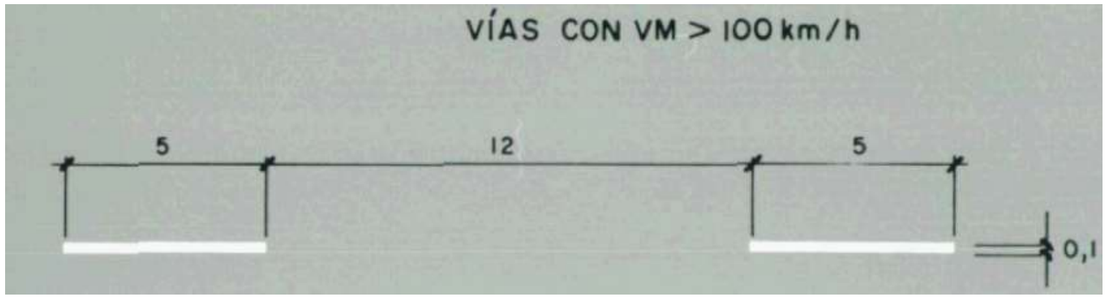


Figura 47 Marcas discontinuas. Fuente 8.2 Marcas viales.

Para delimitar los carriles de cambio de velocidad con el tronco de la autovía se emplean marcas viales discontinuas M – 1.6., que está compuesta de un trazo de 1 metros y vanos vacíos de 1 metro y un espesor de la marca de 0,40 metros.

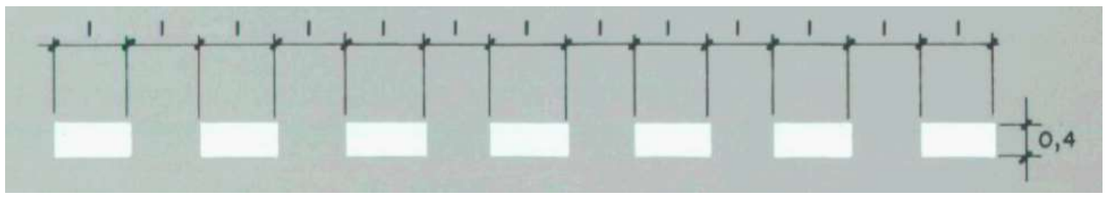


Figura 48 Separación de carriles de entrada o salida. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Marcas longitudinales continuas.**

Según la Norma 8.2 Marcas viales, indica que en autovías con velocidades de 100 km/h o mayores la marca longitudinal que le corresponde es la siguientes. M – 2.6 que tiene un espesor de 0,20 m.

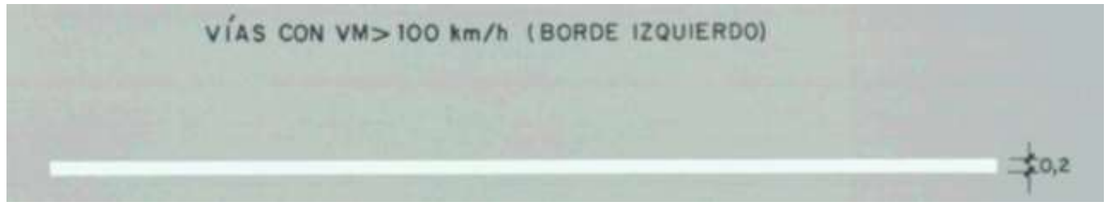


Figura 49 Marca longitudinal continúa. Fuente: 8.2 Marcas viales

- **Flechas de dirección o de selección de carriles.**

Para este tipo de vía la norma indica que las fechas de dirección o de selección de carriles, que le corresponde es la M – 5.1 que tiene una longitud de 7,5 metros y una superficie de 1,80 m^2.

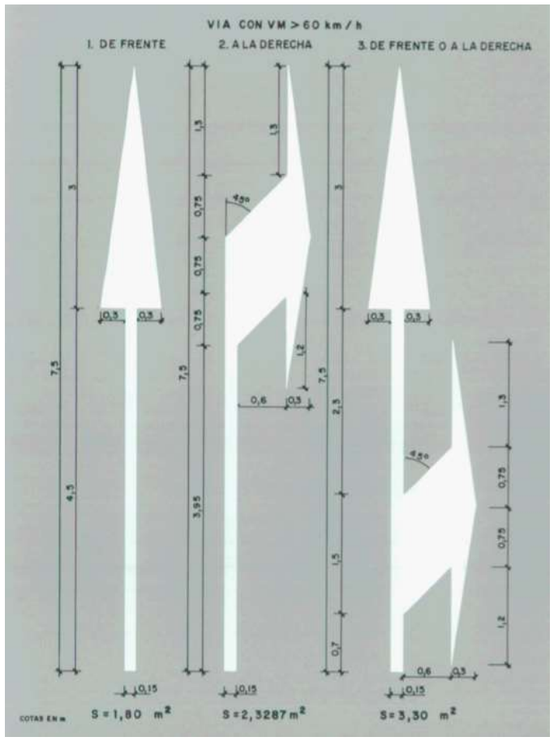


Figura 50 Flechas de dirección. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Flechas de fin de carril.**

La función de esta fecha es indicar que el carril se acaba y es necesario abandonarlo. Su colocación es al final del carril de aceleración, y su marca es M-54, con una superficie de 4,185 m^2.

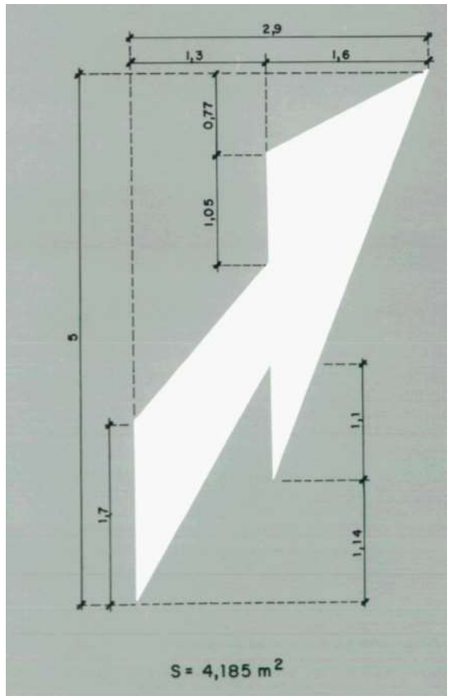


Figura 51 Flecha de fin de carril. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

- **Ceda el paso.**

En los carriles de desaceleración esta señal se coloca en las intersecciones de los ramales de salida de la autovía con otra vía o en las entradas de las rotondas. En cambio, en los carriles de aceleración esta señal se coloca al principio del carril de aceleración, advirtiendo al conductor que no tiene preferencia y tiene que ceder el paso. Su marca correspondiente es M-6.5, con una superficie de 1,434 m^2.

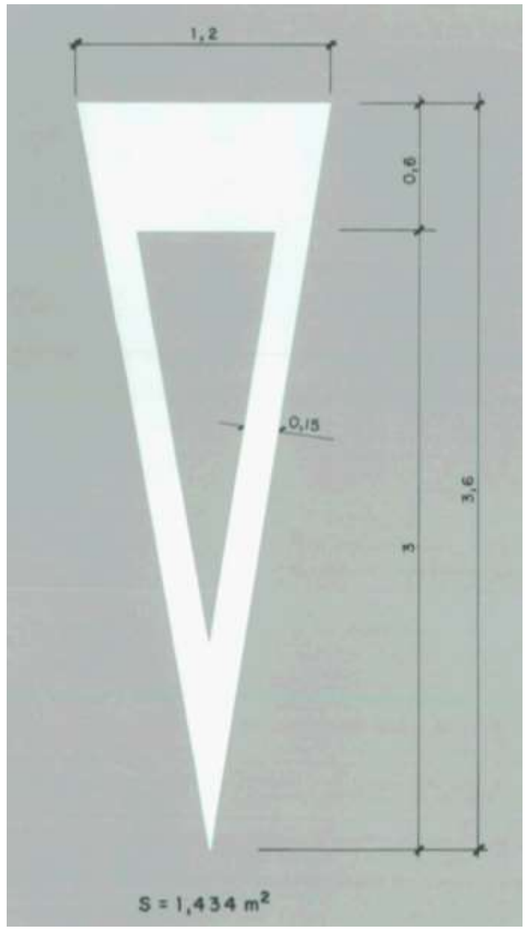


Figura 52 Ceda el paso. Fuente Norma 8.2 Marcas viales.

4.1.6.2 Señalización vertical.

En primer lugar, para la elección de la señalización vertical es necesario definir la clase de retrorreflexión según la tabla 1 de Norma 8.1 de señalización vertical.

Como la vía objeto de estudio es una autovía, la clase que le corresponde para las señales de contenido fijo es RA2 y para carteles es RA3, según se puede comprobar en la siguiente tabla.

Tabla 30 Clase de retro reflexión mínima en señales y carteles. Fuente Norma 8.1 Señalización vertical.

TABLA 1. CLASE DE DE RETRORREFLEXIÓN MÍNIMA EN SEÑALES Y CARTELES

TIPO DE SEÑAL O CARTEL	ENTORNO DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL O CARTEL		
	ZONA PERIURBANA (Travesías, circunvalaciones…)	AUTOPISTA AUTOVÍA Y ANTIGUAS VÍAS RÁPIDAS	CARRETERA CONVENCIONAL
SEÑALES DE CONTENIDO FIJO	Clase RA2	Clase RA2	Clase RA2
CARTELES	Clase RA3	Clase RA3	Clase RA2

Tras realizar un análisis de la señalización vertical del tramo objeto de estudio, se comprueba que cumple la Norma 8.1 de señalización vertical.

Tras realizar la modificación del carril de desaceleración mediante un lazo, es necesario la recolocación de cartelería a emplear en la pre señalización y salida inmediata según muestra la siguiente Tabla 2 Carteles a emplear en preseñalización y salida inmediata de Norma 8.1 Señalización vertical, para hacer cumplir las medidas exigidas.

Al variar las medidas del carril de desaceleración y su comienzo y final, será necesario volver a colocar la señalización vertical según marca la norma.

Tabla 31 Pre señalización y salida inmediata.

TABLA 2. CARTELES A EMPLEAR EN PRESEÑALIZACIÓN Y SALIDA INMEDIATA

	Preseñalización a 1.000 m	Preseñalización a 500 m	Salida inmediata
Suma de poblaciones destino ≥ 500.000 habitantes o nivel de servicio D, E o F.	Pórtico	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 100.000 y < 500.000 habitantes o nivel de servicio C.	Banderola	Pórtico	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 10.000 y < 100.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Banderola	Pórtico
Suma de poblaciones destino ≥ 5.000 y < 10.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Pórtico
Suma de poblaciones destino < 5.000 habitantes.	Cartel lateral (*)	Cartel lateral (*)	Banderola

Tras realizar el análisis se comprueba que la pre señalización y salida inmediata cumple en el resto del tramo objeto de estudio.

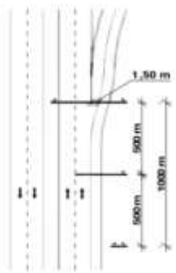
CASO	POSICIÓN DE LAS SEÑALES	
1. Preseñalización y salida inmediata en enlace con carril de deceleración.	El cartel de salida inmediata se colocará en el punto en el que el carril de deceleración alcanza una anchura de 1,5 m.	

Figura 53 Pre señalización y salida inmediata. Norma 8.1 Señalización vertical

No es necesario actuar sobre la señalización vertical sobre todo el tramo, porque únicamente será necesario la reubicación de las señales existente en los carriles de cambio de velocidad que se actúan sobre ellos.

En el caso de esta alternativa, se señalizará el nuevo lazo proyectado, esta señalización se realiza sobre los planos ubicando cada señal en su sitio. La señalización empleada para la señalización de este lazo será de:

- Señales de advertencia (Señal tipo "P").
- Señales de reglamentación (Señal tipo "R")..
- Señales de indicación (Señal tipo "S").

Se comprueba el día de visita que todas las señales son visibles y leíbles, se pueden observar en el Anejo 1 Reportaje fotográfico.

También se comprueba según Norma 8.1 Señalización vertical, en el apartado de autovía que estas señales cumplen las medidas y tienen un adecuado emplazamiento.

En el tramo objeto de estudio, están implantadas señales de los siguientes tipos:

- Señales de advertencia (Señal tipo "P").
- Señales de reglamentación (Señal tipo "R")..
- Señales de indicación (Señal tipo "S").

La nueva señalización vertical que se coloca en el tramo de actuación de la curva del p.k. 375.3, se señaliza en los planos de la actual alternativa. En el resto de tramo se deja la señalización existe porque se encuentra en muy buen estado conforme se explica en alternativa 1.

Las medidas que exige la Norma 8.1 Señalización vertical para estos tipos de señales es la siguiente:

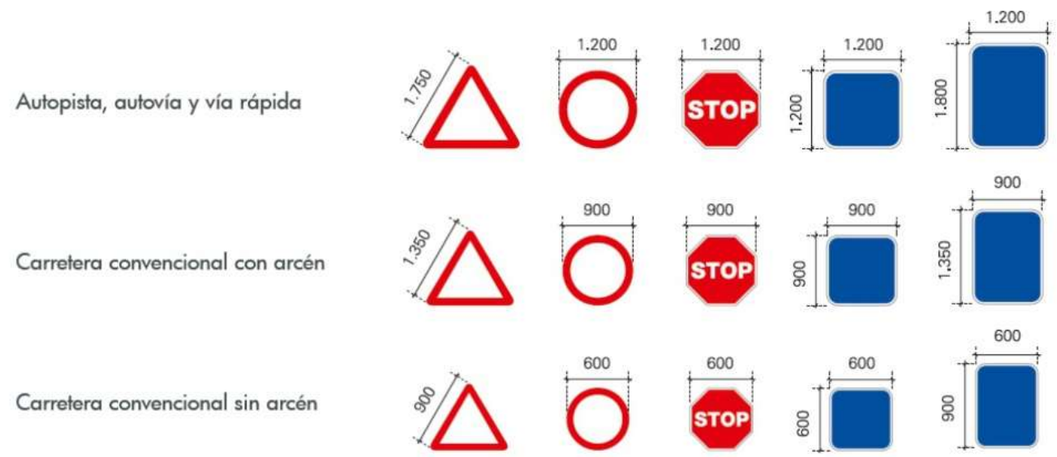


Figura 54 Dimensiones señalización vertical. Fuente Norma 8.1

En cuanto a la colocación de las nuevas señales, se ha procurado su colocación uniforme y sencilla, fundamentalmente en la salida 375.3, donde el tráfico se incorpora o sale, con el objetivo de que el tráfico sea fluido y seguro.

No se modifica las dimensiones de los carteles de señalización, tampoco es necesario nuevos carteles, porque se reubica los existentes. Porque no se proyecta ninguna salida o incorporación nueva.

4.1.6.3 Balizamiento.

- **Hitos de arista**

En este punto se analiza el balizamiento del tramo de estudio, según la Orden Circular Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras.

Como se modifica el radio de la curva del p.k. 375.3 en los pasos superiores de los p.k. 374.05 y p.k. 374.85 es necesario volver a colocar los hitos de arista en ambos lados de la cazada de los dos sentidos.
Para una calzada separada como es este caso se coloca un Tipo II, formado por una sección cerrada con una altura de 1,05 metros.
El anclaje en la parte izquierda se coloca sobre la barrera New Jersey o pretil en caso de pasos superiores, que se coloca a una altura de 1,05 metros y el anclaje en la parte derecha se realiza mediante empotramiento a 0,5 metros según Orden circular 309/90.

- **Captafaros**

Según la Orden Circular **/2011 Recomendación sobre balizamiento de carreteras, se coloca captafaros horizontales y verticales.
Existen colocados en todo el tramo captafaros verticales montados, se colocan en el seno del perfil de la barrera entre 4 y 8 metros.
Como se realiza el reasfaltado de todo el tramo se coloca captafaros horizontales fuera de los carriles y de las marcas viales.

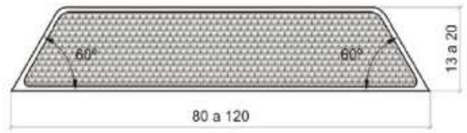


Figura 55 Captafaro horizontal

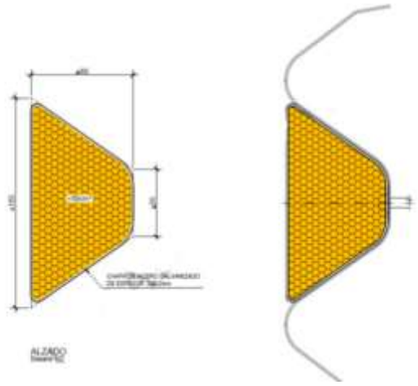


Figura 56 Captafaro vertical colocado en barrera.

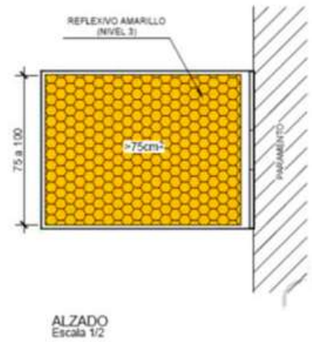


Figura 57 Captafaro sobre paramenta vertical

- **Hitos de vértice y balizas H-75.**

Se coloca en los carriles de desaceleración, al final de ellos indicando las dos direcciones de circulación posibles. Los hitos de vértice se coloca en primero y seguido las balizas H-75 dentro de la isleta. Se reutiliza todos los hitos de vértice y baliza existente ya que se encuentran en buen estado.

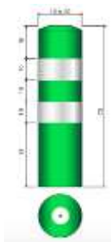


Figura 58 Hito de vértice y balizas.

- **Balizamiento y señalización lazo salida 375 L'Alcúdia Sur.**

Al proyectar un carril de desaceleración que posteriormente por medio de un lazo da acceso por la calle Tejedors a L'Alcúdia, con un radio de 50 metros que corresponde a una velocidad de proyecto de 40 km/h, al ser una curva cerrada pero que cumple normativa, será necesario balizar con paneles direccionales según indica la Norma 8.1 de señalización vertical.

Como en este caso la velocidad del tronco es de 100 km/h, y la velocidad de proyecto de la curva es de 40 km/h, la norma indica que hay que colocar panel direccional triple, y tener la siguiente señalización, con una señal de advertencia P-13ª y dos señales de indicación S-7.

Para balizar el lazo la distribución de los paneles direccionales se realiza según la imagen siguiente.

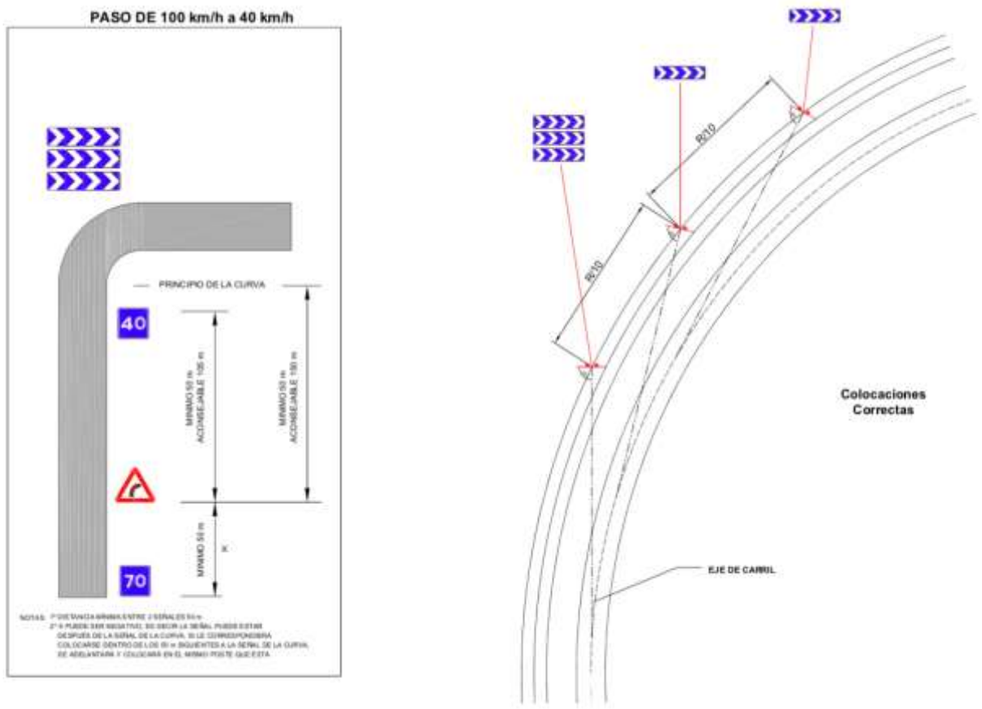


Figura 59 Señalización y balizamiento lazo.

4.1.6.4 Defensa.

Las defensas que dispone el tramo objeto de estudio, para diferentes aplicaciones son:

- Barreras de seguridad.
- Pretiles metálicos.

Para la redacción de este punto se ha seguido la Orden Circular 35/2014 Sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

- **Barreras de seguridad.**

- Se cambia la barrera metálica en el carril de desaceleración Salida 373 L'Alcúdia (Centro), / Alzira. dirección Alicante, porque al realizarse la ampliación del carril a las medidas indicadas en la Norma 3.1 IC, es necesario colocar barreras metálicas en ese tramo, haciendo la conexione de las barreras del tronco con la nueva que se coloca en el carril de desaceleración hasta la glorieta.

- Tras la modificación de las medidas del carril de aceleración en sentido Alicante en el p.k. 375.3, será necesario la recolocación de la barrera de hormigón simple, que existe en la parte derecha de la vía. En este tramo se ha colocado una barrera de hormigón simple porque la vía de metro se encuentra a escasos metros.

- En el carril de desaceleración de la salida 375 L'Alcúdia Sur, al proyectar un carril de desaceleración que posteriormente por medio de un lazo da acceso por la calle Tejedors a L'Alcúdia, será necesario la colocación de barrera metálica a ambos lados del ramal del lazo hasta la llegada a la intersección con la calle de Tejedors a L'Alcúdia.

- **Pretiles.**

– Tras la modificación del radio de la curva del p.k. 375 en el paso superior, es necesario la colocación del pretil a ambos lados, porque al ser un radio de 700 metro y otro de 600 metros, las dos calzadas se separan y desaparece la barrera New Jersey, que será sustituida por un pretil en el marguen derecho e izquierdo de la calzada tanto en sentido de ida como de vuelta. Para la colocación del nuevo pretil será necesario realizar un refuerzo del tablero del puente para poder colocar el nuevo pretil.

– En esta segunda alternativa se realiza una ampliación de los pasos inferiores en los p.k. 374.05 y 374.85, tras realizar esta ampliación será necesario realizar un refuerzo del tablero para la colocación de nuevo pretil.

La selección de la clase y nivel de contención se hace en función del riesgo de accidente en cada caso. De esta forma se emplean barreras de seguridad de contención normal nivel (N2 - H1) cuando el riesgo de accidente detectado es normal. Para seleccionar el nivel de contención más adecuado para cada clase de contención se han consultado las siguientes tablas, basadas en la norma UN N 1317.

Tabla 32 Tabla.2 Clases y niveles de contención. Fuente: UNE-EN 1317.

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

Según lo dispuesto en la tabla 6 de la Orden Circular 35/2014, en los casos de riesgo de accidente normal para el tramo objeto de estudio se deberá considerar una barrera de seguridad metálico con un nivel de contención tipo H1, puesto que la IMDp es de 12.554 veh/día en por cada sentido.

Tabla 33 Tabla 3:Características de los ensayos de impacto. Fuente: UNE-EN 1317.

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

En función de la IMDp 12.554 veh/día, el tipo de pretil que le corresponde es con un nivel de contención H2.

Para concluir este apartado, todos los sistemas de contención serán reflejado en los plano asi como en la valoración económica. Para que pueda ser fácil su localización.

Con estas intervenciones se ha mejorado la seguridad vial de todo el tramo objeto de estudio.

5 Valoración económica de las alternativas.

				Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
Cápitulo		**Descripción**	**Unidad**	**Medición**	**Precio unitario**	**Importe**	**Medición**	**Precio unitario**	**Importe**	**Medición**	**Precio unitario**	**Importe**
1	Movimiento de tierras	Despeje y desbroce del terreno	m2	-	0,58	- €	10.798,00	0,58	6.262,84 €	25.987,26	0,58	15.072,61 €
		Excavación tierra vegetal	m3	-	1,98	- €	1.765,41	1,98	3.495,51 €	3.159,75	1,98	6.256,31 €
		Excavación tierra sin clasificar	m3	-	2,70	- €	4.379,79	2,70	11.825,43 €	9.715,25	2,70	26.231,18 €
		Terraplén	m3	-	4,41	- €	9.592,00	4,41	42.300,72 €	17.798,42	4,41	78.491,03 €
		Suelo tolerable	m3	-	5,87	- €	956,00	5,87	5.611,72 €	2.278,32	5,87	13.373,74 €
		Suelo EST-3 incluido cemento	m3	-	8,20	- €	996,50	8,20	8.171,30 €	2.645,30	8,20	21.691,46 €
		Suelo seleccionado	m3	-	6,67	- €	996,50	6,67	6.646,66 €	2.645,30	6,67	17.644,15 €
		Total movimiento de tierras				**- €**			**84.314,18 €**			**178.760,47 €**
2	Drenaje	Drenaje	pa	-	-	- €	1,00	30.000,00	30.000,00 €	1,00	55.000,00	55.000,00 €
		Total drenaje				**- €**			**30.000,00 €**			**55.000,00 €**
3	Firmes	Zahorra	m3	-	18,19	- €	1.759,35	18,19	32.002,58 €	3.195,19	18,19	58.120,51 €
		BBTM 11B	m2	95.200,00	5,79	551.208,00 €	95.550,00	5,79	553.234,50 €	95.900,00	5,79	555.261,00 €
		AC-22-D	Tn	-	26,51	- €	1.298,60	26,51	34.425,89 €	5.798,48	26,51	153.717,70 €
		AC-32-G	Tn	-	26,47	- €	1.478,10	26,47	39.125,31 €	4.976,30	26,47	131.722,66 €
		Betun modificado PMB 45/80-65	Tn	476,00	530,00	252.280,00 €	490,00	530,00	259.700,00 €	510,00	530,00	270.300,00 €
		Betun B50/70	Tn	-	440,00	- €	290,00	440,00	127.600,00 €	480,00	440,00	211.200,00 €
		Riego adherencia modificado	Tn	520,00	447,59	232.746,80 €	310,00	447,59	138.752,90 €	530,00	447,59	237.222,70 €
		Riego imprimación C60BF5 IMP	Tn	-	379,23	- €	47,00	379,23	17.823,81 €	75,00	379,23	28.442,25 €
		Pedraplen	m3	-	7,30	- €	16.679,50	7,30	121.760,35 €	2.690,00	7,30	19.637,00 €
		Total firmes				**1.036.234,80 €**			**1.202.664,98 €**			**1.665.623,82 €**
4	Defensa	Barrera metálica simple H1	m	-	42,09	- €	464,00	42,09	19.529,76 €	924,00	42,09	38.891,16 €
		Pretil H2	m	-	150,72	- €	384,00	150,72	57.876,48 €	384,00	150,72	57.876,48 €
		Total defensa				**- €**			**77.406,24 €**			**96.767,64 €**
5	Señalización y balizamiento	Paneles direccionales	ud	12,00	147,29	1.767,48 €	7,00	147,29	1.031,03 €	10,00	147,29	1.472,90 €
		Captafaro	ud	256,00	5,16	1.320,96 €	265,00	5,16	1.367,40 €	276,00	5,16	1.424,16 €
		Hitos	ud	214,00	11,68	2.499,52 €	224,00	11,68	2.616,32 €	235,00	11,68	2.744,80 €
		Señales verticales	pa	6,00	291,22	1.747,32 €	23,00	291,22	6.698,06 €	21,00	291,22	6.115,62 €
		Marcas viales	pa	1,00	17.572,90	17.572,90 €	1,00	18.125,90	18.125,90 €	1,00	18.758,40	18.758,40 €
		Balizas	ud	-	42,72	- €	14,00	42,72	598,08 €	14,00	42,72	598,08 €
		Hitos de vértice	ud	-	328,29	- €	2,00	328,29	656,58 €	2,00	328,29	656,58 €
		Total señalización y balizamiento				**24.908,18 €**			**31.093,37 €**			**31.770,54 €**
6	Reposición de servicios	Reposición de servicios	pa	-	-	- €	1,00	29.364,00	29.364,00 €	1,00	58.500,00	58.500,00 €
		Total reposición de servicios							**29.364,00 €**			**58.500,00 €**
7		Paso inferior	pa	-	-	- €	1,00	270.000,00	270.000,00 €	1,00	270.000,00	270.000,00 €
		Total estructuras							**270.000,00 €**			**270.000,00 €**

8	Iluminación	Iluminación artificial	pa	1,00	72.000,00 €	72.000,00 €	-	-	- €	-	-	- €
		Total iluminación				**72.000,00 €**						**- €**
9	Varios	Limpieza y terminación obra	pa	1,00	1.200,00	1.200,00 €	1,00	2.000,00	2.000,00 €	1,00	2.700,00	2.700,00 €
		Desvios provicionales	pa	1,00	25.000,00	25.000,00 €	1,00	45.000,00	45.000,00 €	1,00	58.000,00	58.000,00 €
		Total varios				**26.200,00 €**			**2.000,00 €**			**60.700,00 €**
10	Seguridad y salud	Seguridad y salud	pa	1,00	1.500,00	1.500,00 €	1,00	2.000,00	2.000,00 €	1,00	3.200,00	3.200,00 €
		Total seguridad y salud				**1.500,00 €**			**2.000,00 €**			**3.200,00 €**
11	Gestión de residuos	Gestión de residuos	pa	1,00	2.500,00	2.500,00 €	1,00	3.500,00	3.500,00 €	1,00	4.800,00	4.800,00 €
		Total gestión de residuos				**2.500,00 €**			**3.500,00 €**			**4.800,00 €**
				PEM Alternativa 1		**1.163.342,98 €**	**PEM Alternativa 2**		**1.732.342,77 €**	**PEM Alternativa 3**		**2.425.122,47 €**
				Beneficio industrial 6%		69.800,58 €	Beneficio industrial 6%		103.940,57 €	Beneficio industrial 6%		145.507,35 €
				Gastos generales 13%		151.234,59 €	Gastos generales 13%		225.204,56 €	Gastos generales 13%		315.265,92 €
				PEC		**1.384.378,15 €**	**PEC**		**2.061.487,90 €**	**PEC**		**2.885.895,74 €**
				IVA 21%		290.719,41 €	IVA 21%		432.912,46 €	IVA 21%		606.038,11 €
				Total		**1.675.097,56 €**	**Total**		**2.494.400,35 €**	**Total**		**3.491.933,85 €**